



XXXXIV

*Innovaciones científicas  
y tecnológicas para el  
desarrollo sostenible  
de la agricultura*

**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

ISBN: 978-607-37-1582-9

## **Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural**

**Víctor Manuel Villalobos Arámbula**  
Secretario

**Víctor Suárez Carrera**  
Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria

**Salvador Fernández Rivera**  
Coordinador General de Desarrollo Rural

**Santiago José Arguello Campos**  
Coordinador General de Agricultura

**Raúl Gustavo Gutiérrez Cortés**  
Representante de la SADER en Tabasco

## **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

**Luis Ángel Rodríguez Del Bosque**  
Encargado del despacho de los Asuntos de la Dirección General

**Alfredo Zamarripa Colmenero**  
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

**Luis Ortega Reyes**  
Coordinador de Planeación y Desarrollo

**José Humberto Corona Mercado**  
Coordinador de Administración y Sistemas

## **Centro de Investigación Regional Golfo Centro**

**Rubén Santos Echeverría**  
Director Regional

**Sergio Uribe Gómez**  
Director de Investigación

**José Silva Constantino**  
Director de Administración

**Carolina Hernández Hernández**  
Directora de Coordinación y Vinculación en Tabasco

## **“Innovaciones científicas y tecnológicas para el desarrollo sostenible de la agricultura”**

### **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina  
Alcaldía Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México. Tel.: 553 871 8700

Primera edición en formato electrónico (Internet), 2023

Publicación en formato electrónico (Internet), número de ISBN: 978-607-37-1582-9

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en noviembre de 2023, en el Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas. C.P. 86400, Huimanguillo, Tabasco. Teléfono: 553 871 8700, ext. 87501. Hecho en México.

*Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas.*

**Autores:** Carolina Hernández Hernández y Dante Sumano López.

## **DIRECTORIO DE INSTITUCIONES PARTICIPANTES**

### **SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL**

VÍCTOR MANUEL VILLALOBOS ARÁMBULA

SECRETARIO

VÍCTOR SUÁREZ CARRERA

SUBSECRETARIO DE AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA

ARTURO MACOSAY CORDOVA

COORDINADOR GENERAL DE GANADERÍA

SALVADOR FERNÁNDEZ RIVERA

COORDINADOR GENERAL DE DESARROLLO RURAL

RAUL GUSTAVO GUTIERREZ CORTES

REPRESENTANTE EN TABASCO

### **GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO**

CARLOS MANUEL MERINO CAMPOS

GOBERNADOR CONSTITUCIONAL

JORGE SUÁREZ VELA

SECRETARIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO, FORESTAL Y PESCA

EGLA CORNELIO LANDERO

SECRETARIO DE EDUCACIÓN

### **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

LUIS ANGEL RODRÍGUEZ DEL BOSQUE

DIRECTOR GENERAL

ALFREDO ZAMARRIPA COLMENERO

COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

LUIS ORTEGA REYES

COORDINADOR DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO

JOSÉ HUMBERTO CORONA MERCADO

COORDINADOR DE ADMINISTRACIÓN Y SISTEMAS

### **CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL GOLFO CENTRO**

RUBEN SANTOS ECHEVERRIA

DIRECTOR REGIONAL

SERGIO URIBE GOMEZ

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

JOSE SILVA CONSTANTINO

DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN

CAROLINA HERNANDEZ HERNANDEZ

DIRECTOR DE COORDINACIÓN Y VINCULACIÓN EN TABASCO

### **CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE TABASCO**

GERARDO HUMBERTO ARÉVALO REYES

DIRECTOR GENERAL

NORMA LUCÍA REYES ZAPATA

DIRECTORA DE VINCULACIÓN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

TILA TOSCA CHABLE

DIRECTOR DE FORMACIÓN DE RECURSOS Y APOYO A INVESTIGADORES

**FUNDACIÓN PRODUCE TABASCO, A. C.**  
ING. HEBERTO RAMÓN CABRERA JASSO  
PRESIDENTE  
LIC. CARLOS MARIO CORNELIO ARCE  
GERENTE

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPUS TABASCO**

CARLOS FREDY ORTIZ GARCÍA  
DIRECTOR  
JOAQUÍN ALBERTO RINCÓN RAMÍREZ  
SUBDIRECTOR DE EDUCACIÓN  
EDITH HERNÁNDEZ NATAREN  
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN  
JULIÁN PÉREZ FLORES  
SUBDIRECTOR DE VINCULACIÓN

**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**

GUILLERMO NARVÁEZ OSORIO  
RECTOR  
LUIS MANUEL HERNÁNDEZ GOVEA  
SECRETARIA DE SERVICIOS ACADÉMICOS  
WILFRIDO MIGUEL CONTRERAS SÁNCHEZ  
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN, POSGRADO Y VINCULACIÓN  
ALEJANDRO BASTAR CORDERO  
SECRETARIO DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS  
MIGUEL ARMANDO VELEZ TELLEZ  
SECRETARIA DE FINANZAS

**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

JORGE ALFREDO THOMAS TELLEZ  
DIRECTOR  
IRMA GALLEGOS MORALES  
COORDINADORA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
JOSE EDUARDO PEREZ BASURTO  
COORDINADOR DE DOCENCIA

**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

ARTURO GARRIDO MORA  
DIRECTOR  
JOSE ROBERTO HERNANDEZ BARAJAS  
COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
MARIA ELENA MACIAS VALADEZ TREVIÑO  
COORDINADOR DE DOCENCIA

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TABASCO**

LENIN MARTÍNEZ PÉREZ  
RECTOR  
JORGE REBOLLEDO MEZA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
RICARDO AMADO MOHENO BARRUETA  
SECRETARIO DE VINCULACIÓN



**UNIVERSIDAD POPULAR DE LA CHONTALPA**  
ARIEL ENRIQUE CETINA BERTRUY  
RECTOR  
BARTOLO AGUIRRE MARTÍNEZ  
SECRETARIO ACADÉMICO  
JULIO CÉSAR MUÑOZ GIORGANA  
SECRETARIA DE EXTENSION UNIVERSITARIA Y SERVICIO SOCIAL

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VILLAHERMOSA**  
JOSÉ MANUEL DEHESA MARTÍNEZ  
DIRECTOR  
BRISSA ROXANA DE LEÓN DE LOS SANTOS  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
FÁTIMA DEL SOCORRO PEÑA MEDINA  
SUBDIRECTOR DE PLANEACIÓN Y VINCULACIÓN

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA OLMECA**  
JOSE JAVIER TORRES HERNÁNDEZ  
DIRECTOR  
BEATRIZ GÓMEZ DOMÍNGUEZ  
SUBDIRECTOR DE PLANEACIÓN Y VINCULACIÓN  
EZEQUIEL GÓMEZ DOMÍNGUEZ  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

**EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR**  
**UNIDAD VILLAHERMOSA**  
RODIMIRO RAMOS REYES  
COORDINADOR  
RAMIRO ROBLES JARDÓN  
UNIDAD DE GESTIÓN Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS  
MARÍA LUISA MARTÍNEZ GUTIÉRREZ  
RESPONSABLE DE VINCULACIÓN

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MACUSPANA**  
RAFAEL BOJORGES GÜEREÑA  
DIRECTOR  
MANUEL PRIEGO HERRERA  
SUBDIRECTOR DE PLANEACIÓN  
JORGE SANTAMARIA NARVAEZ  
SUBDIRECTOR DE VINCULACIÓN  
JOSÉ ANGEL CÓRDOVA GARCÍA  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

## PRÓLOGO



Propiciar un espacio de encuentro para el saber es un esfuerzo de voluntades, pero el lograr el compendio de ese conocimiento en forma de memorias es un doble esfuerzo y he aquí la esencia de la **XXXIV Reunión Científica – Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2023 y el X Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical**, donde la “Innovación para el bienestar” es el tema central.

En este texto se da a conocer y se analizan los resultados de investigaciones y experiencias; de ideas y avances científicos, de innovaciones tecnológicas y herramientas en diversos rubros como: **manejo y conservación de recursos naturales, agroecología, ganadería, acuicultura, plantaciones y forestales, además de tecnología de alimentos.**

Fueron varias mesas de trabajo, divididas a lo largo de tres días en la sede estatal, Villahermosa, Tabasco, con la participación de 9 instituciones y organizaciones auspiciadoras, además de personas que hicieron posible esto, como: académicos, científicos, investigadores, extensionistas, técnicos, empresarios, productores y estudiantes. Fueron un total de 52 presentaciones y

ponencias magistrales.

Se tuvo la participación de los estados de Yucatán, Oaxaca y en especial de Guerrero, recientemente azotado por el huracán “Otis” categoría 5 lo cual habla del esfuerzo y trabajo para haber estado físicamente aquí.

En resumen, se vieron muestras de la disciplina, constancia y dedicación, relacionadas con el sector primario: el campo mexicano. **Los cultivos como el agave, la papaya, el limón persa, los cítricos, el cacao, el amaranto y el coco**, fueron algunos de los tópicos más importantes, pero no los únicos, por ello, invitamos a hojear y leer este interesante documento.

**LIC. RAUL GUSTAVO GUTIERREZ CORTÉS**

**TITULAR DE LA OFICINA DE REPRESENTACION DE LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA EN  
EL ESTADO DE TABASCO**

## COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Mepivoseth Castelán Estrada  
Dra. Edith Hernández Nataren  
Dr. José Jesús Obrador Olán  
Dra. Luz del Carmen Lagunes Espinoza  
Dr. Said Cadena Villegas  
Dr. César Jesús Vázquez Navarrete  
Dr. Rubén García de la Cruz  
Dr. Pedro Antonio Moscoso Ramírez  
Dr. Julián Pérez Flores  
Dr. Rodolfo Hipólito Rodolfo Mendoza Hernández

Dra. Salome Gayosso Rodríguez  
Dra. Hortensia Brito Vega  
M. C. Luis Ulises Hernández Hernández  
Dr. Rufo Sánchez Hernández  
M. C. Irma Gallegos Morales  
Dr. Fernando Víctor Iriarte Rodríguez  
Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello  
Dr. Jorge Alonso Peralta Torres  
MC. Pablo Medina Pérez  
Dr. Rodolfo Osorio Osorio  
Dr. Eliut Santamaria Mayo  
Dra. Maritza Zaragoza Vera  
M. C. Pedro Víctor Obrador Olán  
Dr. Luis Eliezer Cruz Bacab  
Dr. Jose Manuel Salaya Domínguez  
Dr. Juan De Dios Mendoza Palacios

M. C. Manuel Barrón Arredondo  
Ing. Sabel Barrón Freyre  
M. C. Roberto Omar Castañeda Arriola  
M. C. Lorenzo Granados Zurita  
M. C. Pablo Ulises Hernández Lara  
Dra. Carolina Hernández Hernández  
M. C. José Alfredo Jiménez Chong  
M. C. Felipe Mirafuentes Hernández  
Dr. Jorge Oliva Hernández  
Dr. Jorge Quiroz Valiente  
M. C. Miguel Angel Ramírez Guillermo  
Dr. Eder Ramos Hernández  
M. C. Mario Rodríguez Cuevas  
Dra. María del Carmen Silverio Gómez  
Dr. Dante Sumano López  
M. C. Andrés Vasquez Hernández  
M. C. Jesús Martínez Sánchez  
M. C. Jeovani Francisco Cervantes Preciado  
M. C. Jaime López Martínez  
Dr. Jonathan Hernández Ramos  
Dr. Xavier García Cuevas  
Dr. Adalberto Galindo Alcántara  
Dra. Silvia del Carmen Ruíz Acosta  
Ing. Martha Patricia Avila Vargas

Ing. Héctor Andrade Prado  
M.D.C.D. Ismael Valencia Hernández  
M. C. Héctor Sandoval Villa  
M.C. Reyna González De la Cruz  
M.C. Agrícola Arrieta Rivera  
Dra. Lilia Fraire Sierra  
M.C. Eduardo Lleverino González  
M.C. Isabelino Pérez Jiménez

Dr. José Padilla Vega  
M. C. Javier Isidro Hernández

Dr. Ricardo Amado Moheno Barrueta  
M. C. Franco Lucio Ruíz Santiago  
M.I.P.A. Rafael García Jiménez  
Dr. Antonio Valadez Villarreal

**CRÉDITOS EDITORIALES**

**COORDINACIÓN GENERAL**

Carolina Hernández Hernández

**EDICIÓN Y FORMACIÓN**

Carolina Hernández Hernández

Dante Sumano López

**COMPILACIÓN**

Cassandra del Carmen Fuentes Sánchez

Bertha Mejía Jáuregui

**DISEÑO**

Claudia Perdomo Montes



# INDICE

## CULTIVOS ANUALES

<b>CONTROL QUÍMICO DE MALEZA EN TOMATE (<i>Solanum lycopersicon</i> L.) EN LA ZONA SUR DE YUCATÁN, MÉXICO</b>	15
Avilés Baeza WI, Lozano Contreras MG	
<b>CONTROL QUÍMICO DE MALEZA EN CHILE HABANERO (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.) EN EL SUR DE YUCATÁN</b>	19
Avilés Baeza WI, Lozano Contreras MG	
<b>RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES DE VARIEDADES DE FRIJOL <i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L. EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO EN LA CHONTALPA, TABASCO</b>	23
Barrón Freyre S y Ugalde Acosta FJ	
<b>LINEAS AVANZADAS DE AMARANTO CON PORTE BAJO APTAS PARA LA MECANIZACIÓN EN MORELOS, MEXICO</b>	29
Tavitas Fuentes L, Hernández Aragón L, De la O Olán M, Zamudio González B y Sangerman Jarquín DM	
<b>UTILIZACIÓN DE POLLINAZA Y LIXIVIADOS DE ESTIERCOL PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ <i>ZEA MAYS</i> L. EN LA CHONTALPA, TABASCO</b>	36
Barrón Freyre S, Cuevas Rodríguez M y Ramírez Guillermo MA	
<b>CARACTERÍSTICAS DE FLORACIÓN DE FRIJOL CAUPI (<i>VIGNA SP</i>), CON DIFERENTES PORCENTAJES DE COMPOSTA BAJO MALLA SOMBRA, EN EL C.E. HUIMANGUILLO (INIFAP), TABASCO</b>	43
Lara de La C K L, Rodríguez CM, Barrón F S, Ramírez GMA, Sumano L.D, Salvador ERM, Ruíz BP y Ramírez MA	
<b>APROVECHAMIENTO DE LA VARIANZA GENÉTICA EN POBLACIONES DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO MEXICANO</b>	52
Clara Ríos Isidro, Mauro Sierra Macias, Noel Gómez Montiel, Sabel Barrón Freyre, Reyna Michelle Fierro López	
<b>PRODUCTIVIDAD DE GRANO Y FORRAJE DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO DE MÉXICO</b>	62
Clara Ríos Isidro, Mauro Sierra Macias, Noel Gómez Montiel, Sabel Barrón Freyre, Francisco Javier Ugalde Acosta, Reyna Michelle Fierro López	
<b>DAÑOS CAUSADOS POR <i>Rhetus arcus beutelspacheri</i> Llorente, 1988 (Lepidoptera: Riodininae) AL FOLLAJE DE <i>Salacia frutiplatensis</i> (Celastraceae: Salacioideae)</b>	72
Ramírez-Guillermo M A, Hernández Gómez E. y López Domínguez I	
<b>FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DE LA NUTRICIÓN CON LIXIVIADOS DE EXCRETAS DE ANIMALES EN FRIJOL EN HUIMANGUILLO TABASCO</b>	79
Rodríguez Cuevas M, Barrón Freyre S, Ramírez Guillermo MA y Sumano López D	

## ACUACULTURA

<b>PRIMEROS ENSAYOS DE SUPERVIVENCIA DEL LANGOSTINO <i>Macrobrachium tenellum</i> EN CONFINAMIENTO CON EL PEZ NATIVO <i>Dormitator latifrons</i></b>	89
Palma Cancino DJ, Vega Villasante F, Musin G, Badillo Zapata D, Bautista Ortega J y Huicab Pech Z	
<b>DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE BACTERIAS EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN TABASCO MEDIANTE UN ESTUDIO METAGENÓMICO</b>	93
Meseguer Elizondo R, Mora Periañez P, Campos de León M, Soberano Torres AS	

## AGROECOLOGÍA

<b>ETNOBOTÁNICA DEL CHILE AMASHITO (CAPSICUM ANNUM VAR. GLABRIUSCULUM) EN EL EJIDO OXOLOTÁN, TACOTALPA, TABASCO</b>	103
Morales Valenzuela G, Villegas Ramírez MI y García Hernández JJ	
<b>MANEJO AGROECOLOGICO DE Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) EN LIMON PERSA EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MEXICO</b>	111
Limón Carrillo D, Sumano López D; Rodríguez Cuevas M, Barrón Freyre S, Ramírez Guillermo MA	
<b>EFFECTO DE TRES PODAS EN CAÑA DE AZÚCAR EN LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO EN VIGNA UNGUICULATA L. WALP.</b>	119
Hernández Cruz CG, Retureta Aponte A, Graillet Juárez E, Rodríguez Orozco N, Vázquez Luna D, Córdova Sánchez S	
<b>EVALUACIÓN IN VITRO DE CEPAS DE Trichoderma spp. PARA EL CONTROL DE Alternaria alternata</b>	126
Hernández Gómez E, Ramírez Guillermo MA	

## BIOTECNOLOGÍA

<b>PLANTAS TROPICALES MULTIPROPÓSITO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES.</b>	131
Olvera Aguirre G, Piñeiro Vázquez AT, Segura Campos MR, Sierra Vasquez AC, Chay Canul AJ, Ochoa Flores AA y Hernández Becerra JA	
<b>MEJORAMIENTO DE LA FERTILIDAD QUÍMICA EDAFICA A TRAVÉS DEL CULTIVO INTERCALADO DE Canavalia ensiformis L. EN CAÑA DE AZÚCAR.</b>	136
Ruiz Acosta S del C, Salvador Morales P, Sánchez Hernández R, Galindo Alcántara A, Gayosso Rodríguez S	

## GANADERÍA

<b>EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN PASTOS TROPICALES</b>	141
Acosta Balcazar IC, Granados Rivera LD, Granados Zurita L, Bautista Martínez Y, Guiot García JD y Quiroz Valiente J	
<b>IDENTIFICACIÓN MOLECULAR Y FACTORES ASOCIADOS A INFECCIONES POR HEMOPARÁSITOS EN GANADO BOVINO DE LA SUBREGIÓN SIERRA DE TABASCO, MÉXICO</b>	146
Salazar Tapia AA, Torres Chablé OM, González Garduño R, Zaragoza Vera CV, Arjona Jiménez G, y Zaragoza Vera M	
<b>PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE MENSUAL EN FUNCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD</b>	155
Aceves Navarro LA, Juárez López JF, Cano Asencio L, Moctezuma Bautista, K	
<b>ESTUDIO CIRCADIANO DE NOVILLAS POSDESTETE EN PASTOREO CON Y SIN SOMBRA EN HUIMANGUILLO, TABASCO</b>	166
Moheno García S, Quiroz Valiente J, Granados Zurita L, Barrón Arredondo M y Ramírez Guillermo MA	
<b>RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y EL ÁREA DORSAL EN BÚFALAS (Bubalus bubalis) CRIADAS EN EL SURESTE DE MÉXICO</b>	174
Díaz López J, Montalvo Cosgalla DA, Dominguez Madrigal C, Magaña Garcia G, Carrasco López JA, Guzmán Velásquez AD, Cruz-Tamayo AA, Chaves Gurgel AL y Chay-Canul AJ	
<b>RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y ANCHO DE CADERA EN BÚFALAS (Bubalus bubalis) CRIADAS EN EL SURESTE DE MÉXICO</b>	177
Bouchot Vázquez FA, Díaz López J., García Herrera RA., Zaragoza Vera CV, Ramos Franco F, Mezo-Solís JA y Chay Canul AJ	

<b>RELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS CORPORALES Y LOS DEPÓSITOS INTERNOS DE GRASA EN CORDERAS DE PELO EN CRECIMIENTO</b>	180
Tapia González RA, Salazar Cuytun ER, Garcia Herrera RA, Zaragoza Vera CV, Luna Mendicuti AA, Canul Colís JR, Chay Canul	
<b>RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y ALGUNAS MEDIDAS CORPORALES EN BÚFALOS (<i>Bubalus bubalis</i>) EN CRECIMIENTO CRIADOS EN EL SURESTE DE MÉXICO</b>	184
Córdova Landero CD, Grajales Sánchez A, Pérez González M, Avalos-Zacarias E, Vázquez Bolaina J, Palmer Linderman A, Cruz Tamayo AA, Chay Canul AJ	
<b>RELACIÓN ENTRE MEDICIONES CORPORALES Y DE LA CANAL CON LA COMPOSICIÓN TISULAR DE CANALES DE CORDEROS KATAHDIN</b>	188
González Pérez A, Vázquez Martínez I, Gastelum Delgado MA, Muñoz Osorio G.A., Ramírez Bautista M. A., Herrera Camacho J., Chay Canul A.J	
<b>PROLIFERACIÓN DE <i>Babesia bigemina</i> in vitro EN UN MEDIO DE CULTIVO SIN COMPONENTES DE ORIGEN ANIMAL</b>	193
Rojas Martínez C, Álvarez Martínez JA, Figueroa Millán JV, Lira Amaya JJ, Castañeda Arriola RO	
<b>MANEJO Y CONSERVACION DE RECURSOS NATURALES</b>	
<b>RESPUESTA A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LA DINÁMICA MICROBIANA DE LEERSIA HEXANDRA EXPUESTA A PETRÓLEO CRUDO</b>	198
Orocio Carrillo JA, Rivera Cruz MC, Bautista Muñoz CC, Cadena Villegas S, Chávez Álvarez K y Juárez Maldonado A	
<b>COLOR DEL SEDIMENTO Y AGUA DE POZO ARTESANAL PARA USO HUMANO EN UNA COMUNIDAD RURAL DE LA CHONTALPA, TABASCO</b>	203
Solís Rodríguez DL, Rivera Cruz MC Bucio Galindo A, Pérez Sánchez JF	
<b>INTERCEPCIÓN DE LA LLUVIA EN ESPECIES DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN XOCHIHUEHUETLÁN, GRO, MÉXICO</b>	209
Contreras Hinojosa JR, Gómez Cárdenas M y Barbosa Moreno F	
<b>EVALUACIÓN DE LA FÓRMULA DE SCHAEFFER PARA PREDECIR EL PESO VIVO EN BUBILLAS EN CRECIMIENTO</b>	216
Juárez López JF, Aceves Navarro LA, Francisco Santiago SP y Cruz Roblero G	
<b>ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTRÉS HIDROTÉRMICO (THI) PARA GANADO BOVINO, CON SOLO DATOS DE TEMPERATURA.</b>	220
Juárez López JF, Aceves Navarro LA, Francisco Santiago SP y Cruz Roblero G	
<b>CANTIDAD FÍSICA Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE CAOBA POSTERIOR A ENVEJECIMIENTO ACELERADO EN TRES GRADIENTES ALTITUDINALES</b>	231
Puc Kauil R., Millán Cárcamo YN, Paredes Díaz E., Mendoza Hernández NB, Alberto Santillán Fernández, Muñoz Gutiérrez L. y Sol Sánchez Á	
<b>PLANTACIONES FORESTALES</b>	
<b>OBTENCIÓN DE VARIEDADES MEJORADAS DE COCOTERO DE POLINIZACIÓN LIBRE</b>	239
Silverio Gómez MC, Castillo González RA, Ortiz García CF y Ramos Hernández E	
<b>OBSERVACIÓN DE DAÑOS EN LAS HOJAS DE <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) D.C. (BIGNONIACEAE) EN TABASCO, MÉXICO</b>	246
Ramírez Guillermo MA, Rosique Alejandro L, y López Domínguez I	
<b>SELECCIÓN DE HIBRIDOS F1 DE CACAO PARA RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y ALTO RENDIMIENTO</b>	253
López Hernández Víctor	

<b>ANÁLISIS DE FERTILIDAD EDÁFICA Y NUTRICIÓN EN TRES SUELOS CULTIVADOS CON CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) EN LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO</b>	263
Francisco Santiago SP, Castillo Arias EA, Palma López DJ, Sánchez Hernández R, Palma Cancino DJ y Obrador Olán JJ	
<b>EL SISTEMA AGROFORESTAL <i>Theobroma cacao</i> L. COMO FUENTE DE DIVERSIDAD VEGETAL</b>	270
Sumano López D, Ramírez Guillermo MA, Rodríguez Cuevas M y Perez Flores J	
<b>SITUACIÓN DEL HLB Y SU VECTOR EN LA ZONA CITRÍCOLA DE HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO</b>	281
Yzquierdo Álvarez ME, Ortiz García CF, Izquierdo Castillo I	
<b>NUEVO HÍBRIDO CLONAL DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) TLÁLOC F1, DE ALTO RENDIMIENTO</b>	287
Azpeitia Morales A	
<b>SOCIOECONOMÍA Y DESARROLLO RURAL</b>	
<b>INCIDENCIA DE LA POBREZA EN COMUNIDADES PRODUCTORAS DE AGAVE EN EL ESTADO DE OAXACA</b>	292
Contreras Hinojosa JR, Castellanos Bolaños JF, Hernández Hernández A, y Rodríguez Hernández FR	
<b>TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS</b>	
<b>ACEPTACIÓN SENSORIAL DE UN EMBUTIDO TIPO CHORIZO ENRIQUECIDO CON EXTRACTOS DE HOJAS DE <i>Pimenta dioica</i> L</b>	298
Sánchez Cerino AL, Camarillo Peña S, Hernández Becerra JA, Chay Canul AJ y Ochoa Flores AA	
<b>EFFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DEL TOSTADO DEL CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y SENSORIALES DEL CHOCOLATE</b>	303
López Melendez XW, Caballero Pérez JF, Perez Perez BR y Martínez Valencia BB	
<b>EFFECTO DEL TIPO DE EDULCORANTE EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y SENSORIALES DE UNA JALEA ELABORADA CON MUCÍLAGO DE CACAO</b>	308
Pérez Pérez AJ, Caballero Pérez JF, Perez Perez BR y Martínez Valencia BB	

## **RECONOCIMIENTOS**

Al C. Carlos Manuel Merino Campos, Gobernador Constitucional interino del estado de Tabasco, por su apoyo e interés en la investigación y desarrollo científico y tecnológico, actividades prioritarias para la seguridad alimentaria del presente siglo.

A la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA) en Tabasco y a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP), instituciones que siempre han mostrado interés en la generación de conocimientos científicos en el área agropecuaria y forestal y en la difusión de estos conocimientos en el agro tabasqueño.

A la Fundación Produce Tabasco, A.C., al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCYTET), por los apoyos que han brindado a los proyectos de investigación de las diferentes instituciones dedicadas a esta actividad y que hoy presentan muchos de sus resultados en este libro.

A las demás Instituciones Promotoras: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Universidad Tecnológica de Tabasco, Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Fundación Produce Tabasco A.C., Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco, Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías, Universidad Popular de la Chontalpa, Colegio de la Frontera Sur, Instituto Tecnológico de Villahermosa, Universidad Politécnica Mesoamericana, Instituto Tecnológico Superior de Macuspana, Instituto Tecnológico de Huimanguillo, Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, Universidad Politécnica del Golfo de México, Oficinas de Convenciones de Visitantes de Tabasco.

Mencionamos especialmente en esta ocasión también reiterando nuestro agradecimiento a la Sociedad Mexicana de Ciencias Forestales (SOMEREF), por la amable invitación para ser parte de su evento, el XVI Congreso Mexicano de Recursos Forestales, celebrado por primera vez en el Estado de Tabasco.

**Los Editores.**



# **CULTIVOS ANUALES**





## CONTROL QUÍMICO DE MALEZA EN TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.) EN LA ZONA SUR DE YUCATÁN, MÉXICO.

### CHEMICAL WEED CONTROL ON TOMATO (*Solanum lycopersicon* L.) AT THE SOTHERN AREA OF YUCATÁN STATE, MEXICO.

<sup>1</sup>Avilés Baeza WI, <sup>1</sup>Lozano Contreras MG

<sup>1</sup>Campo Experimental Mocochoá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul.  
CP 97454. Mocochoá, Yucatán, México.

\*Autor para correspondencia: [lozano.monica@inifap.gob.mx](mailto:lozano.monica@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

El manejo de la maleza en la región se basa en la combinación de deshierbes en las líneas de tomate y aplicación de herbicidas como glifosato en pre trasplante y paraquat, en postrasplante, en ocasiones complementadas con deshierbes manuales, sobre todo en el sistema de túneles de polipropileno. De acuerdo con lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo: Identificar nuevos herbicidas que permitan controlar de manera eficiente la maleza asociada al cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) en suelos mecanizables del sur de Yucatán. La investigación se llevó a cabo de agosto a diciembre del 2022 en el municipio de Muna, Yucatán. Se establecieron cinco tratamientos con herbicidas pre emergentes en mezcla con uno de contacto y el Testigo del Productor, a base de Glifosato en pre trasplante, un deshierbe en la línea del cultivo y aplicación posterior de Paraquat. Se utilizó el híbrido DRD 8551 en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Las variables registradas fueron: Especies de maleza presentes antes de la aplicación y cobertura de la maleza. En el cultivo: Fitotoxicidad, altura, N° de hojas, N° de botones florales, N° de flores abiertas, N° de frutos, rendimiento comercial y costos. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de medias por el método de Tukey, utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI.I. Los tratamientos más efectivos en el control de la maleza de hoja ancha, gramíneas y coquillo hasta los 45 días después de la aplicación fueron: Pendimetalín + Bentazon, Clortal Dimetil + Bentazon, Trifluralin + Bentazon, y Ethalfluralin + Bentazon. Ningún tratamiento generó fitotoxicidad en el cultivo de tomate. Los mejores rendimientos de fruto comercial se registraron en los tratamientos Trifluralin + Bentazon, Ethalfluralin + Bentazon y testigo del productor.

**Palabras clave:** control, fitotoxicidad, herbicidas, hortalizas.

#### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el SIAP (2023), en los últimos tres años (2020 a 2022) en el estado de Yucatán el cultivo de tomate ha ocupado una superficie cultivada promedio de 142.0 hectáreas, de las cuales 136.39 (96.0%), se cultivan a campo abierto, 4.48 (3.2%) en casa sombra y solo 1.17 hectáreas se cultivan bajo invernadero (0.8%). En este cultivo el productor hace un manejo de la maleza basado en la combinación de deshierbes en las líneas de tomate y aplicación de herbicidas como glifosato en pre trasplante y paraquat, en postrasplante, en ocasiones complementadas con deshierbes manuales, sobre todo cuando se usa el sistema de túneles de polipropileno. De acuerdo con lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo: Identificar nuevos herbicidas que permitan controlar de manera eficiente la maleza asociada al cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) en suelos mecanizables del sur de Yucatán.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo de agosto a diciembre del 2022 en el municipio de Muna, al sur del estado de Yucatán, México, ubicado en las coordenadas 20°25' 10" latitud norte y 89°29' 41" longitud oeste, en un suelo tipo Luvisol (Bautista y Zinck, 2012).

Se establecieron cinco tratamientos con diferentes herbicidas: En los primeros cuatro se utilizó una mezcla de herbicidas pre emergentes (Pendimetalin, Clortal Dimetil, Trifluralin y Ethalfluralin) con un



herbicida de contacto (Bentazon), los cuales se aplicaron tres días antes del trasplante (2/sep). Posteriormente se realizaron dos aplicaciones más de Bentazon a los 10 (15/sep) y a los 29 días después del trasplante (4/oct). El tratamiento cinco fue el Testigo del Productor, a base de Glifosato, un deshierbe en la línea del cultivo y aplicación de Paraquat. En este tratamiento, se aplicó el herbicida Glifosato en post emergencia a la maleza tres días antes del trasplante (2/sep), se realizó un deshierbe en las líneas del cultivo en una banda de 40 cm de ancho y una aplicación en la calle a los 15 ddt (17/sept) y dos aplicaciones de Paraquat en toda la superficie a los 21 y 29 ddt (26/sept y 4/oct).

Se utilizó el híbrido DRD 8551 el cual se trasplantó a 40 cm entre plantas y 1.5 m entre líneas (16,750 plantas ha<sup>-1</sup>). El estudio se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones de 10 m de largo por 7.5 m de ancho (75 m<sup>2</sup>) y cinco líneas de riego por goteo por unidad experimental. Las variables registradas fueron: Especies presentes antes de la aplicación (Curtis and McIntosh, 1951; Zarco et al., 2010; Gamez et al., 2011; Soler et al., 2012; Campo y Duval, 2014), Cobertura de la maleza después de la aplicación (dda) (15, 30 y 45 dda) (Rodríguez et al., 2008; Pérez et al., 2014) y en el cultivo: Fitotoxicidad utilizando la escala de la European Weed Science Society (EWSS) citada por Pérez et al. (2014) (15, 30 y 45 dda), altura (15, 30 y 45 dda), N° de hojas (15 y 30 dda), N° de botones florales (30 y 45 dda), N° de flores abiertas (45 y 55 dda), N° de frutos (45, 55 y 70 dda), rendimiento comercial y costos. En el presente documento se presentan los datos de cobertura de maleza, fitotoxicidad y rendimiento. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de medias por el método de Tukey, utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI.I. Los datos en porcentaje se transformaron previamente a arco seno raíz de x (Barrera et al., 2019).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Identificación de la maleza.** Se detectaron ocho especies de maleza dominantes en la vegetación de las cuales, de acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI), destacaron las especies: *Cyperus rotundus* (Cyperaceae), *Amaranthus dubius* (Amaranthaceae) y *Boerhavia erecta* (Nyctaginaceae) con valores de 82.1, 37.6 y 30.3 %, respectivamente. Con base en su cobertura, el 65.9 % de la maleza estuvo representada por especies de hoja angosta (*Cyperus rotundus*, *Urochloa panicoides*, *Megathyrus maximus* y *Digitaria sanguinalis*) y el 34.1 % por especies de hoja ancha (*Amaranthus dubius*, *Boerhavia erecta*, *Artemisa vulgaris* y *Portulaca oleracea*).

Cobertura de la maleza (%). Con relación a las especies de hoja ancha y gramíneas, las evaluaciones a los 15, 30 y 45 dda, mostraron que los tratamientos más efectivos fueron Pendimetalín + Bentazon, Clortal Dimetil + Bentazon, Trifluralin + Bentazon y Ethalfuralin + Bentazon, con valores de 0.06, 0.06, 0.14 y 0.12% de cobertura, contra 3.60% en el Testigo a los 15 dda; de 0.45, 0.45, 1.23 y 0.64% contra 62.0% a los 30 dda y de 0.0, 0.20, 0.24 y 1.40% contra 11.6% a los 45 dda (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cobertura de maleza de hoja ancha y gramínea en tomate DRD 8551 a los 15,30 y 45 dda. Muna, Yuc. OI/2022-23.

N°	Tratamientos	Dosis Comercial	Cobertura (%)		
		L ha <sup>-1</sup>	15 dda*	30 dda*	45 dda*
1	Pendimetalín + Bentazon	2.5 + 6.25	0.06 a	0.45 a	0.00 a
2	Clortal Dimetil + Bentazon	6.25 + 6.25	0.06 a	0.45 a	0.24 a
3	Trifluralin + Bentazon	5.0 + 6.25	0.14 a	1.23 a	1.40 a
4	Ethalfuralin + Bentazon	3.75 + 6.25	0.12 a	0.64 a	0.20 a
5	Glifosato + Deshierbe + Paraquat (T)	5.0 + 3.66	3.60 b	62.00 b	11.60 b

\*Valores con la misma literal no difieren estadísticamente. Tukey (p<sub>≤</sub>0.05)



En el caso particular de coquillo (*Cyperus rotundus*), a los 15 dda los mejores tratamientos fueron Ethalfluralin + Bentazon y Trifluralin + Bentazon con 4.5 y 5.7% de cobertura, siendo estadísticamente similares entre sí y diferentes al Testigo con 31.4%. A los 30 y 45 dda destacaron además de los anteriores, los tratamientos Pendimetalin + Bentazon y Clortal Dimetil + Bentazon con coberturas de 2.05 y 3.13% contra 32.0% del Testigo a los 30 dda y de 2.1 a 3.5% contra 12.6% a los 45 dda (Cuadro 2).

**Fitotoxicidad en el cultivo.** No se encontraron efectos fitotóxicos en el cultivo de tomate durante los muestreos realizados a los 15, 30 y 45 dda en ninguno de los tratamientos, aún con las aplicaciones posteriores al trasplante.

Cuadro 2. Cobertura de maleza de coquillo en tomate DRD 8551 a los 15,30 y 45 dda. Muna, Yuc. OI/2022-23.

N°	Tratamientos	Dosis Comercial L ha <sup>-1</sup>	Cobertura (%)		
			15 dda*	30 dda	45 dda
1	Pendimetalín + Bentazon	2.5 + 6.25	33.20 b	3.13 a	3.00 a
2	Clortal Dimetil + Bentazon	6.25 + 6.25	23.40 b	2.20 a	3.50 a
3	Trifluralin + Bentazon	5.0 + 6.25	5.70 a	2.05 a	2.10 a
4	Ethalfluralin + Bentazon	3.75 + 6.25	4.50 a	2.60 a	2.70 a
5	Glifosato – Deshierbe + Paraquat (T)1	5.0 + 3.66	31.40 b	32.00 b	12.60 b

\*Valores con la misma literal no difieren estadísticamente. Tukey ( $p \leq 0.05$ )

**Número de frutos por planta.** No se detectaron diferencias significativas a los 45 y 55 dda, únicamente a los 70 dda. En el Cuadro 3 se observa que el tratamiento que destacó con el valor más alto fue Trifluralin + Bentazon con 20.4 frutos. Los tratamientos Pendimetalin + Bentazon, Clortal Dimetil + Bentazon y Ethalfluralin + Bentazon presentaron un número de frutos por planta mucho más bajo, entre 6.9 y 9.1, siendo estadísticamente similares al Testigo, con 6.8 frutos

Cuadro 3. Número de frutos por planta a los 45, 55 y 70 dda en tomate DRD8551. Muna, Yuc. OI/2022-23.

T	Tratamientos	Dosis Comercial L ha <sup>-1</sup>	Número de frutos/planta		
			45 dda <sup>NS</sup>	55 dda <sup>NS</sup>	70 dda
1	Pendimetalín + Bentazon	2.5 + 6.25	0.1	0.2	9.1 b
2	Clortal Dimetil + Bentazon	6.25 + 6.25	0.0	0.1	6.9 b
3	Trifluralin + Bentazon	5.0 + 6.25	0.0	0.4	20.4 a
4	Ethalfluralin + Bentazon	3.75 + 6.25	0.0	0.0	8.7 b
5	Glifosato – Deshierbe + Paraquat (T)1	5.0 + 3.66	0.0	0.0	6.8 b

\*Valores con la misma literal no difieren estadísticamente. Tukey ( $p \leq 0.05$ )  
NS: Diferencias no significativas.

### Rendimiento

Los tratamientos con el mayor rendimiento fueron Trifluralin + Bentazon, Ethalfluralin + Bentazon y el Testigo con 73.57, 68.78 y 65.86 ton/ha, respectivamente, siendo estadísticamente similares. Sin embargo, destacó Trifluralin + Bentazon ya que Ethalfluralin + Bentazon y el Testigo no difieren de los tratamientos Pendimetalin + Bentazon y Clortal Dimetil + Bentazon, los cuales registraron los rendimientos más bajos con 57.26 y 58.02 ton/ha (Cuadro 4).



Cuadro 4. Rendimiento comercial de tomate DRD8551 con diferentes tratamientos de control de maleza. Muna, Yuc. OI/2022-23.

N°	Tratamientos	Dosis Comerciales	Rendimiento comercial
		L ha <sup>-1</sup>	Ton ha <sup>-1</sup>
1	Pendimetalín + Bentazon	2.5 + 6.25	57.26 b
2	Clortal Dimetil + Bentazon	6.25 + 6.25	58.02 b
3	Trifluralin + Bentazon	5.0 + 6.25	73.57 a
4	Ethalfuralin + Bentazon	3.75 + 6.25	68.78 ab
5	Glifosato + Deshierbe + Paraquat (T)	5.0 + 3.66	65.96 ab

\*Valores con la misma literal no difieren estadísticamente. Tukey ( $p \leq 0.05$ )

## CONCLUSIONES

Los tratamientos más efectivos en el control de la maleza de hoja ancha, gramíneas y coquillo hasta los 45 días después de la aplicación fueron: Pendimetalín + Bentazon, Clortal Dimetil + Bentazon, Trifluralin + Bentazon, y Ethalfuralin + Bentazon.

Ningún tratamiento generó fitotoxicidad en el cultivo de tomate.

Los mejores rendimientos de fruto comercial se registraron en los tratamientos Trifluralin + Bentazon, Ethalfuralin + Bentazon y testigo del productor.

## LITERATURA CITADA

- Bautista, F.; Zinck, J. A. 2012. La clasificación maya de suelos. Ciencia y Desarrollo. Julio-Agosto: 65-70.
- Barrera F., M.; Cervera D., G. J.; Peña R., L.; Cobas E., A.; Peña P., M.; Barquie P., O. 2019. Poblaciones de arvenses en suelos tratados con diferentes técnicas de manejo en caña de azúcar. Centro Agrícola. 46(3):76-85.
- Campo, A. M.; Duval, V. S. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). Anales de Geografía. 34 (2): 25-42.
- Curtis, J. T.; Macintosh, R. P. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. Ecology. 32 (3): 476-496.
- Gómez L., A. J.; Hernández, M.; Díaz, R.; Vargas, J. 2011. Caracterización de la flora arvense asociada a un cultivo de maíz bajo riego para la producción de jojotos. Agronomía Trop. 61(2):133-139.
- Pérez M., L.; Castañeda C., C.; Ramos T., M.; Tafoya R., J. A. 2014. Control químico preemergente de la maleza en tomate de cáscara. Interciencia. 39(6):42-427.
- Rodríguez, M.; Plaza, G.; Gil, R.; Chaves, F.; Jiménez, J. 2008. Reconocimiento y fluctuación poblacional arvense en el cultivo de espinaca (*Espinacea oleracea* L.) para el municipio de Cota, Cundinamarca. Agronomía Colombiana 16(1):87-96.
- SIAP. 2023. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>, Consultado el 5 de julio del 2023.
- Soler E., P.; Berroterán, J. L.; Gil, J. L. y Acosta, R. A. 2012. Índice valor de importancia, diversidad y similitud florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. Agronomía Trop. 62 (1-4). [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2012000100003](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100003).
- Zarco-Espinosa, V. M.; JI Valdez-Hernández, J. I.; Ángeles-Pérez, G.; Castillo-Acosta, O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo. 26 (1):1-17.



## CONTROL QUÍMICO DE MALEZA EN CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) EN EL SUR DE YUCATÁN.

### CHEMICAL WEED CONTROL ON HABANERO PEPPER (*Capsicum chinense* Jacq.) AT THE SOUTHERN AREA OF YUCATÁN STATE, MEXICO.

<sup>1</sup>Avilés Baeza WI, <sup>1</sup>Lozano Contreras MG

<sup>1</sup>Campo Experimental Mocochoá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul.  
CP 97454. Mocochoá, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: [lozano.monica@inifap.gob.mx](mailto:lozano.monica@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

En este cultivo la maleza se maneja utilizando una combinación de herbicidas postemergentes como glifosato en pretrasplante y paraquat en postrasplante, en combinación con deshierbes en las líneas de cultivo, tanto a campo abierto como en el sistema de túneles de polipropileno. El experimento se enfocó en complementar el control postemergente, adicionando herbicidas con actividad preemergente y estudiando sus efectos en la maleza y en el cultivo. De esta manera, el objetivo fue Identificar nuevos herbicidas que permitan controlar de manera eficiente la maleza asociada al chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en suelos mecanizables del sur de Yucatán. Se establecieron cinco tratamientos con herbicidas preemergentes en mezcla con uno de contacto y el Testigo del Productor, a base de Glifosato en pretrasplante y aplicación de Paraquat en postrasplante. Se utilizó el híbrido Izamal en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables registradas fueron: Especies de maleza presentes antes de la aplicación y cobertura de la maleza. En el cultivo: Fitotoxicidad, altura, N° de hojas, N° de botones florales, N° de flores abiertas, N° de frutos y costos. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de medias por el método de Tukey, utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI.I. Todos los herbicidas mostraron un control significativo en la maleza, sin efectos fitotóxicos sobre el cultivo. Destacaron en el control de la maleza de hoja ancha y gramínea, los herbicidas Pendimetalín + Bentazon, Clortal dimetil + Bentazon, Trifluralin + Bentazon y Ethalfluralin + Bentazon hasta 28 dda. Los tratamientos más efectivos para el control de Coquillo (*Cyperus rotundus*) fueron: Pendimetalín + Bentazon, Trifluralin + Bentazon y el Testigo Glifosato (Pretrasplante) y Paraquat (Postrasplante). Ningún tratamiento mostró efectos apreciables sobre la emisión de flores y el amarre de frutos en el cultivo.

**Palabras clave:** control, fitotoxicidad, herbicidas, hortalizas.

#### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el SIAP (2023), en los últimos tres años (2020 a 2022) en el estado de Yucatán el cultivo de chile habanero ha ocupado una superficie cultivada promedio de 253.8 hectáreas. Esta superficie ha venido creciendo en los últimos tres años de 184.2 hectáreas en el 2020 a 264.7 en el 2021 y 312.6 hectáreas en el 2022, lo cual representa un incremento promedio anual del 56.7%, con un valor de la producción en el último año de \$ 76' 320,870.00. En este cultivo el productor hace un manejo de la maleza basado en la combinación de aplicaciones de herbicidas postemergentes como glifosato en pretrasplante y paraquat en postrasplante, en combinación con deshierbes en las líneas de cultivo, tanto a campo abierto como en el sistema de túneles de polipropileno. El presente experimento se enfocó a la evaluación de herbicidas que complementen el control postemergente que comúnmente el productor realiza en el cultivo, adicionando herbicidas con actividad pre emergente y estudiando sus efectos tanto en la maleza como en el cultivo de chile habanero, así como sus costos de implementación. De esta manera, el objetivo del presente estudio fue Identificar nuevos herbicidas que permitan controlar de manera eficiente la maleza asociada al cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en suelos mecanizables del sur de Yucatán.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Unidad Agrícola " José López Portillo Pozo 3", en el municipio de Muna, Yucatán, México; ubicada en las coordenadas 20°25' 10" latitud norte y 89°29' 41" longitud oeste



en un suelo clasificado como K'ankab lu'um en la clasificación maya y Luvisol en la Base de Referencia Mundial de los Suelos (WRB) (Bautista y Zinck, 2012). El estudio se realizó del mes de septiembre a diciembre de 2022. Se establecieron cinco tratamientos con diferentes herbicidas: En los primeros cuatro se utilizó una mezcla de herbicidas preemergentes (Pendimetalin, Clortal Dimetil, Trifluralin y Ethalfuralin), en mezcla con un herbicida de contacto (Bentazon) debido a la presencia de coquillo. Los preemergentes se aplicaron una vez antes del trasplante en mezcla con Bentazon (20/nov), y este último se aplicó también de manera individual a los 14 días (4/oct) después de la primera. Se incluyó un Testigo del Productor que consistió en una aplicación inicial de Glifosato y tres aplicaciones posteriores de Paraquat en postrasplante (29/sep, 6 y 13/oct).

Se utilizó el híbrido Izamal el cual se trasplantó a 40 cm entre plantas y 1.5 m entre líneas (16,750 plantas ha<sup>-1</sup>). El estudio se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones de 11 m de largo por 4.5 m de ancho (49.5 m<sup>2</sup>) y tres líneas de riego por goteo por unidad experimental. Las variables registradas fueron: Especies presentes antes de la aplicación, de acuerdo con la metodología descrita por Curtis and McIntosh, 1951; Zarco *et al.*, 2010; Gámez *et al.*, 2011; Soler *et al.*, 2012; Campo y Duval, 2014, Cobertura de la maleza después de la aplicación (dda) (14 y 28 dda) utilizando la metodología descrita por Rodríguez *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2014 y en el cultivo: Fitotoxicidad (14 y 28 dda) utilizando la escala de la European Weed Science Society (EWSS) citada por Pérez *et al.* (2014), altura (14, 28 y 40 dda), N° de hojas (14 dda), N° de botones florales (28 dda), N° de flores abiertas (40 dda), N° de frutos (40 y 50 dda) y costos. En el presente documento se presentan los datos de cobertura de maleza, fitotoxicidad y número de frutos por planta. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de medias por el método de Tukey, utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI.I. Los datos en porcentaje se transformaron previamente a arco seno raíz de x (Barrera *et al.*, 2019). El manejo del cultivo se realizó de acuerdo a las recomendaciones de Avilés *et al.* (2010) para el cultivo del chile habanero en Yucatán a campo abierto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Especies presentes en el área de estudio.** Se detectaron ocho especies de las cuales, de acuerdo con su porcentaje de cobertura relativa, el 87.4% fueron especies de hoja angosta (*Cyperus rotundus* y *Sorghum halepense*), 10.8% de hoja ancha y 1.8% correspondió a un área de suelo desnudo. De acuerdo con el índice de Valor de Importancia (IVI), las especies dominantes fueron *Cyperus rotundus* con 63.8% y *Sorghum halepense* con 61.8%, seguidas de *Euphorbia heterophylla* con 24.1% y *Commelina erecta* con 22.8%.

**Cobertura total de la maleza (%).** A los 14 dda todos los tratamientos eliminaron a las especies gramíneas y de hoja ancha, con lo cual Coquillo se convirtió en la especie dominante; sin embargo, hasta ese momento todos los tratamientos ejercieron un buen control sobre esta especie, con valores de cobertura que fluctuaron entre 1.86 (Glifosato + Paraquat) y 2.68% (Pendimetalín + Bentazon) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Cobertura de Coquillo, gramíneas y hoja ancha en chile habanero a los 14 días después de la aplicación (dda).**

N°	Tratamientos	Dosis Comercial kg o L ha <sup>-1</sup>	Cobertura (%)	
			Coquillo <sup>ns</sup>	Gramíneas y hoja ancha <sup>ns</sup>
1	Pendimetalín + Bentazon	2.5 + 6.25	2.68	0.00
2	Clortal Dimetil + Bentazon	6.25 + 6.25	2.18	0.00
3	Trifluralin + Bentazon	5.0 + 6.25	2.52	0.00
4	Ethalfuralin + Bentazon	3.75 + 6.25	2.63	0.00
5	Glifosato + Paraquat (T)	5.0 + 5.0	1.86	0.00

<sup>ns</sup> Diferencias no significativas.





A los 28 dda destacaron en el control de Coquillo los tratamientos Pendimetalin + Bentazon (0.10%), Trifluralin + Bentazon (0.13%) y Glifosato + Paraquat (0.05%) con las coberturas más bajas (Cuadro 2). En el caso de gramíneas y hoja ancha, fue claro que todos los tratamientos eliminaron la maleza prácticamente en su totalidad hasta los 28 dda, destacando Pendimetalín + Bentazon, Clortal Dimetil + Bentazon, Trifluralin + Bentazon y Ethalfluralin + Bentazon con 0.00, 0.00, 0.00 y 0.03% de cobertura, siendo estadísticamente diferentes al Testigo Glifosato + Paraquat con 0.08% (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Cobertura de Coquillo, gramíneas y hoja ancha en chile habanero a los 28 días después de la aplicación (dda).**

N°	Tratamientos	Dosis Comercial kg o L ha <sup>-1</sup>	Cobertura (%)	
			Coquillo**	Gramíneas y hoja ancha**
1	Pendimetalín + Bentazon	2.5 + 6.25	0.10 ab	0.00 a
2	Clortal Dimetil + Bentazon	6.25 + 6.25	0.30 bc	0.00 a
3	Trifluralin + Bentazon	5.0 + 6.25	0.13 ab	0.00 a
4	Ethalfluralin + Bentazon	3.75 + 6.25	0.58 c	0.03 a
5	Glifosato + Paraquat (T)	5.0 + 5.0	0.05 a	0.08 b

\*\*Valores con la misma literal no difieren estadísticamente. DMS ( $p \leq 0.05$ )

**Fitotoxicidad (%).** En los muestreos realizados a los 14 y 28 dda no se detectaron síntomas de fitotoxicidad en el cultivo para ninguno de los tratamientos, aún con las aplicaciones posteriores al trasplante.

**N° de flores por planta.** No se detectaron diferencias significativas en el número de flores en las plantas de chile habanero a los 40 dda, con lo cual no se observó una afectación significativa en este parámetro en las primeras seis semanas del crecimiento y desarrollo del cultivo. El rango de flores abiertas a los 40 dda fue de 1.1 a 2.4 por planta (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Número de flores abiertas por planta en chile habanero a los 40 días después de la aplicación (dda).**

N°	Tratamientos	Dosis Comercial	N° de Flores/planta
		Kg o ha <sup>-1</sup>	40 dda <sup>ns</sup>
1	Pendimetalín + Bentazon	2.5 + 6.25	1.1
2	Clortal Dimetil + Bentazon	6.25 + 6.25	1.8
3	Trifluralin + Bentazon	5.0 + 6.25	2.4
4	Ethalfluralin + Bentazon	3.75 + 6.25	1.6
5	Glifosato + Paraquat (T)	5.0 + 5.0	2.4

<sup>ns</sup>Diferencias no significativas

**N° de frutos por planta.** El análisis de varianza no detectó diferencias significativas en el número de frutos por planta de chile habanero a los 40 y 50 dda, con lo cual tampoco se observó una afectación significativa en este parámetro en las primeras seis semanas del crecimiento y desarrollo del cultivo. El rango de frutos por planta fue de 0.0 a 0.3 frutos a los 40 dda y de 16.5 a 20.3 frutos a los 50 dda (Cuadro 4).



**Cuadro 4. Número de frutos en chile habanero a los 40 y 50 días después de la aplicación (dda).**

N°	Tratamientos	Dosis Comercial Kg o L ha <sup>-1</sup>	Número de frutos/planta	
			40 dda <sup>ns</sup>	50 dda <sup>ns</sup>
1	Pendimetalín + Bentazon	2.5 + 6.25	0.0	18.0
2	Clortal Dimetil + Bentazon	6.25 + 6.25	0.0	20.3
3	Trifluralin + Bentazon	5.0 + 6.25	0.3	19.7
4	Ethalfuralin + Bentazon	3.75 + 6.25	0.0	16.5
5	Glifosato + Paraquat (T)	5.0 + 5.0	0.1	18.0

<sup>ns</sup>Diferencias no significativas

## CONCLUSIONES

Todos los herbicidas evaluados generaron un efecto de control significativo en la maleza presente sin generar efectos fitotóxicos sobre el cultivo.

Destacaron en el control de la maleza de hoja ancha y gramínea, los herbicidas Pendimetalín + Bentazon, Clortal dimetil + Bentazon, Trifluralin + Bentazon y Ethalfuralin + Bentazon hasta 28 dda.

Los tratamientos más efectivos para el control de Coquillo (*Cyperus rotundus*) fueron: Pendimetalín + Bentazon, Trifluralin + Bentazon y el Testigo Glifosato (Pretrasplante) y Paraquat (Postrasplante).

Ninguno de los tratamientos generó efectos apreciables sobre la emisión de flores y el amarre de frutos en el chile habanero.

## LITERATURA CITADA.

- Avilés B., W. I.; Dzib E., R.; Pereyda P., G. 2010. Manual para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a campo abierto y bajo estructuras de protección. Folleto Técnico S/N. CE Mocochoá. CIRSE. INIFAP. 26 p.
- Bautista, F.; Zinck, J. A. 2012. La clasificación maya de suelos. Ciencia y Desarrollo. Julio-Agosto: 65-70.
- Barrera F., M.; Cervera D., G. J.; Peña R., L.; Cobas E., A.; Peña P., M.; Barquie P., O. 2019. Poblaciones de arvenses en suelos tratados con diferentes técnicas de manejo en caña de azúcar. Centro Agrícola. 46(3):76-85.
- Campo, A. M.; Duval, V. S. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). Anales de Geografía. 34(2):25-42.
- Curtis, J.T.; McIntosh, R.P. 1951 An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
- Gámez L., A. J.; Hernández, M.; Díaz, R.; Vargas, J. 2011. Caracterización de la flora arvense asociada a un cultivo de maíz bajo riego para la producción de jojotos. Agronomía Trop. 61(2):133-139.
- Rodríguez, M.; Plaza, G.; Gil, R.; Chaves, F.; Jiménez, J. 2008. Reconocimiento y fluctuación poblacional arvense en el cultivo de espinaca (*Espinacea oleracea* L.) para el municipio de Cota, Cundinamarca. Agronomía Colombiana 16(1):87-96.
- Pérez M., L.; Castañeda C., C.; Ramos T., M.; Tafoya R., J. A. 2014. Control químico preemergente de la maleza en tomate de cáscara. Interciencia. 39(6):42-427.
- SIAP. 2023. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 5 de julio del 2023.
- Soler, E. P.; Berroterán, J.L.; Gil, J.L. Acosta, R. A. 2012. Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. Agronomía Trop. Vol.62. N°.1-4
- Zarco-Espinoza, V. M; Valdez-Hernández, J. I.; Ángeles-Pérez, G.; Castillo-Acosta, o. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 26(1):1-17.



## RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES DE VARIETADES DE FRIJOL *PHASEOLUS VULGARIS* L. EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO EN LA CHONTALPA, TABASCO.

### YIELD AND ITS COMPONENTS OF BEAN VARIETIES *PHASEOLUS VULGARIS* L. IN THE AUTUMN-WINTER CYCLE IN LA CHONTALPA, TABASCO.

<sup>1</sup>Barrón Freyre S y <sup>2</sup>Ugalde Acosta FJ

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo Tabasco, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla.

Autor para correspondencia: [barron.sabel@inifap.gob.mx](mailto:barron.sabel@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

El frijol en Tabasco para el año agrícola 2021 se sembró en 3190 hectáreas con un rendimiento de 650 kg ha<sup>-1</sup>, con dicha superficie y el nivel productivo generan un volumen que es insuficiente para cubrir la demanda Estatal, por lo que se importa de otros estados para cubrirla. Estudios de potencial productivo señalan la posibilidad de incrementar la superficie sembrada y el rendimiento por hectárea, pero para ello es necesario que nuestro objetivo sea evaluar material genético para conocer su rendimiento y componentes y otras características agronómicas, bajo las condiciones de la región de la Chontalpa. En el presente estudio se evaluaron 14 variedades de frijol en el Campo Experimental Huimanguillo en el ciclo otoño-invierno 2021/22. Los resultados y su análisis permiten concluir que La variedad de frijol Negro Verdín con 1595 kg ha<sup>-1</sup>, obtuvo el mayor rendimiento de grano y por su precocidad, el daño ocasionado por la enfermedad Mustia Hilachosa fue menor al resto de variedades evaluadas. El rendimiento obtenido por las variedades y sus componentes no muestra correspondencia directa dado que un mayor número de vainas por planta y semillas por vaina en la presente evaluación no implicó un mayor rendimiento de grano, lo que pudo ser un efecto de la alta incidencia de *Thanatephorus cucumeris*.

**Palabras clave:** *Frijol, rendimiento y componentes.*

#### INTRODUCCION

El frijol junto con el maíz en México representa la dieta básica para la mayoría de su población, por ello la superficie dedicada al frijol es importante; para el año agrícola 2021 se sembraron 1.69 millones de hectáreas SIAP (2023), logrando un rendimiento de 770 kg ha<sup>-1</sup> y destacando los estados de Zacatecas, Durango y San Luis Potosí que juntos siembran arriba del millón de hectáreas, en Tabasco solo se sembraron para el año agrícola citado 3190 hectáreas con un rendimiento de 650 kg ha<sup>-1</sup>, el volumen que se produce es insuficiente para cubrir la demanda Estatal, por lo que se importa de otros estados para cubrirla. La mayoría de los productores son de autoconsumo y para sembrar recurren al uso de grano tipo Michigan, Herrera (2005) obtenido de las tiendas y mercados o por intercambio entre productores.

Estudios de potencial productivo de frijol en Tabasco, indican que existen 268,272 hectáreas de alto potencial en otoño-invierno, con un rendimiento potencial de 3.2 t ha<sup>-1</sup>, Aceves et al. (2008) y Vidal (2005) en la región de la Chontalpa reporta 2.8 t ha<sup>-1</sup>. A nivel experimental en suelos fluvisoles en el estado de Tabasco, Barrón (1995) reporta rendimientos de 1,279 kg ha<sup>-1</sup> con la variedad Negro Cotaxtla y Ugalde et al. (2011) con Negro Tropical un rendimiento de 1,513 kg ha<sup>-1</sup> superior en 141 % y 185 % al rendimiento Estatal respectivamente.

Lo anterior demuestra la factibilidad de incrementar el rendimiento y volumen de producción en Tabasco utilizando genotipos mejorados de frijol, pero para ello es necesario continuar evaluando material genético de liberación reciente que potencialmente han mostrado adaptarse a regiones similares de Veracruz y Chiapas, por lo que el objetivo del presente fue conocer el rendimiento y sus componentes



en variedades de frijol recomendadas para región tropical de México en la región de la Chontalpa, Tabasco.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La parcela se estableció en el ciclo de otoño-invierno 2021/22 en los terrenos del Campo Experimental Huimanguillo, ubicado en el km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas en las coordenadas 17° 51' 1.25'' de latitud norte y 93° 23' 47.76'' longitud oeste y a una altura sobre el nivel del mar de 20 m; se evaluaron 14 variedades de frijol negro: N. Michigan, N. Primavera, N. Veracruz, N. Papaloapan, N. Albicampo, N. Tropical, N. Rubí, N. Medellín, N. 8025, N. Verdín, N. Jamapa, N. INIFAP, N. UCR-55 y N. ELS-15-55 en un arreglo en franjas.

El suelo del sitio es Fluvisol de textura franco arcillo arenosa con pH de 5.8, materia orgánica de 3.2 % y nitrógeno total de 0.12 %, su contenido de fósforo es bajo (9.85 mg kg<sup>-1</sup>) y rico en potasio (0.25 cmol kg<sup>-1</sup>), mientras que el calcio asciende a 9.98 cmol kg<sup>-1</sup> y en magnesio 1.4 cmol kg<sup>-1</sup>.

La siembra se realizó el 16 de diciembre del 2021 en forma manual, en surcos separados a 80 cm y depositando la semilla cada 5 cm para establecer una densidad de siembra de 250,000 plantas por hectárea. Se fertilizó a los 13 días de la siembra con la fórmula 40-40-30 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente, depositándose en banda e incorporando el fertilizante con un aporque manual; para el control de malezas fue necesario la preparación oportuna del suelo con chapeo, y tres pasos de rastra complementándose con el aporque manual mencionado; las plagas del follaje, se controlaron con la aplicación del insecticida piretroide cipermetrina a los 10 y 15 de la siembra y una tercera aplicación con spinetoram (palgus) a los 23 días, las dosis de producto en cada caso fue de acuerdo a las recomendaciones descritas en la etiqueta. La cosecha se llevó a cabo a los 90 días de la siembra.

Las variables de respuesta medidas fueron días a inicio y final floración, días a madurez, rendimiento de grano al 12% de humedad y sus componentes como plantas cosechadas, vainas por planta y granos por vaina, además de calificar la presencia de enfermedades como la roya (*Uromyces appendiculatus*), mancha angular (*Phaseoisariopsis griseola*), mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*) y virosis. La presencia de enfermedades se evaluó a los 70 días de la siembra mediante el sistema estándar para la evaluación del germoplasma de frijol, que utiliza la escala de 1 a 9 CIAT (1987), cuyos valores son: 1 a 3 = resistente, 4 a 6 = intermedia y 7 a 9 = susceptible,

Para el caso del rendimiento y sus componentes se realizó un muestreo con cuatro repeticiones, a dichas variables se aplicó análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey  $\alpha=0.05$ . En el ciclo y dadas las condiciones de precipitación y distribución se cuantificó la precipitación diaria.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Cuando un cultivo se maneja bajo condiciones de temporal, como fue el caso del frijol en el presente estudio, conocer la precipitación pluvial y su distribución durante el período de prueba, permite entender los resultados al evaluar material genético.

En la figura 1, se observa la distribución de la lluvia y el número de eventos o días que llovió que fue de 31, es decir en un tercio que duró la prueba existieron condiciones de alta humedad relativa y nubosidad dada la presencia de los llamados nortes; la precipitación total fue de 452.7 mm, cantidad suficiente para cubrir la demanda del cultivo; del momento de la siembra al inicio de la floración se acumularon 147.8 mm, cantidad que por el estado de desarrollo del cultivo se considera no afectó a éste, sin embargo del día 32 al día 66, es decir antes del inicio de la floración y hasta al final de ella se acumularon 346.5 mm de lluvia en 19 eventos, esto sin duda, sobre todo para las variedades más tardías, permitió que la incidencia de enfermedades como la mustia hilachosa afectara negativamente su rendimiento de grano, lo que no sucedió con variedades como la Negro Verdín cuya precocidad le permitió tener un mejor llenado de grano.

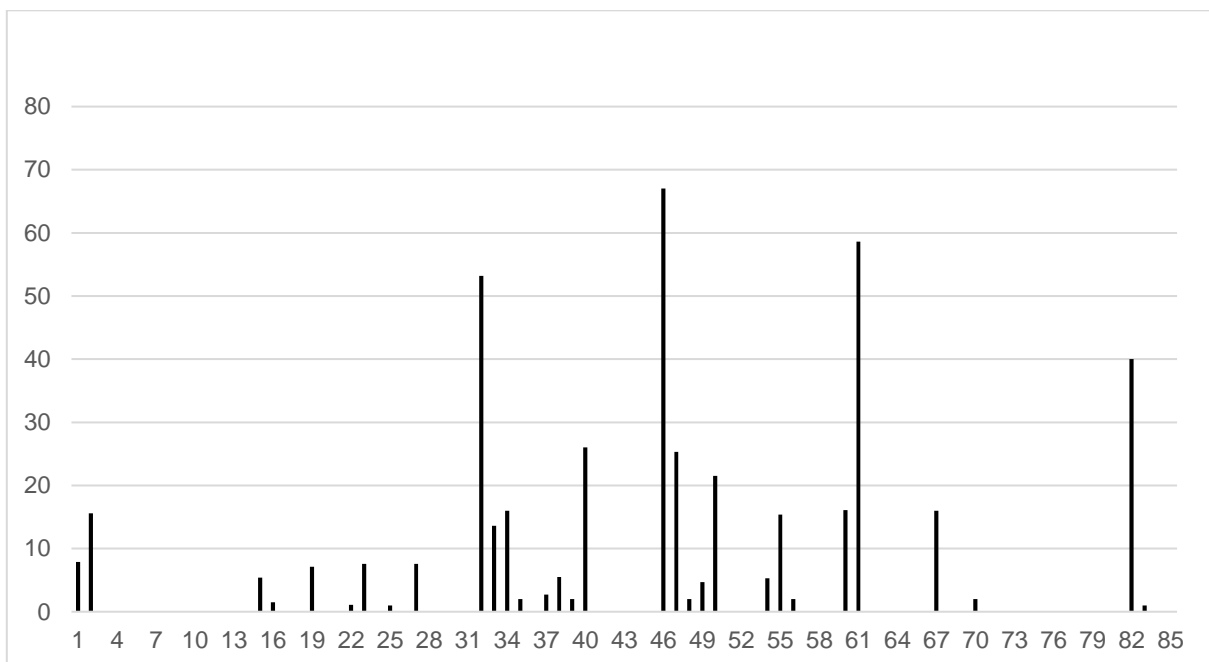


Figura 1. Precipitación pluvial durante el período de cultivo en el ciclo otoño-invierno 2021/22 en el Campo Experimental Huimanguillo. CEHUI. CIRGOC. INIFAP.

En el Cuadro 1 se describen el comportamiento de las 14 variedades de frijol en cuanto a inicio, final y madurez fisiológica, así como, el comportamiento a la presencia de enfermedades como la *T. cucumeris*, el inicio de la floración se presenta con la variedad Negro Verdín a los 36 días de la siembra y continua con las variedades Negro Papaloapan, Negro Veracruz, Negro Rubí y Negro Medellín a los 40 días de la siembra; la variedad Negro Primavera fue la que inició la floración más tardíamente a los 43 días de siembra, con ello se puede afirmar que el período de inicio de la floración estuvo presente entre los 36 y 43 días.

Cuadro 1. Características agronómicas de variedades de frijol negro en el otoño-invierno 2021/22 en la Chontalpa, Tabasco. INIFAP. CIRGOC. CEHUI.

Variedad	Días a			Calificación a <i>T. cucumeris</i>
	Inicio de flor	Final de flor	Madurez	
N. Verdín	36	59	76	2
N. ELS-15-55	42	60	76	4
N. Papaloapan	40	61	79	4
N. Jamapa	42	61	76	4
N. INIFAP	41	61	78	4
N. Veracruz	40	64	79	4
N. Michigan	41	61	76	3
N. UCR-55	42	60	78	4



N. 8025	42	64	78	3
N. Primavera	43	65	79	3
N. Rubí	40	63	78	4
N. Medellín	40	61	79	4
N. Tropical	41	61	79	4
N Albicampo	41	64	80	3
Media	40.8	61.8	77.9	3.6

El final de la floración también coincide con el Negro Verdín y ocurre a los 59 días, mientras que el ELS-15-55 y UCR-55 le siguen con 60 días, aún y cuando fueron de los que más tardaron en iniciar la floración, el Negro Primavera fue el que presentó el mayor número de días a final de la floración con 65 días, pero también fue de los que tardaron en iniciarla.

Para el caso de la madurez fisiológica aún y cuando existió una diferencia de hasta siete días en el inicio de la floración, ocurrió entre los 76 y 80 días para una media de 77.9 días y con una diferencia de solo cuatro días entre las variedades, para el caso, la explicación radica en el hecho de que la presencia de la enfermedad mustia hilachosa aceleró el tiempo en que dicha etapa fisiológica se presenta, dado el daño causado al cultivo, tal como se puede apreciar en las calificaciones asignadas donde a la mayoría de las variedades se les asignó un 4, lo que implica una incidencia que puede modificar el desarrollo normal del frijol al acelerar la caída de hojas. Es conveniente aclarar que, aunque se planeó calificar la incidencia de enfermedades como la roya, la mancha angular y la presencia de virosis, no fue necesario dado que las plantas no presentaron síntomas o daños visuales.

En el Cuadro 2 se describe el rendimiento y dos de sus componentes, la otra variable o componente se refiere a las plantas cosechadas y cuyo promedio fue de 221,563 plantas por hectárea, al realizar el análisis de varianza no se detectó diferencia significativa con un coeficiente de variación del 16.37 %, lo que implica que las plantas cosechadas en las diferentes variedades no fueron motivo para encontrar diferencia estadística en el rendimiento

La variable vainas por planta indica que la variedad Negro INIFAP con 12.3 vainas fue la que presentó el valor mayor, contra la variedad Negro Albicampo que solo emitió 6.3 vainas por planta, es importante mencionar que el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre las variedades y que la media fue de 9.3 vainas por planta, es de notarse que la variable citada no es determinante para lograr altos rendimientos, ya que el Negro INIFAP aun presentando el mayor número de vainas no es el más productivo.

En cuanto al número de granos por vaina se tiene una media de 5.9 granos, obteniéndose el mayor en la variedad Negro tropical con 6.6 granos y el menor en la variedad Negro Verdín con 4.8 granos, sin embargo, este último obtuvo el mayor rendimiento, lo que permite afirmar que en la prueba no existe una relación directa entre la variable y rendimiento ya que el Negro Verdín sin ser el que más granos tiene es el más productivo, Al realizar el análisis de varianza existió diferencia mínima significativa y el coeficiente de variación fue de 10.14 %.

Cabe mencionar que en cuanto al número de vainas por planta existen evidencias que indican un número mayor de vainas como lo descrito por López et al. (2002) donde mencionan que variedades como Negro Tropical, Negro Tacaná y Negro Jamapa presentan un número de vainas que oscilan entre 14 y 17 por planta, sin embargo, en el número de semillas o granos por vaina sus valores son similares.

El rendimiento medio obtenido por las variedades Cuadro 2, es de 931 kg ha<sup>-1</sup>, la variedad Negro Verdín con 1595 kg ha<sup>-1</sup> fue la de mejor comportamiento, dicha producción es estadísticamente igual a la



mostrada por la variedad ELS-15-55 con 1161 kg ha<sup>-1</sup>; el nivel productivo de la Verdín es semejante (1420 kg ha<sup>-1</sup>) al mencionado por Tosquy *et al.* (2016), dicho rendimiento se logró con restricciones de humedad; la variedad Negro Albicampo con 507 kg ha<sup>-1</sup> presentó el menor rendimiento.

Cuadro 2. Rendimiento y sus componentes en la evaluación de variedades de frijol negro en el otoño-invierno 2021/22 en la Chontalpa, Tabasco. INIFAP. CIRGOC. CEHUI.

Variedad	Vainas/planta	Granos/vaina	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
N. Verdín	8.9 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>b</sup>	1595 <sup>a</sup>
N. ELS-15-55	8.7 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	1161 <sup>ab</sup>
N. Papaloapan	10.0 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	1008 <sup>bc</sup>
N. Jamapa	9.3 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	980 <sup>bc</sup>
N. INIFAP	12.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>ab</sup>	976 <sup>bc</sup>
N. Veracruz	9.5 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	949 <sup>bc</sup>
N. Michigan	10.0 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	909 <sup>bc</sup>
N. UCR-55	11.5 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	891 <sup>bc</sup>
N. 8025	9.8 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	887 <sup>bc</sup>
N. Primavera	9.2 <sup>ab</sup>	6.6 <sup>a</sup>	837 <sup>bc</sup>
N. Rubí	7.4 <sup>ab</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	811 <sup>bc</sup>
N. Medellín	8.3 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	781 <sup>bc</sup>
N. Tropical	9.4 <sup>ab</sup>	6.8 <sup>a</sup>	736 <sup>bc</sup>
N. Albicampo	6.3 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	507 <sup>c</sup>
Media	9.3	5.9	931
C V (%)	25.1	10.14	22.21

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

La diferencia entre los rendimientos obtenidos por las variedades más productivas y las de menor producción, se atribuye al daño que la Mustia Hilachosa provocó durante la floración y el llenado de vainas, con claridad se pudo observar que el Negro Verdín al ser el de mayor precocidad escapó al daño por esta enfermedad, pues cuando la presencia aumentó dicha variedad ya estaba por entrar en la fase de madurez, mientras el resto estaba finalizando la floración y en pleno llenado de vainas.

## CONCLUSIONES

La variedad de frijol Negro Verdín con 1595 kg ha<sup>-1</sup>, obtuvo el mayor rendimiento de grano y por su precocidad, el daño ocasionado por la enfermedad Mustia Hilachosa fue menor al resto de variedades evaluadas.

El rendimiento obtenido por las variedades y sus componentes no muestra correspondencia directa dado que un mayor número de vainas por planta y semillas por vaina en la presente evaluación no implicó un mayor rendimiento de grano, lo que pudo ser un efecto de la alta incidencia de *Thanatephorus cucumeris*.

Existen variedades de frijol negro con potencial para incrementar su productividad bajo condiciones de temporal en el estado de Tabasco con lo que se puede reducir el déficit en la demanda de este grano.





#### LITERATURA CITADA

- Aceves, N. L. A., Juárez, L. J. F., Palma, L. D. J., López, L. R., Rivera, H. B., Rincón, R. J. A., Morales, C. R., Hernández, A. R. y Martínez, S. A. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el estado de Tabasco. Secretaria de Desarrollo Agropecuario Forestal y Pesquero del Gobierno del estado de Tabasco. Tomo IV. Tabasco, México. 37 p.
- Barrón, F.S. 1995. Validación de tecnología para el cultivo de frijol. XI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Tabasco. Villahermosa Tabasco. pp. 65-71.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Schoonhoven, A. Van y M. A. Pastor-Corrales (comps). CIAT Cali, Colombia. 56 p.
- Herrera, H. G. 2005. Comparación de las características de calidad de frijol negro nacional e importado. Tesis de Lic. Instituto Tecnológico de Celaya. Celaya, Guanajuato 60 p.
- López, S. E., Acosta G. J. A., Cano, R. O., Fraire, V. G., Becerra, L. E. N., Villar, S. B., Cumpian, G. J., y Ugalde, A. F. J. 2002. Negro Tropical, nueva variedad de frijol para el trópico húmedo de México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm. 32. Veracruz, México. 11 p.
- Tosquy, V. O. H., López, S. E., Villar, S. B., Ibarra, P. F. J., Rodríguez, R. J R., Acosta, G. J. A., Anaya, L. J. L., y Garrido, R. E. R. 2016. Verdín, variedad de frijol negro, precoz y tolerante a la sequía, para Veracruz y Chiapas. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm. 86. Veracruz, México. 32 p.
- Ugalde, A. F. J., Tosquy, V. O. H., López, S. E., Barrón, F. S., Morales, R. A., Romero, M. J., Rodríguez, E. E., Luna, G. E., Ixmattlahua R. C. A., Rivera, S. J. L. y Díaz, M. P. 2011. Respuesta productiva de la variedad de frijol Negro tropical en los estados de Veracruz y Tabasco, México In: Memoria de la LVI Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales. PCCMCA. San Salvador.
- Vidal, B.A. 2005. Caracterización de diversidad morfológica y molecular de cultivares criollos y mejorados de frijol común del trópico húmedo. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. México. 102p

#### REFERENCIAS INFORMATICAS

- SIAP, 2022. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do) (consultado 30 de julio 2023)





## LÍNEAS AVANZADAS DE AMARANTO CON PORTE BAJO APTAS PARA LA MECANIZACIÓN EN MORELOS, MÉXICO ADVANCED LOW AMARANTO LINES SUITABLE FOR MACHINING IN MORELOS, MEXICO

<sup>1</sup>Tavitas Fuentes L, <sup>1</sup>Hernández Aragón L, <sup>2</sup>De la O Olán M, <sup>2</sup>Zamudio González B y <sup>2</sup>Sangerman Jarquín DM

<sup>1</sup>Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPAS) del INIFAP. Carretera Zacatepec-Galeana, km 0.5. Zacatepec, Morelos, México. C. P. 62780.

<sup>2</sup>Centro de Investigación Regional Centro (CIRCE) del INIFAP. Carretera Los Reyes-Textcoco, km 13.5. Coatlinchán, Textcoco, Estado de México. C. P. 56250.

\*Autor para correspondencia: olan.micaela@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Con el propósito de solucionar el problema de los altos costos de cultivo de amaranto especialmente los relacionados con la cosecha que se efectúa manualmente por la altura de las plantas, susceptibilidad al acame, rendimientos bajos y caracteres de los que adolecen las actuales variedades comerciales, en los ciclos PV-2013 y PV-2014 se inició en el Campo Experimental Zacatepec un programa de recombinación genética para la generación de variabilidad mediante la realización de 68 cruza simples, en las etapas tempranas F<sub>2</sub>-F<sub>4</sub> se aplicó el método de mejoramiento de "bulk" modificado, y en las avanzadas (F<sub>5</sub> y F<sub>6</sub>) se aplicó el método de selección genealógica de donde se seleccionaron 54 líneas con aceptable fenotipo de las plantas, como altura baja a intermedia e ideotipo para resistencia al acame para cosecha mecánica y mayor potencial de rendimiento de grano. En el ciclo PV-2021 fueron seleccionadas 31 líneas uniformes sembradas en el ciclo PV-2022 con un ensayo preliminar de rendimientos bajo el diseño de bloques al azar en 4 repeticiones comparadas con cuatro testigos: Criollo de Amilcingo, Revancha, *A. hybridus* K593, y *A. hypochondriacus* 2255 Nepal, cultivares que en el programa de cruza habían sido utilizados como progenitores. De los 35 genotipos fueron descartadas 14 líneas por mucha segregación en caracteres agronómicos y uno de los testigos por sensibilidad a fotoperiodo. De las 17 líneas sobresalió ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-10-12ma con 1,791 kg/ha, habiendo superado a Criollo de Amilcingo de testigo 234 kg/ha, le siguieron las líneas ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-11-9ma y ZAC 9-14-Oma-14B-26B-5-6-9ma, que produjeron 1,538 y 1,431 kg/ha, respectivamente, rendimientos que fueron ligeramente menores que los de Criollo de Amilcingo. Las líneas obtenidas fluctuaron en alturas de planta baja de 1.40 a 1.27 m. A través de la mejora genética por cruzamientos es factible generar variedades modernas con altura de planta de intermedia a baja en contraste con la selección masal que caracteriza a las variedades tradicionales que miden hasta 2.0 m, por lo cual no es factible su cosecha mecanizada.

**Palabras claves:** *mejoramiento genético, Amaranthus spp., altura de planta.*

### INTRODUCCIÓN

Las variedades y/o criollos de amaranto (*Amaranthus* spp) que actualmente se cultivan en nuestro país reportan bajos rendimientos debido a que las plantas en su mayoría adolecen de varios caracteres morfológicos indeseables, como demasiada altura de más de 2.0 m que propicia el acame, heterogeneidad de sus ramificaciones que son de hábito indeterminado por lo que la maduración ocurre en diferentes períodos estos factores ocasionan que la cosecha se realice en forma manual y como consecuencia se obtienen bajos rendimientos y altos costos de producción que hacen al cultivo poco rentable y atractivo para el productor.

Estas características contribuyen al desinterés de los productores por el cultivo, lo que ha condicionado la superficie sembrada y el volumen de producción sea insuficiente para cubrir la demanda de este grano. Por lo que las variedades sobresalientes deben tener, menores costos de producción, homogéneas en porte y maduración, sin dehiscencia de grano, de ciclo intermedio, con un mayor balance entre el número de florecillas pistiladas y estaminadas, que mejoren el rendimiento a través de



un mayor número de granos por panícula, buena calidad de reventado de grano y resistentes a enfermedades (Tavitas *et al.*, 2014). Para la generación de estas nuevas variedades que reúnan los caracteres de referencia, es necesario sustituir los métodos de selección masal que se han aplicado en este cultivo a través de ampliar de forma dirigida la variabilidad genética con cruzamientos interespecíficos entre progenitores *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y otras especies afines (Mwase *et al.*, 2014); que derivan en poblaciones y para su manejo mediante el método de “bulk” modificado, en generaciones tempranas (F<sub>2</sub>-F<sub>4</sub>) y selección genealógica en generaciones avanzadas (F<sub>5</sub>-F<sub>n</sub>), y así obtener líneas sobresalientes. Los métodos de mejora genética del amaranto (*Amaranthus* spp.) que en México se han aplicado, son el de selección masal común y selección masal estratificada (Espitia *et al.*, 2012), con éstos se han modificado características fenotípicas de las plantas pero no se ha contribuido al cambio genético; por ello, cuando estas variedades se cultivan en ambientes fuera de las áreas donde se desarrollaron, por lo general modifican su fenotipo, principalmente su ciclo vegetativo, altura de la planta que propicia el acame, presencia de ramificaciones de hábito indeterminado y dehiscencia del glomérulo que causa el desgrane, e irregularidad de la maduración del grano. Estas características repercuten en que el rendimiento sea menor al reportado en sus áreas de adaptación. Por lo anterior el objetivo es obtener líneas élite provenientes de cruzamientos y sembrar en pruebas preliminares con las características morfológicas de las plantas con ideotipo adecuado para la cosecha mecanizada (alturas bajas, resistentes al acame y buen rendimiento).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En los ciclos PV-2013 y PV-2014 se estableció en el Campo Experimental Zacatepec un programa de recombinación genética para la generación de variabilidad mediante la realización de 68 cruza simples (A x B) incluyendo algunas recíprocas (B x A), de donde se generaron 19 poblaciones segregantes F<sub>2</sub> las cuales a pesar de que las florecillas de sus inflorescencias no son hermafroditas sino unisexuales femeninas *versus* masculinas, se decidió manejarlas como una especie autógama, y a través de la interacción “genotipo x ambiente” en las etapas tempranas F<sub>2</sub>-F<sub>4</sub>) se aplicó el método de “bulk” modificado, y en las avanzadas (F<sub>5</sub> y F<sub>6</sub>) se aplicó el método de selección genealógica de donde se seleccionaron 54 líneas con aceptable fenotipo de las plantas, como altura baja a intermedia e ideotipo para resistencia al acame para cosecha mecánica y con mayor equilibrio de las florecillas femeninas *versus* masculinas en las inflorescencias lo que se ha traducido en mayor producción de grano y menor volumen de tamo en las panojas y por ende mayor potencial de rendimiento de grano en el ciclo PV-2021 fueron seleccionadas 31 líneas uniformes con las cuales en el ciclo PV-2022 se estableció un ensayo preliminar de rendimientos (EPR) bajo el diseño de bloques al azar en 4 repeticiones comparadas con cuatro testigos: Criollo de Amilcingo, Revancha, *A. hybridus* K593, y *A. hypochondriacus* 2255 Nepal, cultivares que en el programa de cruza habían sido utilizados como progenitores. De los 35 genotipos de que constó el ensayo fueron descartadas 14 líneas porque segregaron para características agronómicas no deseables y uno de los testigos por sensibilidad a fotoperíodo. De ahí que el EPR se ajustó a 17 líneas vigentes y tres testigos que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Genealogía de las 17 líneas obtenidas de amaranto del ensayo Preliminar de Rendimiento y sembradas en el Campo Experimental de Zacatepec, Mor., ciclo P/V-2022.

Número de genotipo	Genealogía	Número de genotipo	Genealogía
1	ZAC 1-14-0ma-58B-16B-6-5-7ma	11	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-10-12ma
2	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-1-26ma	12	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-12-2-13ma
3	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-21-7-9ma	13	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-5-4-11ma
4	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-7-9ma	14	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-1-17ma
5	ZAC 9-14-0ma-14B-26B-16-3-16ma	15	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-2-24ma
6	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-11-9ma	16	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-4-21ma
7	ZAC 9-14-0ma-14B-26B-5-6-9ma	17	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-2-20ma
8	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-5-10ma	18	Criollo de Amilcingo (T <sub>1</sub> )



<b>9</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-20-10ma	<b>19</b>	Revancha (T <sub>2</sub> )
<b>10</b>	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-6-10ma	<b>20</b>	<i>H. hybridus</i> 593 (T <sub>3</sub> )

Se aplicó la estadística básica a base de la media y una prueba de comparación de medias en cada una de las variables bajo estudio, las cuáles fueron: Altura de la planta en m; Grosor de tallo (cm); Días a madurez y Rendimiento (kg/ha).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la prueba en la comparación de medias en el cuadro 2 se indica que se formaron cuatro rangos. En el primero y con el de mayor rendimiento sobresalió la línea (11) ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-10-12ma que produjo 1,791 kg/ha; en el segundo rango le siguieron cuatro líneas y el testigo Criollo de Amilcingo (T<sub>1</sub>) cuyos rendimientos fluctuaron de 1,557.3 kg/ha a 1197.3 kg/ha y el tercer grupo siete líneas cuyos rendimientos fueron de 1167 a 933.3 kg/ha.

**Cuadro 2.** Prueba de medias para rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>) en 17 líneas de amaranto y tres variedades testigos. Campo Experimental Zacatepec, Mor., ciclo PV-2022.

Número de genotipo	Genealogías	Rendimiento de grano (kg/ ha <sup>-1</sup> )
<b>11</b>	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-10-12ma	1791.0 A
<b>18</b>	Criollo de Amilcingo (T <sub>1</sub> )	1557.3 AB
<b>6</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-11-9ma	1538.5 AB
<b>7</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-5-6-9ma	1431.5 AB
<b>5</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-3-16ma	1300.3 AB
<b>17</b>	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-2-20ma	1197.3 AB
<b>9</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-20-10ma	1167.3 ABC
<b>15</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-2-24ma	1149.5 ABC
<b>16</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-4-21ma	1123.8 ABC
<b>3</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-21-7-9ma	1113.3 ABC
<b>14</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-1-17ma	1071.3 ABC
<b>12</b>	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-12-2-13ma	1040.0 ABC
<b>10</b>	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-6-10ma	933.3 ABC
<b>19</b>	Revancha (T <sub>2</sub> )	914.0 BC
<b>8</b>	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-5-10ma	869.0 BC
<b>13</b>	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-5-4-11ma	865.8 BC
<b>1</b>	ZAC 1-14-0ma-58B-16B-6-5-7ma	786.3 BC
<b>4</b>	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-7-9ma	736.8 BC
<b>2</b>	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-1-26ma	727.3 BC
<b>20</b>	<i>H. hybridus</i> 593 (T <sub>3</sub> )	306.0 C
<b>DMS (P=0.05)</b>		<b>863.64 (kg/ha)</b>

DMS: Diferencia mínima significativa.

En el Cuadro 3 se presenta el resultado promedio para altura de planta (m) reportado para cada uno de los genotipos seleccionados de 11 líneas promisorias de amaranto en comparación con tres testigos.

**Cuadro 3.** Comparación de medias de la variable altura de planta (m) de 15 líneas de amaranto integrantes del ensayo preliminar de rendimientos en comparación con tres variedades testigos en 4 repeticiones. Campo Experimental Zacatepec, Mor., PV-2022.



No. de genotipo	Genealogías	R-I	R-II	R-III	R-IV	Promedio (m)
7	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-5-6-9ma	1.40	1.39	1.36	1.41	1.39
17	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-2-20ma	1.50	1.42	1.32	1.35	1.39
20	<i>A. hybridus</i> 593 (T <sub>3</sub> )	1.32	1.40	1.40	1.30	1.35
11	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-10-12ma	1.48	1.37	1.30	1.42	1.39
13	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-5-4-11ma	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
16	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-4-21ma	1.32	1.35	1.38	1.40	1.36
18	Criollo de Amilcingo (T <sub>1</sub> )	2.0	1.95	2.0	1.85	1.95
1	ZAC 1-14-0ma-58B-16B-6-5-7ma	1.40	1.41	1.33	0.95	1.27
9	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-20-10ma	1.50	1.41	1.45	1.14	1.37
12	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-12-2-13ma	1.45	1.40	1.34	1.41	1.40
14	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-1-17ma	1.40	1.35	1.35	1.36	1.36
15	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-2-24ma	1.45	1.46	1.45	1.25	1.40
19	Revancha (T <sub>2</sub> )	1.70	1.50	1.55	1.75	1.62
8	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-5-10ma	1.45	1.45	1.38	1.30	1.39
4	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-7-9ma	1.40	1.40	1.20	1.42	1.35
6	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-11-9ma	1.40	1.34	1.43	1.41	1.39
5	ZAC 9-14-0ma-14B-26B-16-3-16ma	1.45	1.27	1.30	1.26	1.32
3	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-21-7-9ma	1.40	1.40	1.20	1.24	1.31
2	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-1-26ma	1.45	1.38	1.40	1.15	1.34
10	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-6-10ma	1.35	1.39	1.32	1.36	1.35

R: Número de repetición

Con respecto a la altura de la planta (m), este carácter es dominante y uno de los objetivos de este proyecto consiste en obtener de altura de planta de intermedia a corta para que los productores puedan cosechar sus cultivos con una máquina combinada en lugar de hacerlo a mano, lo cual redundará en la ventaja de que se requiera menos mano de obra y menor tiempo para la cosecha, dando como resultado la reducción de los costos de producción y del tiempo de cosecha. En el cuadro anterior, se puede observar que estos materiales poseen porte de planta baja con altura de 1.40 a 1.27 m, en comparación con los testigos Criollo de Amilcingo (T<sub>1</sub>) y Revancha (T<sub>2</sub>) que miden 1.95 y 1.62 m, respectivamente, las cuales se incluyeron en el programa de cruzamientos como progenitores por rango de adaptabilidad, mientras que *A. hybridus* 593 (T<sub>3</sub>) que mide 1.35 m, fue utilizado en el programa de cruza como progenitor para reducción de altura de planta.



En el Cuadro 4 se presenta el resultado promedio para la variable grosor de tallo (cm) reportado para cada uno de los genotipos seleccionados de 17 líneas promisorias de amaranto en comparación con tres testigos.

Cuadro 4. Comparación de medias de la variable grosor del tallo (cm) de 17 líneas de amaranto integrantes del ensayo preliminar de rendimientos en comparación con tres variedades testigos en 4 repeticiones. Campo Experimental Zacatepec, Mor., PV-2022.

No. genotipo	Genealogías	R-I	R-II	R-III	R-IV	Media (cm)
7	ZAC 9-14-0ma-14B-26B-5-6-9ma	1.80	1.00	1.60	2.20	1.65
17	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-2-20ma	1.80	1.70	1.40	1.50	1.60
20	<i>H. hybridus</i> 593 (T <sub>3</sub> )	1.60	1.70	1.10	1.2	1.40
11	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-10-12ma	1.50	1.30	1.40	2.20	1.50
13	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-5-4-11ma	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
16	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-4-21ma	2.00	1.40	1.70	1.50	1.65
18	Criollo de Amilcingo (T <sub>1</sub> )	2.00	1.90	2.40	2.000	2.07
1	ZAC 1-14-0ma-58B-16B-6-5-7ma	1.90	1.70	1.60	1.70	1.72
9	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-20-10ma	1.50	1.50	1.40	1.50	1.47
12	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-12-2-13ma	1.80	1.50	1.50	1.60	1.60
14	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-1-17ma	1.80	1.40	1.30	1.50	1.52
15	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-2-24ma	1.60	1.40	1.40	1.70	1.52
19	Revancha (T <sub>2</sub> )	2.10	1.30	1.50	2.80	1.92
8	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-5-10ma	2.00	2.00	1.80	1.70	1.87
4	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-7-9ma	1.90	1.90	1.30	1.30	1.60
6	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-11-9ma	1.80	1.00	1.60	1.60	1.55
5	ZAC 9-14-0ma-14B-26B-16-3-16ma	1.80	1.60	1.40	1.40	1.55
3	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-21-7-9ma	1.40	1.40	1.30	1.30	1.35
2	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-1-26ma	2.00	1.20	1.80	1.80	1.70
10	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-6-10ma	1.80	1.30	1.60	1.60	1.50

Con relación a la variable grosor del tallo, cuyo carácter es recesivo, éste es muy importante porque tiene una relación con la altura de la planta. En el cuadro anterior, se puede observar que el grosor de los tallos de los genotipos seleccionados es intermedio, pero en algunas líneas su grosor se acerca al de los testigos Criollo de Amilcingo (T<sub>1</sub>) y Revancha (T<sub>2</sub>) que poseen tallos gruesos de 2.07 a 1.92 cm. Nótese que la línea (13) ZAC 10-14-Oma-42B-23B-5-4-11ma reporta 1.80 cm de grosor y la (8) ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-5-10ma presenta 1.87 cm considerándose como tallo grueso; el resto de los



materiales seleccionados presentan tallos de grosor intermedio, pero tienen la ventaja de ser resistentes al acame, en contraste con el grosor del tallo de *H. hybridus* 593 (T<sub>3</sub>) que mide 1.40 m es susceptible al acame.

En el Cuadro 5 se presenta el resultado promedio para días a madurez reportado para cada uno de los genotipos seleccionados de 17 líneas promisorias de amaranto en comparación con tres testigos.

Cuadro 5. Resultados comparación de medias de la variable días a madurez (ciclo) de 17 líneas de amaranto integrantes del ensayo preliminar de rendimientos en comparación con tres variedades testigos en 4 repeticiones. Campo Experimental Zacatepec, Mor., PV-2022.

No. geno tipo	Genealogías	R-I	R-II	R-III	R-IV	X
7	ZAC 9-14-0ma-14B-26B-5-6-9ma	74	74	74	74	74
17	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-2-20ma	72	72	72	72	72
20	<i>H. hybridus</i> 593 (T <sub>3</sub> )	75	78	78	78	77.2
11	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-10-12ma	54	54	54	54	54
13	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-5-4-11ma	74	74	74	74	74
16	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-4-21ma	74	74	74	74	74
18	Criollo de Amilcingo (T <sub>1</sub> )	100	100	105	105	102.5
1	ZAC 1-14-0ma-58B-16B-6-5-7ma	74	74	74	74	74
9	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-20-10ma	74	74	74	74	74
12	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-12-2-13ma	74	74	74	74	74
14	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-1-17ma	74	74	74	74	74
15	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-16-2-24ma	74	74	74	74	74
19	Revancha (T <sub>2</sub> )	95	95	96	96	95.5
8	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-5-10ma	74	74	74	74	75
4	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-7-9ma	74	74	74	74	74
6	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-7-11-9ma	72	72	72	72	72
5	ZAC 9-14-0ma-14B-26B-16-3-16ma	72	72	72	72	72
3	ZAC 9-14-Oma-14B-26B-21-7-9ma	72	72	72	72	72
2	ZAC 10-14-Oma-42B-23B-6-1-26ma	74	74	74	74	74
10	ZAC 11-14-Oma-21B-14B-3-6-10ma	70	70	70	70	70

Por lo que respecta al ciclo de los materiales (días a madurez fisiológica del grano), en el cuadro anterior se puede observar que todas las líneas son precoces. Éste es un carácter recesivo de suma importancia en la Agricultura de temporal. Estos materiales reportaron un rango de 54 a 74 días a la madurez, mientras que el testigo Criollo de Amilcingo (T<sub>1</sub>) reportó 102.5 días a la madurez que constituye un carácter dominante, le siguió Revancha (T<sub>2</sub>), con 90.5 días, e *H. hybridus* 593 (T<sub>3</sub>) con sólo 77.2 días, ya que este progenitor es donador del carácter ciclo corto. Esta característica es muy importante en las regiones donde el ciclo de lluvias es corto o donde la sequía es muy frecuente como en la zona oriente del estado de Morelos, donde la temporada de lluvias es de 90 días con ocurrencia de canícula en el mes de julio con variables días de duración. A través de la generación de variabilidad genética por cruzamientos ha sido posible incorporar el carácter de precocidad, en contraste con las variedades actuales que poseen ciclos de 70 a 240 días (Espitia *et al.*, 2012).



## CONCLUSIONES

A través de la mejora genética por cruzamientos es factible generar variedades modernas con altura de planta de intermedia a baja en contársete con la selección masal que caracteriza a las variedades tradicionales que se han liberado anteriormente que miden hasta 2.0 m, por lo cual no es factible su cosecha mecanizada, y por eso se realiza en forma manual que es ardua y costosa, por lo que los costos de producción reducen la rentabilidad del cultivo. En el ciclo PV 2022 fueron electas 11 líneas uniformes de amaranto con el ideotipo delineado para la cosecha mecanizada, con alturas de planta de 1.31 a 1.40m, poseen tallos gruesos resistentes al acame, y buen equilibrio grano-tamo para mayor potencial de producción cuyos rendimientos oscilan de 1,040 a 1,791 kg/ha.

## LITERATURA CITADA

- Espitia R. E.; Escobedo, D.L. y Aguilar, D. M. 2012. Estrategia y metodología para el mejoramiento genético de amaranto. *In: Amaranto Ciencia y Tecnología*. Libro científico No. 2. INIFAP/SINAREFI. México, D.F., pp: 227- 247.
- Mwase, W. F.; Kachiguma, N.; Manduwa, D. and Maliro, M. 2014. Agromorphological diversity of *Amaranthus* species in Central Malawi. *Inter. J. AgriSci.* 4(4):235-241.
- Tavitas, F. L.; y L. A. Hernández. 2014. Innovación Tecnológica del Cultivo de Amaranto. Informe técnico 2013-2014. Fundación Produce Morelos A.C.-INIFAP-CE-Zacatepec, Mor. pp: 11-119.





## UTILIZACIÓN DE POLLINAZA Y LIXIVIADOS DE ESTIERCOL PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ ZEA MAYS L. EN LA CHONTALPA, TABASCO.

## USE OF POULTRY AND MANURE LEACHATES FOR THE PRODUCTION OF CORN ZEA MAYS L. IN LA CHONTALPA, TABASCO.

<sup>1</sup>Barrón Freyre S., <sup>1</sup>Cuevas Rodríguez M. y <sup>1</sup>Ramírez Guillermo M. A.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo Tabasco, México.

Autor para correspondencia: [barron.sabel@inifap.gob.mx](mailto:barron.sabel@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Para evaluar el efecto del uso de lixiviados de estiércol y pollinaza composteada en la producción de maíz durante el ciclo de siembra otoño-invierno 2022/23 se estableció un segundo año un trabajo en el Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP cuyas coordenadas son 17° 51' 1.25" de latitud norte y 93° 23' 47.76" longitud oeste y a una altura sobre el nivel del mar de 20 m; en el sitio se evaluó el efecto de la aplicación de fertilizantes inorgánicos, el testigo absoluto y ocho tratamientos donde se aplicó de 2.5 a 10 t ha<sup>-1</sup> de pollinaza composteada y lixiviados concentrado al 50 % al suelo en forma de drench y al follaje, se utilizó el híbrido de maíz H-520 a 62,500 plantas por hectárea. El suelo del sitio es Fluvisol de textura franco arcillo arenosa con pH moderadamente ácido (5.8), contenido medio de materia orgánica (3.2 %) y nitrógeno total medio (0.12 %), su contenido de fósforo es medio (9.85 mg kg<sup>-1</sup>) y medio en potasio (0.25 cmol kg<sup>-1</sup>), mientras que el calcio su contenido es medio (9.98 cmol kg<sup>-1</sup>), al igual que en magnesio (1.4 cmol kg<sup>-1</sup>). Las variables de respuesta consideradas fueron altura de planta y de mazorca, plantas cosechadas por hectárea, porcentaje de plantas sin mazorca, la relación grano-olote y el rendimiento de grano al 14% de humedad, dichas variables se cuantificaron realizando cuatro muestreos al azar dentro de cada tratamiento, se corrió análisis de varianza y prueba de medias de Tukey. De los resultados y su análisis se puede señalar que la nutrición adecuada del cultivo de maíz se logra con la utilización de cualquier tipo de fertilizantes y solo es un complemento al contenido de nutrientes que un suelo tiene en un momento determinado; con la aplicación conjunta de pollinaza composteada y de lixiviados de estiércol al suelo, se pueden lograr rendimientos de maíz similares a los obtenidos con la aplicación de fertilizantes inorgánicos; con el tratamiento de 7.5 t ha<sup>-1</sup> de pollinaza y de lixiviados al suelo de acuerdo a la tendencia y condiciones de suelo donde se desarrolló la investigación se logran rendimientos similares a los obtenidos con la fórmula química, que para el caso fue de 6395 kg ha<sup>-1</sup> y 6516 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palabras clave:** Maíz, *pollinaza*, *lixiviados*, *rendimiento*.

### INTRODUCCION

En el año agrícola 2021, en Tabasco se sembraron 89,803 hectáreas de maíz y se cosecharon 87,099 hectáreas con un rendimiento medio de 1,950 kg ha<sup>-1</sup> y un volumen de 169,900 ton, SIAP (2021); la superficie sembrada en otoño-invierno es del 43.2 %, mientras que en primavera-verano se concentra el 56.8 %; de la siniestralidad total para el año agrícola el 77.5 % ocurrió en O-I y el 22.5 % en P-V, aunque solo representa el 1.2 % del total sembrado en P-V y el 5.4 % en el O-I. Los municipios donde se concentró el 61.6 % de la siembra son Balancán, Huimanguillo, Tacotalpa, Cárdenas y Tenosique, destacando Balancán y Huimanguillo con 20,168 ha y 11,709 ha, respectivamente.

El rendimiento promedio se considera bajo y una de las causas es el manejo inadecuado que se le da a la nutrición del cultivo y que tiene que ver con la fertilidad del suelo, la cantidad y aplicación inoportuna de fertilizantes, pues se ha demostrado que con un manejo adecuado de los componentes tecnológicos se logran rendimientos que superan en más del 200 % el nivel productivo actual (Barrón y Rodríguez, 2022).





A fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. El abono orgánico es muy valioso porque mejora las condiciones del suelo en general. La materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente de esta manera su fertilidad. Además, la materia orgánica es un alimento necesario para los organismos del suelo. El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales FAO (1992).

Espinoza *et al.*, (2007), señalan que la agricultura orgánica y dentro de ésta el uso de fertilizantes orgánicos, es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa.

Los beneficios por adicionar materia orgánica al suelo pueden ser mayores, destacando el aumento del contenido de carbono, una mayor capacidad de intercambio catiónico (la cual es importante para la disponibilidad de nutrientes de las plantas), una mejor relación C/N y mayor disponibilidad de potasio y fósforo (Diacono y Montemurro, 2010). Los mismos autores señalan que el estiércol composteado contiene residuos fácilmente degradables, con efecto intenso y transitorio, y residuos más resistentes como la lignina y la celulosa, con un efecto menor pero duradero.

La pollinaza o gallinaza es un excelente fertilizante si se utiliza de manera correcta. Es un material con buen aporte de nitrógeno, además de fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos micronutrientes. Su aplicación al suelo también aumenta la materia orgánica, fertilidad y calidad del suelo. Cabe destacar que la gallinaza es también uno de los abonos orgánicos con mayor tasa de mineralización. Esto la hace una excelente fuente para el aporte de nitrógeno a los cultivos, pues tan solo en tres semanas el nitrógeno orgánico de la gallinaza se mineraliza en un 75 % aproximadamente. Por citar un ejemplo: si aplicáramos 10 ton de gallinaza con 80 % de materia seca (8 ton), 4 % de N (320 kg de N orgánico), y con un 75 % de mineralización, tendríamos un aporte de 240 kg de N disponible para el cultivo INTAGRI (2015).

Otra opción para la nutrición del maíz y otros cultivos es el uso de lixiviados de estiércol o de vermicomposta de lombriz, su utilización ha demostrado efectos positivos en el crecimiento y rendimiento de las plantas Cedeño, *et al.* (2020), ellos encontraron un mayor crecimiento en altura de planta y grosor de tallo además de incrementos en el rendimiento de chile.

En la búsqueda de alternativas limpias para no depender del fertilizante inorgánico, la aplicación de fuentes orgánicas son una opción que ayuda a enriquecer la micro fauna del suelo y mantener su fertilidad, por ello el objetivo fue la evaluación del efecto del uso de lixiviados de estiércol y pollinaza composteada en la producción de maíz.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo que se presenta es parte de un proyecto que inició en el ciclo de otoño-invierno 2021/22 con una prueba de lixiviados de estiércol en los terrenos del Campo Experimental Huimanguillo, ubicado en el km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas en las coordenadas 17° 51' 1.25" de latitud norte y 93° 23' 47.76" longitud oeste y a una altura sobre el nivel del mar de 20 m. Durante el primavera-verano 2022 se inició con los tratamientos de utilización de pollinaza composteada y lixiviados, mismos que continuaron en el otoño-invierno 2022/23; los tratamientos son: 1. fórmula 120-60-30, 2. 2.5 t ha<sup>-1</sup> de pollinaza y lixiviados al suelo y follaje (2.5 S-F); 3. 2.5 t ha<sup>-1</sup> de pollinaza y lixiviados al suelo (2.5 S); 4. 5 S-F; 5. 5 S; 6. 7.5 S-F; 7. 7.5 S; 8. 10 S-S; 9. 10 S; 10. Sin fertilizar.

El suelo del sitio es Fluvisol de textura franco arcillo arenosa con pH moderadamente ácido (5.8), contenido medio de materia orgánica (3.2 %) y nitrógeno total medio (0.12 %), su contenido de fósforo



es medio ( $9.85 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y medio en potasio ( $0.25 \text{ cmol kg}^{-1}$ ), mientras que el calcio su contenido es medio ( $9.98 \text{ cmol kg}^{-1}$ ), al igual que en magnesio ( $1.4 \text{ cmol kg}^{-1}$ ). Su contenido de cobre y Zinc es alto ( $10.11 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $5.95 \text{ mg kg}^{-1}$ ), respectivamente, mientras que el hierro con  $32.3 \text{ mg kg}^{-1}$  es considerado como medio y bajo en manganeso ( $0.98 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

La siembra se realizó con el híbrido H-520 el 20 de diciembre del 2012 en forma manual, en franjas de seis surcos separados a 80 cm y depositando tres semillas cada 40 cm para luego realizar un aclareo y establecer una densidad de siembra de 62,500 plantas por hectárea.

El tratamiento químico de fertilización se inició a los 16 días de la siembra con la fórmula 80-60-30 de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$  respectivamente, complementándose con una segunda aplicación a los 27 días con la fórmula 80-00-00; el fertilizante se incorporó al suelo en forma mateada a 10 cm de la planta y se cubrió con tierra.

A los tratamientos con pollinaza composteada, ésta se mezcló con el suelo en la misma fecha que la primera aplicación del fertilizante químico (a 16 días de la siembra) los lixiviados de estiércol al 50 % de concentración al suelo y follaje en 3 oportunidades, la primera a los 23 de la siembra, la segunda y tercera a los 34 y 45 días respectivamente; la cuarta aplicación solo se realizó al suelo a los 58 días, dado la imposibilidad de cubrir la mayoría del follaje; en promedio por aplicación al suelo en drench se utilizaron  $600 \text{ L ha}^{-1}$  y para el follaje  $350 \text{ L ha}^{-1}$ .

Para el control de malezas fue necesario la preparación oportuna del suelo con un chapeo y un paso de rastra inmediatamente después de la cosecha del ciclo primavera-verano 2002, posteriormente y antes de la siembra, se realizaron dos pasos de rastra en forma cruzada y se completó con un control manual con azadón a los 23 días de la siembra y un aporque mecánico a los 27 días. Para el control de plagas no fue necesario la aplicación de pesticidas, solo se monitoreo con trampas con feromonas la presencia de adultos de gusano cogollero, cabe mencionar que en el ciclo anterior se hizo el mismo manejo y solo se aplicó en una ocasión el *Bacillus thuringiensis*. La dobla se llevó a cabo a los 106 días de la siembra y la cosecha a los 140 días.

Las variables de respuesta medidas fueron altura de planta y de mazorca, plantas cosechadas por hectárea, porcentaje de plantas sin mazorca, la relación grano-olote que es una proporción entre el peso de grano entre el peso total de la mazorca y el rendimiento de grano al 14% de humedad. Para la cuantificación de las variables se realizó un muestreo con cuatro repeticiones, se aplicó análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); además en el ciclo y dadas las condiciones de temporal se cuantificó la precipitación diaria para conocer su distribución y cantidad en el ciclo o período de la prueba.

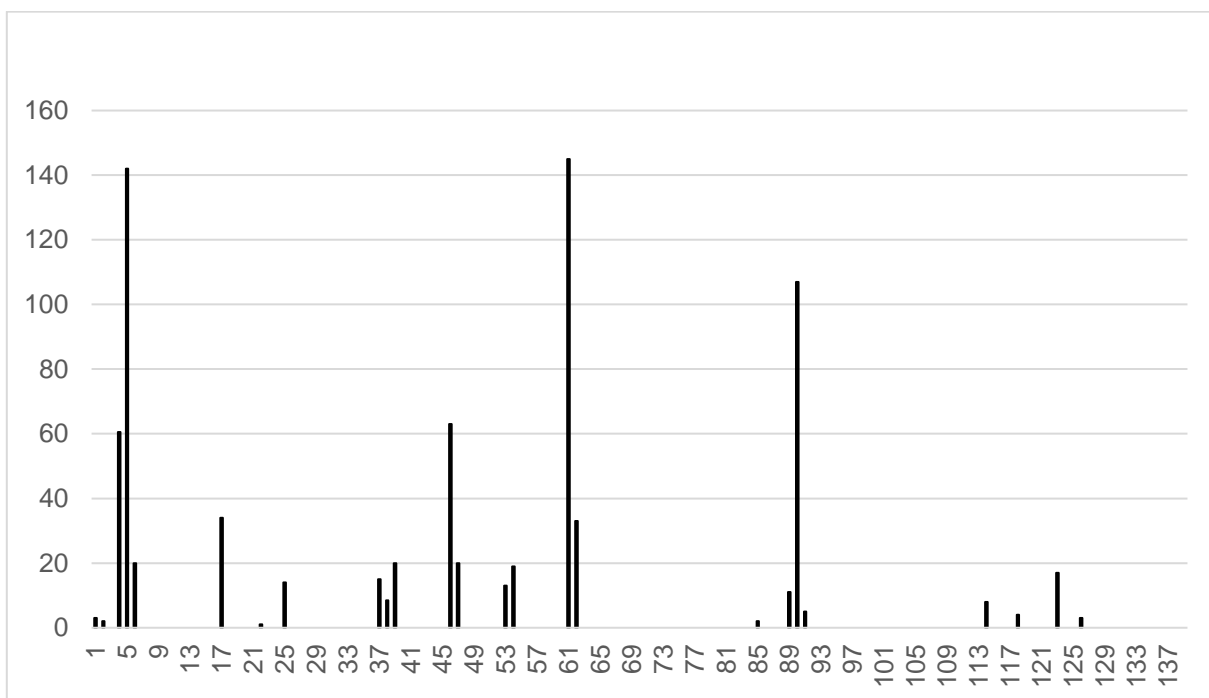
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1, se observa como fue la distribución de la precipitación a lo largo del período, existieron cinco eventos donde se presentó exceso de lluvia ya que la cantidad de ésta estuvo por arriba de los 60 mm en dos de ellos y en tres sobrepasó los 100 mm, la cantidad ocurrida en los 140 días fue de 770 mm, volumen que se considera suficiente para cubrir las necesidades de la planta y además, que su distribución en el ciclo fue adecuada ya que en las épocas de desarrollo del maíz consideradas críticas existió humedad; de la siembra a la floración se acumularon 613 mm y de la floración a la dobla 125 mm; lo anterior también permite afirmar que por las condiciones de humedad del suelo la incorporación del fertilizante, la pollinaza y los lixiviados fue adecuada para cumplir con el proceso de convertir estos materiales en formas asimilables por la planta.

En el Cuadro 1, se tiene un resumen de los resultados del análisis de varianza y prueba de medias realizado a las variables de respuesta, en todos los casos el coeficiente de variación se considera adecuado a excepción del porcentaje de plantas sin mazorca que fue de 69.52 %, de las variables la altura de planta y de mazorca resultaron con diferencia altamente significativa y el rendimiento de grano con diferencia significativa, en las plantas cosechadas, el porcentaje de plantas sin mazorca y la relación



grano-olote no se encontró significancia. La diferencia mínima significativa para la prueba de Tukey a un valor de  $\alpha = 0.05$  se describe en el mismo cuadro.



**Figura 1. Precipitación pluvial durante el período de cultivo en el ciclo otoño-invierno 2022/23 en el Campo Experimental Huimanguillo. CEHUI. CIRGOC. INIFAP.**

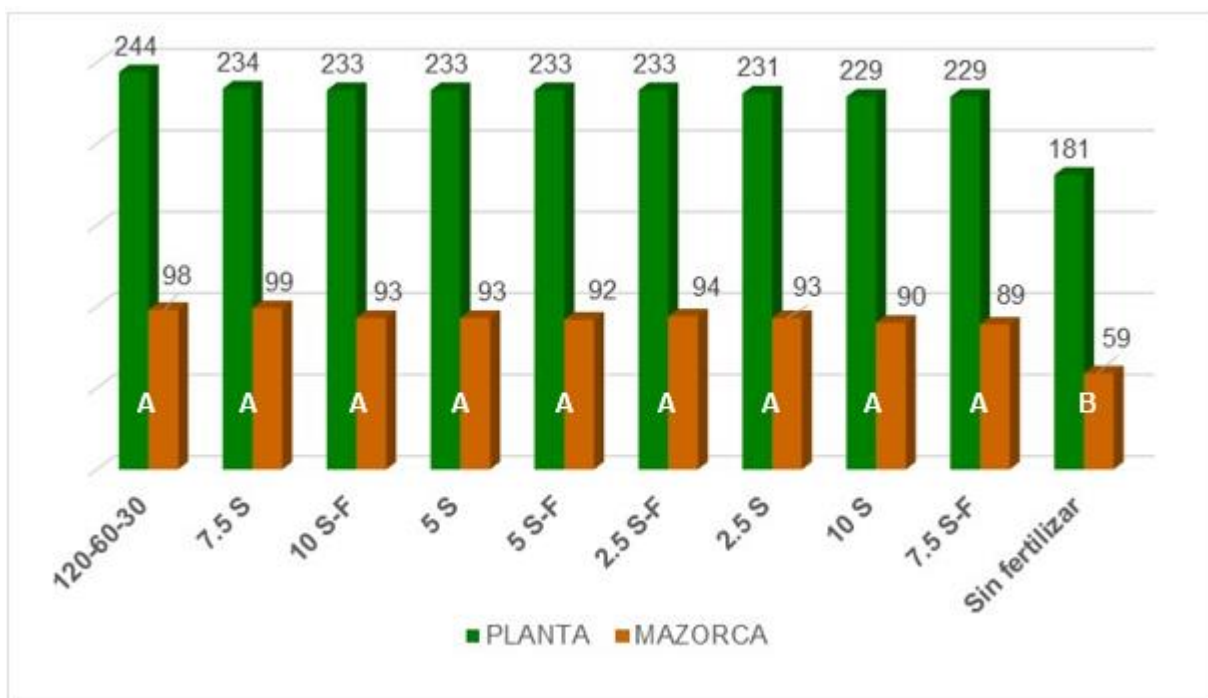
**Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza y prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) a variables de respuesta en maíz cultivado con pollinaza y lixiviados de estiércol. Ciclo otoño-invierno 2022/23 en el Campo Experimental Huimanguillo. CEHUI. CIRGOC. INIFAP.**

Variable	Media	C. V.	Significancia	DMS ( $\alpha=0.05$ )
Altura de Planta (cm)	228.0	3.85	**	21.2
Altura de mazorca (cm)	15.4	7.05	**	15.4
Plantas cosechadas por ha	60,813	19.18	ns	28,373
% plantas sin mazorca	11.5	69.52	ns	19.4
Relación grano-olote (G/O)	0.84	2.25	ns	0.05
Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	5140	22.27	*	2784

\*\* altamente significativo; \* significativo; ns no significativo



La Figura 2, muestra que la significancia detectada en el análisis de varianza para la altura de planta y de mazorca se debe a la diferencia de resultados entre el tratamiento sin fertilización y el resto de tratamientos, pues la prueba de Tukey solo forma éstos dos grupos; al comparar el crecimiento de la planta entre el tratamiento químico y el testigo absoluto se detectan diferencias de 63 cm en altura de planta y de 39 cm en altura de mazorca, dichas diferencias no solo se reflejan en la producción de grano, sino en la de forraje, de ahí la importancia de nutrir adecuadamente la planta para que el potencial genético se exprese adecuadamente.



**Figura 2. Altura de planta y de mazorca en maíz cultivado con pollinaza y lixiviados de estiércol. Ciclo otoño-invierno 2022/23 en el Campo Experimental Huimanguillo. CEHUI. CIRGOC. INIFAP.**

El hecho que no se detecten diferencias en el segundo ciclo de prueba, entre el tratamiento químico y el uso de pollinaza y los lixiviados aplicados al suelo y al follaje, seguramente tiene que ver con la cantidad de nutrientes con que contaba el suelo al inicio de la prueba, pues como ya se hizo referencia el análisis de suelo realizado al inicio solo mostró bajo contenido para manganeso, para el resto de nutrientes el análisis demostró contenidos de medios a altos; Saini y Kumar (2014) encontraron que la respuesta en la aplicación de abonos orgánicos se observó después de tres años en el sistema maíz-frijol, soya.

Otro punto importante tiene que ver con la aplicación o no de lixiviados al suelo y al follaje, hasta el momento y de acuerdo a los resultados si a través del suelo llegan los nutrientes suficientes a la planta, no es necesario realizar aplicaciones al follaje, lo que al final ayuda a reducir costos de producción, no solo por el producto sino por la mano de obra empleada para su aplicación, las medias encontradas en altura de planta entre aplicar al suelo y al follaje y solo al suelo, resultaron iguales, mientras que para altura de mazorca solo se detectó una diferencia de 2 cm.

En el Cuadro 2 se describen los resultados de tres variables, para el caso de plantas sin mazorca la media fue de 11.5 %, sin embargo, aún y cuando no se detectó diferencia estadística, el rango es de 18.7 %, significativo al asociarlo como un componente del rendimiento de grano o forraje, el número mayor de plantas sin mazorca se asocia al testigo absoluto con 22.8 % y al igual que en altura de planta



y de mazorca no hay con la aplicación de lixiviados diferencia pues para el caso es de solo 4.1 %, Jiménez *et al.* (2019), concluye que la dosis de estiércol composteado, así como el número de ciclos condicionan la magnitud de la respuesta de la tasa de crecimiento, acumulación de nutrientes y el rendimiento de MS en la planta de maíz

**Cuadro 2. Porcentaje de plantas sin mazorca, relación grano-olote y rendimiento de grano en maíz cultivado con pollinaza y lixiviados de estiércol. Ciclo otoño-invierno 2022/23 en el Campo Experimental Huimanguillo. CEHUI. CIRGOC. INIFAP.**

TRATAMIENTO	PL SIN MZCA (%)	REL G/O	RENDIMIENTO (kg/ha)
120-60-30	12.7 A	0.84 A	6516 A
7.5 S-F	7.6 A	0.86 A	6395 A
10 S	14.3 A	0.84 A	5542 AB
2.5 S-F	4.1 A	0.85 A	5359 AB
7.5 S	10.7 A	0.87 A	5116 AB
5 S-F	9.4 A	0.85 A	5055 AB
5 S	6.6 A	0.84 A	4994 AB
2.5 S	16.4 A	0.84 A	4689 AB
10 S-F	10.5 A	0.85 A	4446 AB
0-0-0	22.8 A	0.82 A	3289 B
Media S-F	7.9	0.85	5314
Media S	12.0	0.85	5085

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

La relación grano-olote promedio es de 0.84 y aunque no se detectó significancia si es posible observar que los valores más altos corresponden al tratamiento de 7.5 t ha<sup>-1</sup> de pollinaza y el más bajo al testigo sin fertilizar, esta variable es una componente de rendimiento en maíz, mismo que en promedio fue de 5140 kg ha<sup>-1</sup>, al igual que en altura de planta y de mazorca existe diferencia estadística según la prueba de medias entre el tratamiento químico y el testigo absoluto, lo que representa 3227 kg ha<sup>-1</sup> entre ambos, con el resto de tratamientos el comportamiento es similar, esto lo que nos corrobora es que la nutrición de un cultivo como el maíz se puede cumplir con la utilización de cualquier tipo de fertilizante y que éstos solo son un complemento a lo que existe en el suelo al tratamiento químico le sigue en rendimiento la aplicación de 7.5 t ha<sup>-1</sup> de pollinaza junto con la aplicación de lixiviados al suelo y al follaje, aunque ésta última forma de aplicar no impacte significativamente la producción de grano de maíz.

## CONCLUSIONES

La nutrición adecuada del cultivo de maíz se logra con la utilización de cualquier tipo de fertilizantes y solo es un complemento al contenido de nutrientes que un suelo tiene en un momento determinado.

Con la aplicación conjunta de pollinaza composteada y de lixiviados de estiércol al suelo se pueden lograr rendimientos de maíz similares a los obtenidos con la aplicación de fertilizantes inorgánicos.



Con el tratamiento de 7.5 t ha<sup>-1</sup> de pollinaza y de lixiviados al suelo de acuerdo a la tendencia y condiciones de suelo donde se desarrolló la investigación se logran rendimientos similares a los obtenidos con la fórmula química, que para el caso fue de 6395 kg ha<sup>-1</sup> y 6516 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

#### LITERATURA CITADA

- Barrón, F.S. y Rodríguez M. F. A. 2022. Comportamiento agronómico de variedades de maíz en condiciones de Temporal en la Chontalpa, Tabasco. *In*: Zetina, L. R., Tosquy, V. O. H., Vázquez, H. M. V., Del Angel, P. A. L., Esqueda, E. V. A. y Perdomo, M. C. (Comps). Investigaciones científicas y tecnológicas para la seguridad alimentaria Veracruz. Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz. pp. 487-495.
- Cedeño, S. C., Torres, G. A. y Héctor, A. E. F. 2020. Respuestas de crecimiento, contenido de clorofila y rendimiento a la aplicación de lixiviado de vermicompost de estiércol bovino en el pimiento (*Capsicum annum* L. híbrido Quetzal). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. Edición especial octubre. Manabí Ecuador. pp 11-20.
- Diacono, M., y F. Montemurro. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30 (2), 401–422.
- Espinoza, V. J. L., Palacios, E. A., Ávila, S. N., Guillén, T. A., De Luna, P de la R., Ortega, P. R. y Murillo, A. B. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. Una revisión. *INCI 32* (6): 385-390
- INTAGRI. 2015. La Gallinaza Como Fertilizante. Serie Agricultura Orgánica. Núm. 5. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- Jiménez, O. M. M., Gómez, A. R., Hernández, O. J., Granados, Z. L., Pat, F. J. M. y aAranda, I. E. M. 2019. Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova Scientia*. No. 23 Vol. 11(2). Pp. 165-197.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1992. Los fertilizantes y su uso. Asociación Internacional de la Industria de los fertilizantes. Paris, Francia. 632p.
- Saini, J. P. y Kumar, R. 2014. Long term effect of organic sources of nutrients on productivity and soil health in maize+soybean-wheat+gram cropping system. pp 611-614. En: RAHMANN G & AKSOY U (Eds) (2014). Proceedings of the 4<sup>th</sup> ISOFAR Scientific Conference. *Building organic Bridge*, at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct. Istanbul Turkey (eprint ID 23210).

#### REFERENCIAS INFORMATICAS

- SIAP. 2021. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do) (consultado 30 de julio 2023).





## CARACTERÍSTICAS DE FLORACIÓN DE FRIJOL CAUPÍ (*VIGNA SP*), CON DIFERENTES PORCENTAJES DE COMPOSTA BAJO MALLA SOMBRA, EN EL C.E. HUIMANGUILLO (INIFAP), TABASCO.

### FLOWERING CHARACTERISTICS OF COWPEA BEAN (*VIGNA SP*), WITH DIFFERENT PERCENTAGES OF COMPOST UNDER SHADE MESH, IN THE C.E. HUIMANGUILLO (INIFAP), TABASCO.

Lara de La C. K. L.<sup>1</sup>, Rodríguez C.M<sup>2</sup>, Barrón F. S<sup>2</sup>., Ramírez G. M. A<sup>2</sup>. Sumano L.D<sup>2</sup>., Salvador E. R.M<sup>2</sup>., Ruíz B. P<sup>2</sup>. y Ramírez M. A.<sup>2</sup>

1 Tesista, y 2 Profesores de la Universidad Popular de la Chontalpa, 3 Investigadores de C.E. Huimanguillo. [rodriguez.mario@inifap.gob.mx](mailto:rodriguez.mario@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Huimanguillo, en un invernadero del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (coordenadas 17.847711, -93.396465 UTM). El objetivo fue estudiar algunas características vegetativas y de grano del frijol Caupí en diferentes porcentajes de composta como fertilizante orgánico, en condiciones de invernadero. Se evaluaron los tratamientos con diferentes porcentajes (%) composta (TC): TC20%, TC40% TC60% TC80% y TC100% y Testigo arena (TAr). En bolsas de polietileno de seis Kg, las cuales se rellenaron de acuerdo a los porcentajes de composta y el complemento arena. Se utilizó un modelo estadístico completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento, las variables se analizaron con el paquete estadístico SAS 2009, y la comparación de medias con la diferencia mínima significativa (DMS) con ( $\alpha < 0.05$  p). Los resultados obtenidos el número de flores los resultados obtenidos, estuvieron en un rango de: TC80% 289.00 a TC100% 661.60, son estadísticamente iguales de acuerdo a la comparación de medias. El mayor valor obtenido del número de vainas fue en el TC100% 148.80, estadísticamente diferente en comparación a los otros tratamientos. El porcentaje del amarre de vaina, los tratamientos que obtuvieron el mayor porcentaje fueron, los tratamientos TC80% 4.86% y TC100% 4.82%, estadísticamente iguales y diferentes a los demás tratamientos. El crecimiento de vaina se observó a los dos días de su floración, a la caída de los pétalos deja al descubierto un pequeño filamento donde se pudo medir su crecimiento, el cual estuvo en un rango entre 1.5 a 19.5 cm, para alcanzar su desarrollo total dura de 12 a 14 días para llegar a su madurez. El mayor peso de vaina se obtuvo con el mayor TC100% con 347.78 g, en lo cual se mostró que las vainas cosechadas con en este tratamiento obtuvieron mayor peso, lo cual superó estadísticamente a los otros tratamientos, incluyendo al testigo con el menor peso (TAr 6.40 g). Y, por último, el tratamiento con el que se obtuvo el mayor peso del grano fue con el TC100% 264.15 g donde se obtuvo diferencias significativas estadísticas, en relación a los demás tratamientos (TAr, 4.96 g).

**Palabras clave:** *crecimiento, vainas, amarre.*

#### INTRODUCCIÓN

El género *Vigna* de la familia Fabaceae, antes Leguminosae, está compuesto por más de 200 especies que son nativas de las regiones tropicales cálidas del nuevo mundo, y está estrechamente relacionado con *Phaseolus*, está compuesto por más de 20 especies. Un número importante de especies antes ubicadas en *Phaseolus* ahora pertenecen a *Vigna*, dentro de las cuales se encuentra Caupí *Vigna unguiculata* L. (Fery, 2002). Además, Conceição-dos Santos et al. (2022) mencionan que el frijol caupí es una leguminosa con alto valor nutricional de 28.5 a 25.5 % de proteína y el conocimiento de su diversidad y potencial agronómico contribuye a establecer las bases para su conservación y uso sostenible (Fernández y Arroyo, 2019). El frijol era cultivado en Mesoamérica, fue una de las principales especies que se integró a la dieta básica de las culturas indígenas. Actualmente, se conocen más de 150 variedades de frijol, de las cuales sólo una tercera parte se encuentran en México; algunas de ellas son el frijol blanco, al que también se le conoce como alubia,



negro, flor de mayo, morado, pinto, canario, y ayocote (SADER, 2019). La importancia social del frijol en México involucra a más de 570 mil productores de manera directa, genera más de 382 mil empleos permanentes y el valor anual de la producción es de 13 mil millones de pesos. Es un producto básico, se consume en más de un millón de toneladas cada año. Su cosecha en 2021 fue más de un millón doscientas mil toneladas. El estado de Zacatecas es el 1er. lugar con el 35 % (más 451 mil ton.), seguido por Sinaloa (12%) y Durango (10%) de la producción. La superficie sembrada fue de 1.69 millones de hectáreas y actualmente México ocupa el noveno lugar en exportación de frijol a nivel mundial. (SADER, 2023). Dentro de los problemas para su producción que tiene el cultivo de frijol, Zamarripa et al. (2022). Menciona entre otras destaca las condiciones erráticas de lluvia y olas de calor incrementan los riesgos de producción, por ello demanda desarrollar y transferir paquetes productivos que conserven los recursos naturales y reduzca los efectos de la sequía intermitente y terminal, tecnología de producción en el corto plazo. En Tabasco, Lagunes–Espinoza et al. (2008), encontraron amplia diversidad genética existente en las leguminosas de grano que se siembran en la región de la Chontalpa, Tabasco, colectaron 19 poblaciones nativas de frijol entre los agricultores de la región; 11 de ellas correspondieron a *Vigna unguiculata*, el resto pertenecen a la especie *Phaseolus vulgaris*. El INEGI (2023) en el estado de Tabasco reporta la superficie actual correspondiente al uso agrícola al interior de las unidades de producción agropecuaria activas, es una de las más importantes por la superficie cultivada con 484,000 hectáreas. Además, como consecuencia Dey et al. (2022). Señala que la población humana debido al continuo aumento, ejerce alta presión para incrementar el rendimiento de los cultivos, para la alimentación en las unidades de producción, aunque, la agricultura casi por completo, dependen, en gran medida de factores bióticos y abióticos, como patógenos, calidad del suelo, disponibilidad de agua, etc., los humanos han superado estos problemas ideando formas de maximizar la productividad agrícola, lo anterior, ha provocado el uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes químicos, que a la larga degradan la calidad del suelo, por ello destaca que la productividad a corto plazo mejora, pero a costa de la sostenibilidad ambiental y es la razón, por la que desarrollar estrategias ecológicas. Las consecuencias en el suelo (Lekberg et al. 2021), el efecto de los fertilizantes químicos, se ha encontrado que la adición de estos afecta en diversos niveles que van desde la estructura química y la actividad microbiológica, como la proliferación de patógenos, supresión de las poblaciones de HMA, etc. Lo cual es independiente de las diferencias en las comunidades vegetales, en las propiedades edáficas, por lo tanto, los microorganismos responden de manera predecible a la adición de nutrimentos, como, por ejemplo, los fertilizantes de reacción ácida como la Urea, y en general el uso de fuentes químicas de N+P favorecen el aumento de hongos patógenos en un 140%, aproximadamente Mosquera (2010). La importancia fundamental del uso de abonos orgánicos obedece a que éstos son fuente de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas, además, posibilitan la degradación de los nutrientes del suelo y permiten que las plantas los asimilen de mejor manera, ayudando a un óptimo desarrollo de los cultivos. El concepto de agricultura orgánica, tiene diferentes conceptos que han sido desarrollados por diversos autores de acuerdo al enfoque que se establezca. Pérez y Landeros (2009), hacen mención que, en este tipo de agricultura, el uso de plaguicidas se elimina totalmente, empleando su base en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas para buscar un restablecimiento y balance ecológico de la biodiversidad. Esto es similar con lo mencionado por Espinoza-Villavicencio et al. (2007), que señalan que es una estrategia para modificar las limitaciones de la producción convencional, enfocada en un mejor manejo del suelo y utilización de los insumos locales para dar un mayor y justo valor agregado en la cadena de comercialización. El objetivo fue describir y evaluar algunas características vegetativas y de grano del frijol Caupí con diferentes concentraciones de composta como fertilizante orgánico en condiciones de malla sombra.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Localización del área de estudio. El trabajo de investigación se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, (INIFAP), en el Campo Experimental Huimanguillo, en la ubicación geográfica (17.847711, -93.396465 UTM). El trabajo consistió previamente en la elaboración de la composta utilizada en los tratamientos en el módulo orgánico





del C. E. Huimanguillo, por el método de pilas estáticas aireadas (Sumano y Rodríguez et al. 2016), cada material se midió, pesó y se mezcló, hasta obtener la cantidad de una tonelada de acuerdo a los siguientes materiales orgánicos: 500 kg de estiércol, 100 kg roca fosfórica, 50 kg de ceniza, 100 kg cascarilla de cacao, 100 kg de aserrín, 100 kg de pasto, 50 kg de tierra de bosque y 10 Kg de melaza esta última disuelta en 100 litros de agua, para humedecer la mezcla al 70 % de humedad. Una vez realizada la mezcla de los diferentes productos se colocó en los tubos aireadores y se aplicó aire a presión por medio de un ventilador accionado por motor de tres C.F, durante dos horas diarias, por 32 días. Las propiedades obtenidas se muestran en Cuadro 1.

**Cuadro 1. Análisis químico de la composta obtenida, por el método aireado**

Muestra	K	Ca	Mg	Na	CIC	P	B	S	Fe	Zn	Mn	MO	N Tot
	Cmol(+) kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>		ppm	mg kg <sup>-1</sup>				
<b>Bovino</b>	37.9	21.6	26.8	4.1	80.5	>MLD	22.8	>MLD	42.0	46.7	11.1	39.1	0.3

Una vez obtenida la composta, posteriormente se llenaron bolsas de polietileno de cinco kilogramos de capacidad con la composta y arena de río, mezclando los diferentes porcentajes Cuadro 2.

La semilla de *Vigna unguiculata* empleada fue adquirida, de un productor que cultiva esta especie para su autoconsumo y comercialización en el Ejido Naranjado del Municipio de Balancán, Tabasco. La siembra, fue el ocho de marzo en el ciclo de primavera 2020. Se colocaron tres semillas de frijol en cada bolsa haciendo un pequeño hueco con un lápiz, donde se depositaron las semillas y se cubrieron manualmente con el sustrato.

Riego: Se regó con agua cada tres días desde el inicio del experimento, las plantas una vez germinadas se regaron de forma manual aplicando un litro de agua por bolsa cada tercer día.

Plagas y enfermedades: Se controlaron el pulgón y el gusano que aparecieron durante el desarrollo del cultivo.

Tratamientos evaluados: Consistió de seis tratamientos con diferentes porcentajes de composta y arena (Cuadro 2), se realizó cinco repeticiones por tratamiento para observar la germinación, el crecimiento de la planta y la caracterización, de la floración, vaina y grano.

**Cuadro 2. Tratamientos evaluados con porcentajes de Composta más Arena**

Tratamientos	Composta %	Arena %
1. T Arena (TAr), (Testigo)	0	100
2. T Composta 20% (TC20%)	20	80
3. T Composta 40% (TC40%)	40	60
4. T Composta 60% (TC60%)	60	40
5. T Composta 80% (TC80%)	80	20
6. T Composta 100% (TC100%)	100	0

**Diseño experimental.** El análisis estadístico se realizó con un diseño completamente al azar (DCA):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Efecto de tratamiento  $i$ , en su repetición  $j$

$T_i$  = Efecto de tratamiento  $i$

$\mu$  = Media poblacional

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental, en tratamiento  $i$ , en su repetición  $j$

La prueba de medias se hizo con la diferencia mínima significativa (DMS) del error experimental ( $\alpha < 0.05$  p.), los análisis estadísticos se hicieron mediante el programa estadístico (Statistical Analysis System, 2021).

Variables de estudio: Se tomaron como variables respuestas de los efectos de tratamientos las características de la etapa vegetativa, floración a vaina madura (al inicio de la siembra las bolsas estaban juntas y posteriormente se separaron a 80 cm, en una hilera pegadas a la cerca del invernadero para facilitar la toma de datos). (Figura1. a), b), c), d) y e) describen el proceso).



Etapa vegetativa y días a floración: Se observó y tomo en cuenta desde el día uno de la siembra para desarrollo vegetativo, hasta la primera floración de los tratamientos.

Número de flores: De esta variable se evaluó el número de flores de frijol en diferentes tratamientos, en el cual se contó diariamente por la mañana, cuando habría las flores, durante un periodo de 81 días (periodo en que se concluyó el trabajo).

Crecimiento de vaina: Se evaluó el crecimiento de la vaina marcando con cuidado dos pequeñas vainas de cada tratamiento a partir de 1,5 cm cuando ya eran visibles, y se midió con una regla de 30 cm, desde el día que caían los pétalos, hasta un crecimiento aproximadamente constante, se midió diariamente.

Número de vainas cosechadas: Se contó el número de vainas que presentaban las plantas diariamente, aunque solo se reportan en este trabajo el número de vainas que iban madurando y cosechando.

Porcentaje de amarre de vaina: Se estimó contando diariamente el número total de flores abiertas y se dividió entre el número de vainas cosechadas. El porcentaje (%) se estimó con la siguiente relación:

$$\% \text{ de vainas} = \frac{\text{N}^\circ \text{ vainas cosechadas}}{\text{N}^\circ \text{ flores totales}} * 100$$

Peso vaina: Consistió en el peso de vainas acumuladas en gramos (gr), por tratamiento, para evaluar el peso que se obtuvo, incluyendo el grano, por medio de la utilización de la balanza analítica digital marca Truper.

Peso grano: De esta variable se evaluó solo el peso total (gr) de grano cosechado de las vainas de frijol por medio de una balanza analítica, las variables de pesaje se llevaron a cabo en el laboratorio del C.E. Huimanguillo, se realizó abriendo las vainas y se tomaba el peso de sus granos, por tratamiento.

Figura 1. Descripción del proceso del experimento, selección de semillas, realización de composta, plantas bajo malla sombra, toma de datos y pesado



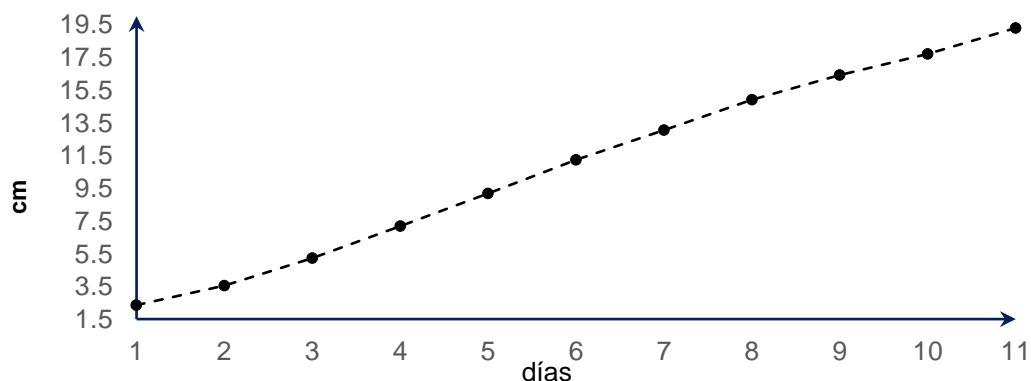
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Etapa vegetativa y días a floración.** Las observaciones de estas variables de los días transcurridos en el desarrollo vegetativo, se distinguió que las yemas que se desarrollaron en el complejo axilar producen exclusivamente ramas en cuyo primer nudo visible se encontró una hoja trifoliada, el resultado fue de 54 días a partir de la siembra, un día antes de la etapa del inicio de la floración y en lo que se refiere a los días a floración transcurridos a la aparición de la primera flor en los tratamientos, esta se presentó en el TC80%, en la repetición (R1), (una flor). Esta etapa del trabajo tuvo un periodo de desarrollo de la siembra (11 de marzo) a su primer brote de flor (4 de mayo), presentando un periodo de 55 días, aunque, se consideró el inicio masal el día 8 de mayo, ya que se presentó floración en los siguientes tratamientos (TC20%, siete flores, en cuatro repeticiones, TC40% dos flores, en una repetición, TC60% dos flores, en una repetición, TC%80, cinco flores, en dos repeticiones y TC100% seis flores, en tres repeticiones), solo se reportan los que presentaron floración este día, sin análisis estadístico (y se cuantificó hasta el día 28 de julio) lo que se observó se le atribuye a la composta que incrementó la floración. Al respecto para analizar la variabilidad Fernández et al. (1986) mencionan los factores más importantes que influyen y causan variación en



la duración de las etapas, de desarrollo del frijol, incluyen el genotipo (cuyas características, hábito de crecimiento y precocidad varían), y el clima, además las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros. Montoya (2018), en la variable días a cosecha, todos los tratamientos obtuvieron promedio de 80 días, sin diferencias estadísticas, el promedio general fue 47 días, el tratamiento que se aplicó, productos FORCRAL + Compost, en dosis de 1,5 L + 6000 kg floreció en mayor tiempo, a los 49 días, a diferencia de los tratamientos que se utilizó Biol + Compost, en dosis de 10,0 L + 6000 kg y FORCRAL + Compost, en dosis de 2,0 L + 8000 kg con 46 días. Fernández y Arroyo (2019) para días a floración encontraron diferencias significativas, entre tratamientos, sus rangos estuvieron entre los 42 y 47 días, siendo las más tempranas en florecer a los 42 días y el más tardío fue de 47 días, en general estos valores no fueron determinantes para que existieran diferencias significativas entre los genotipos estudiados. Según lo reportando por dichos valores obtenidos son similares a los reportados por Estrada-Domínguez. et al. (2018) la floración en las plantas biofortificadas con las diferentes dosis Zn-EDTA ocurrió entre los 46 y 51 dds, mientras que las plantas biofortificadas con las dosis de ZnSO<sub>4</sub> florecieron entre los 46.3 y 51.7 dds.

**Crecimiento de vaina.** Se observó que una vez que abrió la flor transcurrieron dos días cuando caían los pétalos, momento de la aparición de la vaina como un pequeño filamento y esta se desarrolló rápidamente. Su crecimiento se llevó en un rango 12 a 15 días, hasta un crecimiento aproximadamente constante. El crecimiento promedio diario de vaina se presenta en la (Figura 2) en la cual se puede observar una tasa de desarrollo al inicio (5 días) aproximadamente, como una ligera curva para posteriormente parecerse un cambio de pendiente como una línea, lo anterior, se parece muy ligeramente a las curvas de crecimiento de algunos frutos de algunas especies de plantas que muestran una curva sigmoideal (Álvarez y Boche, 1999). El crecimiento promedio de 1.53 cm por día, durante este periodo, la cual se desprende de un rango promedio entre 1.5 a 19.5 cm, hasta alcanzar la madurez fisiológica para su cosecha, que en promedio fue de 12 a 15 días. por lo cual en este trabajo se observó que las vainas pueden ser cosechadas en menor tiempo, además, se cosecharon un poco antes para prevenir la perdida de grano al abrir las vainas. Cabe destacar que, estos resultados solo corresponden a los tratamientos que tuvieron composta, ya que en el tratamiento testigo (TAr.) al momento de la toma de datos no se tenía ni flor ni vainas pequeñas para marcar y medir su crecimiento. Fernández y Arroyo (2019) reportan evaluación de diferentes genotipos de frijol Caupí donde la mayor longitud de vaina promedio fue 17,20 cm, seguido de 17,12 cm y 16,9 cm, los demás genotipos estuvieron en un rango de 16,70 cm y 15,00 cm, del genotipo más bajo, observando diferencias significativas entre los diferentes genotipos.



**Figura 2.** Crecimiento promedio (cm) de vaina de frijol Caupí a partir del tamaño de 1.5 cm (tamaño más pequeño).



**Número de flores.** Los resultados promedio obtenidos se presentan en el Cuadro 3. En el número de flores en orden ascendente son: TAr 30.20, TC20% 177.60, TC40% 289.00, TC60% 227.00, TC80% 256.40 y TC100% 661.60 flores acumuladas respectivamente, se puede observar los efectos de tratamientos atribuibles a los nutrientes aportados por la composta, de acuerdo al análisis estadístico DMS ( $p < 0.05$ ) hay diferencias significativas en los tratamientos, observándose de forma aproximadamente gradual tomando como referencia el TAr, por ejemplo, en el tratamiento TC100% superó al testigo TAr en un 219.0 %. Por lo cual, se demuestra que los tratamientos con composta tienen mayor floración debido a los nutrientes aportados por la composta. Además, de los otros factores que influyen en la floración como lo reportado por Martínez-Viloria (2019), como la fertilización en la floración, el clima (no tolera las heladas y altas temperaturas mayores a 40°C, afecta la floración y el desarrollo de las vainas (Saldarriaga de Guimaraes, 2015). Aunque, otros autores señalan rangos de temperaturas entre 19 y 27 °C, siendo el más óptimo entre 20 y 35 °C y además, presenta una moderada adaptación a la sombra; precipitaciones anuales entre 600 – 4000 milímetros, tolera moderadamente la sequía, ya que se puede desarrollar muy bien en precipitación menores de 400 milímetros. Lo anterior, coincide con la literatura en lo referente a temperatura, los resultados del amarre de flores pudo ser afectado por la temperatura máxima que se presentó durante la etapa de floración del experimento, debido al aumento de marzo a mayo, ya que en el abril estuvo arriba de 35° a 40°C, en algunos días de este periodo (Datos históricos meteorológicos en la primavera de 2020 en Huimanguillo México, 2023), además, de otros eventos conocidos como “sures” caracterizados por vientos secos, que se presentan en la región anualmente. (Cárdenas et al. 2018), El Número de flores por planta en frijol caupí estuvo en un rango entre 28,55; a 24,79 flores sin diferencia entre tratamientos, se obtuvo buena cantidad en todos los tratamientos a los 54 días después de la siembra. A continuación, se muestran los promedios y porcentajes obtenidos como resultado del frijol Caupí en los diferentes tratamientos, número de flores, amarre de vainas, número de vainas, peso de vaina y grano evaluados durante 81 días (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Resultados promedio y en porcentaje de flores, amarre de vainas, número de vainas, peso de vaina y grano con diferentes porcentajes de composta y arena en el cultivo de frijol caupí durante 81 días de evaluación (8 de mayo-28 julio).**

Tratamiento	No. de flores	% de amarre de vaina	No. de vainas cosechadas	Peso de vaina (g)	Peso de grano (g)
TC100%	661.60 a*	4.82 a	148.80 a	347.78 a	264.15 a
TC80%	256.40 b	4.86 a	59.60 b	128.24 b	98.99 b
TC60%	227.00 b	4.26 ab	44.60 b	95.47 bc	80.76 bc
TC40%	289.00 b	4.60 a	65.00 b	156.48 b	118.03 b
TC20%	177.60 bc	4.79 a	38.80 bc	84.36 bc	65.49 bc
TAr	30.20 c	3.24 b	4.40 c	6.40 c	4.96 c
C.V	44.60	22.18	7.76	62.28	57.09

\*Letras diferentes entre tratamientos indican diferencia estadística DMS ( $p < 0.05$ )

**Porcentaje de amarre de vaina.** Los resultados promedio obtenidos en Cuadro 3, en la variable son: TAr 3.24, TC20% 4.79, TC40% 4.60, TC60% 4.26, TC80% 4.86 y TC100% 4.82 porcentajes de amarre de vainas respectivamente. Donde se observó diferencias significativas en los tratamientos DMS ( $p < 0.05$ ) evaluados, lo que se puede observar, que el efecto de la composta con diferentes cantidades mejora la variable porcentaje de amarre de vaina, como, por ejemplo, en el tratamiento TC100% superó al testigo TAr en un 32.73%. Por lo cual, se demuestra que los tratamientos con composta tienen mejor amarre en el fruto, debido a los nutrientes que proporciona a las plantas la composta en diferentes porciones. Al respecto Fernández et al. (1985) mencionan que, después de su brote de vaina, el proceso de maduración dura entre 8 a 15 días, dependiendo la situación en la que se encuentra la planta y el tipo de suelo que tenga, de la cual, cuando la vaina ya maduró torna un color café como señal de que se encuentra en su punto de madurez, un cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado; las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo



y se caen. Todas las partes de la planta se secan y en particular las semillas, cuyo contenido de agua baja hasta llegar a un 15%; las semillas toman entonces su color final y la planta está lista para la cosecha.

**Número de vainas cosechadas.** Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 3. en el número de vainas promedio en orden creciente de menor a mayor son: TAr 4.40, TC20% 38.80, TC40% 65.00, TC60% 44.60, TC80% 59.60 y TC100% 148.80. Como se puede observar, tuvo una tendencia ascendente con excepción del tratamiento TC40% con 65.00 vainas por bolsa. De acuerdo al análisis de varianza y la comparación de medias de la prueba de DMS ( $p < 0.05$ ) hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Se puede observar el efecto benéfico de las compostas en la producción de vainas, por ejemplo, el TC100% superó al testigo (TAr) en un 97.04% (Mosquera, 2010). Una opción es impulsar la agricultura con abonos orgánicos, brindará a los suelos la capacidad de absorber los distintos elementos nutritivos, así como, reducir el uso de insumos externos y proteger la salud del ser humano y la biodiversidad.

**Peso de vaina.** Los resultados obtenidos se presentan en Cuadro 3. en el peso total de vainas son: TAr 6.40, TC20% 84.36, TC40% 156.48, TC60% 95.47, TC80% 128.24 y TC100% 347.78 gramos (g) respectivamente. De acuerdo al análisis de varianza y la comparación de medias de la prueba de DMS ( $p < 0.05$ ) hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Por lo que, se puede observar que el TC 100% superó al TAr, con un porcentaje de 98.16%. Ya que muestra que el TC100% cuenta con mayores nutrientes que el TAr, por lo tanto, se obtuvo mayor porcentaje de la variable de peso de vaina. Cárdenas et al. (2018) reporta la aplicación de ácidos húmicos en frijol Caupí, el peso de vainas por planta a los 103 días después de la siembra, el T4 obtuvo el mayor peso con 103,63 g diferenciándose de T3 con 97,66 g; T2 con 91,16 g y el de menor cantidad T1 con 87,63 g. No mostraron significancias estadísticas las concentraciones (0, 50 100 y 150 ml A. húmico/20 L. de agua).

**Peso de grano.** Los resultados obtenidos en la variable son: TAr 4.96, TC20% 65.49, TC40% 118.03, TC60% 80.76, TC80% 98.99 y TC100% 264.15 g respectivamente. Como se puede observar que de acuerdo al análisis de varianza y la comparación de medias de la prueba de DMS ( $p < 0.05$ ) hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Como se puede observar, el efecto de las compostas en la variable de peso de grano, por ejemplo, el TC100% superó al testigo (TAr) en un 98.13%. En general, se puede apreciar en el Cuadro 3. La tendencia de efectos de tratamientos que se le pueden atribuir a los nutrientes que tiene la composta, fue de forma ascendente respecto al TAr hasta el TC100% en las variables analizadas, mostrando estadísticas significativamente diferentes entre los tratamientos, con excepción de la variable porcentaje de amarre, que resultó ligeramente un valor mayor (4.86) del tratamiento TC80%, lo anterior puede ser importante para esta especie de frijol, ya que tolera hasta un 100% de composta, la cual puede ser beneficioso para cultivarla en espacios pequeños y obtener resultados favorables. Los resultados obtenidos en este parámetro por Montoya (2018) obtuvo en la variable de peso de 100 granos en el cultivo de frijol con un promedio de 66.5 g con una aplicación en FORCRAL + Compost en dosis de 2,0 L + 8000 kg. De acuerdo a los parámetros de evaluación, se determinó las características físicas; obteniéndose buenos resultados a mayor dosis en: altura de planta, número de flores por planta, número de vainas de madurez fisiológica, número de número y peso de vainas por planta, rendimiento total por parcela y comercial. Lo anterior, va acorde con los resultados de Legua, et al. (2018) en las características físicas; obteniéndose buenos resultados a mayor dosis, en la aplicación de ácidos húmicos en: altura de planta, número de flores por planta, número de vainas de madurez fisiológica, número y peso de vainas por planta, rendimiento total por parcela. Guillén-Molina et al. (2016) para rendimiento de grano encontraron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) entre las dosis de Fe-EDDHA y ZnEDTA, oscilando entre 8.28 y 16.26 g de grano por planta, presentando la dosis 50 - 50  $\mu\text{M}$  de Fe-EDDHA y ZnEDTA el mayor rendimiento de grano.

## CONCLUSIONES





**Días a floración.** La observación a la primera flor se presentó a los 40 días, en el tratamiento TC80% y, tres días después, le siguieron los demás tratamientos. **Número de flores.** estuvieron en un rango de: 661.60 en el TC100% y TAr 30.00 estadísticamente diferentes. **Crecimiento de vaina.** Estuvo en un rango entre 1.5 a 19.5 cm en el cual se observó que a los dos días de su floración brotan las vainas y para alcanzar su desarrollo total dura de 12 a 14 días para llegar a su madurez. **Porcentaje de amarre de vaina.** Los tratamientos que obtuvieron el mayor porcentaje fueron; TC80% 4.86 y TC100% 4.82, estadísticamente iguales y diferentes a los demás tratamientos, el testigo con menor valor (TAr 3.24%). **Número de vainas cosechadas.** El mayor valor obtenido fue TC100% con 148.80 vainas, estadísticamente diferentes a otros tratamientos. **Peso vaina.** El tratamiento con mayor peso total de vainas cosechadas fue el tratamiento TC100% con 347.78 (g), en lo cual, se mostró que las vainas cosechadas en este tratamiento obtuvieron mayor peso, mostrando diferencias significativas, incluyendo al testigo (TAr 6.40 g). **Peso grano.** El tratamiento con mayor porcentaje en peso fue el TC100% con 264.15 g donde se obtuvo diferencias significativas con el valor más bajo testigo (TAr 4.96 g).

### Agradecimientos

Esta investigación fue posible gracias al financiamiento por parte de los recursos fiscales del INIFAP, del Proyecto: Producción y evaluación de fertilizantes a base de excretas de animales en cultivos tropicales. No. SIGI: 1833235808

### Bibliografía citada

- Álvarez, A., & Boche, S. (1999). Modelos matemáticos para describir crecimientos doble sigmoideos en frutos de un nectarin tardío (cv Sun Grand). *Agro sur*, 27(1), 21-28
- Cárdenas, J. A. L., García, J. J. E., Nieto, D. D. C., Montesinos, F. E., Maldonado, J. D. C. R., & Montesinos, E. A. E. (2018). Prueba de ensayo de ácido húmico, para la producción de frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.), en el campo experimental de los anitos provincia de Barranca. *Aporte Santiaguino*, 11(2), 287-298
- Conceição-dos Santos, L. F. D., Ruiz-Sánchez, E., & Jiménez-Osornio, J. J. (2022). Caracterización agro-morfológica de 20 cultivares de frijol caupí (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) en Yucatán, México. *Acta universitaria*, 32.
- Datos históricos meteorológicos en la primavera de 2020 en Huimanguillo México. (20 de julio de 2023). Datos históricos de temperatura en el Huimanguillo en la primavera de 2020. <https://es.weatherspark.com/h/s/10045/2020/0/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-la-primavera-2020-en-Huimanguillo-M%C3%A9xico#Figures-Temperature>.
- Dey, M., Chatterjee, S., Dhara, B., Roy, I., & Mitra, A. K. (2022). Promoting crop growth with symbiotic microbes in agro-ecosystems—I. In *Microbes and Microbial Biotechnology for Green Remediation* (pp. 117-133). Elsevier.
- Espinoza-Villavicencio, J. L., Palacios-Espinosa, A., Ávila-Serrano, N., Guillén-Trujillo, A., de Luna-de la Peña, R., Ortega-Pérez, R., & Murillo-Amador, B. (2007). La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México: una revisión. *Interciencia*, 32(6), 385-390
- Estrada-Domínguez, V., Márquez-Quiroz, C., Cruz-Lázaro, E. D. L., Osorio-Osorio, R., & Sánchez-Chávez, E. (2018). Biofortificación de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) con zinc: efecto en el rendimiento y contenido mineral. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(20), 4149-4160.
- Fernández Gómez, W. D., & Arroyo Rosales, F. L. (2019). Evaluación de 10 genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) por características agronómicas y nutricionales en el municipio de Cereté—Córdoba. 67 p.
- Fernández, F., Gepts, P. L., & López, M. (1985). Etapas de desarrollo en la planta de frijol.
- Fery, R. L. (2002). New opportunities in *Vigna*. *Trends in new crops and new uses*, 424-428 p.



- Guillén-Molina, M., Márquez-Quiroz, C., de la Cruz-Lázaro, E., Velázquez-Martínez, J. R., Parra, J. M. S., Carrillo, M. G., & Vidal, J. A. O. (2016). Biofortificación de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) con hierro y zinc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (17), 3427-3438.
- INEGI (2023). Superficie agrícola al interior de las unidades de producción agropecuaria activas. (10 de julio de 2023). [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cagf/2022/doc/CA2022\\_RONAL.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cagf/2022/doc/CA2022_RONAL.pdf)
- Lagunes-Espinoza, L. D. C., Gallardo-López, F., Becerril-Hernández, H., & Bolaños-Aguilar, E. D. (2008). Diversidad cultivada y sistema de manejo de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata* en la región de la Chontalpa, Tabasco. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 14(1), 13-21.
- Lekberg, Y., Arnillas, C. A., Borer, E. T., Bullington, L. S., Fierer, N., Kennedy, P. G., & Henning, J. A. (2021). Nitrogen and phosphorus fertilization consistently favor pathogenic over mutualistic fungi in grassland soils. *Nature Communications*, 12(1), 3484
- Martinez-Viloria, F. (2019). Caupí (*Vigna Unguiculata* L. Walp). (21 de julio de 2023). Info pastos y forrajes.com. <https://infopastosyforrajes.com/leguminosas/ficha-tecnica-de-caupi-vigna-unguiculata-l-walp/>
- Montoya Gurumendi, N. A. (2018). Comportamiento agronómico del fréjol *Vigna unguiculata* bajo aplicaciones de Bioestimulantes ecológicos, en la zona de Babahoyo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018). Los Ríos – Ecuador. 47 p.
- Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana: manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. FONAG, 24 p. [https://www.fonag.org.ec/doc\\_pdf/abonos\\_organicos.pdf](https://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf)
- Pérez, V. A. & Landeros, S. C. (2009). Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos: Ciencia y cultura* 16 (73): 19-25
- SADER. (2019). La importancia del frijol en México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-del-frijol-en-mexico>
- SADER. (2023). La importancia del frijol en México.( 12 de julio de 2023). <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-de-la-produccion-de-frijol-en-mexico>
- Saldarriaga De Guimaraes, M. A. (2015). Efecto de la posición de siembra dentro del surco en tres variedades de frijol Caupí.
- Statistical Analysis System (SAS 9.1 Institute). 2021. The SAS system for window. SAS Institute Inc. Cary, NC27513, USA.
- Sumano L. D. y Rodriguez. C. M. (2016). Escuela de campo, Tecnología para la producción y aprovechamiento integral de yuca y malanga en Tabasco. Campo Experimental Huimanguillo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 36 p.
- Zamarripa C. A., Cruz C. E., Medina A. P. y López S. M. (2022). Agenda Nacional de Investigación, 2022-2024. (19 de junio de 2023). Gobierno de México. Agricultura, INIFAP. 164 p. [https://vun.inifap.gob.mx/VUN\\_MEDIA/BibliotecaWeb/\\_media/\\_agendas/14489\\_5269\\_Agenda\\_Nacional\\_de\\_investigaci%c3%b3n\\_2022-2024.p](https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_agendas/14489_5269_Agenda_Nacional_de_investigaci%c3%b3n_2022-2024.p)



## APROVECHAMIENTO DE LA VARIANZA GENÉTICA EN POBLACIONES DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO MEXICANO

### EXPLOITATION OF THE GENETIC VARIANCE IN MAIZE POPULATIONS FOR THE MEXICAN TROPIC

Clara Ríos Isidro<sup>1</sup>, Mauro Sierra Macias<sup>1\*</sup>, Noel Gómez Montiel<sup>2</sup>, Sabel Barrón Freyre<sup>3</sup>, Reyna Michelle Fierro López<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Programa de Maíz Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Km 34.5 Carretera Veracruz Córdoba La Esmeralda, Medellín de Bravo, Ver., CP 94270; \*Autor para correspondencia: [sierra.mauro@inifap.gob.mx](mailto:sierra.mauro@inifap.gob.mx); [mauro\\_s55@hotmail.com](mailto:mauro_s55@hotmail.com);

<sup>2</sup>Campo Experimental Iguala, INIFAP; <sup>3</sup> Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP; <sup>4</sup> Instituto Tecnológico de San Bartolo Tuxtepec, Oax. SEP. Campus Cuenca del Papaloapan

#### Resumen

VS 536 es la variedad de maíz de mayor uso en el sureste mexicano; Esta variedad presenta características favorables de planta y de mazorca y adaptación a las condiciones del trópico. Los objetivos son aprovechar la varianza genética presente en la versión mejorada de VS-536. La selección masal aprovecha la porción aditiva de la varianza genética presente y en esencia significa acumular genes favorables. Los criterios de selección han sido altura de mazorca y planta baja, buena cobertura de la mazorca, es decir, buena protección del totemoxtle, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, mazorcas regulares, grano blanco y textura dentada. De cruzamientos varietales de maíz formados y evaluados durante 2016 al 2023, se encontró un grupo sobresaliente en el que se observó la presencia de VS-536 participando como progenitor. Lo anterior sugiere una porción importante de genes con tipo de acción génica dominancia o sobredominancia que pueden ser aprovechados en cruza varietales como SINT4BxVS-536 y V-537CxVS-536, estos se ven reflejados en el porcentaje de Heterosis con respecto al mejor progenitor; Estas cruza registraron rendimientos a través de nueve ambientes de evaluación en Veracruz y Tabasco de 6.84 y 6.44 t ha<sup>-1</sup> estadísticamente similar al testigo H-520, mismo que registró 6.80 t ha<sup>-1</sup>; Los valores de Heterosis con respecto al mejor progenitor de 13.62 y 13.24% para cada cruza respectivamente. La cruza SINT 4BxVS-536 presenta altura de planta y mazorca baja, tolerante al acame, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca y las hojas arriba de la mazorca en posición semierecta, posición de la mazorca desviada al plano distal de las hojas, excelente cobertura de la mazorca, grano de color blanco y textura semidentada. Con base en lo anterior, se propone la cruza varietal SINT4BxVS-536 para su liberación oficial y registro ante el SNICS como HV-570.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., Acción génica, Aditividad, sobredominancia

#### Introducción

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada y generar el 36% del valor de la producción agrícola. El uso principal es el consumo directo en sus diferentes formas en la alimentación humana. Durante 2018, fueron sembradas en México, 7.95 millones de hectáreas con maíz, de las cuales 7.345 millones fueron para grano, con un rendimiento medio de 3.75 t ha<sup>-1</sup> y una producción de 26.67 millones de toneladas, de las cuales se utilizan para el consumo directo 12.6 millones de toneladas; de estas, el 35% es a través de la industria harinera y 65% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización; Durante 2018 se importaron 17.095 millones de toneladas de grano amarillo (SIAP,2018).

En la región tropical del país se siembran 2.8 millones de hectáreas con maíz, de las cuales, un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 91 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego (Espinosa *et al.*, 2019); En esta superficie, es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas con buen potencial de rendimiento bajo condiciones favorables de clima suelo y manejo por parte de los agricultores (Sierra *et al.*, 2019).





Las variedades sintéticas de maíz son una forma de aprovechar el buen rendimiento *per se* de líneas endogámicas y su aptitud combinatoria general para obtener variedades de alto rendimiento y amplia adaptación, ofrecen la ventaja de mayor adaptabilidad, además, el productor puede usarlas por varios ciclos de siembra sin que se afecte el rendimiento de grano, también es más fácil y rentable la producción de su semilla, (Márquez *et al.*, 1983; Reyes 1985; Andrés *et al.*, 2017). Márquez *et al.*, (1983) define una variedad sintética aquella que se mantiene por polinización libre, después de su síntesis por hibridación en todas las combinaciones entre un número de genotipos seleccionados. Las variedades sintéticas de maíz se han propuesto como una alternativa al uso de híbridos (Márquez, 2010; Estrada *et al.*, 2017)

La Variedad sintética VS-536, se formó mediante la recombinación genética de nueve líneas endogámicas con buen comportamiento *per se* y buena aptitud combinatoria general: Línea LE27 derivada de la población Braquíticos, LE36 de la población La posta, LE37 de Tuxpeño Opaco, LE73 Blanco Cristalino, formadas en el Campo Experimental Cotaxtla; D471, D-539, D368, del programa de maíz de Iguala, Gro., finalmente, OCOT2 y LRB14-413-7 líneas provenientes de los programas de Ocotlan, Jal., y Río Bravo, Tamps., respectivamente (Sierra *et al.*, 2016).

En las variedades sintéticas, por su formación, a través de la recombinación de líneas con buen comportamiento *per se* y buena aptitud combinatoria general, presentan una porción de la varianza genética con efectos aditivos, que se capitaliza a través de la selección recurrente, sin embargo, existe una buena porción de la varianza con efectos de dominancia y sobredominancia que puede ser aprovechada por la heterosis a través de la hibridación (Márquez 2014); Los valores de Heterosis, sugieren que existe divergencia genética entre las variedades progenitoras (Reyes, 1985; Márquez 2014; Córdova *et al.*, 2007; Sierra *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2019; Esquivel, *et al.*, 2011; Palemón *et al.*, 2012; Velasco *et al.*, 2019; Gómez *et al.*, 2015; Trachsel *et al.*, 2016; Gómez *et al.*, 2017).

Márquez (1974), en su trabajo El problema de la Interacción Genético Ambiental en Genotecnia vegetal, escribió la fórmula  $F = G + E + GE$ , Fenotipo=Genotipo+Medio Ambiente+un efecto adicional de Interacción; De acuerdo con esta fórmula si logramos eliminar o reducir el efecto ambiental, en automático se elimina o se reduce también la interacción y nos queda  $F = G$ , de esta manera es más eficiente la selección de plantas o de familias en cualquier método de selección recurrente; Las formas más eficientes de reducir el efecto ambiental son la estratificación del lote de selección y considerar solamente plantas con competencia completa o bien los diseños experimentales con repeticiones que permitan reducir la varianza del error o varianza ambiental; Así también, una de las condicionantes para que haya respuesta o ganancia en la selección es que haya variabilidad genética en las poblaciones de maíz (Sierra *et al.*, 2019). Los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell, 1966, caracterizan las variedades y los ambientes de evaluación a través de los índices ambientales

En la selección masal se aprovecha la porción aditiva de la varianza genética presente en las poblaciones de maíz; Sin embargo, en cruzamientos varietales con valores altos de Heterosis con respecto al mejor progenitor, sugiere una porción importante de genes en estas variedades sintéticas aprovechados a través del tipo de acción génica dominancia o sobredominancia (Sierra *et al.*, 2019).

Los híbridos varietales representan una alternativa en la producción comercial de maíz debido a la heterosis que resulta de cruzar dos progenitores variedades de polinización libre; Así también, solamente hay que mantener dos progenitores, por lo tanto, es más fácil y rentable la producción comercial de semilla (Sierra *et al.*, 2018; Sierra *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2014; Reyes, 1985; Tadeo *et al.*, 2021; López *et al.*, 2021; Espinosa *et al.*, 2012; Palemón *et al.*, 2012).

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: a) Practicar selección masal en las variedades sintéticas de maíz VS-536, V-537C y SINT4B, para su mejoramiento en rendimiento y características agronómicas. b) Conocer el rendimiento y la Heterosis con respecto al mejor progenitor de cruzamientos varietales y c) Conocer las características agronómicas de cruza varietales sobresalientes de maíz usando como progenitor la variedad sintética de maíz VS-536.

## **Materiales y Métodos**

**Localización.** Los lotes de selección de las variedades de maíz VS-536, V-537C y Sint 4B y la formación de las cruza varietales de maíz, se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al INIFAP, ubicado en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, localizado a los 18°



56' Latitud Norte y 96° 11' Longitud Oeste y una altitud de 15 msnm; temperatura media de 25 °C y precipitación anual de 1400 mm, distribuidos de junio a noviembre. El suelo es de origen aluvial, profundo, con textura media a través de todo el perfil, pendiente menor de 1%, buen drenaje y pH ligeramente ácido (6.6). Las localidades de evaluación fueron: Campo Experimental Cotaxtla, CBTA 84 del municipio de Carlos A. Carrillo en Veracruz y Huimanguillo en Tabasco con clima Aw1, Aw2 y Am, respectivamente.

**Germoplasma utilizado.** El germoplasma de maíz utilizado en la presente investigación, son las variedades sintéticas VS-536, V-537C y SINT 4B, en las cuales se les ha practicado 4 ciclos de selección masal y un ciclo de selección recurrente de progenies S1 y cruza varietales de maíz formadas con variedades sintéticas experimentales pertenecientes a la raza Tuxpeño; Se evaluaron 28 genotipos, de los cuales, 20 son cruza varietales, 5 sintéticos experimentales, las variedades VS-536 y V-537C y el híbrido H-520, utilizado como testigo. El HV-570, equivale a la cruza de SINT4B con VS-536, ambas variedades sintéticas de polinización libre; Particularmente, SINT 4B es de planta baja, de hoja semierecta, con buen rendimiento, grano blanco y textura semicristalina; Por lo que se refiere a la versión mejorada de VS-536, se ha hecho énfasis en seleccionar planta y mazorca baja, buena sanidad, vigor, buena carga y grano dentado, con buena cobertura de mazorca y tolerancia al acame; Esta variedad presenta buena calidad nixtamalera y harinera de acuerdo con las normas y estándares internacionales lo que le permite buena aceptación en el mercado (Sierra *et al.*, 2019).

**Descripción de los experimentos.** Durante primavera verano y otoño invierno 2016 al 2023 se evaluaron 20 cruza varietales de maíz, 5 sintéticos experimentales, las variedades VS-536 y V-537C y el híbrido H-520 como testigo, fueron distribuidos bajo un diseño bloques completos al azar con 28 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de 2 surcos de 5 m de largo, separados a 80 cm en una densidad de 62,500 pl ha<sup>-1</sup>, (Reyes, 1990). Para el control de malezas se aplicó Atrazina en forma preemergente; Se fertilizó con la fórmula 161-46-00, aplicando todo el Fósforo y un tercio del Nitrógeno al momento de la siembra, el resto del Nitrógeno en etapa de amacollamiento, usando Urea como fuente Nitrogenada.

**Variabes y registro de datos.** Durante el desarrollo del cultivo y al momento de la cosecha, fueron registradas en los experimentos, las siguientes variables agronómicas: Rendimiento de grano, días a floración masculina, floración femenina, altura de planta y de mazorca; Aspecto y sanidad de planta y mazorca usando la escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a la mejor expresión fenotípica y 5 para lo peor, número de plantas total, % de plantas acamadas, % de mazorcas con mala cobertura; a la cosecha se registraron el número de mazorcas total, % de materia seca en el grano y % de mazorcas podridas.

**Criterios de selección de las variedades.** Durante cuatro ciclos agrícolas, se ha hecho selección masal en las variedades VS-536, V-537C y SINT4B, Los criterios de selección han sido altura de planta y mazorca baja para reducir riesgos de acame, buena carga, vigor, buena cobertura de la mazorca, es decir, buena protección del totomoxtle, tolerancia al acame, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, mazorcas regulares, grano blanco y textura dentada; Particularmente VS-536, es de dominio público y existen varios grupos que continúan produciendo semilla para siembra, la cual pone en riesgo la calidad de la misma (Sierra *et al.*, 2019).

**Métodos estadísticos.** Los diseños utilizados fueron bloques al azar con 28 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de dos surcos de 5m de largo separados a 80cm en densidad de 62,500 pl ha<sup>-1</sup>. Se realizó un análisis individual para cada experimento y un análisis combinado de las cruza varietales en los nueve ambientes de evaluación y para la separación de medias se aplicó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS), al 0.05 y 0.01 de probabilidad (Reyes, 1990). Se hicieron comparaciones y pruebas de t al 0.05 y 0.01 de probabilidad para cruza varietales y sus progenitores; Se calcularon los porcentajes de heterosis con respecto al mejor progenitor (Reyes, 1985), de la siguiente manera:



$$\% \text{ de Heterosis} = \frac{F1 - \text{Mejor progenitor}}{\text{Mejor progenitor}} \times 100$$

### Resultados y discusión

**Avances en la selección.** A reserva que el próximo año se hará una evaluación de los ciclos de selección, al momento se cuenta con el 4º ciclo de selección masal y el 1er ciclo de selección recurrente de progenies S1 y se encuentra en campo los lotes de selección para obtener el 5º ciclo de selección masal en las variedades VS-536, variedad de mayor uso en el sureste mexicano, V-537C y SINT4B; Los criterios de selección han sido altura de planta y mazorca baja para reducir riesgos de acame, buena carga, vigor, buena cobertura de la mazorca, es decir, buena protección del totomoxtle, tolerancia al acame, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, mazorcas regulares, grano blanco y textura dentada en VS-536 y V-537C y textura semicristalina en el SINT4B. Particularmente VS-536, es de dominio público y existen varios grupos que continúan produciendo semilla para siembra, la cual pone en riesgo la calidad de la misma (Sierra *et al.*, 2019); Por lo anterior, el próximo ciclo agrícola se iniciará la caracterización y los trámites para la liberación oficial a una nueva versión de la variedad sintética VS-536. La nueva versión de VS-536, presenta plantas sanas, con buen aspecto, Relación altura de mazorca/altura de planta de 0.54, es decir, prácticamente a la mitad y esto definitivamente es importante en la tolerancia al acame provocado por los vientos, presenta mazorcas con 14 hileras regulares, sanas de color blanco y textura dentada (Figuras 1 y 2)



**Figuras 1 y 2. La nueva versión de VS-536 presenta buen aspecto y sanidad de planta y mazorca con grano blanco y textura dentada**

**Rendimiento de grano.** Del análisis de varianza combinado para rendimiento de grano en las cruza varietales a través de nueve ambientes de evaluación, se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para Genotipos (G), para Ambientes (A) y para la interacción GxA. La significancia para la interacción sugiere que el rendimiento de grano de los híbridos a través de los ambientes es diferente (Reyes, 1990; Andrés *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2018). En este análisis, la varianza mayor fue registrada para la Fuente de Variación Genotipos, con un valor de 73.3\*\*, significa que los genotipos son diferentes a través de ambientes, sobre todo porque se evalúan, cruza varietales, progenitores y testigos; Así también, el coeficiente de variación registrado fue de 13.73% valor relativamente bajo, que sugiere que la conducción de los experimentos y los resultados obtenidos son confiables (Reyes, 1990). (Cuadro 1)



**Cuadro 1. Análisis de varianza combinado para rendimiento de grano de híbridos varietales de maíz en diez ambientes de Veracruz y Tabasco. 2016 a 2023.**

Fuente Variación	GL	SC	CM	F Calc	Ft0.05	Ft0.01
Genotipos (G)	27	2087.20	77.3**	4.32	1.46	1.70
Ambiente (A)	8	354.16	44.27**	61.33	1.88	2.41
Interacción GxA	216	274.73	1.27**	1.76	1.0	1.0
Error	417		0.7323			
CV (%)			13.73%			

GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación

El rendimiento de los híbridos varietales de maíz a través de los nueve ambientes de evaluación, identificó un grupo sobresaliente al 0.05 de probabilidad, tales fueron: SINT-2BxVS-536, SINT-4BxVS-536 (HV-570), SINT-4BxSINT-2B, con rendimiento de grano de 6.81 a 7.03 t ha<sup>-1</sup>, rendimiento estadísticamente similar al registrado por el híbrido H-520 6.80 t ha<sup>-1</sup>, de mayor uso en el sureste mexicano (Sierra *et al.*, 2019). (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Rendimiento de grano de híbridos y variedades de maíz. CIRGOC 2016-2023**

Ambiente	VS-536	V-537C	SINT 2B	SINT 4B	SINT4Bx SINT2B	SINT2B xVS-536	SINT4B xVS-36	V-537Cx VS-536	H-520	Prom
Carlos A. Carrillo, Ver. 2016B	6.95	5.22	7.35	6.22	7.64	7.99	8.67	7.12	7.42	6.93
Cotaxtla, Ver., 2018B	6.51	8.93	4.76	7.69	5.83	6.34	6.9	4.46	6.74	6.87
Cotaxtla, Ver., 2017B	6.04	5.62	6.26	6.17	8.11	9.16	7.74	7.61	7.30	6.75
Huimanguillo 2018B	5.28	6.1	6.02	6.02	6.09	6.28	6.85	7.32	7.93	6.58
Huimanguillo, Tab 2016B	4.87	6.27	5.62	6.38	5.42	6.55	6.54	6.85	7.58	6.42
Cotaxtla, Ver., 2022B	5.63	5.04	6.10	6.26	7.10	6.91	6.48	7.36	6.77	6.26
Carlos A. Carrillo, Ver. 2023A	5.38	5.08	6.09	5.94	6.55	6.44	6.86	5.85	6.40	5.92
Cotaxtla, Ver 2016B	4.62	4.22	5.91	4.56	6.89	6.88	6.05	5.69	5.92	5.18
Huimanguillo, Tab 2023A	4.65	4.94	5.80	4.94	7.62	6.97	5.47	5.69	5.16	5.14
Suma	49.93	51.42	53.91	54.18	61.29	63.32	61.56	57.95	61.22	56.04
Promedio	<b>5.55</b>	<b>5.71</b>	<b>5.99</b>	<b>6.02</b>	<b>6.81*</b>	<b>7.03*</b>	<b>6.87*</b>	<b>6.40</b>	<b>6.80*</b>	<b>6.23</b>
% Heterosis					<b>13.12</b>	<b>17.36</b>	<b>14.12</b>	<b>13.24</b>		

En los valores de heterosis con respecto al mejor progenitor, se encontraron valores en los híbridos sobresalientes de 13.12 hasta 17.36%; Los mayores porcentajes de Heterosis, fueron para los híbridos varietales SINT-2BxVS-536 (17.36%), SINT-4BxVS-536 (HV-570) (14.12%), SINT-4BxSINT-2B (13.12%), V-537CxVS-536 (HV2) (13.24%). Estos valores de Heterosis, sugieren que existe divergencia genética entre las variedades progenitoras (Reyes, 1985; Córdova *et al.*, 2007; Sierra *et al.*, 2004; Esquivel, *et al.*, 2011; Palemón *et al.*, 2012; Velasco *et al.*, 2019; Gómez *et al.*, 2015); (Figura 3).

Los híbridos varietales sobresalientes fueron estadísticamente similares en rendimiento en relación con el testigo comercial H-520, híbrido de mayor uso en el sureste mexicano y tienen la ventaja adicional desde el punto de vista del mantenimiento de solamente dos progenitores, variedades de polinización



libre con buen rendimiento, mayor rentabilidad y facilidad en la producción comercial de semilla (Espinosa *et al.*, 2012; Sierra *et al.*, 2018; Sierra *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2014; Gómez *et al.*, 2017; López *et al.*, 2021; Ramírez *et al.*, 2019; Tadeo *et al.*, 2021). En los mejores híbridos varietales se observa la presencia de VS-536, variedad de mayor uso en el sureste de México (Sierra *et al.*, 2016). Considerando el rendimiento y características agronómicas, se sugiere que la cruza varietal SINT4BxVS-536, debe ser liberada como HV-570, nuevo híbrido de maíz para el trópico húmedo de México. El híbrido HV-570, presenta buen rendimiento y adaptación al trópico húmedo de México, es de ciclo biológico intermedio con 52 días a la floración masculina y femenina, 90 días a la madurez fisiológica y de 120 días de la siembra a la cosecha durante el ciclo primavera verano.

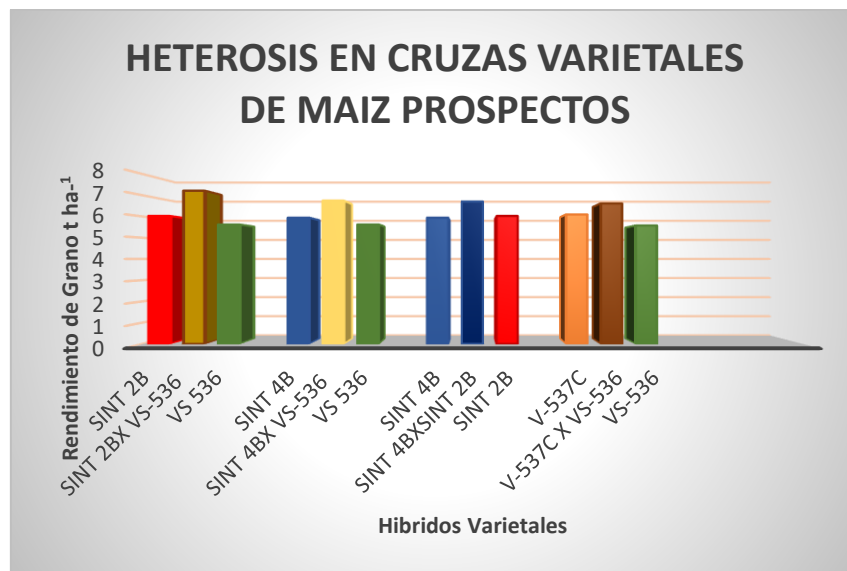


Figura 3. Heterosis en híbridos varietales de maíz Veracruz y Tabasco 2016-2023

Este híbrido presenta altura de planta y mazorca baja, tolerante al acame, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca y hojas arriba de la mazorca en posición semierecta; La posición de la mazorca es desviada al plano distal de las hojas; HV-570 presenta excelente cobertura de la mazorca, es tolerante a la pudrición de la mazorca, grano de color blanco y textura semidentada (Figuras 4 y 5).





**Figuras 4 y 5. HV-570 presenta planta y mazorca baja, buen aspecto y sanidad de planta y mazorca, buena cobertura de mazorca, la mazorca es de grano blanco y textura semidentada**

**Índices ambientales.** Con relación a los índices ambientales, de acuerdo con Eberhart y Russell (1966), los ambientes de Carlos A. Carrillo, Ver. 2016B, Cotaxtla, Ver., 2018B, y 2017B, Huimanguillo, Tab., 2018B y 2016B registraron rendimientos promedio significativamente más altos con 6.93\*, 6.87\*, 6.75\*, 6.58\* y 6.42\* t ha<sup>-1</sup>, respectivamente y valores positivos en los índices ambientales con 0.70, 0.64, 0.52, 0.35, y 0.19 para cada ambiente respectivamente, mientras que Huimanguillo Tabasco en 2023A y Cotaxtla, Ver., 2016B registraron los rendimientos medios más bajos con índices ambientales negativos de -1.09, -1.05 para cada ambiente respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Índices ambientales de híbridos varietales de maíz. CIRGOC 2016-2023**

Ambiente	Rend t ha <sup>-1</sup>	Índices ambientales
Carlos A. Carrillo, Ver. 2016B	6.93*	0.7
Cotaxtla, Ver., 2018B	6.87*	0.64
Cotaxtla, Ver., 2017B	6.75*	0.52
Huimanguillo 2018B	6.58*	0.35
Huimanguillo, Tab 2016B	6.42*	0.19
Cotaxtla, Ver., 2022B	6.26	0.03
Carlos A. Carrillo, Ver. 2023A	5.92	-0.31
Cotaxtla, Ver 2016B	5.18	-1.05
Huimanguillo, Tab 2023A	5.14	-1.09
Promedio	<b>6.23</b>	

**Características agronómicas.** Estas cruza varietales registraron ciclo biológico intermedio con 51 a 53 días a floración masculina, altura de planta y mazorca baja con 217 a 255 cm y de 108 a 132 cm para altura de planta y mazorca, respectivamente (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Características agronómicas de cruza varietales de maíz. Cotaxtla 2016B**

Trat	Genealogía	Días a flor	Alt pl	Alt mz	Asp pl	Asp mz	San pl	San mz	% cob	% Pod	Alt mz/ Alt pl
1	SINT2BxVS-536	51	238	130	1.7	2.3	1.8	2.2	0.79	3.73	0.55
2	SINT-5BxSINT-2B	52	225	117	2.3	2.2	2.5	2.2	9.41	2.81	0.52
3	SINT-5B X SINT-4B	53	237	128	2.7	2.7	2.3	2.3	9.15	4.61	0.54



4	V-537C X VS-536	51	227	122	2.2	2.8	2.3	2.3	2.98	6.39	0.54
5	SINT-4B X VS-537C	51	223	110	2.5	2.5	2.2	2.5	4.14	4.59	0.49
6	SINT-3B X VS-537C	52	245	120	2.5	2.5	2.5	2.7	4.45	4.35	0.49
7	SINT-5B X SINT-3B	52	227	117	2.3	2.7	2.3	2.2	6.03	5.89	0.52
8	SINT-4B X SINT-1BQ	52	235	118	2	2.2	2	2.2	0.67	1.33	0.5
9	SINT-5B X VS-537C	51	225	113	2.3	2.2	2.3	2.2	5.02	3.56	0.5
10	H-518	52	222	112	1.5	2.0	1.5	2.0	4.11	4.36	0.5
11	SINT-3BxSINT-2B	52	225	132	2.5	2.3	2.2	2.3	1.39	2.75	0.58
12	SINT-4B X SINT-3B	52	223	117	1.8	2.5	2.2	2.3	3.35	2.99	0.52
13	SINT-1BQ X VS-536	53	238	130	2.3	2.5	2.5	2.2	2.54	3.38	0.54
14	SINT4BxVS-536 (HV570)	51	228	123	2.3	2.2	2.2	2.3	5	1.74	0.54
15	SINT-5B X SINT-1BQ	52	217	108	2.2	2.3	2.2	2.3	2.18	3	0.5
16	SINT-5B X VS-536	51	235	132	2.3	2.3	2.2	2.2	3.69	4.07	0.56
17	SINT4BxSINT2B	52	227	115	2.2	2.7	2.3	2.7	3.29	5.67	0.51
18	SINT-3BxSINT-1BQ	51	230	112	2.3	2.5	2.3	2.3	2.56	3.89	0.49
19	SINT-2B X VS-537C	51	255	140	2.2	2.2	2.7	2.2	8.99	4.56	0.55
20	VS-536xV-537C	52	253	142	2.2	2.8	2.2	2.7	2.66	5.77	0.56
21	SINT-1BQ	51	220	112	2.3	2.2	2.7	2.2	3.27	4.53	0.51
22	SINT-2B	52	212	115	2.7	2.3	2.3	2.3	1.95	2.53	0.54
23	SINT-3B	51	242	137	2.5	2.8	2.5	2.3	8.82	4.2	0.55
24	SINT-4B	52	225	118	2.3	2.5	2.3	2.3	2.38	5.14	0.53
25	SINT-5B	52	223	127	2	2.3	2.3	2	8.83	2.17	0.57
26	VS-536	52	232	132	2.5	2.7	1.7	2.7	4.78	3.98	0.57
27	V-537 C	52	225	115	2.3	2.8	2.5	2.5	5.87	6.98	0.51
28	H-520	51	228	122	2.2	2.3	2	2.2	4.11	4.04	0.53
	Promedio	51.7	230.1	122	2.28	2.45	2.3	2.32	4.33	4.04	0.53
	CME	0.97	687.3	589.1	0.27	0.30	0.3	0.25	42.5	11.8	50.3
	CV (%)	1.91	11.39	19.89	22.79	22.4	24.0	21.15	150.5	85.0	13.4

Trat= Tratamiento; Alt pl= Altura de planta; Alt mz= Altura de mazorca; Asp pl= Aspecto de planta; Asp mz= Aspecto de mazorca; San pl= Sanidad de planta; San mz= Sanidad de mazorca; % Cob= Porcentaje de mazorcas con mala cobertura; % Pod= Porcentaje de mazorcas podridas.

Estos cruzamientos varietales presentan buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, son tolerantes al acame, con buena cobertura de mazorca, presentan bajo porcentaje de mazorcas podridas y con una relación altura de mazorca/altura de planta entre 0.49 y 0.58, es decir, posición de la mazorca a la mitad de la altura de planta lo que se refleja en su tolerancia al acame (Sierra *et al.*, 2018; Gómez *et al.*, 2017; Trachsel *et al.*, 2016).

Los híbridos varietales SINT-2BxVS-536, SINT-4BxVS-536 (HV-570), SINT-4BxSINT-2B (SINT-5BxVS-537C, SINT-3BxSINT-1BQ y SINT-5BxSINT-1BQ sobresalientes en rendimiento y características agronómicas, pueden ser una alternativa en la producción comercial de maíz en virtud de que se adaptan a las condiciones de clima, suelo y manejo por parte de los agricultores en el Sureste de México (Sierra *et al.*, 2019; Espinosa *et al.*, 2019).

Los progenitores del HV-570 son SINT4B y VS-536, ambas variedades sintéticas de polinización libre en las cuales se les ha practicado 4 ciclos de selección masal y un ciclo de selección recurrente de progenies S1. La versión mejorada de SINT 4B es de planta y mazorca baja, de hoja semierecta, con buen rendimiento, de grano blanco y de textura semicristalina; La versión mejorada de VS-536, se ha hecho énfasis en seleccionar planta y mazorca baja, buena sanidad, vigor, con buena cobertura de mazorca y tolerancia al acame, buena carga y grano blanco y textura dentada, (Sierra *et al.*, 2019).

**Comparaciones y pruebas de t.** De las comparaciones y pruebas de t al 0.05 y 0.01 de probabilidad (Cuadro 5), se encontró que las cruza varietales registraron un rendimiento promedio de 6.39 t ha<sup>-1</sup>, significativamente mayor en 9% en relación con el rendimiento promedio de los progenitores, con un valor de t calculada de 5.07\*\*, Así también, se registró ventaja en las calificaciones de aspecto de planta y de mazorca, sin embargo, no hubo significancia estadística. (Reyes, 1990). Esto sugiere que existe





divergencia genética entre los progenitores, lo cual es también reflejado en los valores de heterosis con respecto al mejor progenitor que varió en las cruzas sobresalientes desde 13.12 a 17.36%; (Reyes, 1985; Sierra *et al.*, 2004; Córdova *et al.*, 2007; Esquivel, *et al.*, 2011; Palemón *et al.*, 2012; Velasco *et al.*, 2019; Gómez *et al.*, 2015).

**Cuadro 5. Comparaciones y pruebas de t para híbridos varietales y sus progenitores. CIRGOC 2016-2023**

Comparación	Rend t ha <sup>-1</sup>	% Rel	t Calc	Alt pl	% Rel	t Calc	Asp pl <sup>2/</sup>	% Rel	t Calc	Asp mz <sup>2/</sup>	% Rel	t Calc
Cruzas	6.39	109	5.07**	231.75	103	0.93NS	2.25	100	0.92NS	2.43	100	0.57NS
Progenitores	5.87	100		225.57	100		2.37	105		2.51	103	

t0.05 (54 GL) = 2.00; t0.01 (54 GL) = 2.66

Rend= Rendimiento de grano; % Rel= Porcentaje relativo en la comparación; t Calc= t calculada para la comparación; Alt pl= Altura de planta; Asp pl= Aspecto de planta; Asp mz= Aspecto de mazorca; <sup>2/</sup>= Escala de calificación de 1 a 5 donde 1 es lo mejor y 5 es lo peor

### Conclusiones

Los híbridos varietales sobresalientes al 0.05 de probabilidad, fueron: SINT-2BxVS-536, SINT-4BxVS-536 (HV-570), SINT-4BxSINT-2B, SINT-5BxVS-536, SINT-5BxVS-537C, SINT-1BQxVS-536, SINT-3BxSINT-1BQ, con rendimiento de grano de 6.81 a 7.03 t ha<sup>-1</sup>, rendimiento estadísticamente similar al registrado por el híbrido comercial H-520.

Los porcentajes de Heterosis con respecto al mejor progenitor en las cruzas varietales sobresalientes fueron: SINT-2BxVS-536 (17.36%), SINT-4BxVS-536 (HV-570) (14.12%), SINT-4BxSINT-2B (13.12%), V-537CxVS-536 (HV2) (13.24%).

Las cruzas registraron un rendimiento promedio de 6.39 t ha<sup>-1</sup>, 9% más en relación con los progenitores, así también mejor calificación de aspecto de planta y de mazorca.

Con base en el rendimiento de grano y características agronómicas se propone la cruzada SINT-4BxVS-536, para su registro oficial ante el SNICS como HV-570, Nuevo híbrido de maíz para el trópico húmedo de México.

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en México por el financiamiento y apoyo en la presente investigación.

### Literatura citada

- Andrés M., P.; Vásquez C., G.; Sierra, M. M., Mejía C., A.; Molina G., J.D.; Espinosa, C., A.; *et al.*, 2017. Genotype environment interaction on productivity and protein quality of synthetic tropical maize (*Zea Mays* L.) varieties. *Interciencia* Vol. 42 (9): 578-585.
- Córdova O., H; Trifunovic S; Ramírez A. y Sierra M., M. 2007. CIMMYT Maize Hybrids for Latin América. Head to Head analysis and probability of outperforming the best check. *Maydica* Vol 52:471-476
- Eberhart S.A. and Russell W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40
- Esquivel E., G.; Castillo G., F.; Hernández C., J.M.; Santacruz V., A.; García S., G.; Acosta G., J.A.; *et al.*, 2011. Heterosis en maíz del altiplano de México con diferente grado de divergencia genética. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 2 (3): 331-344.
- Espinosa C., A.; Tadeo R., M.; Virgen V., J.; Rojas M., I.; Gómez M., N.; Sierra M., M.; *et al.*, 2012. H-51AE, híbrido de maíz para áreas de humedad residual, buen temporal y riego en Valles Altos Centrales de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol 35 (4): 347-349.
- Estrada, B. C., Martínez, V. A. V., & Carrillo, G. V. (2017). V-561: Nueva variedad tropical de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1887-1890.
- García., M.E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México DF México 246p.
- Gómez, M., N.; Cantú A., M.A.; Vásquez C., G.; Hernández G., C.A.; Espinosa, C., A.; Sierra, M. M.; *et al.*, 2017. Híbrido de maíz H-568: Nueva opción para las áreas de alta productividad del trópico bajo de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 8 (5): 1213-1218.



- Gómez E., A.L.; Molina G., J.D.; García Z., J.J.; Mendoza C., M.C.; De la Rosa L., A. 2015. Poblaciones exóticas originales y adaptadas de maíz. I. Variedades locales de clima templado x variedades tropicales. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 38 (1): 57-66.
- López L., C.; Tadeo R., M.; García Z., J.J.; Espinosa C., A.; Mejía C., A. 2021. Aptitud combinatoria general y específica de híbridos varietales de maíz amarillo de baja endogamia. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 12 (4): 699-711.
- Márquez S., F. 2014. Epistasis En La Variedad, La Cruza Varietal, El Compuesto Varietal y El Sintético de Maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(4), 319-324.
- Márquez S., F. 2010. Epistasis En Variedades Sintéticas De Maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 101-105.
- Márquez S., F.; Ramírez V., P.; Córdova O., H. 1983. Variedades sintéticas de maíz. Colegio de Postgraduados. Editorial CP. Chapingo, México. 70 p.
- Márquez, S. F. 1974. El problema de la interacción genotipo-ambiental en Genotecnia Vegetal. Editorial Patena, Chapingo, Estado de México, México. 113p
- Palemón A., F.; Gómez M., N.; Ramírez V., P.; Molina G., J.D.; Miranda C., S. 2012. Potencial productivo de cruza intervarietales de maíz en la región semicálida de Guerrero. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas*. Vol 3 (1): 157-171.
- Ramírez D., J.L.; Vidal M., V.; Alemán T., I.; Ledesma M., A.; Gómez M., N.; Salinas M., Y.; *et al.*, 2019. Selección de líneas y cruza de maíz combinando las puebas de mestizos y cruza dialélicas. *Revista Fitotecnia mexicana* Vol 42 (4): 335-346.
- Reyes C., P. 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas 3ª Ed. 348p.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor S.A. México. 460p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y programas Producción agrícola. Disponible en: [http://www.gob.mx/siap/acciones y programas de producción agrícola](http://www.gob.mx/siap/acciones_y_programas_de_produccion_agricola). (Cons. 22 de noviembre del 2020). s/p.
- Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Gómez M., N.; Espinosa, C., A.; Ugalde A., F.J.; Andrés M., P. 2019. Mejoramiento genético de maíz para el trópico húmedo de México. En: Avances en Investigación agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia de Tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático. INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TECNM, Medellín, Ver. p. 482-499.
- Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Espinosa, C., A.; Andrés M., P. 2018. Adaptabilidad de híbridos trilineales de maíz en el área tropical de los estados de Veracruz y Tabasco, México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* Vol 4 (11): 15-19.
- Sierra M., M.; Palafox C., A.; Rodríguez M., F.; Espinosa C., A.; Andrés M., P.; Gómez M., N.; *et al.*, 2016. Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520 en el trópico de México. *Revista Agricultura Sociedad y Desarrollo* Vol 13 (1): 19-32.
- Sierra, M. M.; Rodríguez, M. F. A.; Palafox, C. A.; Gómez M., N.; Espinosa, C., A. 2014. Impacto del H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Revista Biológico y Agropecuario Tuxpan* Vol 2 (1): 277-282.
- Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Palafox, C. A., Espinosa, C., A. 2016. Adopción e impacto de la variedad VS-536 en la región tropical del sureste de México. *Revista de Desarrollo Económico* Vol 3 (9): 32-40
- Sierra M., M.; Márquez S., F.; Valdivia B., R.; Córdoba O., H.; Lezama G., R. y Pescador R., A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Agríc. Téc. Méx.* México. Vol. 30 (2): 169-181.
- Tadeo R., M.; Espinosa C., A.; Zaragoza E., J.; López L., C.; Canales I., E.I.; Zamudio G., B.; *et al.*, 2021. Tlaoli Puma, híbrido de maíz para grano y forraje con androesterilidad y restauración de la fertilidad masculina. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol 44 (2): 265-267
- Velasco G., A.M.; García Z., J.J.; Sahagún C., J., Lobato O., R.; Sanchez A., C.; Marín M., I.M. 2019. Rendimiento, componentes del rendimiento y heterosis de germoplasma de maíz adaptado a Valles Altos. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 42 (4): 367-374



## PRODUCTIVIDAD DE GRANO Y FORRAJE DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO DE MÉXICO GRAIN AND FORAGE PRODUCTIVITY IN MAIZE HYBRIDS AND VARIETIES FOR THE TROPIC IN MEXICO

Clara Ríos Isidro, Mauro Sierra Macias<sup>1\*</sup>, Noel Gómez Montiel<sup>2</sup>, Sabel Barrón Freyre<sup>3</sup>, Francisco Javier Ugalde Acosta<sup>1</sup>, Reyna Michelle Fierro López<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Programa de Maíz Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Km 34.5 Carretera Veracruz Córdoba La Esmeralda, Medellín de Bravo, Ver., CP 94270; <sup>2</sup>Campo Experimental Iguala, INIFAP; <sup>3</sup> Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP; <sup>4</sup> Instituto Tecnológico de San Bartolo Tuxtepec, Oax. SEP. Campus Cuenca del Papaloapan.

\*Autor para correspondencia: sierra.mauro@inifap.gob.mx; mauro\_s55@hotmail.com

### RESUMEN

En México existe una demanda creciente de maíz para forraje ensilado, sobre todo para la época de estiaje, que permita cubrir las necesidades de alimentación del ganado bovino para la producción de carne y leche; El programa de maíz del Campo Cotaxtla INIFAP ha generado híbridos y variedades de maíz con potencial de producción de grano en el sureste mexicano, sin embargo, es importante identificar híbridos con mayor potencial de producción y calidad forrajera. El objetivo del presente trabajo fue: Conocer el rendimiento de grano y forraje verde y las características agronómicas de híbridos y variedades de maíz. Así, durante 2016 a 2023, se evaluaron híbridos y variedades de maíz a través de nueve ambientes en Veracruz y Tabasco; Del análisis de varianza combinado para rendimiento de grano, se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para Genotipos (G), para Ambientes (A) y para la interacción GxA. Se identificó un grupo sobresaliente en rendimiento de grano al 0.05 de probabilidad y con características agronómicas favorables, tales fueron: SINT-2BxVS-536, SINT-4BxVS-536 (HV-570), SINT-4BxSINT-2B, con rendimiento de grano de 6.81 a 7.03 t ha<sup>-1</sup>, estadísticamente similar al híbrido testigo H-520 6.80 t ha<sup>-1</sup>, de mayor uso en el sureste mexicano. Con este grupo, se hizo la evaluación del rendimiento de forraje verde en un experimento con 6 tratamientos distribuidos en un diseño bloques al azar con tres repeticiones en parcelas de 1 surco de 5 m de largo y una densidad de 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>; La cruza varietal SINT-4BxVS-536 registró un rendimiento de forraje verde de 51.49\*\* t ha<sup>-1</sup>, significativamente más alto al 0.01 de probabilidad y 8.72% más en relación con el testigo H-520. Considerando el rendimiento de grano y de forraje verde y las características agronómicas, esta cruza varietal es un prospecto para ser liberado como HV-570 con doble propósito.

**Palabras clave:** *Zea mays L., trópico húmedo, ensilaje*

### INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada y generar el 36% del valor de la producción agrícola. El uso principal es el consumo directo en sus diferentes formas en la alimentación humana. Durante 2022, fueron sembradas en México, 7.474 millones de hectáreas con maíz, de las cuales 6.904 millones fueron para grano, con un rendimiento medio de 3.90 t ha<sup>-1</sup> y una producción de 26.553 millones de toneladas y un consumo per cápita aparente de 338.10 kg; De la producción total, se utilizan para el consumo directo 19.35 millones de toneladas; de estas, el 33% es a través de la industria harinera y 67% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización; 570 mil hectáreas fueron sembradas para la producción de forraje con rendimiento medio de 30.31 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde. Así también, durante 2022 se importaron 17.40 millones de toneladas de grano amarillo generalmente para la industria y en la alimentación de aves y cerdos (SIAP, 2022).

En la región tropical del país se siembran 2.8 millones de hectáreas con maíz, de las cuales, un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 91 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego (Espinosa et al., 2019); En esta superficie, es factible el uso



de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas con buen potencial de rendimiento bajo condiciones favorables de clima suelo y manejo por parte de los agricultores (Sierra et al., 2019).

En México existe una demanda creciente de forraje con base en ensilado de maíz, sobre todo para la época de estiaje que permita cubrir las necesidades de alimentación del ganado bovino para la producción de carne y leche durante ese período (Nuñez et al., 2003; Peña et al., 2006; Sierra et al., 2003). Peña et al., 2006, plantean la necesidad de identificar híbridos con mayor potencial de producción y calidad forrajera con adaptación a una mayor cantidad de ambientes.

Las condiciones climáticas de la región tropical en el sureste mexicano, interfieren en la estacionalidad de la producción, la productividad y la calidad de forraje (Palemón et al., 2019; Rodríguez et al., 2021; Montemayor et al., 2018); Así, durante la época de estiaje la disponibilidad de forraje para la alimentación del ganado es limitante, por lo anterior, la producción de maíz para ensilaje representa una alternativa en la ganadería y su reconversión para la producción de carne y leche. (Palemón et al., 2019; Rodríguez et al., 2021; Montemayor et al., 2018). El maíz constituye una fuente primaria de energía como forraje o ensilado para la alimentación de ganado por su alto valor nutritivo y buena digestibilidad (Zaragoza et al., 2019).

En Mejoramiento genético de maíz y través de evaluaciones en diferentes ambientes, se definen genotipos sobresalientes por su rendimiento, adaptación y características agronómicas los cuales es importante dar a conocer a los agricultores, agentes de cambio y empresas semilleras las bondades de estos genotipos para su uso comercial, de manera que el agricultor tenga acceso a semilla de buena calidad genética, fisiológica física y sanitaria. (Sierra et al., 2016a; Sierra et al., 2016b; Sierra et al., 2014; Virgen et al., 2016). Particularmente, el aumento en la adopción de la semilla mejorada de maíz puede elevar de manera significativa el bienestar de los productores y de los consumidores (Flores y García, 2016).

En híbridos se aprovecha el tipo de acción génica desviación de aditividad, dominancia y sobredominancia a través de los efectos de heterosis (Ramírez et al., 2019; Reyes 1985; Esquivel et al., 2011; Velasco et al., 2019). Por lo anterior, es importante identificar progenitores con buena aptitud combinatoria general y específica, buen rendimiento per se, facilidad y rentabilidad en la producción de semilla y su tolerancia a las principales enfermedades de planta y de mazorca (Sierra et al., 2004; Cervantes et al., 2016; Córdova et al., 2007; López et al., 2021; Ramírez et al., 2019; Gómez et al., 2017; Palemón et al., 2012; Sierra et al., 2014; Sierra et al., 2016a; Sierra et al., 2018; Reyes 1985; Espinosa et al., 2012; Tadeo et al., 2015a; Tadeo et al., 2015b; Tadeo et al., 2016; Tadeo et al., 2021; ).

Para el trópico el mejoramiento genético se ha enfocado principalmente a mejorar el rendimiento de grano y sus características agronómicas y no se han generado maíces específicos para forraje que tengan mejor digestibilidad y rendimiento en materia seca, considerando además la calidad forrajera de la planta total, tallos, hojas, elote (Gaytan et al., 2009; Nuñez et al., 2003). Así también, se desconoce el potencial y calidad forrajera de los maíces comerciales disponibles y se siembran para forraje los que producen más follaje y el productor usa una densidad de población más alta, sin optimizar el manejo del cultivo adecuado (Peña et al., 2006). En general, los híbridos de maíz de alto rendimiento de grano muestran alto contenido de energía metabolizable; Particularmente, existen estudios que indican que los genotipos con alta productividad en grano también son buenos para producir forraje de calidad, en virtud de que es importante la proporción que guarda la mazorca en el peso total de la planta (Nuñez et al., 2003; Sierra et al., 2003).

Reta et al., en 2000, de un trabajo para conocer la respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población encontró que el rendimiento de forraje seco se incrementó en 16.7% con aumentos en la densidad de población de 8.2 hasta 11.2 plantas m<sup>2</sup>; Así también, la calidad de forraje no se afectó por la densidad de población. Estos mismos autores, mencionan que el incremento en la productividad de maíz forrajero, sin disminuir la calidad del forraje es determinante para hacer eficiente la producción de leche, consecuentemente, con el aumento en la cantidad del ensilaje de calidad en las raciones para el ganado se reducen los costos de producción sin afectar la producción de leche.

Soto et al., en 2002, de un estudio sobre fertilización y densidad de población en maíz para forraje encontraron que al aumentar la fertilización nitrogenada en maíz se incrementa el rendimiento de forraje



y el contenido de proteína del forraje. Así también, el incremento de la densidad de plantas produce un aumento en la producción de forraje por hectárea, mientras que la producción de proteína no sufre variación. Por su parte, Jurado et al., 2014, mencionan que el Nitrógeno es el nutrimento que más requieren el maíz forrajero. El Nitrógeno es el elemento con mayor movilidad y puede aplicarse utilizando fertilizantes químicos, estiércol o bien provenir del Nitrógeno residual del suelo.

El programa de maíz del Campo Experimental Cotaxtla ha generado híbridos y variedades de maíz, que presentan buen rendimiento y adaptación a la región tropical en el sureste mexicano, en los últimos años se ha trabajado en la selección masal y recurrente de progenies S1, en las variedades de maíz VS-536, V-537C y SINT4B y a la fecha se cuenta con el cuarto ciclo de selección. La selección recurrente es una forma de aprovechar la porción aditiva de la varianza genética presente en las poblaciones de maíz y consiste en acumular genes favorables en las características a seleccionar; Sin embargo, también es factible aprovechar la varianza genética de dominancia y sobredominancia a través de cruzamientos varietales; Particularmente se ha definido un grupo de híbridos varietales sobresalientes en los que es frecuente la presencia de VS-536 como progenitor; La Variedad sintética VS-536, se formó mediante la recombinación genética de nueve líneas endogámicas con buen comportamiento per se y buena aptitud combinatoria general: Línea LE27 derivada de la población Braquíticos, LE36 de la población La posta, LE37 de Tuxpeño Opaco, LE73 Blanco Cristalino, formadas en el Campo Experimental Cotaxtla; D471, D-539, D368, del programa de maíz de Iguala, Gro., finalmente, OCOT2 y LRB14-413-7 líneas provenientes de los programas de Ocotlan, Jal., y Río Bravo, Tamps., respectivamente (Sierra et al., 2016a).

Los híbridos de maíz H-520, H-567, las variedades VS-536 V-537C, el nuevo híbrido varietal HV-570 y sus progenitores, presentan buen rendimiento de grano y están adaptados a la región tropical en el sureste de México en altitudes que van de 0 a 1200 msnm; para estos híbridos y variedades se ha generado la tecnología de producción para grano, sin embargo, es importante identificar su respuesta en la producción de forraje en virtud de la demanda de maíz para ensilaje (Sierra et al., 2017; Sierra et al., 2011; Soto et al., 2002; Peña et al., 2006; Palemón et al., 2012). Los objetivos del presente trabajo fueron: Conocer el rendimiento de grano y forraje verde y las características agronómicas de híbridos y variedades de maíz bajo diferentes dosis de fertilización y densidades de población.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Localización.** La formación de cruza varietales de maíz, se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al INIFAP, ubicado en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, localizado a los 18° 56' Latitud Norte y 96° 11' Longitud Oeste y una altitud de 15 msnm; el clima de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (2004), engloba, el grupo climático A (Aw, Am y Af), cálido húmedo y subhúmedo con temperatura media de 25 °C y precipitación anual de 1400 mm, distribuidos de junio a noviembre. El suelo es de origen aluvial, profundo, con textura media a través de todo el perfil, pendiente menor de 1%, buen drenaje y pH ligeramente ácido (6.6). Las localidades de evaluación fueron: Campo Experimental Cotaxtla, CBTA 84 del municipio de Carlos A. Carrillo en Veracruz y Huimanguillo en el estado de Tabasco con clima Aw1, Aw2 y Am, respectivamente.

**Germoplasma utilizado.** El germoplasma de maíz utilizado en la presente investigación, son cruza varietales de maíz formadas con variedades sintéticas experimentales pertenecientes a la raza Tuxpeño; Se evaluaron 28 genotipos, de los cuales, 20 son cruza varietales, 5 sintéticos experimentales, las variedades VS-536 y V-537C y el híbrido H-520, utilizado como testigo. El HV-570, equivale a la cruza de SINT4B con VS-536, ambas variedades sintéticas de polinización libre en las cuales se les ha practicado 4 ciclos de selección masal y un ciclo de selección recurrente de progenies S1. Particularmente, SINT 4B es de planta baja, de hoja semierecta, con buen rendimiento, de grano blanco y textura semicristalina; Por lo que se refiere a la versión mejorada de VS-536, se ha hecho énfasis en seleccionar planta y mazorca baja, buena sanidad, vigor, buena carga y grano dentado, con buena cobertura de mazorca y tolerancia al acame (Sierra et al., 2019).

**Descripción de los experimentos.** Durante primavera verano y otoño invierno 2016 al 2023 se evaluaron 28 cruza varietales de maíz, 5 sintéticos experimentales, las variedades VS-536 y V-537C y





el híbrido H-520 como testigo, fueron distribuidos bajo un diseño bloques completos al azar con 28 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de 2 surcos de 5 m de largo, separados a 80 cm en una densidad de 62,500 pl ha<sup>-1</sup>, (Reyes, 1990). Para el control de malezas se aplicó Atrazina en forma preemergente; Se fertilizó con la fórmula 161-46-00, aplicando todo el Fósforo y un tercio del Nitrógeno al momento de la siembra, el resto del Nitrógeno en etapa de amacollamiento, usando Urea como fuente Nitrogenada.

**Variables y registro de datos.** Durante el desarrollo del cultivo y al momento de la cosecha, fueron registradas en los experimentos, las siguientes variables agronómicas: Rendimiento de grano, días a floración masculina, floración femenina, altura de planta y de mazorca; Aspecto y sanidad de planta y mazorca usando la escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a la mejor expresión fenotípica y 5 para lo peor, número de plantas total, % de plantas acamadas, % de mazorcas con mala cobertura; a la cosecha se registraron las variables número de mazorcas total, % de materia seca en el grano y % de mazorcas podridas. En los genotipos sobresalientes en rendimiento a través de nueve ambientes de evaluación, en la localidad de CBTA 84 de Carlos A. Carrillo, Ver., durante el ciclo otoño invierno 2022/23 bajo condiciones de humedad residual, se registró la variable de rendimiento de forraje verde.

**Métodos estadísticos.** Los diseños utilizados fueron bloques al azar con 28 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de dos surcos de 5m de largo separados a 80cm en densidad de 62,500 pl ha<sup>-1</sup>. Se realizó un análisis individual para cada experimento y un análisis combinado de las cruza varietales en los diez ambientes de evaluación y para la separación de medias se aplicó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS), al 0.05 y 0.01 de probabilidad (Reyes, 1990). Se hicieron comparaciones y pruebas de t al 0.05 y 0.01 de probabilidad para cruza varietales y sus progenitores; Se calcularon los porcentajes de heterosis con respecto al mejor progenitor (Reyes, 1985), de la siguiente manera:

$$\% \text{ de Heterosis} = \frac{F1 - \text{Mejor progenitor}}{\text{Mejor progenitor}} \times 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Rendimiento de grano.** Del análisis de varianza combinado para rendimiento de grano en las cruza varietales a través de nueve ambientes de evaluación, se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para Genotipos (G), para Ambientes (A) y para la interacción GxA. La significancia para la interacción sugiere que el rendimiento de grano de los híbridos a través de los ambientes es diferente (Reyes, 1990; Andrés et al., 2017; Sierra et al., 2018). En este análisis, la varianza mayor fue registrada para la Fuente de Variación Genotipos, con un valor de 77.3\*\*, significa que los genotipos son diferentes a través de ambientes, en virtud de que se evaluaron, cruzamientos varietales, progenitores de estos cruzamientos, híbridos y variedades comerciales, particularmente el H-520, híbrido de mayor uso en el sureste mexicano, fue utilizado como testigo; Así también, el coeficiente de variación registrado fue de 13.73% valor relativamente bajo, que sugiere que la conducción de los experimentos y los resultados obtenidos son confiables (Reyes, 1990). (Cuadro 1)

**Cuadro 1. Análisis de varianza combinado para rendimiento de grano de híbridos varietales de maíz en nueve ambientes de Veracruz y Tabasco. 2016 a 2023.**

Fuente Variación	GL	SC	CM	F Calc	Ft0.05	Ft0.01
Genotipos (G)	27	2087.20	77.3**	105.56	1.46	1.70
Ambiente (A)	8	354.16	44.27**	61.33	1.88	2.41
Interacción GxA	216	274.73	1.27**	1.76	1.0	1.0
Error	417		0.7323			
CV (%)			13.73%			

GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación



Con relación al rendimiento de grano de los híbridos varietales de maíz a través de los nueve ambientes de evaluación, se identificó un grupo sobresaliente al 0.05 de probabilidad, tales fueron: SINT-2BxVS-536, SINT-4BxVS-536 (HV-570), SINT-4BxSINT-2B y V-537CxVS-536 con rendimiento de grano de 7.03, 6.87, 6.81 y 6.40 t ha<sup>-1</sup>, para cada cruce varietal, respectivamente; rendimiento estadísticamente similar al registrado por el híbrido H-520 de 6.80 t ha<sup>-1</sup>, híbrido de mayor uso en el sureste mexicano (Reyes, 1985; Sierra et al., 2004; Esquivel, et al., 2011; Palemón et al., 2012; Velasco et al., 2019; Gómez et al., 2017; Sierra et al., 2019). (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de grano de híbridos y variedades de maíz. CIRGOC 2016-2023

Ambiente		VS-536	V-537C	SINT 2B	SINT 4B	SINT4Bx SINT2B	SINT2B xVS-536	SINT4B xVS-536	V-537Cx VS-536	H-520	Prom
Carlos Carrillo, 2016B	A. Ver.,	6.95	5.22	7.35	6.22	7.64	7.99	8.67	7.12	7.42	6.93
Cotaxtla, 2018B	Ver.,	6.51	8.93	4.76	7.69	5.83	6.34	6.9	4.46	6.74	6.87
Cotaxtla, 2017B	Ver.,	6.04	5.62	6.26	6.17	8.11	9.16	7.74	7.61	7.30	6.75
Huimanguillo 2018B		5.28	6.1	6.02	6.02	6.09	6.28	6.85	7.32	7.93	6.58
Huimanguillo, Tab 2016B		4.87	6.27	5.62	6.38	5.42	6.55	6.54	6.85	7.58	6.42
Cotaxtla, 2022B	Ver.,	5.63	5.04	6.10	6.26	7.10	6.91	6.48	7.36	6.77	6.26
Carlos Carrillo, 2023A	A. Ver.	5.38	5.08	6.09	5.94	6.55	6.44	6.86	5.85	6.40	5.92
Cotaxtla, 2016B	Ver	4.62	4.22	5.91	4.56	6.89	6.88	6.05	5.69	5.92	5.18
Huimanguillo, Tab 2023A		4.65	4.94	5.80	4.94	7.62	6.97	5.47	5.69	5.16	5.14
Suma		49.9	51.42	53.91	54.18	61.29	63.32	61.56	57.95	61.22	56.04
Promedio		5.55	5.71	5.99	6.02	6.81*	7.03*	6.87*	6.40	6.80*	6.23
% Heterosis						13.12	17.36	14.12	13.24		

En cuanto a los valores de heterosis con respecto al mejor progenitor, se encontraron valores en los híbridos sobresalientes de 4.85 hasta 17.36%; Particularmente, los mayores porcentajes de Heterosis, se registraron para los híbridos varietales SINT-2BxVS-536 (17.36%), SINT-4BxVS-536 (HV-570) (14.12%), SINT-4BxSINT-2B (13.12%), V-537CxVS-536 (HV2) (13.24%); Estos valores de Heterosis, sugieren que existe divergencia genética entre las variedades progenitoras (Reyes, 1985; Ramírez et al., 2019; Córdova et al., 2007; Sierra et al., 2004; Esquivel, et al., 2011; Palemón et al., 2012; Velasco et al., 2019). Así también, en los mejores híbridos varietales se observa la presencia de VS-536, variedad de mayor uso en el sureste de México, como progenitor (Sierra et al., 2016b).

**Producción de semilla.** El encontrar cruces varietales con rendimiento estadísticamente similar al híbrido H-520, significa una ventaja adicional desde el punto de vista del mantenimiento de solamente dos progenitores, variedades de polinización libre con buen rendimiento y adaptadas a la región tropical y que incluso puede producirse en una relación 6:2 en siembra simultánea por sus características de producción de grano en el progenitor hembra y producción de polen del progenitor macho; Lo anterior, definitivamente hace más fácil y rentable la producción comercial de semilla certificada, sobre todo que el agricultor maicero tenga acceso a la semilla mejorada de alta calidad genética, fisiológica, física y sanitaria. (Espinosa et al., 2012; Reyes 1985; Sierra et al., 2004; Palemón et al., 2012; Cervantes et al., 2016; Córdova et al., 2007; Sierra et al., 2018; Sierra et al., 2016a; Sierra et al., 2016b; Sierra et al.,





2014; Gómez *et al.*, 2017; López *et al.*, 2021; Ramírez *et al.*, 2019; Tadeo *et al.*, 2021; Tadeo *et al.*, 2015a; Tadeo *et al.*, 2015b; Tadeo *et al.*, 2016; Virgen *et al.*, 2016).

Rendimiento de Forraje Verde. Con relación al análisis de varianza para rendimiento de forraje de híbridos varietales de maíz que fueron sobresalientes para rendimiento de grano, en CBTA 84 de Carlos A. Carrillo, Ver., durante el ciclo otoño invierno 2022/23 bajo condiciones de humedad residual, se encontró diferencia altamente significativa para genotipos, lo que sugiere que el comportamiento fue diferente en esta condición de siembra; Así también, el Coeficiente de variación fue de 15.28%, Valor relativamente bajo que sugiere que el manejo del experimento y los resultados obtenidos son confiables (Reyes, 1990) (Cuadro 3)

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento de forraje de híbridos varietales de maíz en CBTA 84 de Carlos A. Carrillo, Ver. 2023A.

Fuente Variación	GL	SC	CM	F Calc	Ft0.05	Ft0.01
Genotipos (G)	5	1070.45	214.09**	4.77	3.33	5.64
Bloques	2	180.55	90.27NS	2.01	4.10	7.56
Error	10	448.78	44.87			
CV (%)			15.28%			

GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación; F Calc= F Calculada; Ft0.05 y Ft0.01= F de tablas al 0.05 y 0.01 de probabilidad; A= Ciclo agrícola de otoño invierno.

En relación con el rendimiento de grano a través de nueve ambientes de evaluación (Cuadro 4), la cruza varietal SINT4BxVS-536, registró un rendimiento de 6.87 t ha<sup>-1</sup>, rendimiento estadísticamente similar al del H-520 (6.8 t ha<sup>-1</sup>), con este rendimiento la cruza varietal registró un % de Heterosis con respecto al mejor progenitor de 14.12%; Así también, los genotipos con mayor rendimiento de grano fueron los que registraron mayor rendimiento de forraje verde, se encontró una correlación positiva y altamente significativa  $r=0.897^{**}$  para estas dos variables; Particularmente, la cruza varietal SINT4BxVS-536 registró un rendimiento de forraje verde de 51.49 t ha<sup>-1</sup>, que significa un 8.72% más en relación con el H-520 que registró un rendimiento de forraje verde de 47.36 t ha<sup>-1</sup> y un valor para Heterosis con respecto al mejor progenitor para esta variable de 34.05%. La Heterosis obtenida tanto para rendimiento de grano como rendimiento de forraje verde sugiere que existe divergencia genética entre los dos progenitores (Reyes, 1985; Sierra *et al.*, 2004; Esquivel, *et al.*, 2011; Palemón *et al.*, 2012; Velasco *et al.*, 2019; Gómez *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2019). Considerando el rendimiento de grano y de forraje verde y las características agronómicas, esta cruza varietal es un prospecto para ser liberado como HV-570 Nuevo híbrido de maíz para el trópico húmedo de México con doble propósito.

Cuadro 4. Rendimiento de grano y forraje verde en híbridos y variedades de maíz

Genealogía	Rend grano <sup>1/</sup> t ha <sup>-1</sup>	% Heterosis	Rend forr verde <sup>2/</sup> t ha <sup>-1</sup>	% Heterosis	% Relativo
SINT4BxVS-536	6.87**	14.12	51.49**	34.05	108.7
H-520	6.80**		47.36		100
H-567	6.22		46.52		98.2
V-537C	5.71		40.87		86.3
SINT-4B	6.02		38.41		81.1
VS-536	5.55		38.31		80.9
Promedio	6.23		43.83		
DMS0.05	0.456		1.17		
DMS0.01	0.60		1.67		



CV (%)	13.73	15.28
--------	-------	-------

<sup>1/</sup>= Rendimiento de grano promedio de nueve ambientes en Veracruz y Tabasco; <sup>2/</sup>= Rendimiento de forraje verde en CBTA 84 de Carlos A. Carrillo Otoño invierno 2022/23

El rendimiento de grano y de forraje verde y las características de los híbridos y variedades de maíz es el resultado de la componente genética (G), el efecto ambiental (A) y un efecto adicional de interacción GxA, (Márquez, 1974), la componente genética hace referencia al híbrido o variedad y el efecto ambiental tiene que ver con su adaptación a las condiciones de clima, de suelo y manejo agronómico por parte de los agricultores y ganaderos que siembran para este fin (Soto et al., 2002); Particularmente responden favorablemente a la densidad de población y la aplicación de fertilizante; Así, para grano de 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>, y con fines de forraje es factible aumentar la densidad hasta 83,000 plantas ha<sup>-1</sup>, para evitar riesgos de acame y mantener la calidad del forraje que esta asociada a la proporción que guarda la mazorca en el peso total de la planta y la oportunidad de corte para ensilar que se sugiere óptimo entre el 50 y 75% de la línea de leche (Sierra et al., 2021). (Figura 1)



Figura 1. El manejo agronómico en densidad y fertilización para rendimiento de grano y forraje para ensilar

**Características agronómicas.** El híbrido HV-570, presenta buen rendimiento y adaptación al trópico húmedo de México, es de ciclo biológico intermedio con 52 días a la floración masculina y femenina, 90 días a la madurez fisiológica y de 120 días de la siembra a la cosecha durante el ciclo primavera verano y bajo condiciones de temporal.

El híbrido prospecto HV-570, presenta altura de planta y mazorca baja 228 y 123 cm para cada variable, respectivamente, es decir, una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.53, es tolerante al acame, presenta buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca y las hojas arriba de la mazorca en posición semierecta; La posición de la mazorca es desviada al plano distal de las hojas; HV-570 presenta excelente cobertura de la mazorca, es tolerante a la pudrición de la mazorca, el grano es de color blanco y textura semidentada; Por lo que hace a los progenitores del HV-570 son SINT4B y VS-536, ambas variedades sintéticas de polinización libre en las cuales se les ha practicado 4 ciclos de selección masal y un ciclo de selección recurrente de progenies S1. La versión mejorada de SINT 4B es de planta y mazorca baja, de hoja semierecta, con buen rendimiento, presenta grano blanco y textura semicristalina; Por lo que se refiere a la versión mejorada de VS-536, se ha hecho énfasis en seleccionar planta y mazorca baja, buena sanidad, vigor, con buena cobertura de mazorca y tolerancia al acame, buena carga, grano blanco y textura dentada (Sierra *et al.*, 2019). (Figuras 2, 3 y 4)



Figuras 1, 2, y 3. HV-570 y sus progenitores presentan buen aspecto y sanidad de planta

## CONCLUSIONES

Los híbridos varietales sobresalientes SINT2BxVS-536, SINT4BxVS-536, SINT2BxSINT4B y V-537CxVS-536 registraron rendimientos de 7.03, 6.87, 6.81, y 6.40 t ha<sup>-1</sup>, para cada cruza varietal, respectivamente, estadísticamente similar con el rendimiento del híbrido H-520.

Los cruzamientos varietales sobresalientes registraron Heterosis para rendimiento de grano con respecto al mejor progenitor de 17.36, 14.12, 13.12 y 13.24% para los cruzamientos SINT2BxVS-536, SINT4BxVS-536, SINT2BxSINT4B y V-537CxVS-536. SINT4BxVS-536 registró un rendimiento de 51.49 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde y Heterosis con respecto al mejor progenitor de 34.05%. Lo anterior sugiere que existe divergencia genética entre los progenitores.

El Híbrido varietal HV-570 registró buen rendimiento de grano a través de ambientes, buen rendimiento de forraje verde y características agronómicas favorables por lo que se propone como prospecto para liberarse oficialmente como Nuevo híbrido de maíz de doble propósito para el trópico húmedo de México.

## Literatura citada

- Cervantes O., F.; Hernandez E., J.; Rangel L., J.A., Andrio E., E.; Mendoza E., M.; Rodríguez P., G.; *et al.*, 2016. Aptitud combinatoria general y específica en la calidad de semilla de líneas S3 de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol 39 (3): 259-268.
- Córdova O., H; Trifunovic S; Ramírez A. y Sierra M., M. 2007. CIMMYT Maize Hybrids for Latin América. Head to Head analysis and probability of outperforming the best check. *Maydica* Vol 52:471-476
- Espinosa C., A.; Tadeo R., M.; Turrent F., A.; Zamudio G., B.; Valdivia B., R.; Sierra M., M.; Gómez M., N.; Virgen V., J.; Mora G., K.Y. 2019. Producción de maíz y soberanía alimentaria en el contexto del deterioro ambiental de México. En: *Economía política de la devastación ambiental y conflictos socioambientales en México*. Coord. Barreda M., A., Enriquez V., L. y Espinoza H., R. p. 323-380.





- Espinosa C., A.; Tadeo R., M.; Virgen V., J.; Rojas M., I.; Gómez M., N.; Sierra M., M.; *et al.*, 2012. H-51AE, híbrido de maíz para áreas de humedad residual, buen temporal y riego en Valles Altos Centrales de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol 35 (4): 347-349.
- Esquivel E., G.; Castillo G., F.; Hernández C., J.M.; Santacruz V., A.; García S., G.; Acosta G., J.A.; *et al.*, 2011. Heterosis en maíz del altiplano de México con diferente grado de divergencia genética. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 2 (3): 331-344.
- Flores C., L.A. y García S., J.A. 2016. Beneficios de la adopción de semilla mejorada de maíz en la región central de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol 39 (3): 277-283.
- García., M.E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México DF México 246p.
- Gaytán B., R.; Martínez G., M.I.; Mayek P., N. 2009. Rendimiento de grano y forraje en híbridos de maíz y su generación avanzada F<sub>2</sub>. *Agric. Tec. Mex.* Vol 35(3): 295-304
- Gómez, M., N.; Cantú A., M.A.; Vásquez C., G.; Hernández G., C.A.; Espinosa, C., A.; Sierra, M. M.; Coutiño E., B.; Aragón C., F.; Trujillo C., A. 2017. Híbrido de maíz H-568: Nueva opción para las áreas de alta productividad del trópico bajo de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 8 (5): 1213-1218.
- Jurado G., P.; Lara M., C.R.; Saucedo T., R.A. 2014. Paquete tecnológico para la producción de maíz forrajero en Chihuahua. *Folleto Técnico Núm 53*, Septiembre 2014. INIFAP. CIRNOC. Sitio Experimental la Campana. Aldama, Chihuahua. 34 p.
- López L., C.; Tadeo R., M.; García Z., J.J.; Espinosa C., A.; Mejía C., A. 2021. Aptitud combinatoria general y específica de híbridos varietales de maíz amarillo de baja endogamia. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 12 (4): 699-711.
- Montemayor T., J.A.; Suarez G., E.; Munguía L., J.P.; Segura C., M., A.; Mendoza V., R.; Woo R., J.L. 2018. Acolchados plásticos para la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en la Comarca lagunera. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol especial 20: 4107-4115
- Núñez H., G.; Contreras G., E.F. y Faz C., R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Tec. Pecu. Mex.* 41: 37-48
- Palemón A., F.; Reyes G., G.; Gómez M., N.O.; Sierra M., M.; Preciado O., R.E.; Ortega A., S.A. 2019. Genotipos de maíz con potencial forrajero para las condiciones de secano del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 10 (8):1895-1901
- Palemón A., F.; Gómez, Castillo, Ramírez V., P.; Molina G., J.D.; Miranda C., S. 2012. Potencial productivo de cruza intervarietales de maíz en la región semicálida de Guerrero. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas*. Vol 3 (1): 157-171.
- Peña R., A.; Gonzalez C., F.; Nuñez H., G.; Tovar G., M.R.; Preciado O., R.E.; Terrón I., A.; Gómez M., N.; Ortega C., A. 2006. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol 29 (Especial 2): 109-114.
- Ramírez D., J.L.; Vidal M., V.; Alemán T., I.; Ledesma M., A.; Gómez M., N.; Salinas M., Y.; *et al.*, 2019. Selección de líneas y cruza de maíz combinando las pruebas de mestizos y cruza dialélicas. *Revista Fitotecnia mexicana* Vol 42 (4): 335-346.
- Reta S., D.G.; Gaytán M., A. y Carrillo A., J.S. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotecnia mexicana* Vol 23 (1): 37-48
- Reyes C., P. 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed trillas 3ª Ed. México D.F. 348p
- Reyes C., P. 1985. *Fitogenotecnia básica y aplicada*. AGT Editor S.A. México. 460 p.
- Rodríguez M., F.; Sierra M., M.; Espinosa C., A.; Vásquez H., M.V.; Barrón F., S.; Andrés M., P.; *et al.*, 2021. Productividad de forraje en maíces híbridos bajo diferentes densidades de población y dosis de fertilización. *Terra Latinoamericana* Vol 39 (1): 1-12
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SADER). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2022. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y programas Producción agrícola*. Disponible en: <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas-de-produccion-agricola>. (Cons. 31 de julio del 2023). s/p.
- Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Gómez M., N.; Espinosa, C., A.; Ugalde A., F.J.; Andrés M., P. 2019. Mejoramiento genético de maíz para el trópico húmedo de México. En: Avances en Investigación agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia



- de Tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático. INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TECNM, Medellín, Ver. p. 482-499.
- Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Espinosa, C., A.; Andrés M., P. 2018. Adaptabilidad de híbridos trilineales de maíz en el área tropical de los estados de Veracruz y Tabasco, México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* Vol 4 (11): 15-19.
- Sierra M., M.; Palafox C., A.; Rodríguez M., F.; Espinosa C., A.; Andrés M., P.; Gómez M., N.; *et al.*, 2016a. Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520 en el trópico de México. *Revista Agricultura Sociedad y Desarrollo* Vol 13 (1): 19-32.
- Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Palafox, C. A., Espinosa, C., A. 2016b. Adopción e impacto de la variedad VS-536 en la región tropical del sureste de México. *Revista de Desarrollo Económico* Vol 3 (9): 32-40
- Sierra, M. M.; Rodríguez, M. F. A.; Palafox, C. A.; Gómez M., N.; Espinosa, C., A. 2014. Impacto del H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Revista Biológico y Agropecuario Tuxpan* Vol 2 (1): 277-282.
- Sierra M., M.; Rodríguez M., F.A.; Gómez M., N.; Espinosa C., A. 2017. H-567, Híbrido de maíz para el trópico húmedo de México. *Revista de Operaciones Tecnológicas*. Vol 1 (3): 6-14.
- Sierra M., M.; Palafox C., A.; Rodríguez M., F.A.; Espinosa C., A.; Vázquez C., G.; Gómez M., N.; Barrón F., S. 2011. H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Agríc. Téc. Méx.* Vol 2 (1): 71-84.
- Sierra M., M.; Márquez S., F.; Valdivia B., R.; Córdoba O., H.; Lezama G., R. y Pescador R., A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Agríc. Téc. Méx.* México. Vol. 30 (2): 169-181.
- Sierra M., M.; Palafox C., A.; Rodríguez M., F.A.; Espinosa C., A.; Córdoba O.H.; Román P., H.; Gómez M., N. 2003. V-556AC, Variedad de maíz de grano amarillo con alta calidad de proteína. *Desplegable Técnica Núm. 5*. Agosto del 2003. División Agrícola. Campo Experimental Cotaxtla CIRGOC INIFAP.
- Soto O., P.; Jhan B., E; y Arredondo S., S. 2002. Densidad de población y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilaje en el Valle Central Regado. *Agríc. Téc. Méx.* Vol 62 (2): 255-265.
- Tadeo R., M.; Espinosa C., A.; Zaragoza E., J.; López L., C.; Canales I., E.I.; Zamudio G., B.; *et al.*, 2021. Tlaoli Puma, híbrido de maíz para grano y forraje con androesterilidad y restauración de la fertilidad masculina. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol 44 (2): 265-267
- Tadeo R., M.; Espinosa C., A.; García Z., J.J.; Lobato O., R.; Gómez M., N.; Sierra M., M.; *et al.*, 2016. Tsiri Puma, híbrido de maíz para Valles altos de México, con esquema de androesterilidad para producción de semillas. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol 39 (3): 331-333
- Tadeo R., M.; Espinosa, C., A.; García Z., J.J.; Lobato O., R.; Gómez, M., N., Sierra, M. M.; Valdivia B., R. 2015a. Productividad de híbridos androestériles y fértiles de maíz en cuatro Ambientes de evaluación. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas*. Vol 6 (8): 1857-1866.
- Tadeo R., M.; Espinosa C., A.; Guzmán M., R.; Turrent F., A.; Zaragoza E., J.; Virgen V., J. 2015b. Productividad de híbridos varietales de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México. *Agronomía mesoamericana* Vol. 26 (1): 65-72.
- Velasco G., A.M.; García Z., J.J.; Sahagún C., J., Lobato O., R.; Sanchez A., C.; Marín M., I.M. 2019. Rendimiento, componentes del rendimiento y heterosis de germoplasma de maíz adaptado a Valles Altos. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 42 (4): 367-374
- Virgen V., J.; Zepeda B., R.; Avila P., M.A.; Espinosa C., A.; Arellano V., J.L.; Gámez V., A.J. 2016. Producción y calidad de semilla de maíz en Valles altos de México. *Agronomía mesoamericana* Vol 27 (1): 191-206.
- Zaragoza E., J.; Tadeo R., M.; Espinosa C., A.; López L., C.; García E., J.C.; Zamudio G., B.; *et al.*, 2019. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 10 (1): 101-111.



**DAÑOS CAUSADOS POR *Rhetus arcus beutelspacheri* Llorente, 1988 (Lepidoptera: Riodininae) AL FOLLAJE DE *Salacia frutiplatensis* (Celastraceae: Salacioideae)**

**LEAF DAMAGE CAUSED BY *Rhetus arcus beutelspacheri* Llorente, 1988 (Lepidoptera: Riodininae) TO *Salacia frutiplatensis* (Celastraceae: Salacioideae)**

**Ramírez-Guillermo, M. A.<sup>1\*</sup>; Hernández Gómez E.<sup>2</sup> y López-Domínguez, I.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>INIFAP-CEHUI, Tabasco, km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco. <sup>2</sup>INIFAP Campo Experimental Centro de Chiapas, Km. 3 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas, México. <sup>3</sup>Laboratorio INIFAP-CEHUI, Tabasco.

\*Autor para correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

## **RESUMEN**

El huerto familiar o “solar” aguarda y conserva una diversidad de plantas para usos del producto. No se aplica un control eficiente de plagas y enfermedades, sin embargo, se aplican algunas prácticas agroecológicas como el reciclaje de nutrientes a través de compostas. Las larvas de la mariposa cola larga (Lepidoptera) causan daños severos a la hoja de la planta de gogo. En este escrito se reporta por primera vez la descripción morfológica del gogo y se clasificó como *Salacia frutiplatensis* Cast.-Campos, sp. nov. (Celastraceae: Salacioideae), el cual es un hospedero natural de la mariposa cola larga, que se identificó de acuerdo al patrón alar, como *Rhetus arcus beutelspacheri* Llorente, 1988 (Lepidoptera: Riodininae) el causante de devorar y dañar las hojas, durante su etapa larval.

**Palabras clave:** *gogo, mariposa, traspatio, trópico, Tabasco*

## **INTRODUCCIÓN**

Los huertos familiares o “solares” juegan un papel importante en la conservación de la biodiversidad de los agroecosistemas tropicales, principalmente; en donde tradicionalmente se encuentra la cultura del conocimiento ancestral y la tradición en el manejo de los recursos naturales. Muchas de las prácticas agrícolas aplicada ahí, tienen un enfoque agroecológico. Para el caso del control de plagas y enfermedades se realizan prácticas agroecológicas con insumos provenientes del mismo agroecosistema. De igual manera representan la diversidad genética, propia de la región y son una muestra de la cadena trófica y del reciclaje de los nutrientes. De igual manera, los huertos de traspatio y los agroecosistemas con el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) son un hábitat y fuente de refugio para la sobrevivencia de diversos organismos. Las mariposas cumplen funciones vitales para las plantas, como la polinización de las flores al momento de alimentarse del néctar; así mismo, contribuyen a la composición del paisaje y desempeñan un papel fundamental como indicadores del equilibrio ecológico, dado por la diversidad de mariposas diurnas presentes en el sitio, tienen un ciclo de vida corto, sensibles a la humedad, radiación solar y temperatura (Orozco, Muriel y Palacio 2009; Orta et al., 2022). Como todo componente de la cadena trófica, las larvas de mariposa, causan diversos daños a los órganos de las plantas; entre los más importantes son los que ocasionan a las hojas, que son la fuente de alimento para completar sus etapas larvales. Durante la fase de pupa no se alimentan, sin embargo, en las primeras etapas de larva son susceptibles a depredadores o parasitoides.

Dentro de la biodiversidad de árboles frutales presentes en Tabasco se puede encontrar el denominado comúnmente gogo *Salacia* elíptica (Mart. ex Schult.) G. Don (Alvarez-Quiroz et al., 2017; Chablé-Pascual et al., 2015; Van der Wal, Huerta y Torres, 2011; Magaña, 2010). La planta de *S. elíptica* se encuentra asociados a cultivos como el cacao (*Theobroma cacao* L.) y el coco (*Cocos nucifera* L.) así como en huertos familiares en los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo, Jalpa de Méndez y Paraíso (Alvarez-Quiroz et al., 2017; Chablé-Pascual et al., 2015; Magaña 2010; Maldonado et al., 1992). El fruto es comercializado directamente por el productor o en los mercados públicos como fruta de temporada (Centurión-Hidalgo et al., 2019). Actualmente, no se cuenta con información sobre plagas o enfermedades que puedan causarle algún tipo de daño. Actualmente esta



planta no es de importancia comercial, aunque es muy apreciada por algunos sectores de la población local.

El gogo (*Salacia* L.) pertenece a la familia *Celastraceae* se encuentra distribuida a nivel mundial en zonas tropicales, subtropicales y templadas. Esta familia esta integrada por 98 géneros y cerca de 1300 especies. La clasificación de *Celastraceae* actualmente se realiza a través de evidencias moleculares; mediante estos estudios se reconocen cuatro subfamilias (*Celastroideae*, *Stackhousioideae*, *Hippocrateoideae* y *Salacioideae*). La subfamilia *Salacioideae* consta de seis géneros y la mayoría de las especies son lianas. El género *Salacia* L. se integra por 200 especies y se distribuye en regiones tropicales y subtropicales del mundo, su origen se atribuye a Brasil y Paraguay; en el África tropical existen 90 especies, en el sureste de Asia existen 30 especies y 11 son endémicos de la India (Nandikar, 2021; Kamat, Vasudeva y Patil, 2019; Simmons *et al.*, 2008; Lombardi, 2007;). *Salacia* es conocida porque sintetiza diversos compuestos químicos, entre ellos el salacinol, el cual es un compuesto antidiabético. De igual manera posee compuestos antiinflamatorios, antilipidémicos, antiperoxidativos, antimicrobianos, antileucémicos, astringentes y otros con actividades antipalúdicas (Deepak *et al.*, 2015; Duarte *et al.*, 2010).

En México se encuentran *Salacia cordata* (Miers) Menegaen, *S. impressifolia* (Miers) A.C.Sm, *S. elliptica* G. Don y *S. frutiplatensis* Cast.-Campos, sp. nov, distribuidos en Chiapas, Oaxaca, Puebla, Tabasco y Veracruz (Piedra-Malagón *et al.*, 2022; Castillo-Campos, Palacios-Wassenaar y Martínez, 2020). Para Tabasco se han reportado a *S. elliptica* (Mart. ex Schult.) G. Don (Magaña, 2010, Maldonado *et al.*, 1992). El objetivo de este trabajo fue generar información sobre la planta de gogo e identificar al género de lepidóptera que en su etapa larval se alimenta de sus hojas.

## MATERIALES Y METODOS

La planta de gogo *Salacia* se ubicó en un huerto familiar ubicado en Mazateupa, Nacajuca, Tabasco, rodeado de especies como: cacao (*Theobroma cacao* L.), naranja dulce (*Citrus sinensis*), limón real (*Citrus medica* L.), plátano (*Musa* spp), guayaba (*Psidium guajava* L.), mango (*Mangifera indica*), guanábana (*Anona muricata* L.), guaya (*Talisia olivaeformis*), pimienta gorda (*Pimienta dioica* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz.), zacate limón (*Cymbopogon citratus* Stapf.) y arvenses. Los daños observados fueron cortes irregulares en el borde de la hoja y perforaciones. La comunidad de Mazateupa, se localiza entre los paralelos 18° 12' N y 93° 0' W a 10 msnm; el clima es cálido húmedo con lluvias en verano, la temperatura anual oscila entre 26-28°C, un régimen de lluvia anual de 1 500-2 500 mm. El relieve corresponde a la llanura aluvial costera inundable, predominando el suelo tipo fluvisol (INEGI, 2010). Para el reconocimiento del género *Salacia*; familia y nombre de la especie se consultaron las siguientes fuentes: APG IV (2016), World Flora Online (Borsch *et al.* 2020) se consultó JSTOR Global Plants (<https://plants.jstor.org/>) y la literatura sobre el género *Salacia* fue Nandikar, 2021; Castillo-Campos, Palacios-Wassenaar y Martínez, 2020; Lombardi y Temponi, 2001, para la distribución GBIF.org (2021). Para el reconocimiento de las larvas y el adulto colectado, se consultó literatura especializada (Casagrande, Penz y DeVries, 2009; Llorente, 1988) y la herramienta The Global Lepidoptera Names Index (LepIndex)" (Beccaloni *et al.*, 2003), BOLD: The Barcode of Life Data System (Ratnasingham y Hebert, 2007) y Butterflies of America (Warren *et al.*, 2023).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El árbol de gogo estudiado tenía una altura de 7.8 m, aproximadamente 18 años de edad. Estaba ramificado, con las hojas más grandes al interior de las ramas y pequeñas al exterior de la copa (Fig. 1a). La hoja opuesta simple, de color verde oscuro y verde claro en hoja nueva (Fig. 1a); forma: elíptica, oblongo-elíptico y oblongo, de 15.2 a 27.3 cm largo y ancho de 4.6 a 10.6 cm; margen entero, gruesa, pecíolo de color verde de 1.3 a 1.8 cm de largo (Fig. 1b); base de la hoja: agudo (Fig. 1c); ápice: redondo, agudo, acuminado (Fig. 1d). Flor caulinar adherido en la axila de la hoja (Fig. 2a, b), cinco sépalos amarillos (Fig. 2c), cinco pétalos amarillos (Fig. 2d), tres estambres adherido a la base de la flor, antera bilocular (Fig. 2e) y ovario supero con estigma (Fig. 2d). Fruto redondo, largo 9.8 cm y 8.3 cm de ancho; de color anaranjado, indehiscente (Fig. 3a), constricción cónico ligera de la base, 3 mm de largo y 1.4 cm de ancho (Fig. 3b); ápice redondo trilobulado (Fig. 3c) o verrugoso, pericarpio coriáceo de consistencia dura, pedicelo leñoso (Fig. 3a); fruto inmaduro de color verde grisáceo o plateado. Semilla:



15 en el fruto, largo de 2.4-3.4 cm, ancho de 1.6 a 2.1 cm, de color café (Fig. 3d), cubierto de un arilo mucilaginoso de sabor dulce, de forma amorfa (Fig. 3d) y triangular en sección transversal, de color café claro (Fig. 3e).

De acuerdo a la descripción morfológica del género y la clave para *Salacia* (Kamat, Vasudeva y Patil, 2019 Lombardi, J. A. y L. G. Temponi. 2001); el género en estudio es similar al descrito por Castillo-Campos, Palacios-Wassenaar y Martínez, (2020); se determinó que corresponde a *Salacia frutiplatensis* Cast.-Campos, sp. nov.



Figura 1. Características morfológicas de *Salacia frutiplatensis*, a) rama, b) hoja; c) base, d) ápice. Fotos MA. Ramírez G.

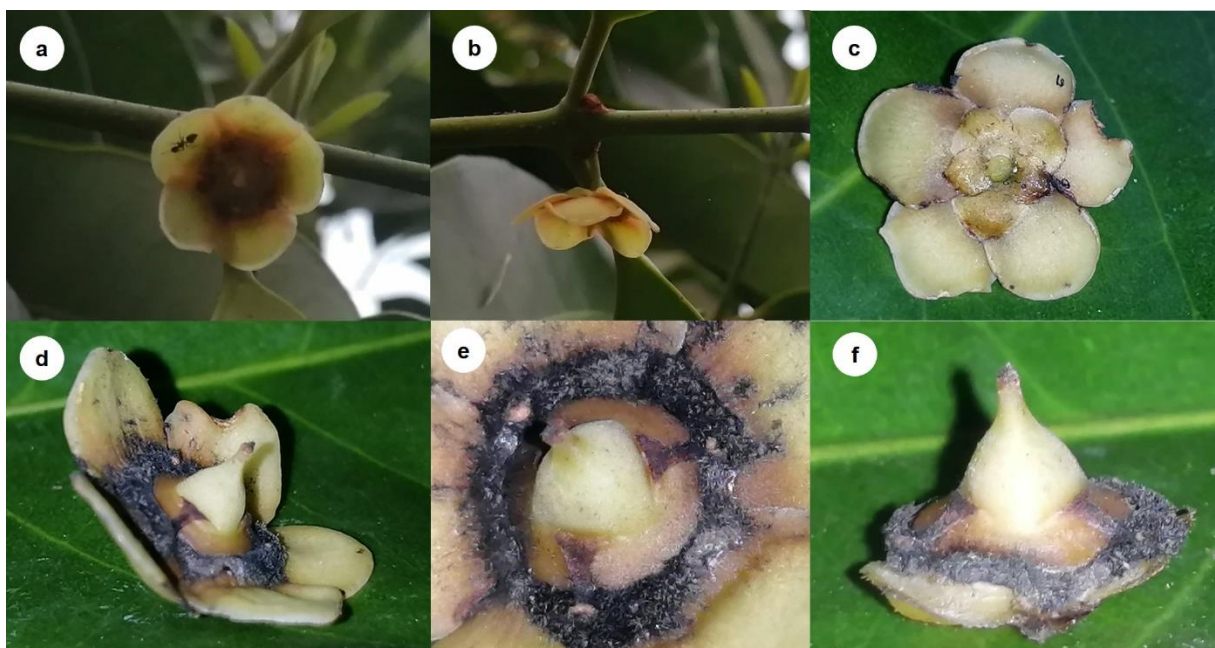


Figura 2. Características de la flor de *Salacia frutiplatensis*, a, b) flor caulinar, c) sépalo, d) pétalo, e) estambre, d) ovario. Fotos: M.A. Ramírez G.



Figura 3. Características del fruto de *Salacia frutiplatensis*, a) fruto maduro; b) base del fruto; c) ápice; d) semilla; e) forma. Fotos M.A. Ramírez G.

La mariposa colectada conocida como mariposa de cola larga y las larvas, corresponden a la familia Riodininae y al género *Rhetus* Swainson, 1829, son de hábito diurno, son polinizadores y forman parte de la cadena trófica.

Las larvas durante sus estadios se alimentan de hojas nuevas de *Salacia frutiplatensis* causando el daño (Fig. 4a) en la lámina foliar (Fig. 4 b, c); el daño en las hojas es severo y es relevante porque es donde se lleva a cabo la fotosíntesis de la planta.

*Rhetus arcus beutelspacheri* Llorente, 1988 (Lepidoptera: Riodininae) (Fig. 5)

Endémico de la Sierra Madre del Sur en México, en altitud de 600-1500 msnm, asociado a bosque tropical subperennifolios y bosque mesófilo de montaña, al igual en ambientes árido y semiáridos, los adultos pasan parte de su etapa adulta en el dosel de los bosques, las orugas son fitófagas (Arellano-Covarrubias, Llorente-Bousquets y Luis-Martínez, 2018; Llorente B., J. 1988).

Diagnóstico; mariposa diurna con alas de color café oscuro con bandas blancas en combinación con azul metálico y rojo carmín (Fig. 5a, b). Envergadura alar de 4.2 cm, ala anterior con una mancha carmín y una azul metálico en el margen posterior del ala anterior (Fig. 5c) junto a la primera banda blanca, dos bandas blancas transversales. Ala posterior con 3.4 cm de longitud total y ancho de 9 mm, se caracteriza por presentar una cola larga y la reducción, la parte media de la cola mide 7 mm; dos bandas blancas, una muy delgada; de manera horizontal una banda carmín continua en combinación con azul metálico (Fig. 5d) con pequeñas manchas blancas y una al final de la cola; prolongación de la cola de 1.3 cm y un ancho de 1 mm en la parte media; descripción similar a los patrones de atributos descritas por Llorente, (1988). Se observó un ejemplar posando en el envés de hoja de guaya (*Talisia olivaeformis*). Material examinado; MEXICO, Tabasco, Nacajuca, poblado Mazateupa, Nacajuca km 4.5 carretera Nacajuca-Tecoluta. 10 msnm. 18.20451354 N y 93.01171875 W, en hojas de *Salacia frutiplatensis*, 23 XII 2022, col. M.A. Ramírez e I. López, 1♀, INIFAP-CEHUI, Tabasco.



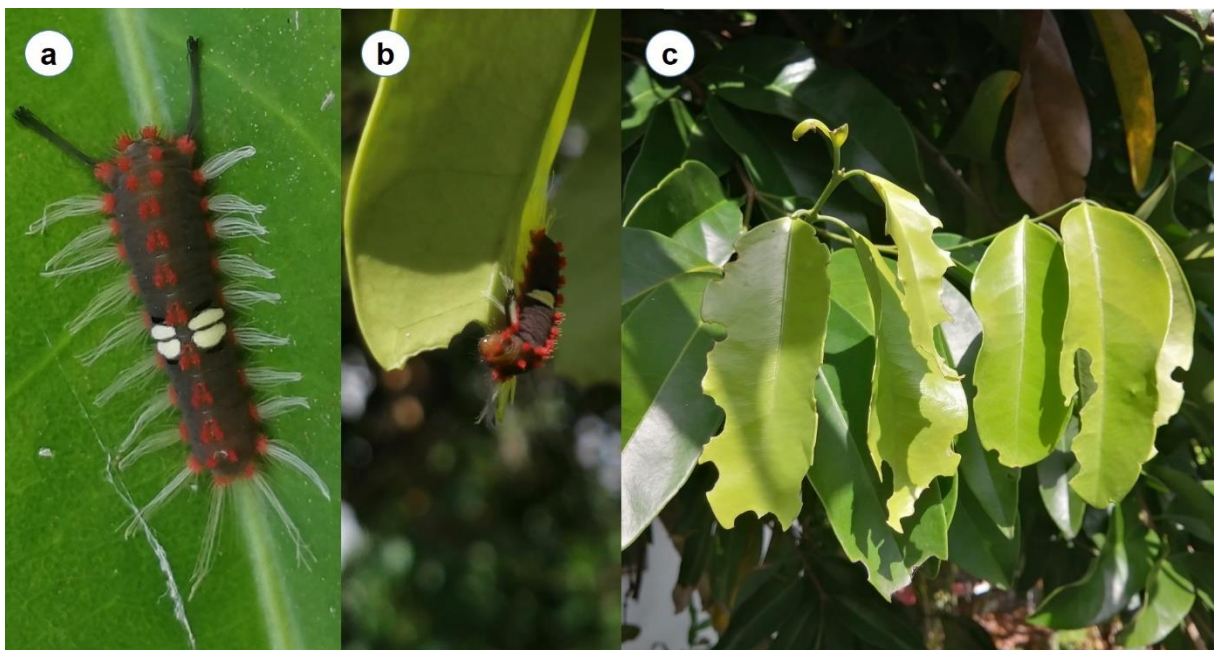


Figura 4. Larvas de *Rhetus arcus beutelspacheri* sobre su hospedante natural *Salacia frutiplatensis* a) larva, b) lava alimentándose de hoja; c) hojas dañadas por larvas. Fotos M.A. Ramírez G.

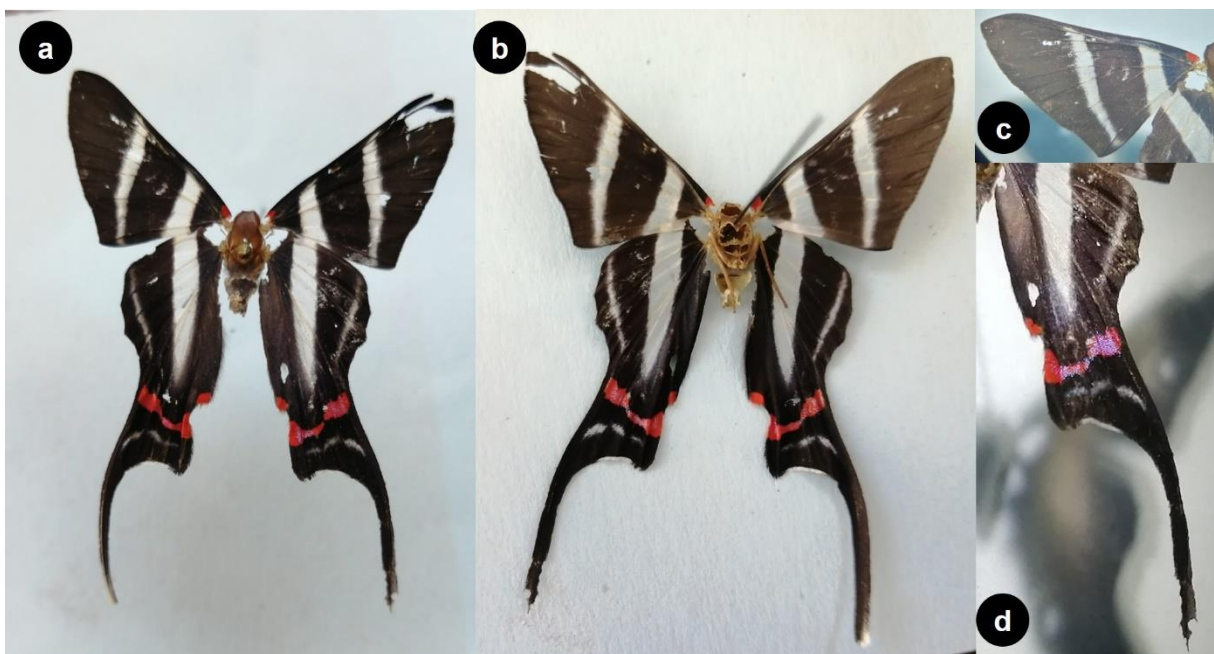


Figura 5. *Rhetus arcus beutelspacheri*, a) vista dorsal; b) vista ventral; c) ala anterior; d) ala posterior. Fotos: M.A. Ramírez G.

Existe poca información sobre el género *Rhetus* para el estado de Tabasco, se ha reportado la colecta de *Rhetus arcus thia* en plantaciones del agroecosistema cacao (Sánchez-Soto, 2019), de acuerdo a Martínez-Noble *et al.* (2015) y Uribe y Clavijo, (2022) indican que los adultos se alimentan al libar sales minerales y derivados orgánicos tomados directamente de la tierra húmeda, charcos y lodazales y que los adultos son de hábitos solitarios, vuelan pausadamente a nivel de suelo. Los machos se posan en



el envés de las hojas, prefieren plantas del género *Eupatorium* (Asteraceae) y en Colombia sea observado alimentándose en plantas de *Terminalia catappa* (Combretaceae).

## CONCLUSIONES

Se describieron las características morfológicas de la planta de gogo y se determinó que corresponde a *Salacia frutiplatensis* (Celastraceae: Salacioideae) – hospedante natural.

Se identificó a *Rhetus arcus beutelspacheri* Llorente, 1988 (Lepidoptera: Riodininae) como el devorador de hoja en etapa larval, plaga de *S. frutiplatensis*.

## LITERATURA CITADA

- Alvarez-Quiroz V., L. Caso-Barrera, M. Aliphath-Fernández y A. Galmiche-Tejeda. 2017. Plantas medicinales con propiedades frías y calientes en la cultura Zoque de Ayapa, Tabasco, México. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat* 16 (4): 428-454.
- APG IV (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181 (1): 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Arellano-Covarrubias, A., Llorente-Bousquets, J. y A. Luis-Martínez. 2018. Distribución y fenología de la familia *Riodinidae* (Lepidoptera: Papilionoidea) en el bosque tropical subcaducifolio de Oaxaca, México. *Rev. Biol. Trop.* 66(2): 503-558 DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33378>
- Beccaloni, G., Scoble, M., Kitching, I., Simonsen, T., Robinson, G., Pitkin, B., Hine, A. y Lyal, C. (Editores). 2003. *Índice mundial de nombres de lepidópteros (LepIndex)*. Publicación electrónica de la World Wide Web. <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/lepindex/lepindex/> [consultado el 20 de diciembre de 2022]
- Borsch T, Berendsohn W, Dalcin E, Delmas M, Demissew S, Elliott A, Fritsch P, Fuchs A, Geltman D, Güner A, Haevermans T, Knapp S, Roux MM, Loizeau P, Miller C, Miller J, Miller J, Palese R, Paton A, Parnell J, Pendry C, Qin H, Sosa V, Sosef M, Raab- Straube E, Ranwashe F, Raz L, Salimov R, Smets E, Thiers B, Thomas W, Tulig M, Ulate W, Ung V, Watson M, Jackson PW, Zamora N (2020) World Flora Online: Placing taxonomists at the heart of a definitive and comprehensive global resource on the world's plants. *Taxon* 69 (6): 1311-1341. <https://doi.org/10.1002/tax.12373>
- Casagrande M., C. Penz y P. J. DeVries. 2009. Description of early stages of *Chorinea licursis* (Fabricius) (Riodinidae). *Trop. Lepid. Res*, 19(2):89-93.
- Castillo-Campos G., O. M. Palacios-Wassenaar y M. L. Martínez. 2020. *Salacia frutiplatensis* (Celastraceae, Salacioideae), a new species of the coastal sand dunes of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Phytotaxa* 440 (3): 186-192. ISSN 1179-3163
- Centurión-Hidalgo D., J. Espinosa-Moreno, E. De la Cruz-Lázar, L. Báez-Mendoza, B. A. Sánchez-Ruiz y L. C. Pérez-Robles. 2019. Estacionalidad de los vegetales comercializados en los mercados públicos del estado de Tabasco. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29 (53): 1-20. ISSN: 2395-9169
- Chablé-Pascual, R., D. J. Palma-López, C. J. Vázquez-Navarrete, O. Ruiz-Rosado, R. Mariaca-Méndez y J. M. Ascensio-Rivera. 2015. Estructura, diversidad y uso de las especies en huertos familiares de la Chontalpa, Tabasco, México. *Rev. ERA.* 2(4):23-39.
- Deepak, K.G.K., P. Rathna G., P.B. Kavi Kishor y Ch. Surekha. 2015. *Salacia* as an ayurvedic medicine with multiple targets in diabetes and obesity. *Annals of Phytomedicine* 4(1): 46-53. ISSN: 2393-9885
- Duarte, L. P., R. C. Figueiredo, G. F. de Sousa, D. B. da Silva Soares, S. B. V. Rodrigues, F. C. Silva y G. D. F. Silva. 2010. Chemical constituents of *Salacia elliptica* (Celastraceae). *Quim. Nova*, 33(4): 900-903.
- GBIF.org (2021) GBIF: The Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org>. (consultado 07 de julio 2023).
- INEGI, 2010, Compendio de información geográfica municipal 2010, Nacajuca, Tabasco. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/27/27013.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/27/27013.pdf). (consultado 20 de julio 2023).



- Kamat, S. G., Vasudeva, R. y Patil, Ch. G. 2019. Taxonomic identity, occurrence of six species of *Salacia* and first report on chromosome numbers of the *Salacia chinensis* L. and *Salacia oblonga* Wall ex Wight and Ern Var. from Western Ghats of Karnataka (India). Genetic Resources and Crop Evolution, doi:10.1007/s10722-019-00820-7
- Llorente B., J. 1988. Las poblaciones de *Rhetus arcus* en México con notas sobre las subespecies Sudamericanas (Lepidoptera: Lycaenidae, Riodininae). Anales Inst. Biol. UNAM, 58 (1987) Ser. Zool. (1): 241-258 15-VII-1988
- Lombardi, J. A. 2007. Three New South American Species of *Salacia* with Fasciculate Inflorescences (Celastraceae, Hippocrateoideae). Novon: A Journal for Botanical Nomenclature, 17(1):33-39. DOI: [http://dx.doi.org/10.3417/1055-3177\(2007\)17\[33:TNSASO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.3417/1055-3177(2007)17[33:TNSASO]2.0.CO;2)
- Lombardi, J. A. y L. G. Temponi. 2001. Flora del Paraguay Hippocrateaceae. 36p.
- Magaña A., M. A. 2010. Vegetación y Flora del Municipio de Paraíso. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. Colección José N. Rovirosa, Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo. 164 p.
- Maldonado M, F., G. Vargas S., R. F. Molina M. y A. Sol S. Frutas tropicales de Tabasco. UJAT, Gobierno del estado de Tabasco e ISPROTAB. Villahermosa, Tabasco. 137p. ISBN:968-7991-12-7
- Martínez-Noble J. I., V. Meléndez-Ramírez, H. Delfín-González y C. Pozo. 2015. Mariposas de la selva mediana subcaducifolia de Tzucacab, con nuevos registros para Yucatán, México. Rev. Mexicana de Biodiversidad 86: 348–357 <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.010>
- Nandikar, M. D. 2021. The genus *Salacia* (Celastraceae: Salaciodeae) in peninsular India. Webbia. Journal of Plant Taxonomy and Geography 76(2): 167-193. doi: 10.36253/jopt-10390
- Orozco S, Muriel S. B., Palacio J. 2009. Diversidad de lepidópteros diurnos en un área de bosque seco tropical del occidente antioqueño. Acta Biol [Internet]. [cited 2023 July 21]; 31(90): 31-41. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-35842009000100003&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842009000100003&lng=en).
- Orta, S. C., Reyes-Agüero, J. A., Luis-Martínez, M. A., MuñozRobles, C. A., Méndez, C. H. 2022. Las mariposas bioindicadoras ecológicas de México. Artículo de revisión. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 38, 1–33. 10.21829/azm.2022.3812488 elocation-id: e3812488
- Piedra-Malagón E. M., Sosa V, Angulo D. F. y Díaz-Toribio M. H. 2022. Edible native plants of the Gulf of Mexico Province. Biodiversity Data Journal 10: e80565. <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e80565>
- Ratnasingham S. y P. D. N. Hebert. 2007. BOLD: The Barcode of Life Data System ([www.barcodinglife.org](http://www.barcodinglife.org)). Molecular Ecology Notes. doi: 10.1111/j.1471-8286.2006.01678.x
- Sánchez-Soto, S. 2019. Lista preliminar de mariposas (Lepidoptera) registradas en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en La Chontalpa, Tabasco, México. Rev. Nicaragüense de Entomología. 172: 3-23. ISSN 1021-0296
- Simmons M. P., J. J. Cappa, R. H. Archer, A. J. Ford, D. Eichstedt y C. C. Clevinger. 2008. Phylogeny of the Celastreae (Celastraceae) and the relationships of *Catha edulis* (qat) inferred from morphological characters and nuclear and plastid genes. Molecular Phylogenetics and Evolution 48: 745-757. doi:10.1016/j.ympev.2008.04.039
- Uribe S, S. I. y Clavijo G, A. 2022. Guía de mariposas: Universidad nacional de Colombia. 166p. ISBN: 978-958-794-966-7. <https://books.google.com.mx/books?id=9djDEAAAQBAJ&pg=PA60&ots=bNve7IRpuu&dq=rhetus%20arcus&pg=PA3#v=onepage&q&f=false>
- Van der Wal, H., E. Huerta L. y Torres, D. A. 2011. Huertos familiares en Tabasco. Elementos para una política integral en materia de ambiente, biodiversidad, alimentación, salud, producción y economía. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Gobierno del Estado de Tabasco, Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco, México. 149p.
- Warren, A. D., K. J. Davis, E. M. Stangeland, J. P. Pelham, K. R. Willmott & N. V. Grishin. 2023. Illustrated Lists of American Butterflies [24-VII-2023] <http://www.butterfliesofamerica.com/>





## FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DE LA NUTRICIÓN CON LIXIVIADOS DE EXCRETAS DE ANIMALES EN FRIJOL EN HUIMANGUILLO TABASCO.

ORGANIC FERTILIZATION OF NUTRITION WITH LEACHATES OF ANIMAL EXCRETA IN BEANS IN HUIMANGUILLO TABASCO.

**Mario Rodríguez Cuevas<sup>1</sup> Sabel Barrón Freyre<sup>1</sup>, Miguel Ángel Ramírez Guillermo<sup>1</sup> y Dante Sumano-López<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Investigadores C.E. Huimanguillo, INIFAP.

\*Autor por correspondencia: [rodriguez.mario@inifap.gob.mx](mailto:rodriguez.mario@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El rendimiento en frijol de temporal depende del manejo agronómico; fertilización, control de maleza, plagas, enfermedades y lluvia. El trabajo se realizó C.E. Huimanguillo del INIFAP, (17.847711, -93.396465 UTM). Objetivo, evaluar diferentes concentraciones de lixiviados del composteo de excretas de animales como fertilizante orgánico al cultivo de frijol. Se estableció el 17 de diciembre 2021, (ciclo O-I). La preparación del terreno fue mecanizada, siembra manual y densidad de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Previamente se elaboró el lixiviado de excretas de animales por el método de pilas estáticas aireadas. Los tratamientos: T<sub>1</sub> (control), T<sub>2</sub>L25%, T<sub>3</sub>L50%, T<sub>4</sub>L75%, T<sub>5</sub>L100% y T<sub>6</sub>Qm. Diluidos en agua, se aplicaron en tres oportunidades durante el desarrollo vegetativo, con bomba de mochila, al suelo y al follaje. Resultados mostraron significancia (p < 0.05), a los 22 días el rango de altura fue T<sub>2</sub>L25% y T<sub>1</sub> (control) con 33.9 a 26.4 cm respectivamente y a los 35 días el rango T<sub>4</sub>L75% y T<sub>1</sub> (control) con 58.7 de 44.2 cm. Cobertura lateral, a 22 días el rango fue entre T<sub>5</sub>L100% y T<sub>1</sub> control con 41.9 y 35.9 cm respectivamente, a los 35 días estuvo entre T<sub>3</sub>L50% y T<sub>1</sub> control con 77.7 y 66.6 cm respectivamente, el mayor incremento fue T<sub>3</sub>L50% 40.0 y menor el T<sub>1</sub> control con 30.7 cm y cubrió los espacios entre surcos. Número de plantas, el T<sub>1</sub> (control) y T<sub>2</sub>L25%, obtuvieron menores plantas sin diferencia estadística. Vainas planta<sup>-1</sup>, sin diferencia estadística, aunque el mayor fue T<sub>4</sub>L75% y menor T<sub>1</sub> (control) con 14.80 y 10.20 vainas, muestra tendencias favorables a los lixiviados. Granos planta<sup>-1</sup>, el T<sub>6</sub>Qm con 61.4 granos, estadísticamente diferente respecto al T<sub>5</sub>L100% con 54.00. Rendimiento de grano el T<sub>2</sub>L25% y T<sub>3</sub>L50% mostraron mayor peso 968.3 y 905.8 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Los lixiviados en frijol, dan tendencias competitivas vs T<sub>6</sub>Qm en variables vegetativas, así como en algunas de cosecha.

Palabras clave: composta, crecimiento, rendimiento

### INTRODUCCIÓN

En cultivo de frijol es un alimento básico de los mexicanos, por ello se cultiva en diferentes condiciones agroecológicas del país en 2021 se cosechó en México más de un millón doscientas mil toneladas, el estado de Zacatecas ocupa el 1er. Lugar con el 35 %, seguido por Sinaloa con 12% de la producción y Durango con 10%. En los últimos 10 años, la superficie sembrada de frijol ha aumentado 12% al pasar de 1.51 a 1.69 millones de hectáreas. Actualmente México ocupa el 9° lugar en exportación de frijol a nivel mundial (SADER 2019). La importancia del frijol en México, involucra a más de 570 mil productores de manera directa en su cultivo, genera más de 382 mil empleos permanentes y el valor anual de la producción es de alrededor de 13 mil millones de pesos. La superficie sembrada fue de 1.69 millones de hectáreas y actualmente México ocupa el noveno lugar en exportación de frijol a nivel mundial (SADER, 2023). Dentro de los problemas que tiene el cultivo de frijol Zamarripa et al. (2022), menciona las condiciones más erráticas de lluvia y olas de calor incrementan los riesgos de producción, por ello demanda desarrollar y transferir paquetes productivos que conserven los recursos naturales y reduzca los efectos de la sequía intermitente y terminal en el corto plazo. Actualmente los problemas de la producción agrícola son diversos, la contaminación ambiental, la degradación de los recursos naturales, que amenazan la salud humana además de los altos costos de los insumos como los fertilizantes sintéticos, de estos además afectan negativamente los microorganismos del suelo. Por ello es necesario buscar otras alternativas para no depender de los agroquímicos sintéticos, al respecto Dey et al. (2022).



Menciona el aumento de la población mundial depende de la agricultura para su alimentación, ejerce alta presión para incrementar el rendimiento. Además, la agricultura demanda en gran medida de

factores bióticos y abióticos, como microorganismos, calidad del suelo, disponibilidad de agua, etc., los humanos han superado estos problemas ideando formas de maximizar la productividad agrícola, lo anterior ha provocado el uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes químicos, que a la larga degradan la calidad del suelo. Además, señala que la productividad a corto plazo mejora, pero a costa de la sostenibilidad ambiental y es la razón por la que desarrollar estrategias ecológicas. (Lekberg *et al.*, 2021). Se ha encontrado que la adición de fertilizantes de origen químico también afecta el suelo en diversos niveles que van desde la estructura química y la actividad microbiológica, como la proliferación de patógenos, supresión de las poblaciones de HMA, etc. Lo cual es independiente de las diferencias en las comunidades vegetales, en las propiedades edáficas, por lo tanto, los microorganismos responden de manera predecible a la adición de nutrimentos, como por ejemplo los fertilizantes de reacción ácida como la urea, y en general, el uso de fuentes químicas de N+P favorecen el aumento de patógenos fúngicos en un 140%, aproximadamente (Mosquera, 2010). La importancia fundamental del uso de abonos orgánicos obedece a que éstos son fuente de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas. Los abonos orgánicos posibilitan la degradación de los nutrientes del suelo y permiten que las plantas los asimilen de mejor manera ayudando a un óptimo desarrollo de los cultivos. El concepto de agricultura orgánica, tiene diferentes definiciones que han sido desarrollados por diversos autores de acuerdo al enfoque que se establezca. Los lixiviados, de acuerdo con DOF, (2004), son un líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y potencialmente pueden causar problemas ambientales y de salud humana, y de los demás organismos vivos. Sin embargo, cuando se manejan en recipientes controlados se puede evitar este problema potencial, capturando los lixiviados y aprovechar sus propiedades químicas como fertilizantes para los cultivos. Al respecto la FAO (2015), menciona que hay que hacer un uso racional entre los productos de origen sintético y los de origen orgánico. Pérez y Landeros (2009), hacen mención que, en este tipo de agricultura, el uso de plaguicidas se elimina totalmente, empleando su base en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas para buscar un restablecimiento y balance ecológico de la biodiversidad. El objetivo de este trabajo fue la elaboración de lixiviados a base de excretas de animales y evaluar diferentes concentraciones de lixiviados como fertilizante en el cultivo de frijol, en Huimanguillo, Tabasco.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo de investigación se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, (INIFAP), en el Campo Experimental Huimanguillo, en la ubicación geográfica (17.847711, -93.396465 UTM). El trabajo consistió previamente en la elaboración de la composta y los lixiviados derivados de la misma utilizada en los tratamientos en el módulo orgánico del C. E. Huimanguillo por el método de pilas estáticas aireadas modificada (Figuras. a,b,c,d), por Sumano *et al.* (2020). Cada material se midió, pesó y se mezcló hasta obtener la cantidad de una tonelada de acuerdo a los siguientes materiales orgánicos: 500 kg de estiércol, 100 kg roca fosfórica, 50 kg de ceniza, 100 kg cascarilla de cacao, 100 kg de aserrín, 100 kg de pasto, 50 kg de tierra de bosque y 10 Kg de melaza, esta última disuelta en 100 litros de agua para humedecer la mezcla al 70 % de humedad. Una vez realizada la mezcla de los diferentes productos se colocó en los tubos aireadores y se aplicó aire a presión por medio de un ventilador accionado por motor de tres C.F., durante dos horas diarias durante 32 días, después de este tiempo se empezó a cosechar los lixiviados que son los fermentos líquidos de la composta y se fueron almacenando para su aplicación. El análisis químico del lixiviado se presenta en Cuadro 1.





**Cuadro 1. Propiedades de los lixiviados elaborados y aplicados al cultivo de frijol**

Estiércol	K	Ca	Mg	Na	CIC	P	B	S	Fe	Zn	Mn	MO	N Total
	Cmol(+) kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>		Ppm	mg kg <sup>-1</sup>				
<b>Bovino</b>	37.99	21.6	26.83	4.16	80.5	>MLD	22.80	>MLD	42.05	46.74	11.19	39.1	0.35

a) Mezcla de materiales



b) Llenado de recipiente



c) Aireado de composta



d) Cosecha de lixiviados



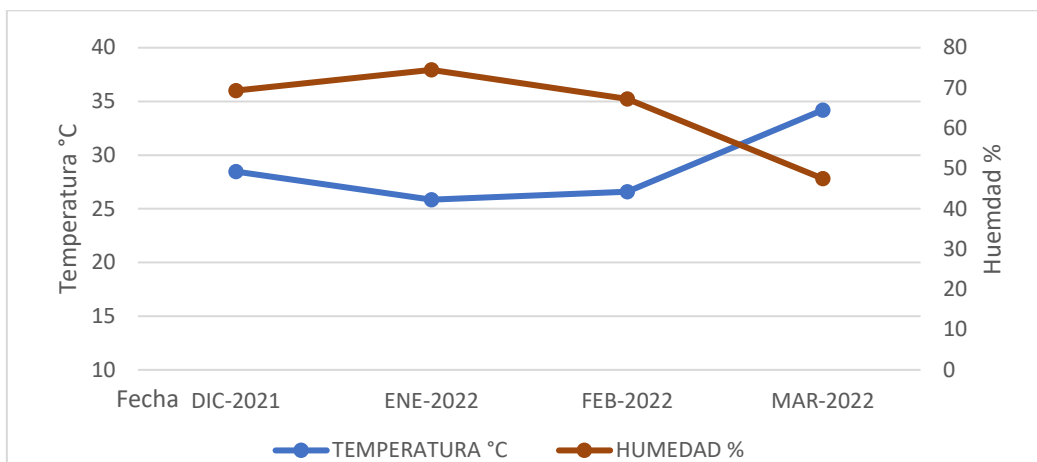
El tipo de suelo donde se estableció el cultivo se trata de un Fluvisol cuyas propiedades se pueden observar en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Propiedades Químicas y Físicas del Suelo del sitio experimental en el ciclo otoño-invierno 2021/22.**

pH (H <sub>2</sub> O)	CE	MO	N total	P Olsen	K	Ca	Mg	Na	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	S-SO <sub>4</sub>	B
	dS m <sup>-1</sup>	%		mg kg <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>					
5.8	0.05	3.2	0.12	9.85	0.25	9.98	1.40	0.07	16.42	32.3	10.11	5.95	0.98	21.48	0.82
Propiedades Físicas: Da=1.06 g/cm <sup>3</sup> ; Textura Franco arcillo arenoso (arcilla: 34%; limo: 20 %; arena: 46 %)															

Métodos: Los análisis se realizaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

La preparación del suelo se realizó en forma mecanizada con tractor y tres pasos de rastra; en la siembra se utilizó la variedad Negro INIFAP en forma manual el 17 de diciembre de 2021 en franjas con surcos separados a 80 cm y a chorrillo para luego realizar un aclareo y dejar la planta cada 5 cm y así establecer una densidad de 250,000 plantas por hectárea. Las plagas presentes como la diabrotica se manejó con dos aplicaciones de Cipermetrina a los 12 y 22 días de la siembra. Las malezas presentes se eliminaron con dos cultivos manuales a los 12 y 19 días y la cosecha se realizó a los 91 días de establecido el ensayo. Condiciones de humedad y temperatura que se presentaron durante el ciclo de cultivo Gráfica 1.



Grafica 1. Comportamiento de Temperatura y Humedad durante el ciclo del cultivo

Durante los registros de lluvia del 17 al 31 de diciembre (2021) se presentaron 2 eventos, durante el mes de enero (2022) en 10 eventos de ligeros a fuertes días distribuidos en el mes, 11 eventos en febrero y 10 en marzo más espaciados por 3 eventos en la primera semana de abril (observado en Huimanguillo (2022)).

Con el propósito de observar el efecto de los tratamientos se evaluaron diferentes concentraciones debido a que los lixiviados contienen concentraciones de sales y se desconocía el efecto de su aplicación en plantas de frijol de algunas posibles quemaduras al follaje, por ello se aplicó al suelo y follaje. El tamaño de parcela fue de 6 metros de ancho por 20 metros de largo, donde se sembraron 6 surcos en cada parcela para cada tratamiento (Cuadro 3). La fertilización se llevó a cabo con los lixiviados (L) diluidos en agua en diferentes porcentajes

Cuadro 3. Tratamientos evaluados con porcentajes de lixiviado diluidos en agua

Tratamientos (T)	Lixiviado (L)%	Agua %
T1 000 testigo control, (T <sub>1</sub> 000)	0	0
T2 Lixiviado 25%, (T <sub>2</sub> L25%)	25	75
T3 Lixiviado 50%, (T <sub>3</sub> L50%)	50	50
T4 Lixiviado 75%, (T <sub>4</sub> L75%)	75	25
T5 Lixiviado 100%, (T <sub>5</sub> L100%)	100	0
T6 Químico (40 40 0), (T <sub>6</sub> Qm)	0	0

Los tratamientos de lixiviados previamente preparados las aplicaciones se hicieron en 3 oportunidades, 16, 28, 44 días después de la siembra al suelo y follaje según correspondiera a cada tratamiento, la aplicación fue en forma manual con bomba de aspersión, bañando toda la planta el follaje y al suelo en drench abriendo la boquilla para tirar un flujo continuo en banda al pie de la planta. La nutrición de la planta en el tratamiento con fertilización inorgánica se efectuó en una sola aplicación a la emergencia con la fórmula Químico (T<sub>6</sub>Qm.) 40 40 00 de N, P, K respectivamente, depositando el fertilizante en banda a 10 cm de la planta.

**Diseño experimental.** El análisis estadístico se realizó con un diseño completamente al azar (DCA), con seis tratamientos con submuestreo como repeticiones.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y<sub>ij</sub> = Efecto de tratamiento i, en su repetición j

T<sub>i</sub> = Efecto de tratamiento i

μ = Media poblacional



$\epsilon_{ij}$  = Error experimental, en tratamiento  $i$ , en su repetición  $j$

La prueba de medias se hizo con la diferencia mínima significativa (DMS) del error experimental ( $\alpha \leq 0.05$  p.), los análisis estadísticos se hicieron mediante el programa estadístico (Statistical Analysis System, 2021).

Variables de estudio: Se tomaron como variables respuestas de los efectos de tratamientos las características de la etapa crecimiento vegetativa altura de plantas, días a floración y rendimiento de grano

**Altura de plantas.** Se midieron en centímetros al azar en 10 plantas con un flexómetro de la base del suelo a la parte superior del tallo principal en las unidades experimentales.

**Cobertura lateral de plantas.** Se midió con flexómetro en centímetros en forma transversal a la dirección de los surcos o líneas del cultivo para observar el crecimiento horizontal en los mismos puntos donde se tomó la altura. **Días a floración:** A partir de la siembra y hasta que el 650 % de plantas presentan la primera flor.

**Características de rendimiento:** Número de plantas, vainas por planta y número de granos por vaina y rendimiento, para ello se cosecho al azar 1 metro lineal de plantas a lo largo de los surcos con 5 repeticiones, las cuales se describen a continuación:

**Numero de plantas cosechadas:** Se arrancaron las plantas en forma manual en cada metro lineal y se contó el número de plantas cosechadas, por cada tratamiento.

**Numero de vainas por planta:** Se hizo una separaron de plantas y se hizo un conteo de vainas por planta

**Numero de granos por planta:** Se realizó abriendo en forma manual las vainas y se les conto el número de granos por planta a los tratamientos

**Rendimiento:** La cosecha de grano se pesó (g) y se hizo una extrapolación a kilogramos por hectárea (kg/ha)

en una en una balanza digital el producto de las vainas, las labores se llevaron a cabo llevaron a cabo en el C.E. Huimanguillo,

**Análisis de datos:** Se realizó un análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias con la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) con ( $\alpha \leq 0.05$  p.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Altura de plantas.** Se midió la altura de planta a los 22 y 35 días después de la siembra, período que coincide con un crecimiento vegetativo rápido de la planta mostrando diferencias estadísticas entre las fechas como se presenta en el Cuadro 4, se puede observar que en el período mencionado los incrementos de altura es muy dinámico, el rango estuvo entre  $T_2L25\%$  y  $T_1$  control con 33.9 a 26.4 cm respectivamente, encontrándose dentro de estos valores los otros tratamientos incluyendo al  $T_6Qm$  con 29.6 cm, superado por otros tratamientos a base de lixiviados. En la segunda evaluación siguió la misma tendencia, la altura estuvo dentro del rango  $T_4L75\%$  y  $T_1$  0-0-0 con 58.7 a 44.2 cm de altura respectivamente, lo anterior puede ser un indicador del efecto de tratamientos, así, el mayor incremento en altura se obtuvo con el  $T_4L75\%$  de concentración, seguido por el lixiviado puro  $T_5L100\%$  19.2 cm el tratamiento con fertilización mineral solo se incrementó en 15.6 cm, mientras que el testigo control alcanzó un incremento en altura de 17.8 cm. Cabe destacar que esta variable la han destacado en trabajos como los de Figueroa (1991), citado por Osuna-Ceja et al. 2012 donde menciona que la carpeta vegetativa aumenta el índice de área foliar es además de la fotosíntesis, protege al suelo de la erosión la pérdida de humedad del suelo y de los rayos solares y el movimiento turbulento del viento.

**Cobertura lateral.** En esta variable a los 35 días el cultivo cubría los espacios entre los surcos, se pudo observar diferencias estadísticas entre los tratamientos Cuadro 4. El rango entre los tratamientos  $T_5L100\%$  y  $T_1$  control con 41.9 y 35.9 cm respectivamente sin diferencia estadística al resto de los tratamientos, a los 35 días parecido a la tendencia anterior el rango entre tratamientos estuvo entre  $T_3L50\%$  y  $T_1$  control con 77.7 y 66.6 cm respectivamente, sin embargo, el tratamiento que mostro mayor incremento fue el  $T_3L50\%$  40.0 y el de menor fue el  $T_1$  control con 30.7 cm. lo que puede marcar una tendencia favorable a la fertilización con lixiviados (Cuadro 4). Lo anterior es un factor importante como



lo destaca Osuna-Ceja et al. (2012). Por lo que implica el manejo del cultivo ya que el follaje del frijol cubre el suelo más rápidamente, lo cual permite conservar la humedad en el suelo, se aprovecha mejor la energía solar, se reduce el desarrollo de las malezas y se incrementa el rendimiento y rentabilidad del cultivo.

Cuadro 4. Altura y Cobertura de planta (cm), a los 22 y 35 días de la siembra en frijol Ciclo O-I 2021/22.

Tratamientos	Altura (22 días)	Altura (35 días)	Incremento	Cobertura (22 días)	Cobertura (35 días)	Incremento
T <sub>1</sub> 0-0-0	26.4 c	44.2 d	17.8	35.9 b	66.6 b	30.7
T <sub>2</sub> L25%	33.9 a	51.9 b	18.1	38.9 ab	74.9 a	36.0
T <sub>3</sub> L50%	32.5 ab	46.3 bcd	13.8	37.7 ab	77.7 a	40.0
T <sub>4</sub> L75%	30.2 abc	58.7 a	28.5	37.5 ab	73.9 ab	36.4
T <sub>5</sub> L100%	31.9 ab	51.1 bc	19.2	41.9 a	73.1 ab	31.2
T <sub>6</sub> Qm	29.6 bc	45.2 cd	15.6	38.6 ab	73.1 ab	34.5
CV	14.85	14.41		15.95	12.34	

\*Tratamientos con diferente letra son estadísticamente diferentes DMS, ( $\alpha \leq 0.05$  p)

**Días a floración.** Se observó los días a floración en los diferentes tratamientos, para detectar un posible efecto de los mismos, en la cual se presentó al 29 de enero, la flor de color morado en todos los tratamientos no observándose un efecto claro entre los tratamientos aplicados, además que para esta fecha los espacios entre las líneas o surcos ya estaban completamente cubiertos por las guías de las plantas de frijol, cabe destacar que esta variable está muy influenciada por la humedad del suelo y depende de la precipitación en todas las etapas del cultivo, durante esta periodo estuvo bien abastecido por la precipitación ya que hubo registros de lluvia en 25 días distribuidos durante el ciclo del cultivo de acuerdo al Tiempo observado en Huimanguillo (2022). Al respecto para analizar la variabilidad, Fernández et al. (1985), mencionan los factores más importantes que influyen y causan variación en la duración de las etapas, de desarrollo del frijol incluyen el genotipo (cuyas características, hábito de crecimiento y precocidad varían), y el clima además las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros.

**Número de plantas.** En el número de plantas no se presentaron diferencias significativas como se observa en el Cuadro 5. Se hizo un análisis debido a que se sembró a chorrillo y posteriormente se aclaró en forma manual, la cual pudo afectar el rendimiento (Cuadro 2). Aunque el testigo control (T<sub>1</sub>) y el T<sub>2</sub>L25%, fueron los de menor número de plantas, este no se reflejó en los análisis estadísticos. Al respecto, Osuna-Ceja et al. (2012), hace mención que los máximos rendimientos se obtuvieron con la siembra a tres y seis hileras, en densidades de 145 mil y 260 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Número de vainas por planta.** En el Cuadro 5, se presenta esta variable en la cual no se reflejó el efecto de los tratamientos, ya que no se obtuvo diferencias estadísticas entre tratamientos, aunque el mejor fue T<sub>4</sub>L75% con 14.80 vainas por planta y menor T<sub>1</sub>(control) con 10.20 vainas por planta, lo que muestra solo tendencias favorables a la aplicación de lixiviados. En trabajos en compostas en esta misma variable Arellano-Arciniega et al. (2015) obtuvo con aplicación de 10 t ha<sup>-1</sup> 33.3 y con 20 t ha<sup>-1</sup> el número de vainas de 31.7 usando estiércol de bovino aplicados durante 3 años, superando estadísticamente a la fertilización química 89-40-30 (NPK; kg ha<sup>-1</sup>), con una media de 29.2 vainas por planta y con la variedad pinto Coloso obtuvo valores más bajos con 19.5 y 18.7 y 19.0 para los mismos tratamientos. Por lo que supera ampliamente en más de un 100% (T<sub>6</sub>Qm con 14.40) los obtenidos en este trabajo, aunque en otro ambiente muy diferente al norte del país.



**Número de granos por planta.** Los resultados se presentan en el Cuadro 5. En la cual destaco el tratamiento T<sub>6</sub>Qm con 61.4 granos por planta, estadísticamente diferente respecto al T<sub>5</sub>L100% con 54.00 y dentro de este rango se encuentran el resto de los tratamientos incluyendo al T<sub>1</sub> control. Al hacer la conversión a toneladas por hectárea no hay una secuencia lógica acorde con el número de granos cosechados, un supuesto es que el control, por ejemplo, aunque tiene mayor número de granos estos pueden ser más pequeños y disminuir su peso total respecto a otros tratamientos, además de por ejemplo el tratamiento T<sub>5</sub>L100% estadísticamente inferior esto probablemente puede deberse a una sobre dosis que no tolera la planta y lo manifiesta en menor peso de grano, de acuerdo a los análisis de los lixiviados aplicados.

**Rendimiento de frijol.** En el Cuadro 5. Se describen tres variables consideradas como componentes de rendimiento, los resultados en cuanto al número de vainas por planta indican que no existe diferencia estadística entre tratamientos con una media de 13.6 vainas por planta; por su parte el comportamiento de granos por planta indica que el tratamiento sin fertilizar mostró el mayor número con 61.40 granos por vaina, le sigue el tratamiento con fertilización química con 60.6 granos, pero que no es diferente estadísticamente a los tratamientos con diferente concentración de lixiviados, la media del ensayo fue de 57.7 granos por planta.

Cuadro 5. Vainas por planta, granos por vaina y rendimiento de grano en el cultivo de frijol. Ciclo O-I 2021/22. C. E. Huimanguillo. 5 m lineales

Tratamientos	No de plantas	No. Vainas por planta	No. Granos por planta	Rendimiento kg ha <sup>-1</sup>
T <sub>1</sub> 0-0-0 (control)	88.8 a*	10.20 a	60.60 ab	899.8 a
T <sub>2</sub> L25%	98.0 a	10.60 a	55.40 ab	968.3 a
T <sub>3</sub> L50%	102.8 a	17.60 a	56.60 ab	905.8 a
T <sub>4</sub> L75%	116.4 a	14.80 a	58.40 ab	835.3 a
T <sub>5</sub> L100%	100.0 a	14.20 a	54.00 b	864.3 a
T <sub>6</sub> Qm	103.0 a	14.40 a	61.40 a	868.8 a
CV	21.75	41.65	9.56	17.94

\*Tratamientos con diferente letra indica diferencias significativas, DMS ( $\alpha \leq 0.05$  p).

Se observa que no hay un efecto claro entre los tratamientos por el uso de lixiviados o la fertilización química, esto puede deberse al contenido de nutrientes aportados por el suelo, ya que su análisis indicó buen contenido de nitrógeno, fosforo y potasio y micronutrientes los cuales pueden estar ocultando los efectos en este primer ciclo de cultivo (Cuadro 2).

El rendimiento de grano por hectárea el tratamiento T<sub>3</sub>L50% obtuvo el mayor rendimiento con 968.3 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por el T<sub>3</sub>L50% 905.8 y fertilización química T<sub>6</sub>Qm con 868.8 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente incluso este último superado por T<sub>1</sub> control, aunque sin diferencia estadística entre tratamientos, lo cual permite en forma preliminar señalar que para las condiciones de fertilidad del suelo donde se llevó a cabo el experimento solo es necesaria la aplicación de lixiviados al 50 % en tres oportunidades; la producción media del ensayo fue de 905.8 kg/ha. En trabajo reportado por Arellano-Arciniega (2015) fertilizado con estiércol de bovino y de fertilización química aplicadas anualmente durante tres años continuos en dos variedades de frijol con: 0, 10 y 20 t ha<sup>-1</sup> y 80-40-30 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K, los tratamientos superiores en rendimiento de ambas variedades fueron con 10 y 20 t ha<sup>-1</sup> de estiércol (2.3 y 2.1 t ha<sup>-1</sup> para flor de Junio Dalia, y 1.4 y 1.1 t ha<sup>-1</sup> para Pinto Coloso, respectivamente). Otro posible factor que pudo haber incidido en el rendimiento es el climático, la temperatura óptima de desarrollo es de 20 a 27 °C y el tipo de suelo ya que el cultivo de frijol requiere de suelos de textura ligera con buen drenaje y pH 6.5 a 7.5, aunque se produce bien a 4.5 a 5.5 (PAN 2017-30) y de acuerdo a los análisis de suelos estos tienen buen contenido nutrimental (Cuadro 2). Por lo que los factores climáticos pueden influir en el rendimiento en casos extremos, para este trabajo se descarta este posible efecto ya que la mayor parte del ciclo del cultivo la temperatura estuvo dentro del rango mencionado (Gráfica 1)



## CONCLUSIONES

En este primer ciclo cultivado con frijol, los resultados obtenidos de la aplicación de lixiviados hechos a base e excretas de animales y aplicados al cultivo de frijol, dan tendencias evidentes a competir con el fertilizante químico en las variables vegetativas altura de la carpeta vegetativa y la cobertura, así como en algunos componentes del rendimiento.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias al financiamiento por parte de los recursos fiscales del INIFAP, del Proyecto: Producción y evaluación de fertilizantes a base de excretas de animales en cultivos tropicales. No. SIGI: 1833235808

## Literatura Citada

- Arellano-Arciniega S., Osuna-Ceja E. S., Martínez-Gamiño M.A. y Reyes-Muro L. (2015) Rendimiento de frijol fertilizado con estiércol de bovino en condiciones de secano. *Rev. fitotec. mex* vol.38 no.3 Chapingo jul./sep. ISSN 0187-7380
- Datos históricos de temperatura en el Huimanguillo en la primavera de 2022  
<https://es.weatherspark.com/h/s/10045/2020/0/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-la-primavera-2020-en-Huimanguillo-M%C3%A9xico#Figures-Temperature>. (consulta 20/07/2023)
- Diario Oficial de la Federación. (DOF), (2004). Lixiviados: NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.  
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=658648&fecha=20/10/2004#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=658648&fecha=20/10/2004#gsc.tab=0)  
(Consulta 2/05/2022)
- Dey, M., Chatterjee, S., Dhara, B., Roy, I., & Mitra, A. K. (2022). Promoting crop growth with symbiotic microbes in agro-ecosystems—I. In *Microbes and Microbial Biotechnology for Green Remediation* (pp. 117-133). Elsevier.
- FAO (2015) Estado Mundial del Recurso Suelo. <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126S.pdf>  
(consulta 5/05/2023)
- Fernández F., Gepts P. y López M. (1985). Etapas de desarrollo en la planta de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 34 p.  
<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/EtapasdeDesarrollodelaPlantadeFrijol.pdf>.  
(Consulta 22/07/2023).
- Sumano L.D. y Rodriguez.M. (2016). Escuela de campo, Tecnología para la producción y aprovechamiento integral de yuca y malanga en Tabasco. Campo Experimental Huimanguillo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 36 p.
- SADER. (2019). La importancia del frijol en México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-del-frijol-en-mexico>
- SADER. (2023). La importancia del frijol en México.( 12 de julio de 2023).  
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-de-la-produccion-de-frijol-en-mexico>
- Statistical Analysis System (SAS 9.1 Institute). 2021. The SAS system for window. SAS Institute Inc. Cary, NC27513, USA.
- Lekberg, Y., Arnillas, C. A., Borer, E., Bullington, L. S., Fierer, N., Kennedy, P. G., Leff, J. W., Luis, A. D., Seabloom, E., & Henning, J. A. (2021). Nitrogen and phosphorus fertilization consistently favor pathogenic over mutualistic fungi in grassland soils. *Nature communications*, 12(1), [3484]. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23605-y>
- Osuna-Ceja E. S., L. Reyes-Muro, J. S. Padilla-Ramírez y M. A. Martínez-Gamiño (2012) Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:389-1400.  
<https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/312/400#:~:text=Para%20el%20control%20y%20regulaci%C3%B3n,cc%2Fha%20de%20Bacillus%20thurigiensis>.  
(Consulta 2/07/2023)
- Programa Agrícola Nacional (PAN) 2017-2030. <https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/planeacion-agricola-nacional-2017-2030-126813> (consulta 3/05/2023)





Tiempo observado en Huimanguillo (2021). <https://es.weatherspark.com/h/m/10045/2021/1/Tiempo-hist%C3%B3rico-en-enero-de-2021-en-Huimanguillo-M%C3%A9xico#Figures-ObservedWeather>. Consulta (15/ago/2023)

Zamarripa C. A., Cruz C. E., Medina A. P. y López S. M. (2022). Agenda Nacional de Investigación, 2022-2024.

Gobierno de México. Agricultura, INIFAP. 164 p.

[https://vun.inifap.gob.mx/VUN\\_MEDIA/BibliotecaWeb/media/agendas/14489\\_5269\\_Agenda\\_Nacional\\_de\\_investigaci%C3%B3n\\_2022-2024.pdf](https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/media/agendas/14489_5269_Agenda_Nacional_de_investigaci%C3%B3n_2022-2024.pdf) (Consulta 19/07/2023)



# Acuacultura



## PRIMEROS ENSAYOS DE SUPERVIVENCIA DEL LANGOSTINO *Macrobrachium tenellum* EN CONFINAMIENTO CON EL PEZ NATIVO *Dormitator latifrons*

### FIRST SURVIVAL TRIALS OF THE RIVER PRAWN *Macrobrachium tenellum* IN CONFINEMENT WITH THE NATIVE FISH *Dormitator latifrons*

\*<sup>1</sup>Palma-Cancino DJ, <sup>2</sup>Vega-Villasante F, <sup>3</sup>Musin G, <sup>2,4</sup>Badillo-Zapata D, <sup>1</sup>Bautista-Ortega J y <sup>1</sup>Huicab-Pech Z.

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Carretera Haultunchén-Edzná km 17.5, C. P. 24450. Sihochac, Champotón, Campeche, México

<sup>2</sup>Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad #203, delegación Ixtapa, C. P. 48280. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Limnología, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé, Argentina.

<sup>4</sup>Programa Investigadoras e Investigadores por México CONAHCYT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Ciudad de México, México.

\*Autor para correspondencia: [plusdpc@gmail.com](mailto:plusdpc@gmail.com)

#### RESUMEN

El langostino de río *Macrobrachium tenellum* es un recurso acuático importante para el Pacífico central mexicano, región en la que el *Dormitator latifrons* es un pez nativo representativo con potencial acuícola. El objetivo de este estudio fue probar la supervivencia de *M. tenellum* en diferentes condiciones de confinamiento con *D. latifrons*, para poder determinar una posible viabilidad de la producción de estos organismos en co-cultivo. Utilizando ejemplares silvestres aclimatados a condiciones de cautiverio de ambas especies, se realizaron cuatro ensayos de diferente proporción con tratamientos consistentes en presencia/ausencia de refugio. La proporción camarón/pez para los ensayos fue: 15/15 para T1, 15/3 para T2, 10/3 para T3 y 11/8 para T4. En los ensayos T1, T2 y T4 se utilizaron juveniles de langostinos y peces, y en el T3 se utilizaron post-larvas de langostinos y prejuveniles de peces. Para probar la supervivencia con o sin alimentación, se programó un período de alimentación *ad libitum* de cuatro días, seguido de un período de privación de alimentación de dos días en todos los ensayos. En los ensayos con juveniles de *M. tenellum* la tasa de supervivencia fue superior al 80% con o sin refugio, cuando T1 mostró una supervivencia del 97-100%; mientras que T3 presentó un 56,67 % de supervivencia, lo que sugiere que es necesario utilizar solo camarones juveniles en sistemas de co-cultivo. No hubo diferencias estadísticas en el uso de refugio durante los ensayos, pero para prevenir comportamiento antagónico se recomienda proporcionarlo. La privación de la alimentación no afectó negativamente la supervivencia de los langostinos. Los resultados sugieren que este sistema de policultivo puede ser factible y se recomienda un cultivo de mayor duración.

**Palabras clave:** co-cultivo, acuicultura tropical sustentable, anfídromos, recursos nativos, privación

#### INTRODUCCIÓN

El policultivo, entendido como el cultivo de dos o más especies que difieren en el comportamiento alimenticio, hábitos y requisitos ecológicos, es una de las prácticas acuícolas que ha cobrado importancia en los últimos tiempos. Sus principales objetivos son la optimización y sustentabilidad de los sistemas de producción; la minimización al impacto ambiental de los efluentes, principalmente los desechos nitrogenados; y proveer seguridad alimentaria, principalmente en zonas rurales (Wang y Lu, 2016). Uno de los requisitos de este tipo de sistemas es considerar el cultivo de especies compatibles en requerimientos ambientales, y cuyos hábitos alimenticios no se antagonicen.

El langostino *Macrobrachium tenellum*, conocido también como camarón de río, es una especie considerada de importancia económica como alimento en México, El Salvador y Guatemala (Vargas-Ceballos *et al.*, 2020). El dormilón gordo del Pacífico (*Dormitator latifrons*), es un pez nativo del Pacífico, que ha ido adquiriendo importancia económica y social en algunos estados de México, Ecuador y Perú



debido a su creciente consumo en diversas comunidades costeras (Basto-Rosales *et al.*, 2019). Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, el langostino y el dormilón gordo del Pacífico, constituirían especies potencialmente compatibles para implementar un sistema de co-cultivo. Con el fin de determinar si sería eficiente considerar su policultivo, este trabajo se propone evaluar la supervivencia de la especie *M. tenellum* en condiciones de confinamiento con *D. latifrons*, considerando la presencia y ausencia de alimento y refugios.

## MATERIALES Y MÉTODO

Los organismos de las especies *M. tenellum* y *D. latifrons* fueron recolectados en la laguna El Quelele y el estero El Salado, para posterior traslado al Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental, ubicado en el Centro Universitario de la Costa (Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Jalisco México). Una vez allí, los peces fueron sometidos a un tratamiento de eliminación de ectoparásitos con Dimilin®, a una concentración de 1.5 mL por cada 1000 L en un contenedor de 200 L. Ambos tipos de organismos fueron sometidos a una cuarentena de siete días en reservorios de 500 L. Pasada la cuarentena se llevaron a cabo cuatro ensayos utilizando organismos de diferentes tallas.

En un primer ensayo, se dispusieron 15 organismos de cada especie en tanques circulares de 1700 L, con y sin refugios artificiales (tubos de PVC). Se utilizaron tres réplicas para cada tratamiento. Primero fueron sembrados los langostinos y luego los peces. Previo a esto, se registró el peso y talla de cada organismo (Cuadro 1). Se les suministró alimento *ad libitum* por un período de 4 días, posteriormente se los privó de alimento por dos días consiguientes. Una vez finalizado cada período se procedió a realizar el conteo de los organismos.

**Cuadro 1. Tallas promedio de los organismos de cada especie utilizados en cada ensayo**

Especie	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4	
	Talla (cm) (prom±DS)	Cantidad (por tanque)	Talla (cm) (prom±DS)	Cantidad (por tanque)	Talla (cm) (prom±DS)	Cantidad (por tanque)	Talla (cm) (prom±DS)	Cantidad (por tanque)
<i>M. tenellum</i>	4.95 (+0.82)	15	4.95 (+0.82)	15	1.38 (+0.35)	10	3.54 (+1.22)	11
<i>D. latifrons</i>	20.60 (±2.93)	15	26.39 (±1.46)	3	9.50 (±1.77)	3	17.41 (±1.47)	8

En un segundo ensayo se confinaron tres peces de tallas mayores a las anteriores, manteniendo los langostinos del experimento anterior (Cuadro 1). También aquí se utilizaron tanques con y sin refugios, con tres réplicas para cada caso. El procedimiento fue similar al anterior en cuanto al suministro y privación de alimento. Al concluir esto se procedió al conteo de organismos.

Un tercer ensayo incluyó peceras de 40 L, en las cuales se dispusieron 10 langostinos y tres peces, ambos de tallas menores a las utilizadas en los ensayos anteriores (Cuadro 1). Del mismo modo que en los casos anteriores, los tratamientos fueron con y sin refugios, utilizando tres réplicas para cada caso. También aquí hubo un período de alimentación de cuatro días proseguido de otro sin alimentación, de la misma duración. Finalizado cada período, se procedió al conteo de organismos.

Finalmente, en tanques de 300 L se confinaron 11 langostinos y ocho peces, de talla intermedia respecto a las anteriores (Cuadro 1). De la misma manera que en los casos anteriores, se utilizaron tanques con y sin refugios artificiales y hubo períodos con y sin alimentación. Finalmente, se realizó el conteo de los organismos. Para cada caso, se registraron diariamente los parámetros fisicoquímicos del agua (temperatura, oxígeno disuelto y pH).

Para evaluar el efecto de la presencia/ausencia de alimento y de la presencia/ausencia de refugios sobre la supervivencia en las diferentes tallas se aplicó el test de Friedman, tomando a la talla, alimento y refugio como factores, y supervivencia del langostino como variable respuesta. El nivel de significancia considerado fue de 0.05. Los análisis fueron realizados utilizando el software R.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada ensayo, el índice de supervivencia de los langostinos no estuvo influenciado por el suministro o privación del alimento ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 2). El factor refugio tampoco influyó significativamente en la supervivencia ( $p < 0.05$ ), para cada rango de talla. Los resultados obtenidos a partir de este trabajo indican que la presencia o ausencia tanto de alimento como de refugios no tuvieron efectos significativos sobre la supervivencia de los langostinos en condiciones de confinamiento con *D. latifrons*. Tampoco tuvo efecto la talla sobre la variable respuesta evaluada ( $p < 0.05$ ). La baja supervivencia registrada en el ensayo 3, en el cual se utilizaron tallas más pequeñas de *M. tenellum* ( $1.38 \pm 0.35$ ), podría deberse a la depredación por parte de los peces, dado que es una talla que vuelve más vulnerables a los langostinos a ser devorados por estos organismos (New y Valenti, 2017). La alimentación de *D. latifrons* consiste fundamentalmente en detritus y vegetales, aunque también puede ingerir anélidos, copépodos y microfauna (Bastos-Rosales et al., 2019). Los individuos de *M. tenellum* que no sobrevivieron a los ensayos 1, 2 y 4 fueron encontrados muertos, por lo que en estos casos se descarta la idea que hayan sido depredados por los peces.

**Cuadro 2. Supervivencia de *Macrobrachium tenellum* en cada uno de los ensayos:**

	Tanque	Con alimento	Sin alimento
Ensayo 1	Con refugios	97.78 ( $\pm 3.85$ )	97.78 ( $\pm 3.85$ )
	Sin refugios	100 ( $\pm 0.00$ )	100 ( $\pm 0.00$ )
Ensayo 2	Con refugios	91.11 ( $\pm 10.18$ )	92.44 ( $\pm 0.84$ )
	Sin refugios	86.66 ( $\pm 11.55$ )	86.15 ( $\pm 13.64$ )
Ensayo 3	Con refugios	56.67 ( $\pm 45.09$ )	100 ( $\pm 0.00$ )
	Sin refugios	56.67 ( $\pm 41.63$ )	100 ( $\pm 0.00$ )
Ensayo 4	Con refugios	81.82	81.82
	Sin refugios	90.91	90.91

En las poblaciones de camarones y langostinos se producen determinadas interacciones intraespecíficas que pueden afectar la supervivencia de los organismos. En tallas más grandes de *M. tenellum* es común que se produzca el “efecto toro”, esto es, la presencia de machos dominantes, o machos alfa, que ejercen un dominio sobre el resto de los integrantes de la población, desfavoreciendo su crecimiento y afectando negativamente la supervivencia del resto de la población (Bastos-Rosales et al., 2019). Este comportamiento, que se observa en varias especies del género *Macrobrachium* (New y Valenti, 2017), puede ser contrarrestado a través de la presencia de refugios (De los Santos Romero et al., 2018). Si bien a través de los análisis de los ensayos realizados en el presente estudio se evidenció que la presencia o ausencia de refugios no tuvo efecto significativo sobre la supervivencia de *M. tenellum*, lo expresado previamente destaca la importancia del uso de refugios en el cultivo del langostino, principalmente con las tallas juveniles y adultas.

Otro tipo de interacción que se manifiesta en la población de estos crustáceos decápodos es el canibalismo de los organismos blandos recién mudados por los más duros, siendo esta la principal causa de mortalidad en los tanques de cultivo. Principalmente, post-larvas y juveniles son susceptibles de este comportamiento durante la muda y post-muda (Vargas-Ceballos et al., 2020). Ante esto, el uso de diferentes tipos de refugios o sustratos, tanto naturales como artificiales son utilizados para limitar los efectos del canibalismo y otros tipos de interacciones agonistas (Karplus y Sagi, 2010). En un ensayo previo realizado con juveniles de *M. tenellum* y *D. latifrons* durante 60 días en estanques de geomembrana, en el cual los refugios no fueron considerados, se registró una supervivencia promedio de 13.33 ( $\pm 4.25$ ) %, lo que permitiría suponer que con la presencia de refugios para los langostinos este parámetro habría sido mayor.

Son escasos los estudios que han evaluado las condiciones de cultivo de *M. tenellum* en presencia de otras especies. Entre estos estudios se destacan, como ya se mencionó anteriormente, los



experimentos realizados con *Oreochromis niloticus*, *O. niloticus* variedad tailandesa o “chitralada”, *O. aureus* y *O. mossambicus*. De estas especies, se obtuvieron mejores resultados con *O. niloticus* y *O. mossambicus*, ya que ambas especies cohabitaron con juveniles de *M. tenellum* sin evidenciar depredación (Vega-Villasante *et al.*, 2011). Resultados opuestos se obtuvieron en experimentos en los que las poblaciones de *M. tenellum* fueron cultivadas con *O. aureus* y *O. niloticus* variedad tailandesa, puesto que provocó una disminución y pérdida casi total de los langostinos por las acciones predatorias de los peces (Vega-Villasante *et al.*, 2011).

## CONCLUSIÓN

Este ensayo preliminar, que es el primero en evaluar la supervivencia de una especie en presencia de *D. latifrons* en condiciones de confinamiento, permite considerar como factible el policultivo del langostino *M. tenellum* y el pez *D. latifrons*. Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos, se sugiere que el mismo se implemente evitando las tallas pequeñas de ambos organismos ( $1.38 \pm 0.35$  y  $9.50 \pm 1.77$  para langostino y pez, respectivamente) ya que el riesgo de depredación sería mayor. Además, se sugiere también el empleo de refugios para los langostinos con el fin de contrarrestar las interacciones agonísticas (efecto de machos alfa y canibalismo) entre los individuos de esta especie.

## REFERENCIAS

- Basto-Rosales, M.E.R., Rodríguez-Montes de Oca, G.A., Carrillo-Farnés, O., Álvarez-González, C.A., Badillo-Zapata, D. and Vega-Villasante, F. 2019. Growth of *Dormitator latifrons* under different densities in concrete tanks. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22: 489-493.
- De los Santos-Romero, R.B., García-Guerrero, M.U., Alpuche-Osorno, J.J. and Cortes-Jacinto, E. 2018. The effect of alpha males and shelter type on growth and survival of the longarm prawn *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(3): 551-557.
- Karplus, I. and Sagi, A. 2010. The Biology and Management of Size Variation. In: New, M.B., Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D’Abramo, L.R. & Kutty, M.N. (eds.) *Freshwater Prawns. Biology and Farming*. Wiley-Blackwell, pp. 316-345.
- New, M.B. and Valenti, W.C. 2017. Tilapia–*Macrobrachium* Polyculture. En: Perschbacher, P.W. & Stickney, R.R. (eds.) *Tilapia in Intensive Co-culture*. Wiley-Blackwell, Reino Unido, pp. 156-185.
- Vargas-Ceballos, M.A., Badillo-Zapata, D., Chong-Carrillo, O., Ponce-Palafox, J.T., Hernández-Hernández, L.H. and Vega-Villasante, F. 2020. Intake of different food sources in the first zoeae stages of *Macrobrachium tenellum* (Decapoda: Palaemonidae). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(1): 156-161.
- Vega-Villasante, F., Galavíz-Parada, J.D., Guzmán-Arroyo, M., Flores Zepeda, C.A. and Espinosa-Chaurand, L.D. 2011. Efecto de diferentes salinidades sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles del langostino de río *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871). *Zootecnia Tropical*, 29(4): 467-473. Wang, M., and Lu, M. 2016. Tilapia polyculture: a global





## DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE BACTERIAS EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN TABASCO MEDIANTE UN ESTUDIO METAGENÓMICO.

### DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF BACTERIA IN TILAPIA AQUACULTURE FARMS THROUGH A METAGENOMIC ANALYSIS

Meseguer Elizondo R.<sup>1\*</sup>, Mora Periañez P.<sup>1</sup>, Campos de León M.<sup>1</sup>, Soberano Torres A.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>\*Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Tabasco A. C. (CESAT). Calle Revolución No 104, Col. Atasta de Serra, Villahermosa, Centro, Tabasco. México

\*Autor para correspondencia rafaél\_meseguer@yahoo.com.mx

#### RESUMEN

Ante la falta de información detallada sobre las bacterias presentes en unidades de producción de tilapia de Tabasco y con el objetivo de identificarlas en su totalidad, el presente trabajo se propuso conocer su diversidad total, distribución y prevalencia mediante un análisis metagenómico. Se identificaron 37 bacterias, donde *Pseudomonas* TKP fue la de mayor prevalencia (33.7 %) seguida por *Acinetobacter baumannii* (4.93 %), *Stenotrophomonas maltophilia* (1.49 %) y *Aeromonas sp.* (0.9 %), todas ellas presentes en las cinco regiones del estado. *Shewanella sp* no se registró en la Región de Pantanos, Burkholderiales solo estuvo ausente de los Ríos y *Streptococcus sp* únicamente se encontró en los Pantanos y Ríos. *Aeromonas sp* y *Streptococcus sp* registradas en años previos mantuvieron una muy baja prevalencia. De las últimas, solo el 6 % se identificaron a nivel de especie, con 12 distintas. Adicionalmente, se registraron otras bacterias consideradas no patógenas u oportunistas para tilapia, pero con presencia frecuente e importante prevalencia. Las principales fueron: *Ilyobacter polytropus* (18.44 %), *Methylotenera* (5.57 %), y *Paludibacter propionicigenes* (6.27 %) y *Candidatus arthromitus* (5.83 %). La prueba de DUNCAN ( $\alpha$  0.05) mostró que las prevalencias de *Pseudomonas sp* TKP fueron significativamente menores en la región Sierra en comparación con el Centro y la Chontalpa; mientras *Acinetobacter baumannii* las tuvo entre la Sierra con los Pantanos, Ríos y la Chontalpa, así como entre el Centro, con los Pantanos y con los Ríos. *Stenotrophomonas maltophilia* resultó significativamente distinta al comparar su prevalencia en la Sierra y las otras 4 regiones. Finalmente, *Aeromonas sp* presentó diferencias entre los Ríos con los Pantanos y con la Sierra. Los resultados sugieren que un patrón relacionado con la calidad fisicoquímica del agua podría explicar las diferencias observadas en las prevalencias de las 5 regiones.

**Palabras clave:** *Metagenómicos, tilapia, diversidad, bacterias, acuacultura*

#### INTRODUCCIÓN

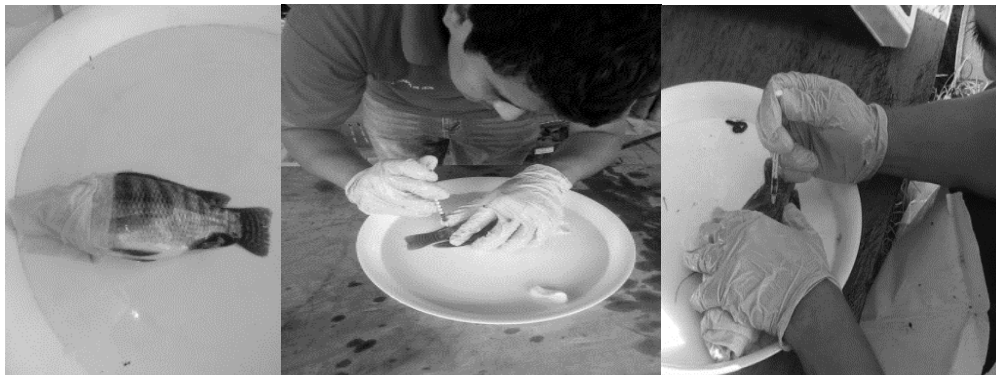
La metagenómica es el estudio de la estructura y función de todas las secuencias de nucleótidos aisladas y analizadas de cualquier organismo (principalmente bacterias) en una muestra a granel. El procedimiento consiste en aislar y manipular el material genético, para construir genotecas de ADN donde se almacena toda la información genética obtenida. La mayor ventaja de este método es que los microorganismos se pueden clasificar hasta nivel de especie, además de que se pueden identificar no solo procariontes sino también eucariotes y no se requiere el paso previo de amplificación por PCR, por lo que se elimina el sesgo (Torsten *et al* 2012). Es también la principal forma de estudiar muchas especies que no pueden cultivarse en los laboratorios y permite entre otras cosas, desarrollar nuevas fuentes de antibióticos y genoma. Recientemente se ha empleado para estudios con la trucha arcoíris con el mismo propósito (Cordis 2020) y para evaluar la microbiota intestinal de tilapia con el objetivo de seleccionar ingredientes para aumentar las bacterias probióticas y con ellas el crecimiento de los organismos (Zatan *et al* 2019). Sin embargo, desafortunadamente aún no se conocen estudios de caracterización metagenómica de las bacterias presentes en sangre para las tilapias de cultivo, los cuales serían de gran importancia para conocer la diversidad total de bacterias presentes, tanto las patógenas obligadas, como las oportunistas. Con esa información, sería posible evaluar y planear mejores acciones preventivas que se anticipen al brote de enfermedades. Por otra parte, los análisis de PCR de los laboratorios se dirigen exclusivamente a identificar alguna especie bacteriana en particular,



lo que no permite conocer la diversidad e importancia relativa de cada una de las especies, géneros y grupos presentes. Así mismo, los estudios histopatológicos de laboratorio tampoco contemplan o permiten conocer toda la gama de agentes patógenos y no patógenos presentes en los peces cultivados. Por esa razón, el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar mediante un estudio metagenómico la diversidad total, prevalencia y distribución de las bacterias presentes en las unidades de producción de tilapia del estado de Tabasco. Para ello, se planteó la hipótesis nula de que no existían diferencias significativas entre las medias de las prevalencias de las principales bacterias presentes en las 5 regiones del estado.

### MATERIALES Y METODOS

Se tomaron muestras de 5 ml de sangre a 5 tilapias (*Oreochromis niloticus*) peces por cada una de 80 Unidades de Producción Acuícola (UPA) de 16 municipios que formaron parte del estudio. Las mismas se fijaron en alcohol al 96 % y se enviaron al laboratorio del Centro de Investigación de Desarrollo Biotecnológico en Nuevo León (Fig. 1-3), donde se les realizó el análisis de las secuencias de nucleótidos para identificar su perfil de bacterias presentes. Las muestras que formaron parte del análisis se seleccionaron mediante un diseño completamente al azar de unidades que representan un 66.13 % de las que se encontraban activas en el estado de Tabasco en 2019. Se empleó una ANOVA y la prueba de DUNCAN ( $\alpha= 0.05$  %) para evaluar a nivel comparativo las diferencias entre las medias de los porcentajes de prevalencia de las principales bacterias en las 5 regiones del estado. Mediante ello, fue posible determinar si existían diferencias significativas y contrastar la hipótesis nula planteada.



Figuras 1-3. Toma de muestras para análisis metagenómico

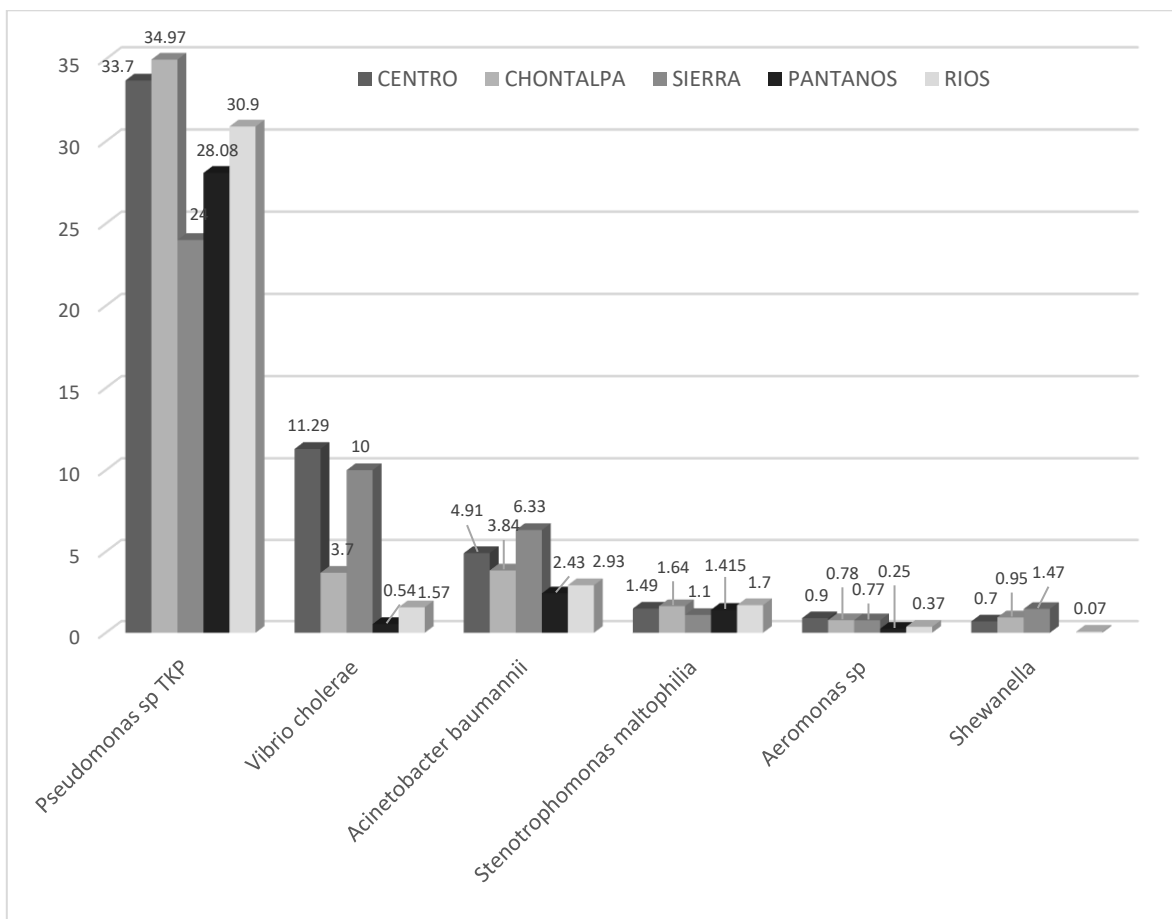
### RESULTADOS

Si bien el análisis efectuado incluyó al 100 % de bacterias presentes en sangre, con fines metodológicos solo presentamos aquí los que mostraron los mayores porcentajes de prevalencia. En primer término, en la figura 4 se muestra un comparativo de las medias de las prevalencias de las principales bacterias patógenas y oportunistas reportadas para tilapia encontradas en el estudio.

Así mismo, en las figuras 5 a 11, se puede observar la distribución geográfica de estas mismas bacterias predominantes en el estado. De acuerdo a los resultados, las bacterias más abundantes no siempre fueron las que mostraron una mayor prevalencia. La bacteria *Pseudomonas sp* TKP tuvo una amplia dominancia, al estar presente en todas las 80 UPA y en los 16 municipios que formaron parte del estudio. También con una importante presencia, estuvieron *Acinetobacter baumannii* y *Stenotrophomonas maltophilia* ambas registradas en todas las unidades. En el caso de la primera, se aisló en 74 UPA (92.5 %), mientras que la segunda lo fue en 64 (80 % de ellas). En el caso particular de *Vibrio cholerae* se encontró en 39 unidades (48.75 %) de 13 municipios y estuvo ausente de Huimanguillo, Paraíso y Tenosique. Por su parte, *Aeromonas sp*, se registró en 13 Municipios y 38 UPA (47.5 %), solamente no presentándose en Centla, Huimanguillo, Paraíso y Tenosique. Entre las bacterias con menor abundancia y distribución, estuvieron *Shewanella sp*, presente en 7 municipios y 19 de las granjas (23.75 %), así como ausente completamente de la región de Pantanos y de los municipios de E. Zapata, Cárdenas, Huimanguillo, Nacajuca, Paraíso y Tacotalpa y Tenosique. En el caso de Burkholderiales, se



encontró únicamente en Centla, Centro, Cunduacán, Macuspana, Paraíso y Tacotalpa en 8 de las Unidades (11.25 %) y notamos que no se registró en la región de los Ríos. Finalmente, *Streptococcus sp* solo fue registrada en 6 UPA (7.5 %) de 2 municipios (Macuspana y Tenosique) en las regiones de los Pantanos y Ríos.



**Figura 4. Principales bacterias patógenas y oportunistas encontradas en el estudio metagenómico de Tilapia**

En el caso de las prevalencias, en la figura 4 notamos que en su mayoría las bacterias consideradas registraron valores promedio bajos, con la única excepción de *Pseudomonas TKP* con un nivel promedio de 30.3 %, mientras que las demás presentaron rangos menores, como *Vibrio cholerae* (5.42 %), *Acinetobacter baumannii* (4.09 %), *Stenotrophomonas maltophilia* (1.47 %), *Shewanella sp* (0.64 %), *Aeromonas sp* (0.614 %), *Streptococcus sp* (0.35 %), y Burkholderiales (0.08 %). Entre las bacterias presentes se identificaron también algunas que no poseen patogenicidad y que tampoco infectan de manera oportunista a tilapia, están *Ilyobacter polytropus* (18.44 %), *Methylotenera* (5.57 %), y *Paludibacter propionisigenes* (6.27 %) y *Candidatus arthromitus* (5.83 %). En cuanto a los patrones de distribución geográfica (figuras 5 a 11), se comprobó que las bacterias *Pseudomonas TKP*, *Acinetobacter baumannii* y *Stenotrophomonas maltophilia* se localizaron en todo el estado y existió un predominio de *Vibrio cholerae* en el Centro y la Sierra. Por otra parte, notamos la ausencia de *Shewanella sp* en los Pantanos, de *Streptococcus sp* en Centro, Chontalpa y la Sierra, así como de Burkholderiales en los Ríos.

El análisis estadístico permitió establecer que para la bacteria *Pseudomonas sp TKP* la media más baja de prevalencia encontrada en la región Sierra (24 %) mostró diferencias significativas con las mayores



de la Chontalpa (35 %) y Centro (33.7 %). Para la bacteria *Vibrio cholerae*, la significancia se presentó entre casi todas las medias al compararlas entre sí. Las únicas excepciones fueron las de Pantanos y Ríos, así como los del Centro y la Sierra. Por su parte, en el caso de *Acinetobacter baumannii* las dos medias más bajas encontradas en los Pantanos (2.43 %) y los Ríos (2.93 %) fueron significativamente diferentes respecto a las más altas del Centro (6.33 %) la Sierra (4.91 %) y también se observaron entre la Chontalpa y el Centro. Para *Stenotrophomonas maltophilia*, la media más baja registrada en la Sierra (1.1 %) mostró ser significativamente distinta en comparación con todas las demás regiones. Finalmente, la más alta media registrada en *Aeromonas sp* en los Ríos (1.7 %) tuvo una variación significativa con las de la Sierra (0.78 %) y los Pantanos (0.5 %).

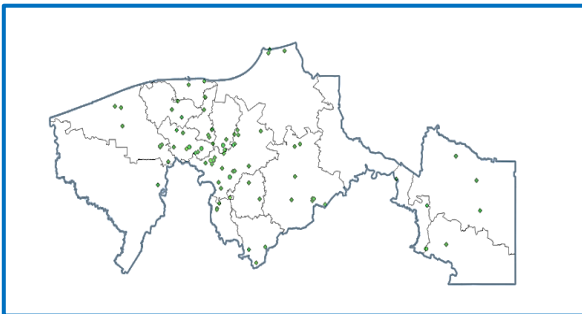


Figura 5. *Pseudomonas* TKP

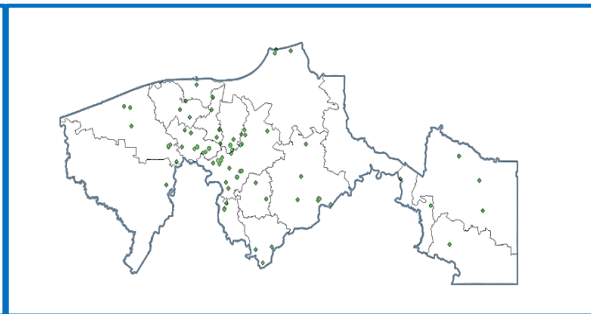


Figura 6. *Acinetobacter baumannii*

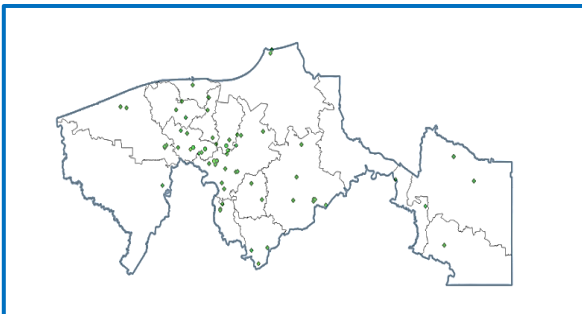


Figura 7. *Stenotrophomonas maltophilia*

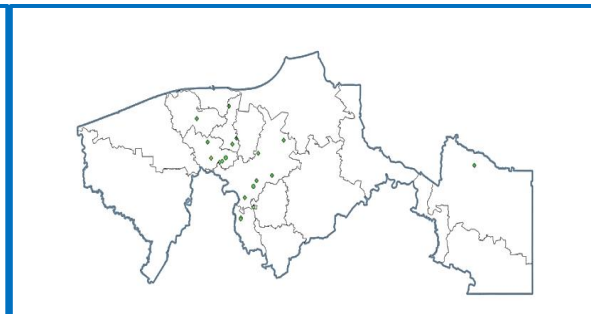


Figura 8. *Shewanella sp*

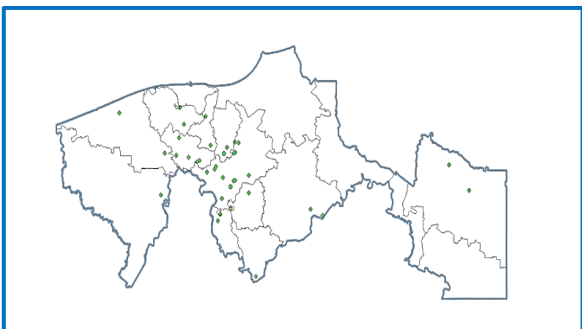


Figura 9. *Burkholderiales*

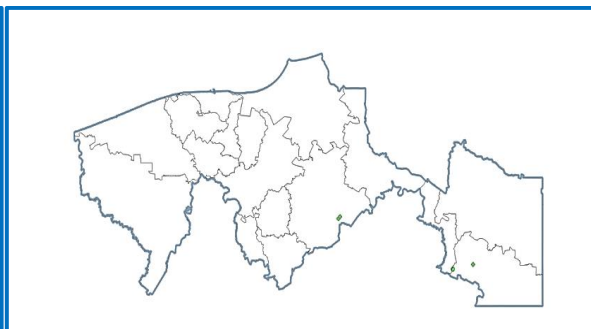


Figura 10. *Streptococcus sp*

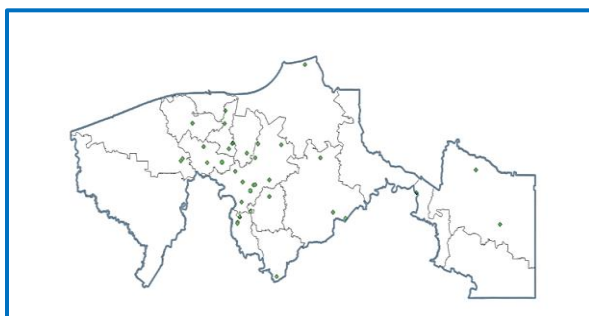


Figura 11. *Vibrio cholerae*

En lo que se refiere a *Streptococcus sp* en el cuadro 1 se presenta la diversidad de especies encontradas de ese género. Aunque el 92 % no fueron identificadas, el análisis permitió aislar a 12 especies, entre las cuales se destaca *S. agalactiae*, que es la única reportada como patógena obligada para el cultivo de Tilapia con solo un 0.5 % de prevalencia en relación al total. Es importante señalar que el resto no se reportan como causantes de enfermedades en tilapia (Conroy 2020). Cabe destacar, sin embargo, que, en el caso de los análisis efectuados por el Comité de Sanidad Acuícola de Tabasco, *Streptococcus dysgalactiae* ya se había registrado en 2018 (Meseguer 2019).

**Cuadro 1. Especies identificadas de *Streptococcus sp***

<b>Especies de <i>Streptococcus</i></b>	<b>Promedio</b>
<b><i>Streptococcus agalactiae</i></b>	1.1
<b><i>S. sius</i></b>	2.6
<b><i>S. equi</i></b>	1.33
<b><i>S. oligofermentans</i></b>	1.22
<b><i>S. dysgalactiae subsp. Equisimilis</i></b>	1.4
<b><i>S. uberis</i></b>	2.5
<b><i>S. parauberis</i></b>	1.6
<b><i>S. intermedius</i></b>	0.6
<b><i>S. pyrogenes</i></b>	0.5
<b><i>S. sanguinis</i></b>	0.2
<b><i>S. pneumoniae</i></b>	2
<b><i>S. mutans</i></b>	0.013

## DISCUSIÓN

Claramente *Pseudomonas* TKP fue la bacteria que mostró una mayor abundancia relativa, así como el mayor nivel de prevalencia en los resultados. Esto coincide con lo encontrado en los análisis efectuados a las UPA de tilapia desde 2008, en los cuales la bacteria se ha mantenido presente en todas las regiones del Estado (Meseguer 2012). También lo hace con lo reportado por Soto (2009), quien identificó a *Pseudomonas aeruginosa* y *P. fluorescens* entre las bacterias potencialmente patógenas. Según lo reportado por Conroy (2020), esta bacteria es de naturaleza oportunista y es capaz de causar la





septicemia hemorrágica bacteriana cuando se presentan condiciones ambientales desfavorables, tales como bajos niveles de oxígeno, altas temperaturas, alimentación deficiente o elevadas densidades. De acuerdo con Soto (2009), un porcentaje mayor de 5 % de prevalencia indicaría un riesgo de que se presente un brote epidémico, lo que corresponde a nuestro caso con valores que rondan el 30 % en promedio. El hecho de que las mayores prevalencias del Centro y la Chontalpa sean distintas significativamente en comparación con las más bajas de la Sierra, parecería indicar que la bacteria cuenta con mejores o más aptas condiciones ambientales y de calidad fisicoquímica del agua en el Centro y la Chontalpa que las que se presentan en la Sierra. Si bien en el presente estudio consideramos los microorganismos presentes en sangre, coincidimos con lo encontrado por Cienfuegos (2018) para tilapia en muestras de biofloc en un cultivo. Aunque en su caso, solo se identificó a estos microorganismos hasta el nivel de la familia Pseudomonadaceae. Por el contrario, Osuna (2016) en su estudio metagenómico del contenido intestinal del Pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindacher, 1869), encontró una baja abundancia de la familia Pseudomonadaceae en relación con las demás registradas. Cabe destacar, que en el presente estudio se registró también la presencia específica de *Pseudomonas resinovorans*, con una distribución en 15 municipios, con la sola excepción de Paraíso, aunque con una prevalencia marginal (1.89 %).

Entre toda la diversidad de bacterias encontradas, la mayoría no están registradas como potencialmente patógenas u oportunistas para Tilapia. Sin embargo, varias de ellas son de importancia en otros ámbitos, tales como *Acinetobacter baumannii*, que puede causar neumonía severa e infecciones del tracto urinario en seres humanos y que es resistente a la mayoría de los antibióticos (López y López-Brea 2000). Se trata además de una bacteria que ha sido usada para estudiar aspectos biológicos de otros microorganismos que afectan a los peces (Remuzgo *et al* 2015). Los resultados al comparar las medias de su prevalencia en el presente trabajo, indican que la bacteria se desarrolla más en las zonas Centro y Sierra, pero posee una menor relevancia en los Ríos y Pantanos. Posiblemente, esto esté relacionado con una mayor similitud de las condiciones ambientales y de calidad del agua entre las regiones con valores similares. Otro microorganismo encontrado en este estudio *Stenotrophomonas maltophilia*, también presenta una elevada resistencia a los tratamientos con antibióticos (López 2008), así también se le ha reconocido como responsable de procesos de infección pulmonar, neumonía y endocarditis en seres humanos (Del Toro 2002). En este estudio, esta bacteria se desarrolla considerablemente menos en la Sierra, donde presentó el valor más bajo y diferencias significativas respecto de todas las demás regiones. Al parecer las condiciones fisicoquímicas presentes en la Sierra, cuentan con características que la distinguen del resto del estado, al menos en lo que se refiere a esta bacteria. Además de la resistencia mencionada, en el caso particular de *Shewanella sp*, Lu y Levin (2010) la reportan como una bacteria que es capaz de reducir los metales pesados tóxicos, lo que la ha hecho candidata con uso potencial para la limpieza de derrames de petróleo. De hecho, en su estudio, Donell and Coldwell (1985) reportan a *Shewanella putrefaciens* como una bacteria que se caracteriza por desarrollarse en productos marinos en procesos de descomposición. Al parecer, se ha sugerido que la especie ha sufrido una extensa evolución taxonómica y que originalmente se había clasificado como *Pseudomonas putrefaciens* debido a su cercanía con ese género (Long and Hammer 1941). Inclusive, en cierto momento, esos autores lo relacionan también con *Vibrio sp* por las mismas razones. Es de destacar que *Shewanella sp* ha sido reportada como la bacteria numéricamente dominante de la flora bacteriana aeróbica en tanques de cultivo de tilapia (Lu y Levin 2010). No obstante, en nuestro caso, si bien no fue la principal bacteria aislada en sangre, si se le puede considerar frecuente al estar presente en 26 UPA (31.7 %).

En el caso de *Vibrio cholerae*, aunque es una bacteria que afecta fundamentalmente al ser humano, Conroy (2020), también la reporta como una de las responsables de la septicemia hemorrágica bacteriana. Esta bacteria se encontró en el octavo lugar en su nivel de abundancia relativa entre las bacterias registradas y en el tercero en prevalencia. Al tratarse de una bacteria que aparece con mayor frecuencia en zonas con contaminación orgánica, podríamos considerar que la región de los Ríos cuyo valor fue el más alto y significativamente distinto del Centro y la Sierra, se encuentra más afectada. Muy posiblemente esto se debe a filtraciones de agua provenientes de cuerpos de agua naturales hacia las granjas o hacia los pozos de las mismas. Comparativamente, en su estudio que llegó a nivel familia,





Osuna (2016) identificó Vibrionaceae en pargo flamenco y como se esperaría de un análisis bacteriano de contenido intestinal, la más abundante fue Enterobacteriaceae. En comparación, en el presente estudio la última familia solo se registró en 15 UPA (18.3 %). Esto puede deberse a que en el presente trabajo las muestras consideradas fueron exclusivamente de sangre y no como en el anterior de contenido intestinal.

En el caso de *Aeromonas sp.* si bien se trata de una bacteria importante y reportada como oportunista, así como con potencial de causar enfermedades en tilapia (Conroy 2020) y que mostró una amplia dispersión en las 5 regiones del estado; tuvo una prevalencia menor (0.74 %) al compararla con la de *Pseudomonas sp.* Esto coincide con lo reportado por Meseguer (2012), que notificó su presencia desde 2008 en los Ríos, la Chontalpa y el Centro. De acuerdo con Grajales *et al* (2018) y Soto (2009), su abundancia también puede estar vinculada con el deterioro ambiental causado por desechos industriales y domésticos. Esto es relevante, ya que, en este caso particular, la mayoría de las unidades se abastecen a partir de agua de pozos profundos, lo que podría confirmar la existencia de filtraciones y contaminación en algunos de ellos. Cuando consideramos las bulkholderiales, notamos una mayor diferencia respecto a lo encontrado por Cienfuegos (2018), quien la registró en el segundo lugar en abundancia en un sistema de biofloc de tilapia y por Osuna (2016), para quien se observó en sexto lugar en el contenido intestinal del Pargo flamenco, mientras tanto en nuestro caso solo se encontró en 15 de las UPA consideradas (18.3 %).

Si bien *Streptococcus sp* fue aislada solo en 7 de las 82 UPA (8.54 %) que formaron parte del estudio, un brote posterior en 2022 a raíz de la movilización de organismos desde el estado vecino de Chiapas, causó un aumento de casos respecto a lo reportado aquí en varias unidades de Tabasco. Se tiene registro y se ha informado de la presencia de dicha bacteria en granjas de ese estado desde un brote ocurrido en 2008 (Meseguer 2009). Lo anterior es muy desafortunado, sin embargo, se debe a la falta de control en las movilizaciones resultado de la ausencia de mecanismos normativos aplicables, la cual continua hasta hoy. Por lo anterior, aun cuando los resultados de este estudio indicarían que en 2019 la bacteria no se hallaba presente en las regiones Centro, Chontalpa y Sierra, debemos reconocer que ante los brotes ocurridos desde 2022 seguramente dicha condición ya cambió (Meseguer 2023).

## CONCLUSIONES

*Pseudomonas* TKP es la principal bacteria presente en Tabasco, lo que coincide con los resultados de los análisis efectuados desde 2008 en UPA de tilapia.

Este estudio permitió aislar más de 37 bacterias en las muestras de sangre de tilapia cultivada. De ellas, se tienen identificadas como potencialmente patógenas o causantes ocasionales de enfermedades *Pseudomonas* TKP, *Acinetobacter baumannii*, *Vibrio cholerae* y *Stenotrophomonas maltophilia* que estuvieron presentes en las 5 regiones del estado. No obstante, entre las demás bacterias que se aislaron, aunque con menor importancia en su abundancia, prevalencia y distribución estuvieron *Aeromonas, sp* y *Shewanella sp.*

Las mayores prevalencias de *Pseudomonas sp* TKP fueron para las regiones Chontalpa y Centro. Las dos medias más altas para *Acinetobacter baumannii* y para *Vibrio cholera* se registraron en el Centro y la Sierra. *Stenotrophomonas maltophilia* tuvo prevalencias similares entre 4 de las 5 regiones con excepción de la Sierra, donde fueron significativamente menores. Finalmente, *Aeromonas sp* mostró sus más altos valores en los Ríos. Por su parte, la bacteria *Shewanella sp* solo estuvo ausente de la Región de Pantanos, mientras que Burkholderiales únicamente no se presentó en los Ríos y *Streptococcus sp* solo se registró en las regiones de Pantanos y Ríos, no observándose en el Centro, la Chontalpa y la Sierra.

De toda la variedad encontrada, solo *Pseudomonas* TKP, *Aeromonas sp* y *Streptococcus sp* aparecieron en análisis realizados en años previos. Las últimas dos mantuvieron una muy baja prevalencia y mientras que la primera ocupó el séptimo lugar en abundancia, la última se ubicó en el sitio veinte y nueve.



Al comparar las medias de las prevalencias notamos un posible patrón relacionado con la calidad fisicoquímica del agua, el cual puede explicar las diferencias observadas entre las 5 regiones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cordis 2023. Un método de secuenciación aleatoria para el metagenoma de los peces revela conexiones entre las bacterias intestinales y la salud. <https://cordis.europa.eu/article/id/428698-a-shotgun-approach-to-fish-metagenome-reveals-gut-bacteria-connections-to-health/es>. (Consultado el 10 de junio de 2023).
- Cienfuegos M. K. 2018. Efecto de dos probióticos sobre la composición de la comunidad bacteriana de un sistema Biofloc y su impacto en la supervivencia y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México. 11 de abril de 2018. 58 p.
- Conroy G. 2020. Principales enfermedades bacterianas en tilapias. USSEC. American Soybean Association-International Marketing. (ASA-IM) USB. 67 p.
- Del Toro L. M. D. 2002. *Stenotrophomonas maltophilia*: Estudio clínico, epidemiológico y pronóstico. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. Facultad de Medicina. Departamento de Medicina. 224 p.
- Grajales H. S. Hahn von Hessberg C. M. y Grajales Q. A. 2018. Reporte de caso de *Aeromonas salmonicida* en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en Caldas, Colombia. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural, 22: 1, 76-85. <https://doi.org/10.17151/bccm.22.1.6> (consultado el 5 de mayo de 2023)
- López C. M. T. 2008. Estudio Microbiológico de nuevas Alternativas en el Tratamiento de *Stenotrophomonas maltophilia*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Medicina. Departamento de Microbiología I. 186 p.
- López S. y López-Brea M. 2000. ¿Qué debemos saber acerca de las infecciones por *Acinetobacter baumannii*? What should be done in infections by *Acinetobacter baumannii*? Elsevier Vol., 18:3 153-156.
- Lu S. y Levin R. E. 2010. Shewanella in a Tilapia Fish Farm. Journal of Fisheries Sciences, 4:2,159-170.
- Meseguer E. R. 2009. Informe final programa soporte en el proyecto peces en Tabasco en marzo del 2009. Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Tabasco A. C. SAGARPA. SENASICA. Gobierno de Tabasco. 25 p.
- Meseguer E. R. y Mora P. J. P. 2012. Análisis de la situación sanitaria en el programa de peces durante el periodo 2008-2011. Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Tabasco A. C. SAGARPA. SENASICA. Gobierno de Tabasco. 13 p.
- Meseguer E. R, Mora P. J. P. y Campos de L. M. A. 2019. Informe anual de las acciones del programa soporte en el proyecto en Peces 2018. Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Tabasco A. C. SADER. SENASICA. Gobierno de Tabasco. 18 p.
- Meseguer E. R., Mora P. J. P., Campos de L. M. A. y Soberano T. A. S. 2023. Informe anual de las acciones del programa soporte en el proyecto en Peces 2022. Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Tabasco A. C. SADER. SENASICA. Gobierno de Tabasco. 20 p.
- Osuna G. E. 2016. Efecto de la dieta en la Microbiota Intestinal del Pargo Flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental. Mazatlán Sinaloa. 93 p.
- Remuzgo M. S., Lázaro D. M., González D. C. A. F, Acosta F., Padilla D. y Ramos V. J. 2015. Mezclando churras con merinas: patógenos humanos con patógenos de peces. [Sem@foro.https://www.semicrobiologia.org/wp-content/uploads/2021/04/08-Opinion59.pdf](https://www.semicrobiologia.org/wp-content/uploads/2021/04/08-Opinion59.pdf). (Consultado el 10 de junio de 2023).
- Soto R. S. 2009. Calidad del agua y bacterias presentes en tilapia cultivada. Investigación en presas de Sinaloa. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. CIAD. Resultados de Proyectos Colección RP. 15 p.
- Torsten T. Gilbert J. and Meyer F. 2012. Metagenomics – a guide from sampling to data analysis.



Microb Inform Exp 2012; 2: 3. Published online 2012 Feb 9. doi: [10.1186/2042-5783-2-3](https://doi.org/10.1186/2042-5783-2-3). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3351745/#:~:text=Metagenomics%20is%20defined%20as%20the,DNA%20%5B2%2C%5D>. Consultado el 3 de mayo de 2023.

Zatán A. E., Toledo O. E., Feria M. A. Castañeda A. E. Zavaleta E. M y Miahle E. 2019. Modulación de la microbiota intestinal de tilapia *Oreochromis niloticus* mediante dietas suplementadas con *Bacillus amyloliquefaciens* y *Enterococcus faecium* Universidad Nacional de Tumbes-Incabiotech S. A. C. Pez Biotec S. A. C. Concepto azul. Latinamerican and Caribbean aquaculture 2019. November: 19-22.



# Agroecología



## ETNOBOTÁNICA DEL CHILE AMASHITO (*CAPSICUM ANNUM* VAR. *GLABRIUSCULUM*) EN EL EJIDO OXOLOTÁN, TACOTALPA, TABASCO

## ETHNOBOTANY OF AMASHITO PEPPER (*CAPSICUM ANNUM* VAR. *GLABRIUSCULUM*) IN THE EJIDO OXOLOTÁN, TACOTALPA, TABASCO

<sup>1</sup>\*Morales Valenzuela G, <sup>1</sup>Villegas Ramírez MI y <sup>1</sup>García Hernández JJ

Universidad Intercultural del Estado de Tabasco. Carretera Oxolotán-Tacotalpa KM1 S/N, CP. 86890. Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco.

\*Autor para correspondencia: gpemorales74@hotmail.com

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue identificar los saberes asociados al uso y manejo del chile amashito en Oxolotán Tacotalpa, Tabasco. La investigación se llevó a cabo mediante entrevistas y observación participante. El chile amashito se conoce en lengua ch'ol como xmulisióñ ich. Se reconocen los biotipos verde, morado y blanco. Predomina el uso comestible del fruto, en salsas para acompañar las comidas, aunque el 52.6% de los entrevistados mencionaron el uso medicinal del follaje. El chile se recolecta en las milpas y potreros, raras veces se establece como cultivo, aunque se ha promovido. Los entrevistados mencionaron que la dispersión del chile se lleva a cabo por aves, aunque algunos mencionaron que en ocasiones realizan semilleros y trasplantan en la milpa. El manejo solo consiste en mantener las plantas libres de malezas. La recolección del fruto se hace en estado inmaduro y evitan dejar el pedúnculo para no dañar la planta. Gran parte de la cosecha es para el autoconsumo, aunque cuando hay excedente se comercializa en la cabecera municipal, Oxolotán y Tapijulapa. Se menciona muy poco manejo poscosecha, solo se conserva en el refrigerador y en algunos casos se elaboran curtidos con vinagre. En suma, los campesinos poseen conocimientos que se traducen en prácticas para el aprovechamiento y conservación de este recurso.

**Palabras clave:** *saberes, silvestre, biocultural*

### INTRODUCCIÓN

Los chiles silvestres son de uso común en comunidades rurales e indígenas, sus habitantes realizan la recolección para el autoconsumo o los comercializan, lo que resulta en una fuente importante de generación de recursos económicos (Aguirre-Hernández y Muñoz-Ocoteo, 2015).

Uno de los chiles silvestres más importantes en México es el chile piquín (*Capsicum annum* var. *Glabriusculum*) el cual es originario de Mesoamérica y se cree que es ancestro de otros chiles cultivados. También se conoce como chile de monte (Nuevo Leon, Tamaulipas), timpinchile (Chiapas), chiltepín (Sonora), maax (Yucatán), amashito (Tabasco), entre otros. El nombre de "amashito" es propio del estado de Tabasco y de algunas localidades del norte de Chiapas, aunque también se le puede conocer como mashito o amash este nombre proviene de la lengua maya castellanizada que se refiere a su cualidad de ser silvestre (maax, mono en maya) (Vásquez-Dávila, 1996).

Como se mencionó anteriormente, este chile se recolecta en su hábitat natural y se comercializa en los mercados urbanos, incluso en las grandes cadenas, lo que resulta en un importante ingreso económico para las familias rurales. Aunque se ha estudiado su producción en los huertos de traspatio (Lina-Manjarrez et al, 2022) y se ha experimentado métodos para mejorar su germinación (González-Cortés et al., 2015), su comportamiento silvestre dificulta su establecimiento y producción. No obstante, las comunidades rurales e indígenas han aprovechado este recurso por mucho tiempo, por lo que se reconoce que los campesinos tienen amplio conocimiento sobre el manejo y conservación de esta especie.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue identificar los saberes asociados al uso y manejo del chile amashito entre los ch'oles de Tacotalpa para promover su aprovechamiento sustentable.



## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el ejido Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco. Este ejido tiene una superficie de 2,278.6 hectáreas y se localiza en la región de la sierra de Tabasco (figura 1), presenta un paisaje de acahuales y selva perennifolia, así como áreas de producción agropecuaria. El ejido Oxolotán está integrado por 11 localidades y concentra una población de 4,403 habitantes de los cuales el 52.3% es población indígena ch'ol.

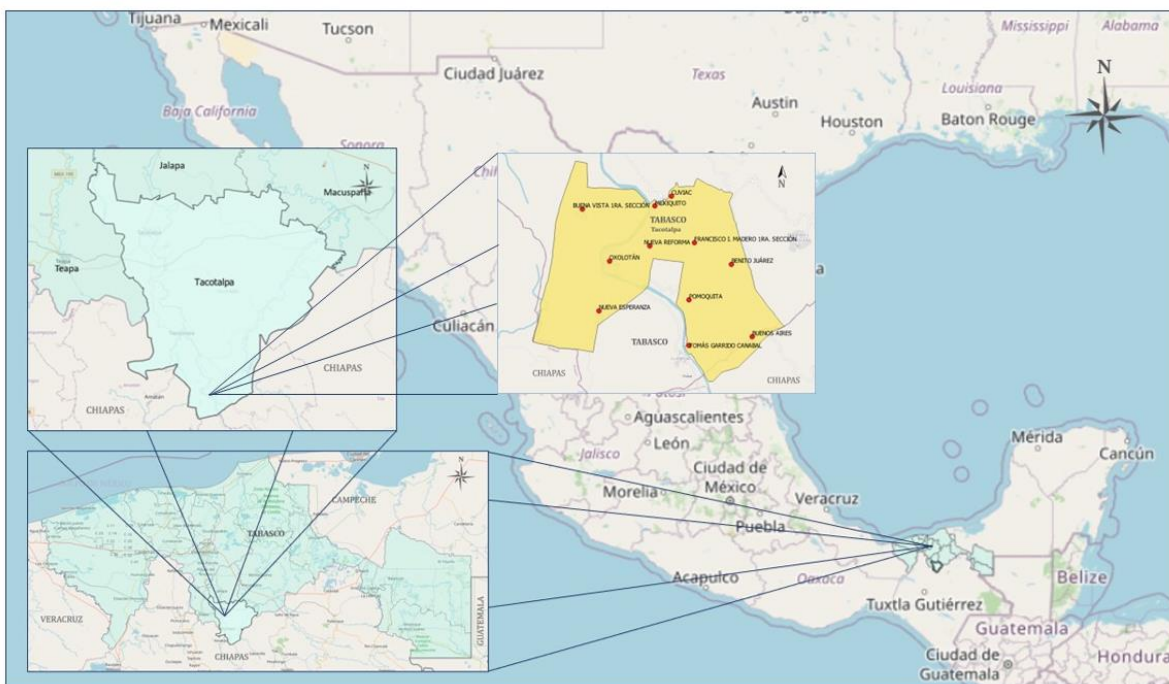


Figura 1. Localización del ejido Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco.

Para este estudio se consideraron tres localidades: Cuviac que se ubica a 164 msnm, cuenta con una población de 360 habitantes y el 94.4% es población indígena ch'ol. Buenos Aires de localiza a 460 msnm y tiene una población de 270 habitantes de los cuales el 95.2 % es población indígena ch'ol. Por su parte, el poblado Oxolotán es la localidad más grande de este ejido con 1,949 habitantes de los cuales el 28.5 % vive en hogares indígenas y se ubica a 50 msnm (cuadro 1).

Cuadro 1. Características de las localidades donde se realizó el trabajo de investigación.

Localidad	Altitud (msnm)	Población total	Población indígena (%)	Población hablante de lengua indígena (%)
Buenos Aires	460	270	95.18	65.35
Cuviac	164	360	94.44	75.80
Oxolotán	50	1,949	28.52	15.23

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020).

Para recuperar el conocimiento local sobre uso, manejo y conservación del chile amashito se entrevistaron a 18 personas (5 mujeres y 13 hombres) de las tres localidades utilizando muestreo no probabilístico tipo "bola de nieve" el cual consiste en pedir a los informantes que recomienden a otros posibles participantes, en este caso, el proceso inició con el primer participante que nos llevó a otro y así sucesivamente (Bernard, 2006). Por otra parte, se realizaron recorridos para observar las estrategias de manejo del chile en los agroecosistemas locales. La información de las entrevistas se







Figura 3. Morfotipos de chile amashito identificados en el ejido Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco.

En lo que respecta al manejo y conservación, los entrevistados mencionaron que el chile amashito no requiere de mucho manejo, ya que señalan que las semillas las dispersan las aves y crecen en los potreros, milpas y huertos familiares, y solo se mantienen libre de malezas hasta su producción. Así como lo menciona la señora Juana de la comunidad ch'ol Cuviac:

*“Digamos que más que nada solo se da en el campo, a veces mi esposo donde va limpiando para cultivar lo que es el maíz donde va a sembrar plantas, así como plantas frutales, ahí está la mata, lo encuentra y ahí lo deja que se macice, luego vuelva a madurarse y ahí se vuelva a caer y luego crían las plantitas así lo viene haciendo más que nada él”.*

Vásquez-Dávila (1995) detalla los mecanismos de dispersión de *Capsicum annum* var. *glabriusculum* por el pistoqué (*Pitangus sulphuratus*) en la etnoecología chontal de Tabasco, en la cual resalta la relación ser humano-ave-chile.

Cabe mencionar que las plantas que se encuentran en suelos no adecuados se trasplantan a un sitio con mejores condiciones. En este sentido, Doña Juana refiere: *“a veces cuando encuentra una matita lo trasplanta, lo siembra en una bolsita y de ahí cuando esta más grandecita lo va a sembrar en otro lado, para que vaya regando las semillas”.* Lo mismo señala don Carlos de Oxolotán: *“La planta se consigue en los potreros por los pájaros chileros y luego se trasplanta”.*

Por otro lado, algunos entrevistados de Oxolotán mencionaron que realizan almácigos a ras de suelo y posteriormente realizan el trasplante, aunque esta práctica no es recomendable, ya que las planta no se desarrolla bien y produce poco, como lo menciona Don Mateo de Cuviac:

*“...si lo vas a echar en almacigo y sembrar en almacigo cómo que el chilito se da muy menudito; lo que hacemos nosotros cuando está madurando el chile lo cortamos, lo echamos a secar, lo desmoronamos y lo echamos en la parte limpia de nuestra parcela, esa matita bien que ya está grandecito lo que hacemos es que nomás se limpia y eso se carga, cargadito, así lo hacemos”.*

Lo mismo menciona don Ernesto de Oxolotán: *“Se siembra directo para que se desarrolle bien, si se hace en almacigo y luego trasplanta no todos crecen se mueren en el proceso”.*

En general, considerando las formas de manejo planteadas por Casas *et al.* (1994), el chile amashito es una especie fomentada y las estrategias de conservación de este recurso incluyen la siembra, trasplante y cuidado en los diversos agroecosistemas (figura 4). Por otra parte, aunque se han hecho esfuerzos para promover el cultivo de este chile en la región (Morales-Valenzuela y Padilla-Vega, 2019), sin embargo, en este estudio se los entrevistados mencionan sus limitantes con base a su experiencia a diferencia de lo que ocurre en otras regiones del país (Rodríguez del Bosque, 2004; SEMARNAT, 2009).

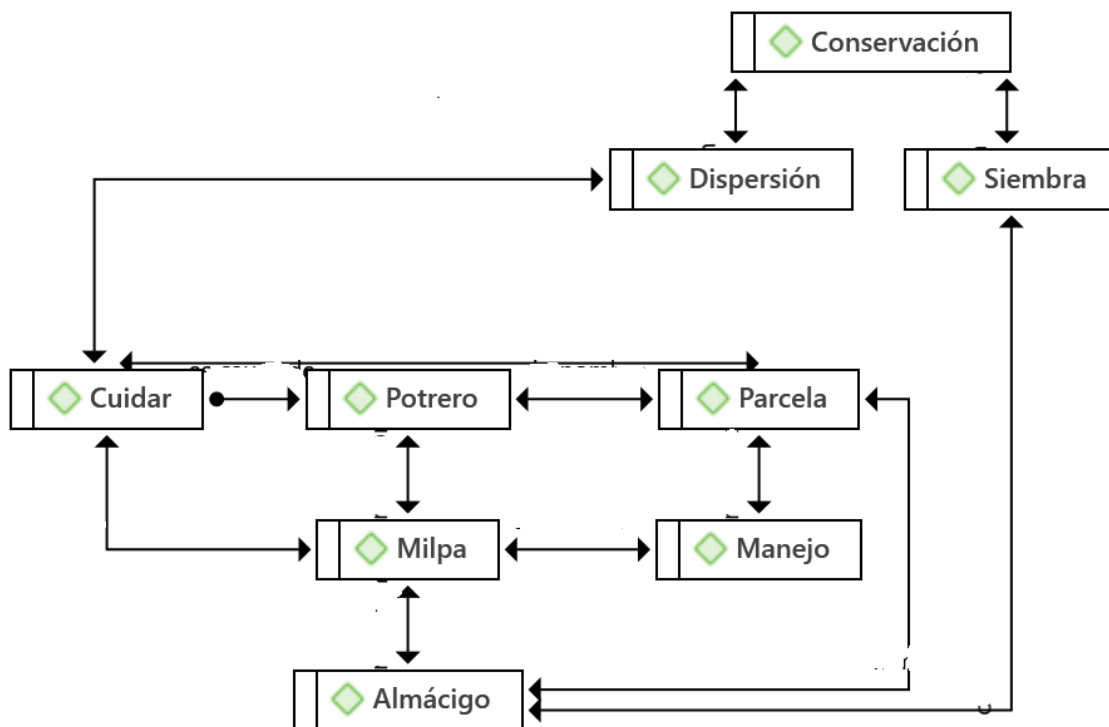


Figura 4. Red de manejo y conservación del chile amashito. Elaboración propia con códigos generados con el software Atlas.ti® ver. 22.

Las prácticas de conservación que llevan a cabo consisten en mantener libre de malezas, incorporar materia orgánica las plantas y tener cuidado al momento del corte evitando dejar el pedúnculo en la planta (figura 5), tal como lo señala doña Andrea de Cuvíac: *“para conservarlo pues hay una matita así lo conservo le pongo más tierra en su tronco y trato de no dejarle el palito donde viene el chile porque eso lo hace también que se muera”*.

Gran parte del chile que se recolecta es para el autoconsumo, solo cuando hay excedentes se comercializa en las localidades más grandes como la cabecera municipal, la Villa Tapijulapa y Oxolotán. La presentación para venta consiste en bolsas de entre 50 y 100 gramos.



Figura 5. Manejo del chile amashito en el ejido Oxolotán Tacotalpa, Tabasco.

En lo que respecta al consumo, este chile es uno de los preferidos por los habitantes de esta región, por su sabor y bajo nivel de pungencia en comparación con otros chiles silvestres. En este sentido, el principal ingrediente activo que causa la pungencia en los chiles es la capsaicina y en un estudio realizado por De la Cruz-Ricardez *et al.* (2020) encontraron que los chiles silvestres estudiados tienen menor concentración de este compuesto y particularmente el amashito contiene menos que el picopaloma.

Por lo regular se elaboran salsas para acompañar las comidas. Así lo menciona un entrevistado de Cuviac:

*“lo consumimos porque esta bueno, porque no pica mucho como el picopaloma y lo que te digo, el chile amashito, pues si no hay, no baja el pozol, la comida sin sabor, no es el mismo sabor, le da sabor a todo pues”.*

Por otra parte, algunos entrevistados mencionaron que las hojas tiernas tienen uso medicinal para tratar algunos padecimientos de los niños. Se elabora un preparado llamado cordial con otras siete hierbas curtidadas en alcohol y loción Faisán. Así lo menciona un entrevistado de Buenos Aires:

*“Pues la hoja se utiliza, así me enseñó(sic) mis abuelos que el chile, bueno que la hoja del chile es buena para cuando un bebé tierno tiene calentamiento de cabeza, para el mal de ojo que le dicen, se prepara el cordial, se corta un poco y lo despedazamos y lo bañamos y con eso dejan de llorar”*

Las prácticas de manejo poscosecha se llevan a cabo cuando hay excedentes y no se logra comercializar y consiste en almacenar en el refrigerador, aunque algunas familias realizan curtidos (figura 4), así lo menciona Maricruz de Cuviac: *“cuando tenemos bastante lo metemos al refri o si no mi mama lo curte, lo hace así con vinagre y sal si, he visto que lo pone a sancochar, le pone vinagre y un poco de sal, y eso es todo”*





Salsas



Procesamiento



Comercialización

Figura 4. Cosecha, poscosecha y comercialización del chile amashito en Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco

## CONCLUSIONES

El chile amashito sigue siendo un elemento importante en la alimentación de las comunidades rurales e indígenas del ejido Oxolotán. Además, los campesinos poseen conocimientos que se traducen en prácticas de cuidado para el aprovechamiento y conservación de este recurso como patrimonio biocultural de los ch'oles de Tacotalpa, Tabasco.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre-Hernández, E., y Muñoz-Ocotero, V. 2015. El chile como alimento. *Ciencia*, julio-septiembre: 16-23.
- Bernard, R. 2006. Nonprobability sampling and choosing. In: Bernard, R. (ed.) *Research methods in anthropology. Qualitative and quantitative approaches*. Altamira Press, California. pp. 186-209.
- Casas, A., Viveros, J., y Caballero, J. 1994. *Etnobotánica mixteca: sociedad, cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerrero*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes e Instituto Nacional Indigenista, México. 366 p.
- De la Cruz-Ricardez, D. D., Ortiz-García, C. F. C. F., Lagunes-Espinoza, L. D. C., Torres-de la Cruz, M., y Hernández-Nataren, E. (2020). Compuestos fenólicos, carotenoides y capsaicinoides en frutos de *Capsicum* spp. de Tabasco, México. *Agrociencia*, 54(4), 505-519.
- González-Cortés, N., Vera, R.J., Baños, E.C.G., Espino, H.S., y De la Cruz, E.P. 2015. Germinación del chile amashito (*Capsicum annuum* L. var. *Glabriusculum*) en el sureste mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11: 2211- 2218.
- Gutiérrez-Burón, R., Latournerie-Moreno, L., Garruña-Hernández, R., Ruiz-Sánchez, E., Lara-Martín A.R., y Castañón-Nájera G. 2020. Diversidad fenotípica de chile Amashito de Tabasco y Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11: 649-662.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. *Censo de Población y Vivienda 2020*. México.
- Lina-Manjarrez, P., Gallegos-Tejeda. P., y Morales-Valenzuela, G. 2022. Huertos, solares y agroecología urbana, más allá de la Soberanía Alimentaria. *En: Elizondo, C., y López-Merlín, D. (eds.) Agroecología en México, soberanía alimentaria, saberes, cosmovisión y patrimonio*



- biocultural. Conocimiento, práctica, movimiento y corazón. Tomo II. Editorial Chiapaneros y Sociedad Mexicana de Agroecología, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. pp. 433-456.
- Morales-Valenzuela, G., y Padilla-Vega, J. 2019. Tecnología para el desarrollo sustentable de la cadena agroindustrial de chile amashito (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*). Folleto Técnico. Red Temática Sobre Patrimonio Biocultural de México y Universidad Intercultural del Estado de Tabasco, México. 23 p.
- Rodríguez del Bosque, L.A., Ramírez-Meraz, M., y Pozo-Campodónico O. 2004. Tecnología de producción de chile piquín en el noreste de México. Folleto Técnico Núm. 29, INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, México. 33 p.
- SEMARNAT. 2009. Técnicas para el establecimiento y producción de chiltepín silvestre, bajo un sistema agroforestal en Sonora, México *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill. Comisión Nacional Forestal. Sonora, México 38 p.
- Vásquez Dávila, M.A. 1996. El amash y el pistoqué: un ejemplo de la etnoecología de los chontales de Tabasco, México. *Etnoecológica*, 3: 59-69.





## MANEJO AGROECOLOGICO DE *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) EN LIMON PERSA EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MEXICO

### AGROECOLOGICAL MANAGEMENT OF *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) IN PERSIAN LEMON IN HUIMANGUILLO, TABASCO, MEXICO

Limón Carrillo D,<sup>1</sup> <sup>2\*</sup>Sumano López D; <sup>2</sup>Rodríguez Cuevas M, <sup>2</sup>Barrón Freyre S, <sup>2</sup>Ramírez Guillermo MA<sup>2</sup>

Tesista Universidad Popular de la Chontalpa<sup>1</sup>, <sup>2</sup>Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP.

\*Autor por correspondencia: [dante.sumano87@gmail.com](mailto:dante.sumano87@gmail.com)

#### RESUMEN

El manejo agroecológico utiliza técnicas de manejo que permite la coexistencia de una diversidad de organismos a través del equilibrio de las poblaciones para la regulación de plagas y enfermedades sin contraer efectos secundarios negativos, dando como resultado un manejo sustentable que permite que los cultivos sean rentables, socialmente aceptables y con un equilibrio ecológico. En el cultivo de limón persa existen un sinnúmero de problemas fitosanitarios que afectan el desarrollo fenológico y productivo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de compuestos orgánicos para el manejo de *Diaphorina citri* en una plantación de limón persa en Huimanguillo, Tabasco. La investigación se llevó a cabo en el municipio de Huimanguillo, en una plantación de limón persa de ocho años de edad ubicado en la rancharía Libertad. El periodo de muestreo fue de mayo a septiembre. Se evaluaron cuatro tratamientos: Biol, Caldo sulfocalcico, jabón, biol+caldo sulfocalcico y testigo (sin ningún producto), se realizaron 10 muestreos, a los tres muestreos se realizó una poda severa para inducir brotación, las variables de respuesta fue *Diaphorina citri* en sus estadios de huevo, ninfa y adulto. Se realizaron muestreos de brotes jóvenes de la parte media de la copa con una longitud de 10 cm como máximo tomando como referencia los puntos cardinales. Los resultados arrojaron que existió una diferencia significativa entre los muestreos con poda y sin poda (Duncan  $\alpha < 0.05$  p); y no significativa entre los tratamientos aplicados, pero si una tendencia a la baja entre los tratamientos con poda, siendo el que presento un mayor efecto fue el biol en los estadios de ninfa y adulto mas no en el estadio huevo. La temperatura y humedad relativa afecto el desarrollo de *D. citri* de manera positiva. Se sugiere aumentar el tiempo de muestreo durante todas las épocas del año.

**Palabras clave:** *manejo, biológico, orgánico, insecto*

#### INTRODUCCIÓN

La citricultura es una de las principales actividades económicas a nivel mundial, principalmente en países que se encuentran ubicados en regiones tropicales y subtropicales, con una superficie de más de 8.6 millones de hectáreas con una producción de 144 millones de toneladas. Los principales países productores son India, China, México, Argentina y Brasil (FAOSTAT, 2021).

México tiene una superficie establecida de más de 570 mil hectáreas y una producción superior a 8.6 millones de toneladas. Actualmente, los cítricos están distribuidos en 29 estados de la República Mexicana, de donde se destacan como mayores productores Veracruz (234,900 ha), Michoacán (70,137), Tamaulipas (44,240 ha), San Luis Potosí (37,170 ha) y Puebla (36,521 ha). El estado de Tabasco ocupa el décimo lugar con 15,652 ha establecidas, ubicadas principalmente en el municipio de Huimanguillo, siendo una actividad económica que genera \$ 577,830,793.18 millones de pesos para el estado (Espinoso-Zaragoza et al. 2021; FAOSTAT, 2021; SIAP, 2021).

En los sistemas de producción citrícola, existen diferentes problemas fitosanitarios, como son las plagas y enfermedades, que se agudizan en las zonas tropicales. En el caso de las plagas, hay una diversidad de insectos y ácaros que afectan de manera directa e indirecta el desarrollo del cultivo, y en particular la producción, calidad y rentabilidad de este, entre los que se encuentra *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Este insecto se encuentra distribuido en diferentes continentes, Asia, América y en islas cercanas. En México se detectó en 2002 y se dispersó por todos los estados productores de



cítricos, es considerado la peor plaga debido a su asociación con la infección de la enfermedad del HLB (Halbert & Manjunath, 2004; Galindo, et al., 2009). Esta especie tiene diferentes hospederos, que abarcan diferentes especies y géneros, entre ellos muchos de la familia Rutaceae y *Murraya* (principalmente *Murraya paniculata*), este último también es hospedero de la bacteria causante del HLB. (Tsai, et al., 2002; Halbert & Manjunath, 2004).

Se descubrió en el año 2009, en el estado de Yucatán, posteriormente se fue diseminando a través de todas las zonas cítricas del país. Posteriormente en 2010 se dispersó por Centroamérica, en Guatemala, y Nicaragua y en 2011 se reportó en Costa Rica (Bové & Ayres, 2007; NAPPO, 2009). El agente causal del HLB es una bacteria del género *Candidatus liberibacter*, Gram negativa (-), vascular, limitada al floema y transmitida por insectos vectores. Se conocen tres especies de esta bacteria: *Candidatus liberibacter asiaticus*, *C. liberibacter africanus* y *C. liberibacter americanus* (Bove, et al., 2006).

La enfermedad del HLB, reporta un impacto a nivel mundial, con incidencias de hasta el 100% en algunos países. Las pérdidas reportadas varían conforme a la especie de cítrico, sin embargo, estas pérdidas pueden llegar al 100%. La dispersión de la enfermedad, ha traído consecuencias en casi todas las zonas cítricas a nivel mundial. El manejo de esta ha sido diferente para cada zona. La velocidad de dispersión, ha sido tal, que la han catalogado en algunos casos como una pandemia (Mora-Aguilera, et al., 2014). Tal es el efecto de esta enfermedad, que en algunos países se ha optado por disminuir el área de producción, esto implica pérdidas económicas considerables en la industria cítrica. En Estados Unidos, esta disminuyó cerca al 25% la producción de cítricos entre 2005 y 2011. Actualmente no se conoce cura para la enfermedad HLB, y las únicas opciones para mantener la productividad de los árboles infectados son el control de sus vectores y algunos tratamientos curativos que solo alivian los síntomas que produce la infección (León M., 2015).

El comercio de los cítricos en el estado de Tabasco ha sido una de las prácticas más rentables para la entidad, el número de hectáreas establecidas ha ido variando al igual que en la especie, dado que el limón persa es ahora la especie predominante en la zona, quedándose rezagada la naranja valencia y otros cítricos. Existen diferentes factores que influyen en el desarrollo de la citricultura, diversas plagas y enfermedades, causadas por patógenos, condiciones ambientales, factores nutricionales, problemas genéticos y toxicidad inducida por productos químicos reduciendo producción y la calidad de la fruta.

El problema principal de la producción orgánica es el desconocimiento de los productores de los componentes tecnológicos del. La producción intensiva convencional, se caracteriza por el alto uso de agroquímicos, cuyos efectos incrementan el índice de plagas y enfermedades. Por ello es necesario buscar alternativas, limpias para no depender de los agroquímicos. Además, el mercado de exportación cada vez demanda productos de mayor calidad, sin daños al medio ambiente y que afecten a la salud. Los problemas socio-económicos, como las crisis por los energéticos, incrementó el precio de los insumos de fertilizantes y pesticidas; lo que encarece los costos de producción y disminuye la rentabilidad. El grave deterioro de la contaminación del medio ambiente y el cambio climático eleva la crisis en el campo. Esto lleva a la búsqueda de alternativas de producción amigables con el ambiente que permitan disminuir la cantidad de contaminantes, mejore la rentabilidad y aumente el mercado y por ende la economía de la sociedad de manera directa e indirecta (Pérez & Landeros, 2009).

El limón persa orgánico en México tiene una visión de la producción agrícola que usa como guía los procesos biológicos de los ecosistemas naturales. En México existen 11,917 ha cultivadas con cítricos orgánicos, de las cuales 1,430 ha son de limón persa (12 %), comercializando alrededor de 21,450 toneladas a Estados Unidos, Europa y Japón. En Tabasco, el limón persa orgánico aparece como una propuesta alternativa a la agricultura convencional (agroquímica) (Willer & Yussefi, 2004). El manejo del limón Persa orgánico tiene como fundamento el sistema de Producción Orgánica agropecuaria que propone SAGARPA, a través del DOF: 29/10/2013, donde menciona que son sistemas fácilmente adoptados por los productores, con tecnología accesible; con mercados nacionales e internacionales,



con crecimiento anual del 25 % a 30 % anual; lo que permite el desarrollo de diversos sistemas de producción; aumento de consumidores; y uso de prácticas compatibles en áreas de reserva o zonas protegidas.

Con el uso de la agricultura orgánica, se busca disminuir y/o eliminar el uso de pesticidas químicos altamente contaminantes, para mejorar la salud de los productores y usuarios ofreciendo productos de mejor calidad, con tecnologías amigables para el ambiente, además de mejorar la rentabilidad del cultivo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de compuestos orgánicos para el manejo de *diaphorina citri* en una plantación de limón persa en Huimanguillo, Tabasco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el municipio de Huimanguillo en una plantación de limón persa (Figura 1) de ocho años, en el periodo de mayo a septiembre de 2021. Este municipio concentra el 94% de las plantaciones comerciales de cítricos. El clima de la zona es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con un promedio anual aproximado de 2,200 a 2,600 mm y con temperaturas máximas y mínimas absolutas de 45 °C y 14 °C. La época de lluvias comienza a principios de junio y termina en octubre (con un periodo intraestival de julio a agosto), una época de nortes (noviembre a febrero) además de un periodo de secas entre los meses de marzo a mayo (Juárez-Hernández et al. 2004; Pereyra-Díaz et al. 2004; Ruíz-Álvarez et al. 2011; INEGI, 2016).

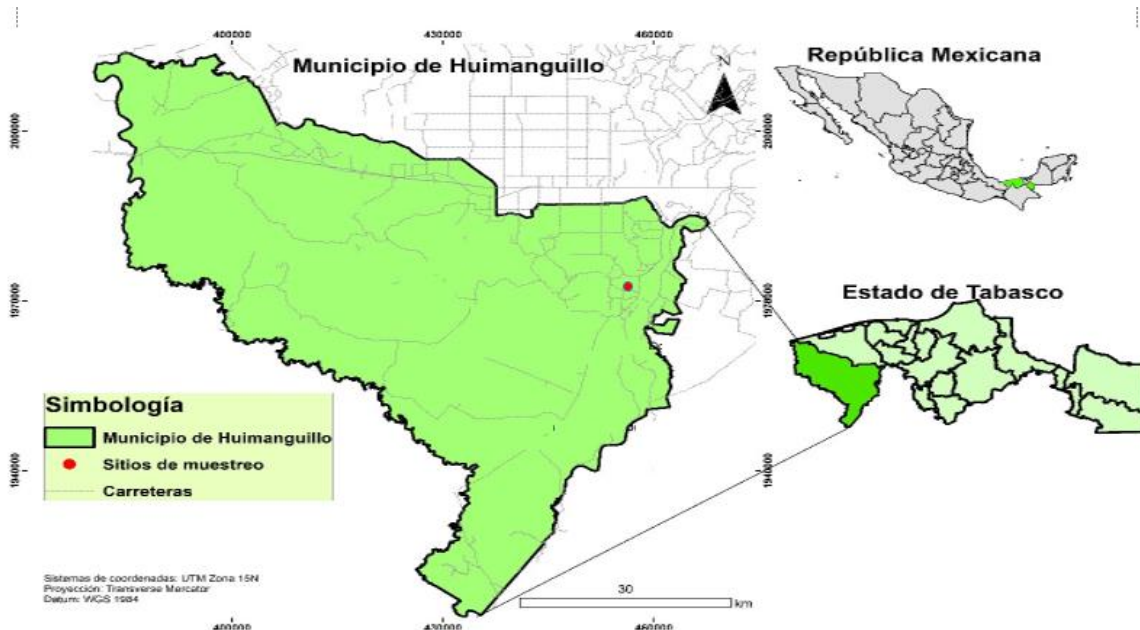


Figura 1. Sitio de muestreo

### Tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos, incluyendo el testigo y tres repeticiones en una cuadra de 980 metros cuadrados. El arreglo o distancia de plantación entre arboles es de 6x4 m entre calle ancho y calle angosta respectivamente. La unidad experimental es un árbol, evaluándose cuatro tratamientos y un testigo absoluto. El modelo estadístico asociado al diseño:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij} \quad \text{donde:}$$

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento i.



$\epsilon_{ij}$  = Error aleatorio,

Ha: al menos un efecto de un tratamiento es diferente de los demás.

Se evaluaron cuatro tratamientos y un testigo, los cuales se describen a continuación:

Tratamiento 1. Biol (T1).

Se elaboró biol de acuerdo a la metodología de Restrepo (2007), utilizando materiales disponibles de la región. Se aplicaron de manera semanal, al 10%, (500 ml de biol en 5 litros de agua) con una bomba de aspersión a todo el follaje de la planta de limón, principalmente en los brotes jóvenes.

Tratamiento 2 (T2). Caldo Sulfocalcico

El caldo sulfocalcico se elaboró con azufre y cal (Oxido de Calcio). La aplicación fue en una proporción al 5 % (250 ml en 5 litros de agua).

Tratamiento 3 (T3) Jabón protectante

Se elaboró la mezcla de una barra de jabón (Zote), se utilizó  $\frac{1}{4}$  de barra (100 g) de pasta en 5 L de agua, se aplicó con bomba aspersora de la misma manera que los anteriores.

Tratamiento 4 (T4) Biol y Caldo Sulfocalcico. Se preparó usando la mezcla en las mismas proporciones de los tratamientos 1 y 2 pero se mezclan para su aplicación en la bomba de mochila para su aplicación.

Testigo (T5) No se aplicó nada en las plantas marcadas como testigo.

Se realizó una poda severa posterior al inicio de los muestreos, con el fin de inducir brotación en los árboles y ser más atractivos para *Diaphorina citri*, quedando tres muestreos realizados sin poda. La distribución para el análisis de las variables quedo de la siguiente manera

Cuadro 1. Tratamientos

TRATAMIENTO CON PODA	TRATAMIENTO CON PODA
ST5 Testigo	CT5 Testigo
ST4 Biol+Caldo sulfocalcico	CT4 Biol+Caldo sulfocalcico
ST3 Jabon	CT3 Jabon
ST2 Caldo sulfocalcico	CT2 Caldo sulfocalcico
ST1 Biol	CT1 Biol

**Muestreos.** Los muestreos de realizaron de forma quincenal para los diferentes estadios de *Diaphorina citri* (Huevo, ninfas y adultos). Para la captura se realizó usando la metodología de Arias (2012) con algunas modificaciones. Se seleccionaron de la parte media de la copa cuatro brotes con una longitud de 10 cm como máximo tomando como referencia los puntos cardinales. El brote se introduce en una bolsa de polietileno, aplicando alcohol etílico al 70% para inmovilizar a los insectos. La identificación se llevó a cabo usando claves dicotómicas. Se cuantificaron los adultos capturados, se tomaron datos de las variables ambientales como temperatura y humedad relativa al momento de los muestreos usando un data logger, para relacionarlos con el comportamientos de los insectos.

Las variables a cuantificar fueron adultos, ninfas y adultos, se realizó un análisis de varianza y prueba de Duncan (Dunca  $\alpha < 0.05$ ) con el paquete estadístico SAS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo comprendido de mayo a septiembre se realizaron un total de 10 muestreos, donde se contabilizo *Diaphorina citri* en diferentes estadios, se realizó el análisis de varianza para observar e comportamiento de los tratamientos y el efecto sobre las variables que mostro una diferencia entre los muestreos realizados antes y después de la poda en la mayoría de los estadios de *Diaphorina citri* Cuadro 2.



Cuadro 2. Análisis de Varianza Prueba de medias de los tratamientos

Tratamiento	Huevo	Ninfa	Adulto
ST5	2.371 a*	3.011 a	1.472 a
ST4	2.408 a	2.731 a	1.073 ab
ST3	2.714 a	2.809 a	1.151 ab
ST2	2.807 a	2.717 a	1.262 ab
ST1	2.605 a	2.723 a	1.052 ab
CT5	1.355 b	1.417 b	1.129 ab
CT4	1.191 b	1.675 b	0.972 b
CT3	1.089 b	1.688 b	1.05 ab
CT2	1.308 b	1.594 b	0.972 b
CT1	1.161 b	1.552 b	0.922 b
C.V.	31.772	35.473	43.808

\*Letras diferentes entre tratamientos indica diferencia significativa (Duncan  $\alpha < 0.05$  p)

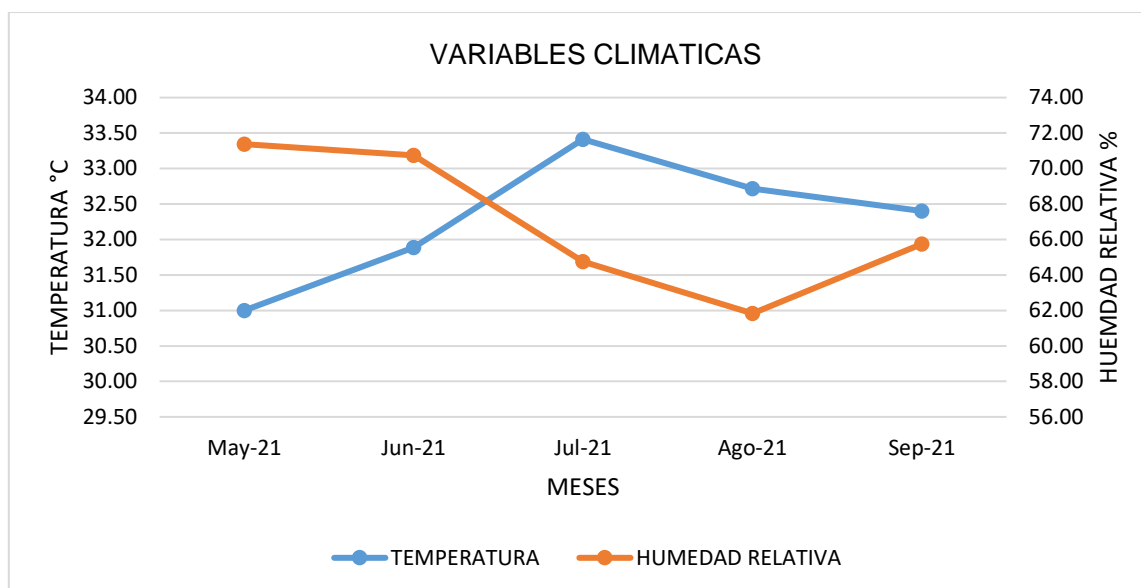


Figura 2. Comportamiento de las variables climáticas durante el periodo de estudio.

Huevo Durante el periodo de muestreo se observó el mayor el número de huevos antes de realizar la poda, en el testigo, y el menor número en los que se aplicó el tratamiento 1 (Biol), posteriormente después de la poda, el número de huevos disminuyo considerablemente, sin embargo, de igual manera el testigo presento la mayor cantidad y el tratamiento que tuvo mayor efecto fue el tratamiento 3 (Jabon)

Ninfa. Los resultados muestran que hubo una gran variedad de fluctuación poblacional en el estado de ninfas, lo cual se vio reflejado en el análisis estadístico, muestran diferencia significativa entre las medias de tratamientos (Duncan  $\alpha < 0.05$ ) Cuadro 2 Indicando que el tratamiento dos (caldo sulfocalcico) obtuvo



un porcentaje de disminución del 78.19%, en las ninfas encontradas con respecto al muestreo inicial, que coincide con el efecto de tratamientos aplicados.

Adulto. Las poblaciones de adultos fueron mayores durante los primeros tres muestreos antes de la poda, principalmente en el tratamiento 5 (testigo). Posteriormente esta fue disminuyendo, encontrándose una diferencia entre los tratamientos iniciales sin poda y con poda, con excepción del tratamiento 3 (jabón), en donde no hubo diferencia significativa, pero sin una tendencia a la baja en comparación con el primero.

Si bien cada uno de los estadios de *D. citri* no se observó diferencia significativa entre los diferentes tratamientos con excepción de la realización de las podas, si se pudo apreciar una tendencia entre los diferentes tratamientos, siendo la más representativa el tratamiento biol, que presentó mayor efecto en los estadios de ninfa y adulto. Esto puede deberse a que los bioles por su origen y componentes, pueden albergar hongos en suspensión o latencia, que son excitados al momento de la aplicación, generando un efecto entomopatógeno sobre *D. citri* (García et al., 2015). Además de lo anterior, hay observaciones realizadas que indican un efecto alelopático o de repelencia hacia los insectos por los componentes de los bioles.

En el caso del estadio huevo, el efecto de los tratamientos fue menor, debido a que, en esta etapa, los embriones se encuentran protegidos por el corion, lo que dificulta el efecto de los diferentes tratamientos (Spencer et al., 2017), tal es así que, en el caso de control químico, las moléculas utilizadas deben tener un efecto ovicida para obtener resultados (Teck-Leong et al., 2012).

Además de lo anterior, es de mencionar que la época y clima tienen un efecto preponderante en el comportamiento de los insectos. Estudios realizados indican que los adultos de *D. citri*, son afectados positivamente por altas temperaturas, ya que favorece el desarrollo de los estadios del insecto (Tsai et al., 2000). Sin embargo, si las temperaturas exceden los 35 °C, limitan su actividad, como lo mencionado por (Regmi y Lama, 1988; Yamamoto et al., 2001), donde los adultos de *D. citri*, se protegen de la radiación solar y altas temperaturas en el envés de las hojas de los hospederos. Figura 2.

Por lo tanto, se infiere que las que las temperaturas extremas (altas o bajas), humedad relativa mayor al 60% así como precipitaciones fuertes y prolongadas juegan un papel importante en la reducción del número de generaciones del adulto, por lo que representan una alternativa de control natural (Aubert, 1987; Yang et al., 2006). Figura 2.

## **CONCLUSIONES**

*Diaphorina citri* estuvo presente durante todo el periodo de estudios, La poda realizada tuvo un efecto significativo en la cantidad de *D. citri*, además del efecto de las condiciones climáticas.

El biol fue el tratamiento que mayor tendencia positiva presentó como posible alternativa para el manejo de *D. citri*, por lo que se sugiere incrementar el periodo de muestreo durante las diferentes épocas del año.

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación fue posible gracias al financiamiento por parte de los recursos fiscales del INIFAP, del Proyecto: Producción y evaluación de fertilizantes a base de excretas de animales en cultivos tropicales. No. SIGI: 1833235808

## **LITERATURA CITADA**

Aubert, B. 1987. Trioza erytraeae Del Guercio and *Diaphorina citri* (Homoptera:Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. *Fruits* 42 (3): 149-162.





- Arias-López, V. H., Sánchez-Soto, S., Bautista-Martínez, N., & Sol-Sánchez, Á. (2013). Fluctuación poblacional de *Phyllocnistis citrella* Stainton en limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Tabasco, México. *Revista Peruana de Entomología*, 47(1 & 2), 15-18.
- Bove, J. (2006). Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century old disease of citrus.. *J. Plant Pathol.*, Volumen 88, pp. 7-37.
- Bové, J. & Ayres, A. (2007). Etiology of three recent diseases of citrus in Sao Paulo state. Sudden death, variegated chlorosis and huanglongbing. *IUBMB Life*, Volumen 59, pp. 346-354.
- Espinosa-Zaragoza, S., Aguirre-Medina, J. F. & López-Martínez, V. (2021). Does the African Citrus psyllid, *Trioza erytrae* (Del Guercio) (Hemiptera: Triozidae), represent a phytosanitary threat to the citrus industry in Mexico?. *Insects*, 12 (5), 450.
- FAOSTAT. (2021). Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division, en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/> Accedido el 11 de junio de 2021.
- Galindo, G., Contreras, C. & Olvera, L. (2009). Caracterización ecobiogeográfica del psílido *Diaphorina citri* Kuwayama vector del huanglongbing que afecta la citricultura mexicana apoyados en SIG y sensores de alta resolución. *Entomología Mexicana*, Volumen 8, pp. 625-630.
- García García, M. A., Cappello García, S., Leshner Gordillo, J. M., & Molina Martínez, R. F. (2015). Hongos Entomopatógenos Como Una Alternativa En El Control Biológico. *Kuxulkab'*, 15(27). <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a15n27.846>
- Halbert, E. & Manjunath, L. K. (2004). Asian citrus Psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist*, 87(3), pp. 330-353.
- INEGI (2016). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/anuarios\\_2016/702825084363.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2016/702825084363.pdf) (consultado 02 junio 2023).
- Juárez-Hernández, J., Bolaños, E. D., Reinoso, M. (2004) Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en pastos tropicales. Época de nortes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38 (4), 423–430. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017793014> (consultado 17 junio 2023).
- León M., G. A. (2015). Huanglongbing y leprosis, enfermedades de importancia económica y cuarentena para el cultivo de los cítricos en Latinoamérica. Guayaquil: s.n.
- Mora-Aguilera, G., Robles-García, P., López-Arroyo, J. I., Flores-Sánchez, J., Acevedo-Sánchez, G., Domínguez-Monge, S., ... & González-Gómez, R. (2014). Situación actual y perspectivas del manejo del HLB de los cítricos. *Revista mexicana de fitopatología*, 32(2), 108-119.
- NAPPO. (2009). North American Plant Protection Organization. [En línea] Available at: <https://www.pestalerts.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=401>
- Pereyra-Díaz, D., Murrieta, B. U., Baizabal, N. M. A. (2004). Influencia de la Niña y el Niño sobre la precipitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 39 (20), 33–38. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15403906> (consultado 16 junio 2023).
- Pérez V. A. y Landeros S. C. (2009). Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos: Ciencia y cultura* 16 (73): 19-25
- Regmi, C. and. Lama, T. K. (1988). Greening incidence and greening vector population dynamics in Pokhara. pp. 238-242. In : Proc. of the 10 th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV). Riverside, California, USA.
- Restrepo R. J. (2007). Manual práctico ABC de la agricultura orgánica y panes de piedra biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Cali, 2007.p.107
- Robles-González, M. M. y otros, (2017). Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), pp. 1101-1111.
- Ruíz-Álvarez, O., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M. A., López-López, R., Ontivetos-Capurata, R. E. (2011). Requerimiento de riego y predicción del rendimiento en gramíneas forrajeras mediante un modelo de simulación en Tabasco, México. *Agrociencia*, 45 (7), 745–760. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30221115001> (consultado 15 junio 2023).



- SIAP. (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en: [http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos\\_a.php](http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php) Accedido el 10 enero de 2023.
- Spencer, P. M., Zavala, C. A. S., & Granados, T. R. (2017). Morfología de la membrana coriónica de los huevos de *Octopus bimaculoides* y *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopodidae).
- Teck-Leong, S. C., Abang, F., Beattie, A., Heng-Kueh, R. J., & King-Wong, S. (2012). Impacts of horticultural mineral oils and two insecticide practices on population fluctuation of *Diaphorina citri* and spread of huanglongbing in a Citrus Orchard in Sarawak. *The Scientific World Journal [serie en internet]*.
- Tsai, J. H., Wang, J. J. and Y. H. Liu. (2000). Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on Orange Jessamine in Southern Florida. *The Florida Entomologist* 83 (4): 446-459.
- Tsai, J., Wang, J. & Y. Liu. (2002). Seasonal abundance of asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist*, Volumen 85, pp. 446-451.
- Willer Helga and Minou Yussefi. (2004). *The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2004*. IFOAM, FIBL, SÖL, Germany, 167p.
- Yamamoto, P. T., Paiva, P. E. B. and Gravena, S. (2001). Fluctuacao populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Psyllidae) em pomares de citros na regioao norte do estado de Sao Paulo. *Neotropical Entomology* 30 (1): 165-170.
- Yang, Y., M. Huang, A. C. Beattie G., X. Yulu, G. Ouyang and J. Xiong. (2006). Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: A status report for China. *Int. J. Pest Man.* 52 (4): 343-352.



## EFFECTO DE TRES PODAS EN CAÑA DE AZÚCAR EN LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO EN VIGNA UNGUICULATA L. WALP.

### EFFECT OF THREE PRUNINGS IN SUGARCANE ON BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN VIGNA UNGUICULATA L. WALP.

1Hernández-Cruz CG, 1Retureta-AponteA, 1Graillet-Juárez E, 1Rodríguez-Orozco N, 1Vázquez-Luna D, 2\* Córdoba-Sánchez S

<sup>1</sup>Universidad Veracruzana - Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Carretera Costera del Golfo km 220, Col. Agrícola Micahapan C.P. 96100.

<sup>2</sup>Universidad Popular de la Chontalpa, División de Ciencias Básicas e Ingenierías. CA-QVyDS. Carr. Cárdenas - Huimanguillo, Km. 2.0, Cárdenas, Tabasco. CP 86500. México.

\*Autor correspondencia: [sacorsa\\_1976@hotmail.com](mailto:sacorsa_1976@hotmail.com)

#### RESUMEN

La fabácea *Vigna unguiculata* L. Walp por su aportación de materia orgánica y nitrógeno al suelo bajo un esquema controlado de podas en la caña de azúcar, podría reducir el consumo de fertilizante de base sintética en los campos productivos de caña de azúcar. Se estableció el experimento en un diseño factorial de 3x3 (tres densidades de siembra de *Vigna unguiculata* L. Walp y tres podas en caña de azúcar) y en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, para evaluar las interrelaciones caña de azúcar-Vigna. Se evaluaron en Vigna: biomasa seca al 50 % de floración, rendimiento de grano y fijación biológica de nitrógeno. En suelo: al inicio y final del estudio concentración de materia orgánica y nitrógeno. Como resultados se obtuvo para biomasa seca 1.82 kg ha<sup>-1</sup>, rendimiento de grano 420.25 kg ha<sup>-1</sup> y fijación biológica de nitrógeno 53.69 kg ha<sup>-1</sup> año. En suelo al final del estudio se encontró concentraciones de materia orgánica de 2.55 % y nitrógeno de 0.10 %. De acuerdo con las densidades de siembra de *Vigna unguiculata* L. Walp y la poda en caña de azúcar se concluye que el mejor tratamiento se presentó con la densidad de siembra de *Vigna unguiculata* L. Walp cada 0.5 m y con poda de caña de azúcar a los dos meses y medio.

**Palabras claves:** *fabáceas, asociación de cultivos, fertilizante orgánico.*

#### INTRODUCCIÓN

En el cultivo de la caña de azúcar la fluctuación de los precios de fertilizantes de base inorgánica se refleja en el beneficio económico de los productores, se tienen otras opciones generadoras de nitrógeno entre las que se encuentran la familia de las fabáceas, que logran mantener los rendimientos en diferentes cultivos y representan una alternativa para disminuir el consumo de fertilizantes inorgánicos y aumentar el uso eficiente de la tierra (Luce et al., 2015).

Las fabáceas asociadas con la familia de las *Rhizobium* spp contribuyen a la fijación del nitrógeno atmosférico al suelo, las cuales convierten el nitrógeno proveniente del aire en un compuesto asimilable por las plantas, formando nódulos que se localizan en las raíces en forma de bacteroides que ayudan a la fijación biológica de nitrógeno (Mpai et al., 2016). Entre las especies que más se han utilizado se encuentra la *Mucuna deeringiana* L., por su fijación de nitrógeno, la cual se estima de 80 a 150 kg de N ha<sup>-1</sup> al año (Buckles et al., 2016), *Clitoria ternatea*, la cual es muy apreciada por ser una fuente de proteína forrajera para alimentar al ganado (Juma et al., 2006), *Mucuna pruriens* L., es usada como mejoradora de la calidad del suelo (Buckles et al., 2016), *Canavalia ensiformis* L., la cual es usada ampliamente como abono verde (Ramos et al., 2001). La Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) se puede evaluar por varios medios: entre ellos el método de la diferencia de nitrógeno total del sistema suelo-planta, método de dilución isotópica (15N), reducción del acetileno (método indirecto), etc. (Radic y McAdam, 2012; Martin et al., 2007).

Las fabáceas se han logrado sembrar con la caña de azúcar como inter-cultivos (Parasar y Prasad, 1985; Singh y Singh, 1992). Entre las fabáceas aptas para ser cultivadas intercaladas con la caña de azúcar se tienen las lentejas y los frijoles (Freitas, 2000; Singh et al., 2015). Como sustitutos de los



fertilizantes inorgánicos para mantener o mejorar los rendimientos de tallos molederos en caña de azúcar y otra actividad utilizada es la poda, que consiste en el retiro parcial o total de ramas de una planta, el raleo cuando se trata del retiro completo de plantas, en el caso de la defoliación se trata del retiro de las hojas de la planta de forma manual, con equipo, fuego controlado o químico (Pinedo et al., 2019). La defoliación parcial en la caña de azúcar no modifica la producción de sacarosa ni los parámetros agronómicos manteniendo el equilibrio, crecimiento y rendimiento del cultivo. El contenido de sacarosa, las actividades enzimáticas y los parámetros agronómicos son similares en plantas de caña de azúcar defoliadas y no defoliadas (Gutiérrez et al., 2004). De acuerdo con los autores mencionados el manejo adecuado de la poda en ciertos cultivos puede incrementar la producción, ya que el exceso de sombra es contraproducente para la absorción de energía y su conversión a biomasa. Las fabáceas pueden ayudar en los campos de producción de caña de azúcar: en ahorros en fertilizante inorgánico y mejorando la calidad de los suelos, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la poda de la caña de azúcar y el efecto de la caña de azúcar en la FBN de *Vigna unguiculata* L. Walp (frijol caupí o pelón) intercalado con el cultivar de caña de azúcar COLPOSCTMEX 06-039 en condiciones de temporal y durante el ciclo de cultivo de resoca, en la zona geográfica del Ingenio Presidente Benito Juárez.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una parcela comercial en el Ejido C-25, Isidro Cortez Rueda, del municipio de Huimanguillo, Tabasco. Se efectuó en condiciones de temporal, durante el ciclo de cultivo de resoca y zafra 2022-2023.

### Diseño experimental

El diseño experimental fue bloque completamente al azar, se utilizó un diseño factorial de 3x3 (tres densidades de siembra de *Vigna* y tres podas en caña de azúcar) esto genero 9 tratamientos con 4 repeticiones, más un tratamiento testigo, sin poda de caña de azúcar ni siembra de *Vigna*. Las parcelas de estudio fueron de 8 surcos y un espacio entre surco de 1.5 metros con una longitud de 5.75 metros, cada unidad experimental fue de 69 m<sup>2</sup> y el tamaño del experimento de 5,184 m<sup>2</sup>.

### Densidad de siembra de *Vigna unguiculata* L. Walp

La *Vigna unguiculata* L. Walp se sembró de forma intercalada a los tres días de efectuado el corte de cosecha de la caña de azúcar de acuerdo con la densidad definida para cada tratamiento, se realizó de forma manual con coa depositando tres semillas de *Vigna* por golpe para cada uno de los tratamientos, para los tratamientos con una distancia entre planta y planta de 0.50 m, se calcularon 40,200 plantas ha<sup>-1</sup>; en el distanciamiento entre planta y planta de 0.70 m se calcularon 28,743 plantas ha<sup>-1</sup>; finalmente para distanciamiento entre planta y planta de 0.90 se tienen 22,311 plantas ha<sup>-1</sup>, las semillas emergieron a los ocho días y se efectuaron labores de limpieza y fertilización durante su desarrollo.

### Poda de la caña de azúcar

Los tratamientos se efectuaron con el cultivar de caña de azúcar COLPOSCTMEX 06-039 en condiciones de temporal y durante el ciclo de cultivo de resoca, existieron tres propuestas para la poda para procurar el desarrollo adecuado de la *Vigna*, la poda se efectuó con la ayuda de un machete afilado cortando las puntas de las hojas sobresalientes de caña de azúcar al paso del largo de los surcos y se realizó de acuerdo con el siguiente programa (Cuadro 1):

**Cuadro 1.** Programa de siembra de *Vigna* y poda de caña de azúcar

No. de tratamiento	Densidad de siembra <i>Vigna</i> (m)	Tratamiento de poda de caña
To	No siembra	No poda
T1	0.5	No poda
T2	0.7	No poda



T3	0.9	No poda
T4	0.5	Poda al mes y medio de crecimiento
T5	0.7	Poda al mes y medio de crecimiento
T6	0.9	Poda al mes y medio de crecimiento
T7	0.5	Poda a los dos meses y medio de crecimiento
T8	0.7	Poda a los dos meses y medio de crecimiento
T9	0.9	Poda a los dos meses y medio de crecimiento

### **Variables del cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp**

#### **Biomasa seca al 50% de la floración**

Se utilizó la parte área de cuatro plantas de los surcos de la parcela útil de cada una de las unidades experimentales, las plantas se llevaron a una estufa con flujo de aire y secado a 70 °C por 72 horas, posteriormente se pesaron en una báscula de precisión VELAB® de 2,610 g de capacidad.

#### **Rendimiento**

Se utilizó peso total de grano de cada parcela útil (seis surcos por 3.75 m) de los tratamientos con sus cuatro repeticiones y cada una tuvo una superficie de 33.75 m<sup>2</sup>, posteriormente se pesaron en una báscula de precisión VELAB® de 2,610 g de capacidad, y se evaluaron los rendimientos de kilogramo por hectárea.

#### **Fijación biológica de nitrógeno**

La evaluación se realizó para este caso con maíz (como planta no fijadora) y la fabácea *Vigna unguiculata* L. Walp (planta fijadora de nitrógeno), por lo que las fuentes disponibles de nitrógeno en este estudio son la semilla, el aire y el suelo. Se realizó la comparación del nitrógeno entre las plantas no fijadora y fijadora, la diferencia se considera el nitrógeno derivado de la fijación biológica de nitrógeno para ello se utilizó la siguiente ecuación.

$$\% FBN = \frac{(\text{contenidoN fix} - \text{contenidoN semilla fix}) - (\text{contenidoN control} - \text{contenidoN semilla control})}{(\text{contenidoN fix} - \text{contenidoN semilla fix})} \times 100$$

### **Variables del suelo**

#### **Contenido de materia orgánica y contenido de nitrógeno**

Se realizó el muestreo de cada uno de los suelos al inicio y final de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones y, se envió al laboratorio Centro de Análisis de Plantas, Aguas, Suelos y Otros, para analizar el contenido en porcentaje de materia orgánica por el método de Walkley y Black. Este mismo material se para analizar el contenido en porcentaje de nitrógeno por el método de micro Kjeldahl.

#### **Análisis estadístico**

Todas las variables en estudio fueron sometidas a un análisis de varianza de bloques completos al azar, bajo un diseño factorial de 3x3 (tres densidades de siembra de *Vigna* y tres podas en caña de azúcar) y un testigo (sin defoliación) con cuatro repeticiones. Para aquellas variables donde se encontraron diferencias significancias entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Todos los análisis se hicieron con el programa estadístico SAS 9.2 (Statistical Analysis System [SAS], 2009).



## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

### **Biomasa seca de la Vigna al 50 % de la floración**

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza para la biomasa seca, se observó efecto significativo para la densidad de siembra de la Vigna. De acuerdo con Tukey, el mayor valor de biomasa seca (1.82 t ha<sup>-1</sup>), se obtuvo en la no poda de la caña de azúcar en la densidad de siembra de la Vigna de 0.50 m y el menor valor de biomasa seca (0.74 t ha<sup>-1</sup>) se tuvieron en dos tratamientos en la poda de caña de azúcar a los dos meses y medio con una densidad de siembra de Vigna de 0.90 m y en el tratamiento de no poda de caña de azúcar con una densidad de siembra de Vigna de 0.90 m. El rango de biomasa seca de (0.74 a 1.8 t ha<sup>-1</sup>) es menor a lo reportado por Velado, 2020 (3.1 t ha<sup>-1</sup>) en su estudio realizado en plantas de Vigna Unguiculata y otras tres leguminosas en la región de Zamorano, Honduras, también es menor (6.5-14 t ha<sup>-1</sup>) a lo reportado por Sanclemente et al., 2015 en su estudio de sustentabilidad de sistemas de cultivo de caña de azúcar considerando la Vigna unguiculata L.

### **Rendimiento en grano de Vigna Unguiculata**

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza para el rendimiento, se observó efecto significativo para la poda de caña de azúcar, densidad de siembra de la Vigna y la interacción poda-densidad. De acuerdo con Tukey, el mayor rendimiento (420.25 kg ha<sup>-1</sup>), se obtuvo en la poda de la caña de azúcar a los dos meses y medio en la densidad de siembra de la Vigna de 0.50 m y el menor valor de rendimiento (148.50 kg ha<sup>-1</sup>) en la no poda de caña de azúcar con una densidad de siembra de la Vigna de 0.90 m.

El rendimiento de (148.5-420.25 kg ha<sup>-1</sup>) concuerda (340-755 kg ha<sup>-1</sup>) a lo reportado por Cardama, 1988 en su estudio realizado con la asociación de caupí-maíz, pero es menor con inter-cultivos de maíz y caupí en donde se lograron rendimientos de (900 kg ha<sup>-1</sup>) en la región de Palmira, Colombia (Angel y Prager, 1989).

### **Fijación biológica de nitrógeno (FBN)**

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza para la FBN, se observó que no es significativo para la poda de caña de azúcar, densidad de siembra de la Vigna e interacción poda-densidad. De acuerdo con Tukey, la mayor FBN (53.69 kg ha<sup>-1</sup> año), se obtuvo en la poda de caña de azúcar a los dos meses y medio en la densidad de siembra de la Vigna de 0.50 m y el menor valor de FBN (9.11 kg ha<sup>-1</sup> año) en la no poda de caña de azúcar con una densidad de siembra de la Vigna de 0.90 m. El rango de FBN de (9.11 a 53.685 kg ha<sup>-1</sup> año) del presente estudio coinciden con lo reportado en Brasil, en donde se cuantificó que la fabácea Canavalia fija 71 % N utilizando al sorgo como planta control y 90 % utilizando al maíz como control (Resende et al., 2003).

La fijación biológica de nitrógeno se modifica al intercambiar la planta base de referencia (no fijadora de nitrógeno) ya que cambia su capacidad de absorción de nutrientes y es inversamente proporcional su valor a la capacidad de absorber el nitrógeno la planta (Alvarez, 2000). Es importante considerar que la fijación biológica de nitrógeno es directamente proporcional a la densidad de siembra (Ayala et al., 2017).

### **Contenido de materia orgánica en el suelo**

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza para el contenido de materia orgánica en el suelo de cada uno de los tratamientos, se observó efecto altamente significativo para la poda de la caña de azúcar, densidad de siembra de la Vigna y la interacción poda-densidad. De acuerdo con Tukey, la mayor cantidad de concentración de materia orgánica (2.55 %), se obtuvo en la poda de la caña de azúcar a los dos meses y medio en la densidad de siembra de la Vigna de 0.50 m y el menor valor de concentración de materia orgánica (2.05 %) en la no poda de la caña de azúcar en la densidad de siembra de la Vigna de 0.90 m, los cuales son mayores al resultado del análisis de concentración de materia orgánica del suelo testigo (2.0 %). De acuerdo con lo reportado por Tavera, (1985) (1-2 % de materia orgánica) este suelo se clasifica como pobre, lo que hace evidente la necesidad de evitar la quema de la caña de azúcar e incorporar los residuos de cosecha para asegurar la sustentabilidad del suelo (Armida et al., 2005; Naranjo et al., 2006), otra alternativa es el establecimiento de Canavalia Ensiformis en el entresurco (Perez et al., 2007; Wutke et al., 2007).





### Contenido de nitrógeno en el suelo

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza para el contenido de nitrógeno en el suelo de cada uno de los tratamientos, no se observó efecto significativo para la poda de caña de azúcar, densidad de siembra de la Vigna y la iteración poda-densidad. De acuerdo con Tukey, la mayor concentración de nitrógeno (0.10 %), se obtuvo en la poda de la caña de azúcar a los dos meses y medio en la densidad de la Vigna de 0.50 m y la menor concentración de nitrógeno (0.072 %) en la no poda de la caña de azúcar en la densidad de siembra de la Vigna de 0.90 m, el valor promedio de los tratamientos del análisis de nitrógeno es de (0.083 %) valor superior al resultado del análisis de nitrógeno del suelo testigo (0.078 %). De acuerdo con lo reportado por Tavera, (1985) (0.05-0.10 % de nitrógeno) este suelo se clasifica como bajo, lo que es indicativo que existe, pero en cantidades insuficientes para el buen desarrollo del cultivo de caña de azúcar.

**Cuadro 2.** Resultados estadísticos de los tratamientos.

Variables	Densidad de siembra de Vigna	Poda de caña de azúcar			Media Densidad Vigna	
		No poda	Poda m	1.5 Poda m		2.5
FBN (kg ha <sup>-1</sup> año)	0.50 m	52.32	43.94	53.69	49.98a	
MO (%)		2.24	2.20	2.55	2.330a	
N (%)		0.082	0.080	0.100	0.087a	
Rend Vigna (kg ha <sup>-1</sup> )		357.75	354.50	420.25	377.50a	
FBN (kg ha <sup>-1</sup> año)	0.70 m	-4.38	22.94	28.32	15.63a	
MO (%)		2.19	2.29	2.31	2.26b	
N (%)		0.077	0.086	0.085	0.083a	
Rend Vigna (kg ha <sup>-1</sup> )		158.75	374.75	308.50	280.67b	
FBN (kg ha <sup>-1</sup> año)	0.90 m	-9.11	10.14	-0.76	0.09a	
MO (%)		2.05	2.19	2.25	2.16c	
N (%)		0.072	0.090	0.077	0.080a	
Rend Vigna (kg ha <sup>-1</sup> )		148.50	236.50	243.00	209.33c	
		<b>Media Poda</b>	<b>Media Poda</b>	<b>Media Poda</b>		
FBN (kg ha <sup>-1</sup> año)		12.94a	25.67a	27.08a		
MO (%)		2.16c	2.23b	2.373a		
N (%)		0.077a	0.085a	0.087a		
Rend Vigna (kg ha <sup>-1</sup> )		221.67b	322a	323.92a		
	<b>Media general</b>	<b>C.V.</b>	<b>Pr &gt; F. P</b>	<b>Pr &gt; F. D</b>	<b>Pr &gt; F. P*D</b>	<b>F. DMS</b>
FBN (kg ha <sup>-1</sup> año)	21.9	248.22	0.78NS	0.09 NS	0.95NS	54.35
MO (%)	2.25	0.77	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.01
N (%)	0.083	17.61	0.23NS	0.47NS	0.3NS	0.01
Rend Vigna (kg ha <sup>-1</sup> )	289.16	9.1	0.0001**	0.0001**	0.0001**	26.32

Nota:

Valores en una columna o hilera con la misma literal no hay diferencia significativa (NS).

\* Efecto significativo. \*\* Efecto altamente significativo de acuerdo con las pruebas de Tukey (p<0.05). SAS®.



## CONCLUSIÓN

De acuerdo con el objetivo general los mejores resultados de: fijación biológica de nitrógeno (53.69 kg ha<sup>-1</sup> año), rendimiento en grano de la *Vigna unguiculata* L. Walp. (420.25 kg ha<sup>-1</sup>), el porcentaje de concentración de materia orgánica en el suelo (2.55 %) y el porcentaje de concentración de nitrógeno en el suelo (0.10 %) se presentaron en el tratamiento con densidad de siembra de *Vigna unguiculata* L. Walp de 0.50 m. y poda de la caña de azúcar a los dos meses y medio. Los valores de concentración en el suelo de materia orgánica y nitrógeno se consideran bajos y podrían verse reflejados en las bajas producciones de caña de azúcar, por lo que este estudio es una propuesta de un sistema de remediación del suelo con el fin de detener el deterioro de los suelos dedicados a la producción de caña de azúcar.

## LITERATURA CITADA

- Alvarez, M. (2000). Los abonos verdes: una alternativa para la producción sostenible de maíz en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. [Tesis de Maestría]; INCA, 2000. 19 p.
- Angel, I., & Prager, M.M. (1989). Evaluación de abonos verdes en el sistema de producción maíz-leguminosas. *Acta Agronómica*, 39, 97-110.
- Armida A. L., Espinosa V., D. J. Palma-Lopez, A. Galvis S. y S. Salgado G. (2005). Carbono en biomasa microbiana y carbón soluble como indicadores de calidad de Vertisoles cultivados con caña azucarera. 23(4):545-552.
- Ayala, W., Serron, N., Macedo, I., & Terra, J. (2017). ¿Cuánto producen las pasturas en diferentes secuencias de arroz? Zorrilla, G.; Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. eds. *Arroz*, 83-85.
- Buckles, D., Ponce, I., Sain, G., & Medina, G. (2016). Uso y difusión del frijol de abono (*Mucuna deeringiana*) en las laderas del litoral Atlántico de Honduras. *Agronomía Mesoamericana*, 5, 15. <https://doi.org/10.15517/am.v5i0.25043>
- Cardama, V. I. O. (1988). Determinación de la frecuencia de siembra del cultivo asociado caupí (*Vigna unguiculata* W.) y maíz (*Zea mays* L.). *Folia Amazónica*, 1(1-2), 49-64.
- Freitas, V. H. d. (2000). Manejo del suelo en pequeñas fincas. Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos (D. d. F. d. T. y. A. y. d. I. S. d. I. A. Servicio de Manejo de las Tierras y de la Nutrición de las Plantas, Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura de la FAO, Ed.)
- Gutiérrez, M. F. A., Morales, T. R. d. J., Espinosa, C. Y., Rincón, R. R., Mentas, M. J., Oliva, L. M. A., & Dendooven, L. (2004). Effects of partial defoliation on sucrose accumulation, enzyme activity and agronomic parameters in sugar cane (*Saccharum* spp.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 190: 256–261.
- Juma, H. K., Abdulrazak, S. A., Muinga, R. W., & Ambula, M. K. (2006). Evaluation of *Clitoria*, *Gliricidia* and *Mucuna* as nitrogen supplements to Napier grass basal diet in relation to the performance of lactating Jersey cows [Article]. *Livestock Science*, 103(1/2), 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2005.12.006>
- Luce, M., Grant, C. A., Zebarth, B. J., Ziadi, N., O'Donovan, J. T., Blackshaw, R. E., Harker, K. N., Johnson, E. N., Gan, Y., Lafond, G. P., May, W. E., Khakbazan, M., & Smith, E. G. (2015). Legumes can reduce economic optimum nitrogen rates and increase yields in a wheat–canola cropping sequence in western Canada. *Field Crops Research*, 179, 12-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.04.003>
- Martin, G. M., Rivera, R. A., & Mujica, Y. (2007). Estimación de la fijación biológica del nitrógeno de la *canavalia ensiformis* por el método de la diferencia de N total. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 4, p. 75-78.
- Mpai, T., Jaiswal, S. K., & Dakora, F. D. (2016). Biological nitrogen fixation and molecular diversity of rhizobia isolated from root nodules of wild legumes: *Polhillia*, *Wiborgia* and *Wiborgiella* species of the South African Cape fynbos [Article]. *South African Journal of Botany*, 103, 336-336. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.02.122>
- Naranjo de la F. J., Salgado G. S., Lagunes E. L. C., Carrillo A. E., and Palma L. D. J. (2006) Changes in the soil fertility of fluvisoles cultivated with sugarcane through the years. *Soil & Tillage Research*. 88(1-2). 160-167.



- Parasar, S. & Prasad, A. (1985). Studies on various intercropping and management Practices on yield attributes, yield and juice quality of first sugarcane ratoon. *Indian Sugar*, 35(2), 121-125
- Pérez O., Hernandez F., López A., Balaña P. y Solares E. (2007). El uso de abonos verdes como alternativa para mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo de la caña de azúcar. ATAGUA. Edición julio-septiembre. Guatemala. pp. 6-10p.
- Pinedo, P. M., & M., S. (2019). Técnicas agronómicas prioritarias del camu-camu (*Myrciaria dubia*). Tres manuales para el productor: poda-defoliación, control del gorgojo del fruto y fertilización orgánica 037\_Revista camu camu 2 reducido.indd
- Radic, S., & McAdam, J. (2012). Estimación de la fijación de nitrógeno en una vega de tierra del fuego por el método de la diferencia de nitrógeno. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 2012. 40(2):95-102.
- Ramos, M. G., Villatoro, M. A., Urquiaga, S., Alves, B. J., & Boddey, R. M. (2001). Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to tropical green manure crops and the residual benefit to a subsequent maize crop using <sup>15</sup>N-isotope techniques. *Journal of biotechnology*, 91(2-3), 105-115. [https://doi.org/10.1016/s0168-1656\(01\)00335-2](https://doi.org/10.1016/s0168-1656(01)00335-2)
- Resende, A. S., Alves, B. J., Boddey, R. M., & Urquiaga, S. (2003). Técnicas utilizadas na quantificação da fixação biológica de nitrogênio. Seropédica: EMBRAPA Agrobiología, Documentos, 2003, 165, 26 p.
- Sancllemente, R. O. E., Ararát O. M. C., & A., D. I. C. C. C. (2015). Contribución de *Vigna unguiculata* L. a la sustentabilidad de sistemas de cultivo de caña de azúcar. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental – Volumen 6 Número 2 - julio-diciembre de 2015 – ISSN 2145-6097*.
- SAS, (2009). Statistical Analysis System. <https://welcome.oda.sas.com/>
- Singh, A., Bharathi, R. C., Chandra, N., & Dimree, S. (2015). Integrated Nutrient Management System: Smart way to improve cane production from sugarcane ratoon. *Journal of AgriSearch*, 2, 2348-8808.
- Singh, G. B., & Singh, D. V. (1992). Integrated nutrient supply system in sugarcane based cropping system. *Ferti News*, 37(4), 15-22.
- Tavera, G., G. (1985). Criterios para la interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica. Publicación 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Delegación de la Laguna, Matamoros, Coahuila.
- Velado, R. A. (2020). Evaluación de cuatro leguminosas como cultivos de cobertura en Zamorano, Honduras (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2020.).
- Wutke, B. E. Ambrasano, J. E. Razera F. L., Medina, F. P., Carvalho L. E. e Kikute H. (2007). Bancos comunitarios de semillas de abonos verdes: informaciones técnicas. Brasília. Ministerio de Agricultura, Pecuaria e Abastecimiento. 52 p.



## EVALUACIÓN IN VITRO DE CEPAS DE *Trichoderma* spp. PARA EL CONTROL DE *Alternaria alternata*

## IN VITRO EVALUATION OF STRAINS OF *Trichoderma* spp. FOR THE CONTROL OF *Alternaria alternata*

<sup>1</sup>Hernández Gómez E, <sup>2</sup>Ramírez Guillermo MA

<sup>1</sup>INIFAP Campo Experimental Centro de Chiapas, Km. 3 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas, México: 29140, Tuxtla Chico, Chiapas, México: 30870. <sup>2</sup>INIFAP Huimanguillo. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Tabasco, México. C.P. 86400.

\*Autor para correspondencia: fiteliza@hotmail.com

### RESUMEN

La papaya (*Carica papaya* L.) es considerado una de las frutas más importantes a nivel mundial. En México se reportaron 18,151,034.91 ha. Este cultivo se ve seriamente afectado por diversas enfermedades fúngicas, una de ellas es la necrosis de flores, caída de frutos jóvenes y pudriciones en poscosecha causadas por *Alternaria alternata*. Para su control se utilizan agroquímicos que pueden causar diversos problemas de contaminación en agua, suelo y salud humana, por lo que es necesario buscar alternativas como el control biológico. *Trichoderma* está ampliamente distribuido y es uno de los géneros más usados como antagonistas a fitopatógenos. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue el de evaluar la capacidad antagónica de cuatro cepas de *Trichoderma* spp. contra *Alternaria alternata*. Se aisló e idéntico a *A. alternata* a partir de frutos de papaya. En cajas Petri con medio Papa Dextrosa Agar se colocó a 2 cm del borde un disco de 5 mm de diámetro con micelio *A. alternata*, en el otro extremo de la caja se colocó otro disco de 5 mm con PDA con micelio de *Trichoderma* spp. Para el testigo se colocó en el centro un disco de 5 mm de micelio de *A. alternata* en una caja con PDA. La evaluación se realizó a los siete días. Se usó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones que consistió en cuatro cajas Petri. Se realizó un análisis de varianza, con pruebas de comparación de medias (Tukey) entre tratamientos. Los resultados indicaron que no existe diferencia significativa entre tratamientos tanto en el % de inhibición, como en el crecimiento del micelio. Las cepas C-13, C-35, C-46 y C-55 de *Trichoderma* inhiben a *A. alternata*, por lo que pueden ser una alternativa de control, sin embargo se necesitan realizar pruebas en invernadero y en campo.

**Palabras clave:** *Papaya*, *antagonista*, *poscosecha*

### INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es considerado una de las frutas más importantes a nivel mundial. México es considerado uno de los principales exportadores de papaya en el mundo, en 2021 se reportaron 18,151,034.91 ha (Siap, 2023). Este cultivo se ve seriamente afectado por diversas enfermedades fúngicas en campo y poscosecha, entre ellas: *Colletotrichum* spp. y *A. alternata*, esta última ha sido asociada a la necrosis de flores, pudrición y caída de frutos jóvenes y causa pudriciones en poscosecha, generalmente para el control se utilizan agroquímicos que pueden causar diversos problemas de contaminación, por lo que es importante buscar alternativas más ecológicas.

Uno de los géneros de hongos ampliamente distribuido y de más uso en la actualidad es *Trichoderma*, el cual se presenta principalmente en la materia orgánica y residuos vegetales en descomposición. Este género ha demostrado eficiencia en el control de fitopatógenos de la parte aérea, de las raíces de las plantas y como promotor de crecimiento (Carvalho et al., 2015; El Komy et al., 2015; Nur and Noor, 2020). *Trichoderma* spp. se ha evaluado con diversos géneros de hongos por su capacidad antagónica: *Sclerotium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Pythium* y *Fusarium* (Mbarga et al., 2012). *Trichoderma* spp. presenta mecanismos de acción como antibiosis, micoparasitismo y se identifica por la producción de metabolitos secundarios y a estos se les atribuyen los cambios en la estructura a nivel celular como



vacuolación, granulación, desintegración del citoplasma y lisis celular (Bhat, 2017; López et al., 2017; Pérez et al., 2018).

El género *Trichoderma* se distingue como inductor de resistencia en plantas, en las que incrementa la respuesta de crecimiento, la disponibilidad de nutrientes y tolerancia al estrés, que puede ser ocasionada por fitopatógenos (Villamarín et al., 2019; Kumar et al., 2019). *Trichoderma* coloniza las raíces de las plantas y establecen una relación mutualista donde las plantas proporcionan a los hongos un hábitat e hidratos de carbono, también suministran a las plantas nutrimentos, agua, reduce el estrés por factores bióticos y abióticos (Abbott y Johnson, 2017; Hajek y Eilenberg, 2018). En este contexto el objetivo de este trabajo fue el de evaluar la capacidad antagónica de cuatro cepas de *Trichoderma* spp. contra *A. alternata*.

## METODOLOGÍA

La investigación se realizó en el laboratorio del Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH) del Inifap.

**Identificación de *A. alternata*.** Se colectaron muestras frutos con signos y síntomas de enfermedad, se realizaron montajes para observarlas con microscopio compuesto y claves taxonómicas. Para el aislamiento en medio de cultivo de Papa Dextrosa Agar (PDA), se cortó el material enfermo en secciones pequeñas y se realizó el proceso de desinfección con hipoclorito de sodio. Se realizaron transferencias para la purificación de cepas. A partir de cultivos monospóricos, se realizó la extracción de ADN mediante el protocolo Dellaporta (1983). Se extrajo el ADN utilizando los iniciadores ITS4 e ITS16 mediante la técnica de la reacción de cadena polimerasa (PCR) y (White et al., 1990). El fragmento amplificado se comparó con la base de datos del banco de genes del NCBI (National Center for Biotechnology Information).

**Pruebas de antagonismo de cuatro cepas de *Trichoderma* spp y *A. alternata* (Duales).** Se utilizaron cuatro cepas de *Trichoderma* provenientes del laboratorio del CECECH. Los siguientes tratamientos fueron los siguientes: T1) C-55, T2) C-13, T3) C-35 y T4) C-46. En cajas Petri con medio PDA se colocó a 2 cm del borde un disco de 5 mm de diámetro con micelio *A. alternata* (Figura 1a), en el otro extremo de la caja se colocó otro disco de 5 mm con PDA con micelio de *Trichoderma* spp. (Dennis y Webster, 1971). Para el testigo se colocó en el centro un disco de 5 mm de micelio de *A. alternata* en una caja con PDA. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones que consistieron en cuatro cajas Petri. La variable a evaluar fue el porcentaje de inhibición y crecimiento micelial de *A. alternata*, la evaluación se realizó a los cuatro días (Bell et al., 1982). Se realizó un análisis de varianza, con pruebas de comparación de medias (Tukey) entre tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aisló e identificó morfológica y molecularmente a *A. alternata*. Los resultados de las pruebas de antagonismo muestran que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados T1, T2, T3 (Figura 1b) y T4, tanto en el % de inhibición, como en el crecimiento radial del micelio, lo que indica que todas las cepas fueron eficientes en el control de *A. alternata* (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con Castrillo et al. (2020) y Faberi et al. (2022) quienes evaluaron cepas de *Trichoderma* sobre el crecimiento de *A. alternata* aislado de yerba mate y en el cultivo de papa respectivamente y obtuvieron buenos resultados.



Cuadro 1. Antagonismo en cultivos duales de cuatro cepas de *Trichoderma* spp contra *A. alternata*.

Tratamiento	Crecimiento micelial	% de inhibición
T1: C-55	22.364a	65.286a
T2: C-13	22.932a	64.770a
T3: C-35	20.596a	68.294a
T4: C-46	22.434a	65.513a

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.  $P < .0001$

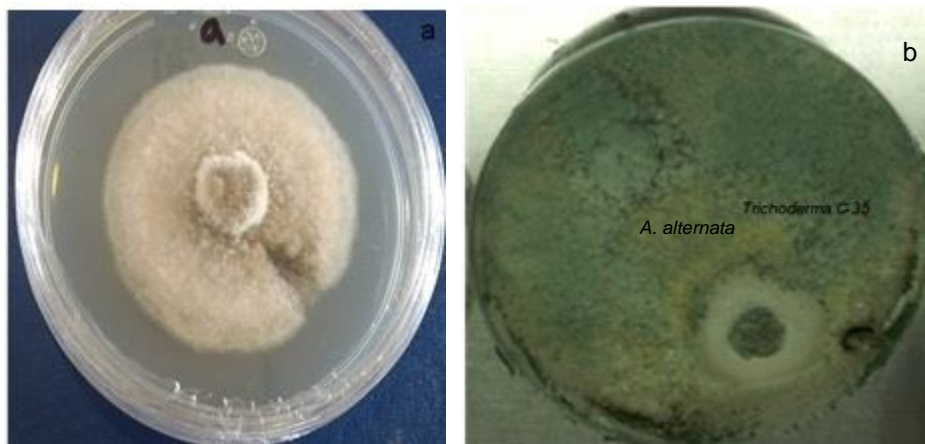


Figura 1. A) *A. alternata*, b) Antagonismo *A. alternata* y *Trichoderma* spp.

## CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación muestran que las cepas de *Trichoderma* evaluadas pueden ser una alternativa para la inhibición del crecimiento micelial de *A. alternata*, sin embargo, es necesario realizar pruebas en invernadero y campo para evaluar el verdadero potencial antagonístico.

## AGRADECIMIENTO

Al proyecto de Fondos fiscales del INIFAP: "Biocontrol de hongos fitopatógenos con extractos vegetales y *Trichoderma* spp."

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, L.K., N.C. Johnson, 2017. Introduction: Perspectives on mycorrhizas and soil fertility. In: Johnson, N.C., C. Gehring, J. Jansa (eds.), Mycorrhizal mediation of soil. Elsevier, Amsterdam. Pp. 93-105.
- Bell, D. K., Wells, H. D. and Markham, C. R. 1982. In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72:379-382.
- Carvalhois, L.C., Dennis, P.G., Badri, D.V., Kidd, B.N., Vivanco, J.M., Schenk, P.M., 2015. Linking jasmonic acid signaling, root exudates, and rhizosphere microbiomes. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 28, 1049–1058.
- Castrillo, M., Bich G., Sioli G., Zapata P., y Villalba L. 2022. Biocontrol Capacity Of Native Isolates Of *Trichoderma* Sp. Against The Phytopathogenic Fungus *Alternaria Alternata* Isolated From Yerba Mate (*Ilex Paraguariensis* Saint Hil.). *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* (2021) 37(3):244-256.





- El Komy, M.H., Saleh, A.A., Eranthodi, A., Molan, Y.Y., 2015. Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato *Fusarium* wilt. *Plant Pathol. J.* 31, 50–60.
- Ariel Jesús Faberi, J.A., Sanchez M.C., Pérez R. N. M., Hansen M. Biocontrol de *Alternaria solani* y *A. alternata* en el cultivo de papa con *Trichoderma harzianum*. 2022. *Revista Latinoamericana de la Papa.* 26 (1): 4 – 16
- Hajek, A.E., Eilenberg, J., 2018. *Natural Enemies: An Introduction to Biological Control.* Second Ed. Cambridge University Press, New York.
- Kumar, R., Kumari, K., Hembram, K.C., Kandha, L., Bindhani, B.K., 2019. Expression of an endo- $\alpha$ -1, 3-Glucanase gene from *Trichoderma harzianum* in rice induces resistance against sheath blight. *J. Plant Biochem. Biotechnol.* 28, 84–90.
- López, F.U., Brito, V.H., López, M.D., Salaya D.J. M., Gómez M.E. 2017. Papel de *Trichoderma* en los sistemas agroforestales-cacaotal como un agente antagónico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 20(1): 91-100.
- Nur, A. Z., Noor A. B. 2020. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences* 65 (2020) 168–178.
- Ortega, G. J.G., Roberto Montes B. R, Rodríguez M. M., Ramírez T. J.A., Suárez R. R., Gabriela Sepúlveda J. 2015. Effect of *Trichoderma asperellum* applications and mineral fertilization on growth promotion and the content of phenolic compounds and flavonoids in onion. *Scientia Horticulturae* 195 (2015) 8–16.
- Pérez, T.E., Bernal, C. A., Milanés V. P., Sierra R.Y., Leiva M.M., Marín G.S.; Monteagudo H. O. 2018. Eficiencia de *Trichoderma harzianum* (cepa a-34) y sus filtrados en el control de tres enfermedades fúngicas foliares en arroz. *Bioagro* 30(1): 17-26.
- SIAP. 2023. Anuario Estadístico De La Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx> (consulta, junio 2023).
- Villamarín, G. D., Oviedo P.D.G., S. Evangelista, L. S., G. Sepúlveda J. M., Molina T. J. y Rodríguez M.M. 2020. *Trichoderma asperellum*, an inoculant for the production of steviol glycosides in *Stevia rebaudiana* Bertoni plants micropropagated in a temporary immersion bioreactor. *Revista Mexicana de Ingeniería Química.* Vol. 19, No. 3. 1153-1161.



# Biotecnología



## PLANTAS TROPICALES MULTIPROPÓSITO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES

### MULTIPURPOUSE TROPICAL PLANTS: DETERMINATION OF TOTAL PHENOLS AND FLAVONOIDS

1\*Olvera Aguirre G, 1Piñeiro Vázquez AT, 2Segura Campos MR, 1Sierra Vásquez AC, 3Chay Canul 3AJ, Ochoa Flores AA y 4Hernández-Becerra JA

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de México, Campus Conkal, CP 97345, Conkal, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Km. 33.5, Colonia Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, México.

<sup>3</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 25. Carretera Villahermosa-Teapa, R/A La Huasteca. CP 86280. Colonia Centro Tabasco, México.

<sup>4</sup> División de Tecnología de Alimentos, Universidad Tecnológica de Tabasco, Villahermosa 86288, Tabasco, México.

\*Autor para correspondencia: [DD21800322@conkal.tecnm.mx](mailto:DD21800322@conkal.tecnm.mx)

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue contabilizar por el método de espectrofotometría fenoles y flavonoides totales en 3 extractos de plantas multipropósito usadas en La Península de Yucatán. Una de las razones para usar extractos ricos en fenoles y flavonoides es por que benefician a la salud protegiendo del estrés y de enfermedades crónicas como cáncer al retardar el envejecimiento celular neutralizando los radicales libres. Fenoles y flavonoides son conocidos como antioxidantes fenólicos y tienen aplicaciones en alimentos, agricultura, medicina tradicional, cosmética, veterinaria y farmacia. Las plantas se colectaron en Yucatán, México, se elaboraron extractos con etanol-agua y se liofilizaron para su posterior cuantificación de fenoles y flavonoides totales. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza ANOVA y las medias con diferencias estadísticamente significativas se sometieron a una prueba de Tukey con un valor de  $p \leq 0.05$ . Al evaluar la cantidad de fenoles y flavonoides totales, se observó que el extracto con el mayor contenido de fenoles fue ts'its'ilché y el que presentó la mayor cantidad de fenoles fue sak kaat zin. Dada la elevada cantidad de fenoles y flavonoides en los extractos evaluados, estos, ejercen una gran actividad antioxidante y pueden ser una alternativa viable a los compuestos sintéticos utilizados para la conservación y/o desarrollo de alimentos, de productos agrícolas, médicos o farmacéuticos. Además, este estudio es un indicador que cimienta la investigación de la composición fitoquímica de ts'its'ilché, wuayúm y sak kaat zin, plantas con gran potencial antioxidante que no han sido exploradas a profundidad hasta el momento. Por último, es importante mencionar que es necesario realizar investigación más detallada de estas especies vegetales para su uso en humanos, animales o plantas, estudios de citotoxicidad, identificación de compuestos bioactivos y actividad antioxidante.

**Palabras clave:** *Compuestos bioactivos, Metabolitos secundarios, Plantas medicinales, Antioxidantes.*

#### INTRODUCCIÓN

Las hojas de algunas plantas tropicales y subtropicales en México tienen diversos usos como culinarios para mejorar el sabor, prevenir el deterioro de los alimentos y en la medicina tradicional para tratar enfermedades leves a crónicas (Solís-Salas et al., 2021). Los extractos ricos en antioxidantes fenólicos como los fenoles y flavonoides son una fuente de moléculas con elevada actividad antioxidante (Estévez, 2021; Solís-Salas et al., 2021).

Los fenoles (taninos, ácido gálico, cafeico, ferulico, rosmarinico) son moléculas con actividades biológicas antioxidantes, por mencionar alguna de sus propiedades (López Herrera et al., 2008; Šimat et al., 2021)



Los flavonoides (flavones, flavonones, flavonoles, catequinas, quercetina, antocianina, kaempferol) tienen elevada actividad antioxidante y pueden regular la hipertensión (presión arterial elevada) (Rathod et al., 2021; Solís-Salas et al., 2021)

En resumen, algunas de las razones del uso de los extractos de plantas son por su contenido de antioxidantes fenólicos que benefician a la salud protegiendo al cuerpo del estrés y de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, cáncer y retardando el envejecimiento celular al neutralizar los radicales libres, esto les confiere otros usos como en la cocina mejorando el sabor de los alimentos o en la agricultura atrayendo polinizadores.

Al evaluar los antioxidantes fenólicos se pueden clasificar las plantas proporcionando información relevante sobre su capacidad antioxidante y sus posibles usos contra enfermedades crónicas, conservación y desarrollo de alimentos o productos agrícolas. Por lo antes expuesto, el objetivo del presente estudio fue contabilizar por el método de espectrofotometría fenoles y flavonoides totales de 3 extractos de plantas multipropósito usadas en La Península de Yucatán.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materia vegetal**

Se identificaron y colectaron 500g de hojas de 3 plantas para su extracción y caracterización de *Gymnopodium floribundum*, *Mimosa bahamensis* y *Melicoccus oliviformis* en la unidad de producción e investigación “La Curva”, ubicada a 21.075058 N y -89.504310 O y en el municipio de Conkal Yucatán, México a 21.079113 N y -89.517276 O. Las hojas se lavaron 1 minuto con agua potable y se desinfectaron con 2 mL de plata coloidal al 0.08% por cada L de agua, se secaron en una estufa de convección (Fisher Scientific, EU) a 40 °C por 72 h y se molieron en un molino Cemotec™ 1090 Sample Mill (Thermo SCIENTIFIC, EU) para obtener partículas uniformes, y posteriormente se pulverizaron en un molino Cyclotec™ 1093 Sample Mill (Thermo SCIENTIFIC, EU). El polvo se almacenó en bolsas herméticamente cerradas a -20 °C hasta su extracción.

### **Extracción**

Para la extracción sólido-líquido se siguió la técnica de Olvera-Aguirre et al. (2022), con modificaciones brevemente descritas: se utilizó etanol absoluto y agua destilada a una proporción de 1:1, para las proporciones soluto solvente se utilizaron 1:20. Se eliminaron los solventes con un rotavapor (Rotavapor® R-215, baño maría B-49, bomba de vacío V-700, y un controlador de vacío V-850 Buchi, Suiza). Posteriormente se reincorporó el remanente con 40 mL de agua y se congeló para su liofilización. Se almacenaron los extractos liofilizados protegidos de la luz y la humedad en frascos sellados a -20 °C

### **Flavonoides totales**

Para el cálculo de flavonoides totales se utilizó la técnica de Uuh Narvaéz et al. (2022), descrita brevemente, se utilizaron 20 uL de la muestra o estándar a los cuales se les adicionaron 6 uL de NaNO<sub>2</sub>, posteriormente se añadieron 80 uL de H<sub>2</sub>O, se dejaron reposar durante 5 minutos y se adicionaron 6uL de AlCl<sub>3</sub>, se dejaron reposar otros 6 min y se adicionaron 40 uL de NaOH y 40 uL de H<sub>2</sub>O. La absorbancia se midió a 510 nm. Para realizar la curva de calibración se utilizaron concentraciones de 0-1000 mg/mL de catequina. Los resultados se expresaron como mg/g equivalentes de catequina.

### **Fenoles totales**

Para el cálculo de fenoles totales se utilizó la técnica de Folin-Ciocalteu descrita por Uuh Narvaéz et al. (2022), con algunas modificaciones descritas brevemente, 10 uL de extracto se colocaron en 50 uL de Folin-Ciocalteu (1:10 en agua destilada), se homogeneizaron por 30 s y se incubaron a 25 °C por 2 minutos. Posteriormente se agregaron 40 uL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (75 mg/mL), se incubó a 50 °C por 15 minutos protegido de la luz y se dejó reposar por 10 minutos. La absorbancia se midió a 760 nm. Para realizar la curva de calibración se utilizaron concentraciones de 0-1000 mg/mL de ácido gálico (GAL). Los resultados se expresaron como mg/g equivalentes de GAL.



#### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los extractos se utilizó un diseño completamente al azar en donde la variable independiente fue la fuente del extracto y la variable dependiente la cantidad de flavonoides y fenoles totales.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza ANOVA y las medias con diferencias estadísticamente significativas se sometieron a una prueba de Tukey con un valor de  $p \leq 0.05$ .

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### Fenoles totales

En el **Cuadro 1** se observa que el extracto con mayor contenido de fenoles en MS fue ts'its'ilché, seguido de wuayúum y sak kaat zin.

**Cuadro 1.** Contenido de fenoles en extractos de 3 especies vegetales con diversos usos

Nombre común	Nombre científico	Fenoles mg/g eq GAL	DE
Ts'its'ilché	<i>Gymnopodium floribundum</i>	363.40 <sup>a</sup>	12.484
Wuayúum	<i>Melicoccus oliviformis</i>	356.84 <sup>b</sup>	21.44
Sak kaat zin	<i>Mimosa bahamensis</i>	205.17 <sup>c</sup>	6.101

DE: desviación estándar; mg/g eq de GAL: miligramos sobre gramo equivalentes de ácido gálico en materia seca. Literales diferentes representan diferencia estadísticamente significativa con un  $p \leq 0.05$ .

Luis et al. (2012) compararon la cantidad de fenoles extraídos en *Acacia melanoxylon*, *A. dealbata* y *Olea europea* con tres diferentes solventes: etanol-agua, metanol y acetona. Ellos encontraron que la mayor cantidad de fenoles extraídos fueron sobre *Acacia dealbata* con etanol y agua. Ellos encontraron 290.65 mg GAE/g MS, reflejando una actividad antioxidante muy fuerte.

Un ejemplo que demuestra la actividad antioxidante de los fenoles en el camu-camu (*Myrciaria dubai*) es al usarlo sobre carne de cordero molida, pues desactiva radicales libres y aumentó la estabilidad lipídica de la carne (Olvera-Aguirre et al., 2023)

El contenido de fenoles encontrados para *chaya* es muy similar al reportado por Guillen-poot et al. (2022) que encontró un total de 22.84 mg/g GAE MS. En su estudio la extracción la realizó a una relación soluto solvente de 1:40, con agua etanol 1:1. De igual manera cuantificó wuayúum con un resultado de 10.48, resultado bastante alejado de lo encontrado en el presente estudio.

Por otro lado, no se encontraron reportes del contenido de fenoles totales para los extractos de ts'its'ilché y sak kaat zin.

##### Flavonoides totales

En el Cuadro 2 se observa que el extracto con la mayor cantidad de flavonoides es Sakatsim, seguido por tzid zil che y wuaúyum. Por otra parte, no se encontró un reporte acerca del contenido de flavonoides en los extractos de Sakatsim, ts'its'ilché, jabín y wuayúum (huaya india). Por lo que es el primer reporte de este antioxidante en estas especies vegetales.

**Cuadro 2.** Contenido de flavonoides en extractos de 3 especies vegetales con diversos usos

Nombre común	Nombre científico	Flavonoides mg/g eq CAT	DE
Sakatsim	<i>Mimosa bahamensis</i>	397.45 <sup>a</sup>	73.789
Ts'its'ilché	<i>Gymnopodium floribundum</i>	228.97 <sup>b</sup>	22.828
Wuayúum	<i>Melicoccus oliviformis</i>	2.90 <sup>c</sup>	2.353

DE: desviación estándar; mg/g eq de CAT: miligramos sobre gramo equivalentes de catequina en materia seca. Literales diferentes representan diferencia estadísticamente significativa con un  $p \leq 0.05$ .



Los flavonoides también actúan como antimicrobianos contra cepas como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* (Silva et al., 2020). También se han encontrado efectos inhibitorios contra virus como el VIH, virus simple de la herpes tipo 1 (HSV-1), el virus de la polio tipo 1 y el virus de la parainfluenza tipo 3 (Bor et al., 2016).

Conocer el contenido de antioxidantes como los flavonoides nos demuestra porque ha sido tan importante el uso de algunas plantas en la medicina tradicional por milenios. Protegiendo o regenerando la salud de las personas en todo el mundo.

La actividad biológica de los antioxidantes fenólicos al utilizarlos en la medicina tradicional, por ejemplo en la hipertensión, radica en la neutralización del exceso de radicales libres que produce el cuerpo y al mejorar la producción de óxido nítrico el cual es un vasodilatador (Rathod et al., 2021; Solís-Salas et al., 2021).

Los extractos con elevada cantidad de fenoles y flavonoides también se utilizan para alargar la vida de anaquel de los alimentos (Olvera-Aguirre et al., 2023), como repelentes de plagas o atrayentes en la agricultura (Cafferri et al., 2022) y como agentes antioxidantes en la industria farmacéutica, cosmética, odontológica y veterinaria (Escobar et al., 2020; Kachur & Suntres, 2020). Múltiples aplicaciones se pueden dar a las plantas y sus extractos si conocemos la distribución de sus antioxidantes sintéticos. Por otra parte, también es importante conocer su toxicidad para poder hacer un uso seguro de estos.

## CONCLUSIONES

Al evaluar la cantidad de fenoles y flavonoides totales, se observó que el extracto con el mayor contenido de fenoles fue ts'its'ilché y el que presentó la mayor cantidad de fenoles fue sak kaat zin. Dada la elevada cantidad de fenoles y flavonoides en los extractos evaluados, estos, ejercen una gran actividad antioxidante y pueden ser una alternativa viable a los compuestos sintéticos utilizados para la conservación y/o desarrollo de alimentos, de productos agrícolas, médicos o farmacéuticos. Además, este estudio es un indicador que cimienta la investigación de la composición fitoquímica de ts'its'ilché, wuayúm y sak kaat zin, plantas con gran potencial antioxidante que no han sido exploradas a profundidad hasta el momento. Por último, es importante mencionar que es necesario realizar investigación más detallada de estas especies vegetales para su uso en humanos, animales o plantas, estudios de citotoxicidad, identificación de compuestos bioactivos y actividad antioxidante.

## LITERATURA CITADA

- Bor, T., Aljaloud, S. O., Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2016). Antimicrobials from herbs, spices, and plants. In *Fruits, Vegetables, and Herbs: Bioactive Foods in Health Promotion* (Issue December 2017). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802972-5.00026-3>
- Cafferri, R., Guardini, Z., Bassi, R., & Dall'Osto, L. (2022). Assessing photoprotective functions of carotenoids in photosynthetic systems of plants and green algae. In E. T. Wurtzel (Ed.), *Carotenoids: Biological Functions of Carotenoids and Apocarotenoids in Natural and Artificial Systems* (pp. 53–84). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.mie.2022.04.006>
- Escobar, A., Pérez, M., Romanelli, G., & Blustein, G. (2020). Thymol bioactivity: A review focusing on practical applications. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(12), 9243–9269. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.11.009>
- Estévez, M. (2021). Critical overview of the use of plant antioxidants in the meat industry: Opportunities, innovative applications and future perspectives. *Meat Science*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108610>
- Guillen-poot, M. A., Valencia-chan, L. S., Moo-puc, R. E., Richomme-peniguel, P., Rupasinghe, H. P. V., Manuel, L., Guillen-poot, M. A., Valencia-chan, L. S., Moo-puc, R. E., Richomme-, P., Guillen-poot, M. A., Valencia-chan, L. S., Esther, R., Richomme-peniguel, P., & Rupasinghe, H. P. V. (2022). *Exploring the Potential Health Benefits of Plants and Fruits Traditionally Consumed in the Yucatan Peninsula*. 0–11. <https://doi.org/10.29011/2574-7568.010111>
- Kachur, K., & Suntres, Z. (2020). The antibacterial properties of phenolic isomers, carvacrol and thymol. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(18), 3042–3053.





- <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1675585>
- López Herrera, M., Aurelia, M., Lorca, R., Antonio, J., Reyes, O., Mex, E., Guadalupe, J., Magaña, M., Ángel, M., García, S., Roberto, J., & Vázquez, S. (2008). Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, 46(2), 205–2015.
- Luis, A., Gil, N., Amaral, M. E., & Duarte, A. P. (2012). *Antioxidant activities of extracts from Acacia melanoxyton , Acacia dealbata and Olea europaea and alkaloids estimation. July 2014.*
- Olvera-aguirre, G., Mendoza-taco, M. M., Moo-huchin, V. M., Roque-jim, A., & Armando, G. (2022). Effect of Extraction Type on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Moringa oleifera Lam . Leaves. *Agriculture*, 1–9.
- Olvera-Aguirre, G., Sanginés-García, R., Sánchez-Zarate, A., Ochoa-Flores, A., Segura-Campos, M. R., Vargas-Bello-Pérez, E., & Chay-Canul, A. J. (2023). *Heliyon Using plant-based compounds as preservatives for meat products : A review.* 9(June). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17071>
- Rathod, N. B., Kulawik, P., Ozogul, F., Regenstein, J. M., & Ozogul, Y. (2021). Biological activity of plant-based carvacrol and thymol and their impact on human health and food quality. *Trends in Food Science and Technology*, 116(March), 733–748. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.023>
- Silva, S. A. de N. M., Barros, A. B., Souza, J. M. T., Moura, A. F., Araújo, A. R. de, Mendes, M. G. A., Daboit, T. C., Silva, D. A. da, Araújo, A. J., & Marinho Filho, J. D. B. (2020). Phytochemical and biological prospection of Mimosa genus plants extracts from Brazilian northeast. *Phytochemistry Letters*, 39(July), 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2020.08.010>
- Šimat, V., Čagalj, M., Skroza, D., Gardini, F., Tabanelli, G., Montanari, C., Hassoun, A., & Ozogul, F. (2021). Sustainable sources for antioxidant and antimicrobial compounds used in meat and seafood products. *Advances in Food and Nutrition Research*, 97, 55–118. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.03.001>
- Solís-Salas, L. M., Sierra-Rivera, C. A., Cobos-Puc, L. E., Ascacio-Valdés, J. A., & Silva-Belmares, S. Y. (2021). Antibacterial potential by rupture membrane and antioxidant capacity of purified phenolic fractions of Persea americana leaf extract. *Antibiotics*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050508>



## MEJORAMIENTO DE LA FERTILIDAD QUÍMICA EDAFICA A TRAVÉS DEL CULTIVO INTERCALADO DE *Canavalia ensiformis* L. EN CAÑA DE AZÚCAR

### IMPROVEMENT OF SOIL CHEMICAL FERTILITY THROUGH INTERCROPPING OF *Canavalia ensiformis* L. IN SUGARCANE

<sup>1</sup>Ruiz Acosta S del C; <sup>2</sup>Salvador Morales P; <sup>1,3</sup>Sánchez Hernández R; <sup>3</sup>Galindo Alcántara A, <sup>3</sup>Gayosso Rodríguez S

Tecnológico Nacional de México, Campus Tecnológico de la zona Olmeca (ITZO). Prolongación Ignacio Zaragoza S/N Villa Ocuiltzapotlán, Centro, Tabasco. C.P. 86270, México.

\*Autor para correspondencia: [rufo.sh@zolmeca.tecnm.mx](mailto:rufo.sh@zolmeca.tecnm.mx)

#### RESUMEN

La caña de azúcar es un cultivo importante para la economía del país. Sin embargo, también produce importantes volúmenes de biomasa, que se traducen en la remoción de nutrientes y pérdida de materia orgánica del suelo (MOS), lo que provoca una rápida degradación de los suelos cañeros. Por ello, es necesaria la incorporación de prácticas agronómicas que contribuyan a prolongar la fertilidad edáfica en este cultivo. Una alternativa es intercalar leguminosas de coberteras dentro de la plantación de caña de azúcar, con la finalidad de aprovechar los beneficios de estas plantas, como fijadores de nitrógeno e incrementar los contenidos de MOS y de otros nutrientes. Por lo anterior, se desarrolló una investigación con el objetivo de evaluar el efecto del intercalado de *Canavalia ensiformes* en el cultivo de la caña de azúcar, sobre el incremento de los niveles de la fertilidad química edáfica. Para ello, se intercalaron *Canavalia ensiformes* con la caña de azúcar, antes de la floración (95 días), las plantas se arrancaron y se incorporaron al suelo en dosis equivalentes a 0, 20, 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> de abono verde. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. A los 30, 60 y 90 días después de la incorporación se evaluaron las variables: materia orgánica del suelo (MOS), concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Se concluye que las incorporaciones de abono verde de *Canavalia ensiformes* favorecen el suministro de nutrientes en el corto plazo. En específico, después de 30 días del aporte, incrementa los porcentajes de MOS y Nt, aunque estos niveles declinan después de los 90 días. Los cambios en las variables P, K, Ca y Mg solo se registran en dosis de 30 y 40 t ha<sup>-1</sup>.

**Palabras claves:** Cultivos de cobertera, abonos verdes, *Saccharum officinarum* L., fertilidad química edáfica, mineralización.

#### INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es una gramínea altamente productiva, que se cultiva principalmente para la producción de sacarosa, melaza, etanol y energía (Gómez-Merino, 2017). En México se cultiva en 22 entidades, en una superficie de 865,310 hectáreas, que generan una producción de 53, 841,557 toneladas. Para el buen desarrollo de la caña de azúcar, se requieren suelos con adecuados niveles de materia orgánica (MOS), buena estructura, pH neutro, climas cálidos, un adecuado suministro hídrico, así como un buen suministro de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) durante el crecimiento y desarrollo de las plantas (Salgado-García, *et al.* 2014; Naranjo Landero, *et al.* 2020). Sin embargo, una problemática que registran los suelos cultivados con caña de azúcar, es la rápida degradación que causan la erosión, la remoción de nutrimentos, la compactación del suelo y la pérdida de la materia orgánica debido al escaso reciclaje de rastrojos (Renté-Martí *et al.* 2018). En algunos sistemas productivos se ha propuesto como alternativa para mejorar la producción, el uso intercalado de coberteras (Naranjo Landero *et al.*, 2020), estos abonos suprimen el crecimiento de malezas, incrementan los contenidos de materia orgánica, la actividad biológica y la disponibilidad de nutrientes, además de que mejoran las propiedades físicas del suelo (Alonso y Ferrer 2014). Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios que provoca el uso de coberteras verdes (*Saccharum officinarum* L.) en la fertilidad y contenidos de MOS en un suelo cultivado con caña de azúcar.



## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el poblado C-11 Gral. José María Morelos y Pavón, del municipio de Cárdenas, Tabasco, México (17° 59' N; 93° 33' O), a una altura de 10 msnm. La temperatura media anual del sitio de estudio es de 26.5°C. De acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (2004), el clima corresponde a un cálido húmedo tropical lluvioso (Amw). De acuerdo al sistema de la WRB 2015, el suelo fue clasificado como un chromic Vertisols gleyic.

En una primera etapa, se cultivó *Canavalia ensiforme* como fuente de abono verde dentro de las parcelas experimentales cultivadas con caña de azúcar. Las plantas se cosecharon e incorporaron a los 95 días después de la siembra, antes de registrar la etapa de floración, para ello se arrancaron las plantas y se incorporaron al suelo mediante herramientas manuales, en dosis equivalentes a 0, 20, 30 y 40 t ha<sup>-1</sup>. Esos niveles correspondieron a los tratamientos 1, 2, 3 y 4, en donde el tratamiento 1 fue considerado como el tratamiento control. Después de los 30, 60 y 90 días de la incorporación de los abonos al suelo, se colectaron muestras y analizaron las siguientes variables: materia orgánica del suelo (MOS) y las concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Los datos obtenidos se procesaron a través de un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) mediante el programa estadístico SAS (SAS, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del experimento muestran un efecto positivo de *Canavalia ensiformis* sobre las variables indicadoras de la fertilidad del suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del aporte de *Canavalia ensiformes* sobre variables indicadoras de la fertilidad de un suelo vertisol cultivado con caña de azúcar en Tabasco, México.

Tratamientos (t ha <sup>-1</sup> )	MO -----	Nt (%) -----	P -----	K -----	Ca (mg kg <sup>-1</sup> ) -----	Mg -----
<b>30 días</b>						
40	4.9±0.10a	0.27±0.011a	5.3±0.25a	1.19±0.00a	66.76±0.23a	5.20±0.02a
30	4.8±0.08a	0.25±0.008ab	5.0±0.25ab	1.11±0.11ab	60.29±0.63a	5.07±0.14a
20	4.5±0.29a	0.25±0.007b	4.7±0.50ab	0.94±0.08b	62.22±1.68a	3.40±0.18b
0	3.4±0.01b	0.24±0.002b	4.2±0.40b	0.64±0.04c	61.29±0.01a	3.18±0.09b
<b>60 días</b>						
40	4.0±0.07a	0.31±0.007a	6.0±0.11a	1.09±0.02a	58.10±5.95a	3.75±0.04a
30	3.8±0.07ab	0.30±0.011ab	5.7±0.21a	1.02±0.07a	60.70±2.62a	3.68±0.03a
20	3.5±0.21b	0.29±0.004b	5.0±1.25ab	0.82±0.04b	56.58±0.83a	3.59±0.11a
0	3.5±0.27b	0.24±0.002c	4.1±0.15b	0.59±0.05c	55.40±1.36a	3.59±0.07a
<b>90 días</b>						
40	4.2±0.08a	0.35±0.003a	6.4±0.32a	1.31±0.03a	65.57±1.25a	3.65±0.00a
30	3.8±0.22ab	0.30±0.045ab	6.0±0.28a	1.16±0.01b	65.00±1.91a	3.66±0.01a
20	3.7±0.25b	0.28±0.009b	5.7±0.73a	1.03±0.01c	66.47±2.27a	3.63±0.02a
0	3.5±0.06b	0.24±0.005b	4.2±0.15b	1.03±0.01c	56.87±1.60b	3.50±0.07b

Después de 30 días de integrar la fuente orgánica, en los tratamientos se detectaron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables evaluadas, excepto en Ca, dichas diferencias se mantuvieron hasta los 60 y 90 días después de la incorporación de los residuos. Los tratamientos que mayores diferencias manifestaron fueron aquellos que recibieron mayores dosis de abonamiento (30 y 40 t ha<sup>-1</sup>).

Se observa que después de 30 días de la incorporación de 20, 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> de abonos verdes, la MOS aumenta de 4.5, 4.8 y 4.9 % respectivamente. A los 60 días después de la incorporación, esos aumentos solo se observaron en el tratamiento de 40 t ha<sup>-1</sup> con 4.0 % de MOS, le sigue el tratamiento de 30 t ha<sup>-1</sup> con 3.8 %, en tanto que los menores porcentajes de MOS correspondieron a los tratamientos de 20 y 0 t ha<sup>-1</sup>. Esa misma tendencia se observa hasta los 90 días después del abonamiento.



Con base en antecedentes de investigaciones, la descomposición de las enmiendas orgánica genera cambios en el suelo. De acuerdo con Zwart et al. (2005), la incorporación al suelo de las leguminosas como *Centrosema molle*, *Desmodium ovalifolium*, *Flemingia macrophylla*, permiten aumentarlos porcentajes de MOS. Asimismo, los resultados obtenidos en la investigación son congruentes con los reportados por Hernández de la Cruz et al. (2017), quienes señalan que, al aportar dosis mayores a 40 Mg ha<sup>-1</sup> de un abono orgánico, existen aumentos en los niveles de MOS, los cuales influyen de manera positiva en otras variables como la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y porcentaje de saturación de bases (PSB), además de que mejoran propiedades físicas como la porosidad, conductividad hidráulica, densidad aparente y la compactación, sobre todo debido a que aumenta el tamaño y estabilidad de agregados.

Se observa que, a los 30 días de la incorporación, el nitrógeno total (Nt) solo mostró diferencias estadísticamente significativas en el tratamiento de 40 t ha<sup>-1</sup> con un 0.27 %, una diferencia que se mantiene hasta los 60 y 90 días en el mismo tratamiento de 40 t ha<sup>-1</sup>, con 0.31 y 0.35 % respectivamente. Este aumento en el porcentaje de Nt, también se observaron en las variables P y K, aunque solo en el tratamiento de 40 t ha<sup>-1</sup> se mantienen esos aumentos, esto se debe a una rápida mineralización de la enmienda, que solo se puede mantener esos aumentos a dosis altas en tiempos muy cortos. Como se puede observar, los mayores aumentos de P y K se registraron con abonamientos de 30 y 40 t ha<sup>-1</sup>, con concentraciones de 5.7 y 6 mg kg<sup>-1</sup> para el caso de P, y de 1.02 y 1.09 mg kg<sup>-1</sup> para el caso del K. Se puede observar que el contenido de P varía entre los tres tratamientos que recibieron abonos verdes, con respecto al tratamiento control. Según Watts et al. (2007), el aporte de abonos verdes influye en el aumento de la concentración de Nt, incluso desde los primeros 30 días de su incorporación, esto se debe a que el N es uno de los mayores constituyentes de la biomasa de las leguminosas, por lo que después de la incorporación, la fuente orgánica se descompone y se mineraliza, por lo que se libera el N mineral, provocando con ello un aumento en la concentración de Nt en el suelo, tal a como se registra después de incubar residuos de *Vigna Unguiculata* y medir sus efectos durante 90 días posteriores. De acuerdo con Morón (1994), el P es un elemento que, entre otras fuentes proviene de la descomposición de la MOS, por lo que las incorporaciones de abonos verdes, hay aumentos MOS y, en consecuencia, hay aumentos en el contenido de P. Sin embargo, hay otros nutrimentos como el Ca y Mg, los cuales no aumentaron debido a la incorporación del abono verde de *Canavalia ensiformes*. Aunque otros autores reportan que el aporte de abonos verdes también puede incrementar la concentración de nutrientes como el Calcio y Magnesio (Oo et al. 2013). De acuerdo con Vázquez et al. (2019) el suministro de fuentes orgánicas provoca un rápido incremento de Nt, aunque este se efecto no es duradero, mientras que el aumento de Ca se da gradualmente, alcanzando mayor nivel después de 9 meses del aporte. Al igual que en esta investigación, los mayores incrementos N, P y Na se observan a los 6 meses, mientras que el K no sufre cambios. Según los autores antes mencionados, el aporte de abonos orgánicos altamente lábiles provoca efectos insuficientes para satisfacer los requerimientos del cultivo, así como para mantener un efecto de largo plazo de las condiciones edáficas.

## CONCLUSIONES

La incorporación de abonos verdes de *Canavalia ensiformes*, refleja una alta tasa de descomposición, que permite incrementar los valores de MOS, así como, de N, P, K, Ca y Mg, de igual manera el pH y CE se vieron favorecidos, de acuerdo a lo observado, se infiere que las aplicaciones de canavalia como abono incrementa la disponibilidad de nutrientes en el corto plazo. Se mejoró considerablemente las variables edáficas MOS y nutrientes, así como el pH, cuando se incorporan dosis a partir de 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> del abono, por lo que se recomienda considerar aplicaciones de este como una buena práctica agrícola en el cultivo de Caña de azúcar. Por la velocidad de degradación del abono verde, las mejoras son rápidas pero temporales, por lo que las adiciones deben ser manera periódica.

## AGRADECIMIENTOS

Los colaboradores de la investigación agradecen al Tecnológico Nacional de México, por el financiamiento del proyecto: M00-PR-03-R01 Proyecto (14733): Asociación de cultivos de leguminosas de coberteras y la caña de azúcar para el mejoramiento de la fertilidad edáfica y control de malezas, del cual se generó la presente contribución.



## LITERATURA CITADA

- Alonso, C. N. J. M., Ferrer, M. B. 2014. Mejoramiento de las propiedades de un suelo Ferralítico. *AGRÍCOLA*, 42.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros, No. 6. México, D. F. 90 p.
- Gómez-Merino, F. C. 2017. La diversificación de la agroindustria azucarera como estrategia para México. *Agro productividad*, 10(11).
- Hernández de la Cruz, O. B., Sánchez Hernández, R., Ordaz Chaparro, V. M., López Noverola, U., Estrada Botello, M. A., Pérez Méndez, M. A. 2017. Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 8: 1273-1285.
- Morón, A. 1994. Fósforo: disponibilidad y dinámica en el suelo. En *Manejo y fertilidad de suelos*. Ed. INIA. Montevideo, Uruguay. p. 27.
- Naranjo Landero, S., Obrador Olán, J. J., García López, E., Valdez Balero, A., & Domínguez Rodríguez, V. I. 2020. Arvenses en un suelo cultivado con caña de azúcar con fertilización mineral y abono verde. *Polibotánica*, (50), 119-135.
- Oo, A.N., Iwai, C.B., Saenjan, P. 2013. Soil properties and maize growth in saline and nonsaline soils using cassava industrial waste compost and vermicompost with or without earthworms. *Land Degradation and Development*. 26 (3): 300-310.
- Renté-Martí, O., Nápoles-García, M. C., Pablos-Reyes, P., & Vargas-Batis, B. 2018. Efecto de Canavalia ensiformis (L). En propiedades físicas de un suelo fluvisol diferenciado en Santiago de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 39(2), 59-64.
- Salgado-García, S. 2014. Qué hacer con la paja de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar. *Agro Productividad*, 7(2), 7(2).
- SAS Institute. 2009. *Satistical Analysis System*. SAS Release 9.1. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Vásquez-Montiel, L., Sánchez-Hernández, R., Valdés-Velarde, E., Mendoza-Palacios, J. D. D., López-Noverola, U., Escamilla-Prado, E. 2019. Cambios edáficos provocados por el uso de abonos de origen natural en una región cafetalera de Veracruz, México. *Terra Latinoamericana*, 37(4): 351-359.
- Watts, D.B., Torbert H. y Prior, S.A. 2007. Mineralization of nitrogen in soils amended with dairy manure as affected by wetting/drying cycles. *Comm. Soil Science. Plant Anal.* 38: 2103-2116. Do10.1080/00103620701548860.
- Zwart, M.A., Rojo, J.M., de la Cruz, R. Yeomans, J. 2005. Coberturas y la salud del suelo. *Tierra Tropical*. 1 (1): 9-20.



# Ganadería





## EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN PASTOS TROPICALES

### EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON PROFILE OF FATTY ACIDS IN TROPICAL GRASSES

Acosta-Balcazar I.C.<sup>1\*</sup>; Granados-Rivera LD.<sup>2</sup>; Granados-Zurita L.<sup>3</sup>; Bautista-Martínez Y.<sup>1</sup> y Guiot-García J.D.<sup>4</sup> \*; Quiroz-Valiente J.<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. General Terán, Nuevo León, México.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. Huimanguillo, Tabasco, México.

<sup>4</sup>Grupo Papalotla, S.A. de C.V. Ciudad de México, México.

\*Autor para correspondencia: [a2213058001@alumnos.uat.edu.mx](mailto:a2213058001@alumnos.uat.edu.mx)

#### RESUMEN

El perfil de AG de los pastos está sujeto a diversos factores como la especie, la época del año, la edad de rebrote, la fertilización nitrogenada, la intensidad de la luz y la temperatura ambiental. Por lo que el presente trabajo tuvo el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en la concentración de ácidos grasos de las gramíneas. Para ello, se utilizaron cuatro parcelas de 100 m<sup>2</sup> c/u, para las especies; *Cayman blend*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, y *Megathyrsus maximus*. Las parcelas se dividieron en dos subparcelas y sólo una de ellas se fertilizó. Los muestreos se realizaron 21 días después de la fertilización, donde se tomaron tres muestras por cada subparcela con la ayuda de un cuadro de 0.25 m<sup>2</sup>. El perfil lipídico de las muestras se hizo por medio de cromatografía de gases y para el análisis estadístico de los resultados se utilizó un diseño de parcelas divididas con arreglo factorial 4 x 2, mediante el procedimiento GLM del programa estadístico SAS 9.0. Se encontraron diferencias significativas (P=0.05) respecto a la especie y a los tratamientos. La concentración del ácido palmítico fue mayor en el pasto *B. Decumbens* (32.75 g/100g de AG), mientras que en el pasto *Cayman Blend* se presentó la mayor concentración de ácido  $\alpha$ -linolénico (37.27 g/100 de AG). Además, los pastos fertilizados presentaron mayores concentraciones de palmítico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico (29.98, 25.95 y 34.55 g/100g de AG, respectivamente). Con la fertilización nitrogenada se estimula la síntesis de componentes metabólicos y se puede incrementar hasta un 37% la concentración el ácido  $\alpha$ -linolénico.

**Palabras claves:** *Palmítico, Linoleico,  $\alpha$ -Linolénico, Gramíneas.*

#### INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción bovina, la alimentación depende principalmente de los forrajes, ya que éstos son el sustento más abundante, económico y aportan casi el 90% de los nutrientes que los animales necesitan para producir carne y leche (Ruiz, 2011 y Livas, 2014).

Respecto al ganado lechero, la región tropical ofrece las mejores perspectivas para incrementar la producción de leche en el país (Zárate *et al.*, 2010); debido a la alta producción de biomasa que se tiene en ésta región, en particular gramíneas. Esto permite producir leche con pocos insumos y bajos costos (Calderón *et al.*, 2007). Sin embargo, la calidad y cantidad del forraje no es homogénea a través del año, debido a que en los meses de menor temperatura se presenta una disminución en el forraje producido y, hacia el verano una disminución en la calidad nutricional, afectando la calidad y composición de la leche (Acosta, 2018).

La importancia del consumo de pasto en vacas lecheras no sólo radica por el contenido de proteína y fibra que puede aportar a la alimentación, también, por el contenido de ácidos grasos (AG) que aportan. Con el consumo de pastos frescos se puede incrementar la cantidad de grasa y el contenido de AG polinsaturados, mejorando la calidad nutritiva de la misma (Rivera *et al.*, 2012).



Los lípidos en los forrajes presentan un rango de entre 30 a 100 g/kg de MS, los cuales se encuentran en su mayoría en los cloroplastos. Existen cinco AG de mayor proporción, y aproximadamente, el 95% consiste en Palmítico, Linoleico y  $\alpha$ -linolénico (León *et al.*, 2011). Asimismo, Morales *et al.* (2018) mencionan que la porción del ácido  $\alpha$ -linolénico está entre el 50 y 75% del total de AG.

Sin embargo, el perfil de AG de los pastos está sujeto a diversos factores como la especie, la época del año, la edad de rebrote, la fertilización nitrogenada, la intensidad de la luz y la temperatura ambiental (Mojica *et al.*, 2017). La fertilización nitrogenada estimula la producción de materia seca, incrementa la cantidad de hojas y estimula la síntesis de componentes metabólicos como la proteína cruda (León *et al.*, 2011). Además, se puede incrementar hasta un 26% la concentración total de AG y, un 18, 12 y 40 % la concentración de los ácidos palmítico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico, respectivamente (Boufaïed *et al.*, 2003, Acosta *et al.*, 2022). Con respecto a la especie y variedad del pasto, Kalac y Samkova (2010) mencionan que las leguminosas forrajeras contienen más AG insaturados y ácidos grasos nutricionalmente beneficiosos, mientras que Morales *et al.* (2010) afirman que la concentración de AGP es mucho mayor en gramíneas debido a los lípidos se encuentran en los cloroplastos foliares, por lo que, un alto consumo de hojas podría asegurar un mayor consumo de  $\alpha$ -linolénico.

Debido a lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de los ácidos palmítico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico en cuatro especies de gramíneas en el trópico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar y área de estudio

El estudio se realizó en un rancho privado ubicado en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México (17°38'38.2" N; 93°23'36.9" O; 20 msnm). Se utilizaron cuatro parcelas de 100 m<sup>2</sup> c/u, una por cada especie forrajera a evaluar; *Cayman blend*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, y *Megathyrsus maximus*.

Las parcelas se dividieron en dos subparcelas, una de ellas se fertilizó (con la fórmula 150N-60F-00P) y la otra quedó como subparcela testigo, teniendo dos tratamientos (fertilizado=F y no fertilizado=NF). El día de fertilización, se tomó como el día 1 del estudio.

### Muestreo

Se tomaron tres muestras por cada subparcela con la ayuda de un cuadro de 0.25 m<sup>2</sup> a los 21 días después de la fertilización. Las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60°C por 48 h y molidas en un molino (WILLEY, USA) utilizando una malla de 1 mm.

### VARIABLES A EVALUAR

Concentración (g/100g de AG) de los ácidos palmítico (C16:0), linoleico (C18:2n6c) y  $\alpha$ -linolénico (C18:3n3) en los pastos.

### Análisis de laboratorio

El análisis del perfil de AG se realizó a través de cromatografía de gases en dos etapas: 1. Extracción de AG siguiendo las metodologías de Folch (1956), Palmquist y Jenkins (2003) y Jenkins (2010) y, 2. Cuantificación de los metil ésteres de AG utilizando un cromatógrafo Hewlett Packard 6890 con inyector automático con una columna capilar de sílice (100 m x 0.25 mm x 0.20  $\mu$ m de grosor, Sp-2560, Supelco). La identificación de los ácidos grasos se realizó comparando los tiempos de retención de cada pico obtenido en el cromatograma, utilizando un estándar de 37 componentes de metil ésteres de ácidos grasos (Sigma-Aldrich).

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con arreglo factorial 4 x 2. El factor A, tipo de pasto ( $a_1$ =*Cayman blend*,  $a_2$ =*Brachiaria decumbens*,  $a_3$ =*Brachiaria humidicola*,  $a_4$ =*Megathyrsus maximus*) y el factor B, nivel de fertilización ( $b_1$ = 0 kg ha<sup>-1</sup>;  $b_2$ = 150 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). Las variables de respuesta se analizaron estadísticamente con el procedimiento GLM del programa estadístico SAS 9.0 (2002) y la comparación de medias se realizó a través de la prueba de Tukey (P = 0.05). El modelo utilizado fue el siguiente:



$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ij}$$

Donde,

$Y_{ij}$  =Variable respuesta

$\mu$ =Media general

$\alpha_i$ =Efecto del tipo de pasto en su nivel i

$\beta_j$ =Efecto de la fertilización en su nivel j

$(\alpha\beta)_{ij}$ =Efecto de la interacción  $\alpha\beta$  en el nivel i,j

$e_{ij}$ =Error aleatorio

## RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas ( $P=0.05$ ) respecto a la especie y a los tratamientos. La concentración del ácido palmítico fue mayor en el pasto *B. decumbens* (Tabla 1), lo que significó el 8.05, 19.04 y 35.21% más que el *B. humidicola*, *M. maximus* y *Cayman blend*, respectivamente. El linoleico tuvo mayor concentración en el pasto *M. maximus*, es decir, 0.07, 12.94 y 44.50% más respecto a *B. humidicola*, *B. decumbens* y *Cayman blend*. Y el pasto *Cayman Blend* tuvo la mayor concentración de ácido  $\alpha$ -linolénico, es decir 19.72, 28.88 y 31.46% más que en *B. decumbens*, *M. maximus* y *B. humidicola* (Tabla 1).

**Cuadro 1. Producción de ácidos palmítico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico (g/100g de AG) en gramíneas tropicales con y sin fertilización.**

Variables	Especies				Tratamientos				P- Values Past x Trat
	<i>Cayman blend</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Brachiaria humidicola</i>	<i>Megathyrus maximus</i>	EEM	F	NF	EEM	
	g/100g de AG								
<b>Palmitico(C18:0)</b>	24.22 <sub>d</sub>	32.75 <sub>a</sub>	30.31 <sub>b</sub>	27.51 <sub>c</sub>	0.86	29.98 <sub>a</sub>	27.42 <sub>b</sub>	0.86	0.069
<b>Linoleico (C18:2n6c)</b>	17.39 <sub>c</sub>	22.25 <sub>b</sub>	25.11 <sub>a</sub>	25.13 <sub>a</sub>	1.12	25.95 <sub>a</sub>	18.99 <sub>b</sub>	1.12	<.0001
<b><math>\alpha</math>-Linolénico (C18:3n3)</b>	37.27 <sub>a</sub>	31.13 <sub>b</sub>	28.35 <sub>b</sub>	30.83 <sub>b</sub>	0.99	34.55 <sub>a</sub>	29.23 <sub>b</sub>	0.99	0.004

EEM Error estándar de la media; Past Pasto; Trat Tratamiento.

De acuerdo con el tratamiento, los pastos fertilizados tuvieron 9.33, 36.65 y 18.20 % más contenido de palmítico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico, respectivamente, que los no fertilizados (Tabla 1). Y, los incrementos en la concentración de linoleico ( $P<.0001$ ) y  $\alpha$ -linolénico ( $P=0.004$ ) en las cuatro especies se debieron al efecto de la fertilización nitrogenada.

## Discusión

Los pastos proporcionan lípidos y AG esenciales a las dietas de los rumiantes. Se localizan principalmente en los cloroplastos de las hojas y su concentración varía según la planta y los factores ambientales como la senescencia, la etapa de crecimiento, la época del año, la fertilización, la intensidad de luz y la temperatura ambiental, el método de conservación, la sombra, entre otros (Boufaïed *et al.*, 2003, Mir *et al.*, 2006 y Mojica *et al.*, 2017).

Existen cinco AG de mayor importancia desde el punto de vista nutricional; palmítico, esteárico, oleico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico. Morales *et al.* (2018) mencionan que la porción en grasa de los AG linoleico y  $\alpha$ -linolénico es de 95 % y, de éste, entre el 50 y el 75 % pertenece al  $\alpha$ -linolénico. Sin embargo, para éste trabajo, el  $\alpha$ -linolénico sólo presentó mayor concentración en las especies *Cayman blend* y *Megathyrus maximus*, ya que para las *Brachiarias decumbens* y *humidicola* fue el palmítico. La temperatura influye en la concentración del ácido palmítico, ya que a mayor temperatura se presenta un mecanismo de adaptación que reduce la fluidez de las membranas en las células de las plantas para disminuir su evapotranspiración en ambientes en el cual se ve afectado el ácido  $\alpha$ -linolénico (Mojica *et al.*, 2017).

Generalmente, las hojas tienen concentraciones más altas de AG que los tallos y las plantas más jóvenes tienen mayor concentración de AG que las plantas más viejas; por lo tanto, el manejo de los



pastos juega un papel importante en la composición de AG de los pastos (Elgersma *et al.*, 2015). Respecto a al tipo de pasto, Kalac y Samkova (2010) mencionan que las leguminosas forrajeras, proporcionan mayor contenido de AG insaturados y nutricionalmente beneficiosos a las vacas que los ensilajes o henos. Mientras que, Morales *et al.* (2010) afirman que la concentración de  $\alpha$ -linolénico es mayor en gramíneas, esto debido a que los lípidos se posicionan en los cloroplastos foliares, principalmente, y las gramíneas se caracterizan por tener mayor cantidad de material vegetativo.

La importancia de conocer la concentración de los ácidos linoleico y  $\alpha$ -linolénico en los pastos es que éstos ácidos grasos son los precursores del ácido linoleico conjugado (ALC) el cual ha sido asociado a efectos benéficos en la salud humana como la prevención de la obesidad y el cáncer (Granados-Rivera *et al.*, 2017). La concentración de linoleico y  $\alpha$ -linolénico aumentará de acuerdo a las técnicas de manejo que promueven un rápido crecimiento vegetativo como la fertilización nitrogenada. (Walker *et al.*, 2004). Elgersma *et al.* (2005) registraron incrementos significativos de los ácidos palmítico (18 %), linoleico (12 %) y  $\alpha$ -linolénico (40 %) en los pastos fertilizados; para éste trabajo el mayor incremento se dio en el ácido linoleico, seguido del  $\alpha$ -linolénico y el palmítico.

El nitrógeno produce cambios en las características estructurales y morfológicas de los pastos (De Andrade *et al.*, 2016), es decir, se logra incrementar la cantidad de hojas y se estimula la síntesis de componentes metabólicos entre los que se incluyen la clorofila y la proteína de la hoja. Además, provoca mayor síntesis y acumulación de lípidos en la planta y aumenta la cantidad de AG dentro del contenido celular (León *et al.*, 2011 y Boufaïed *et al.*, 2013).

Cabe señalar que el efecto de la fertilización nitrogenada dependerá de la fertilidad del suelo, de la concentración y balance de los otros nutrientes y de las condiciones climáticas (Gachetá, 2019). Por ello es importante seguir realizando investigaciones donde se analicen los efectos de los factores estacionales y ambientales sobre las concentraciones de AG en los pastos.

## CONCLUSIÓN

La fertilización nitrogenada altera de forma positiva el perfil de ácidos grasos de los pastos e incrementa los contenidos de los ácidos palmítico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico entre un 9 y 37%. La especie *Brachiaria Decumbens* presentó mayor contenido de ácido palmítico, mientras que, en el *Cayman blend* se produjo mayor concentración de  $\alpha$ -linolénico. Con base en estos resultados, realizar una fertilización nitrogenada ayudaría a incrementar la concentración de ácidos grasos insaturados en el pasto, lo cual, podría ayudar a mejorar el perfil lipídico de la leche o carne de rumiantes que consuman estos pastos.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca (CVU:737742) del primer autor.  
Al Grupo Papalotla, S.A. de C.V. por el financiamiento parcial de ésta investigación.

## Bibliografía

- Acosta-Balcazar, I. C. 2018. Perfil de ácidos grasos y calidad fisicoquímica de la leche en una región tropical. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados. 100p.
- Acosta Balcazar, I. C., Granados Rivera, L. D., Salinas Chavira, J., Estrada Drouaillet, B., Albarrán, M. R., and Bautista Martínez, Y. 2022. Relationship between the composition of lipids in forages and the concentration of conjugated linoleic acid in cow's milk: A review. *Animals*, 12(13), 1621.
- Boufaïed, H., Chouinard, P. Y., Tremblay, G. F., Petit, H. V., Michaud, R., and Bélanger, G. 2003. Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of Animal Science*, 83(3), 501-511.
- Calderón, R. R. C., Hernández, V. J. O., Olazarán, J. S., Ramírez, G. J. J. M., Rosete, F. J. V., Ríos, U. A., ... y Lagunes, L. J. 2007. Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Sitio Experimental Las Margaritas. Campo Experimental La Posta. INIFAP. CIRGOC. Puebla, México. Libro Técnico, 18.
- Barbosa, H. Z., Gerdes, L., Giacomini, A. A., Batista, K., de Mattos, W. T., Premazzi, L. M. N., and de Vasconcellos Miguel, A. N. 2017. The utilization of tropical legumes to provide nitrogen to pastures: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 12(2), 85-92.



- Elgersma, A., Maudet, P., Witkowska, I. M., and Wever, A. C. 2005. Effects of nitrogen fertilisation and regrowth period on fatty acid concentrations in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Annals of Applied Biology*, 147(2), 145-152.
- Elgersma, A. 2015. Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. *European journal of lipid science and technology*, 117(9), 1345-1369.
- Folch, J., and LeBaron, F. N. 1956. The chemistry of the phosphoinositides. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 34(2), 305-319.
- Gacheta Sánchez, J. C. 2019. Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica y química sobre la producción y calidad de pastos en Guatavita Cundinamarca. Facultad de Agronomía.
- Granados-Rivera, L. D., Hernández-Mendo, O., Maldonado-Jaquez, J. A., Bautista-Martínez, Y., Granados-Zurita, L., and Quiroz-Valiente, J. 2017. The trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid in the nutrition of lactating cows. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 16(2), 1-11.
- Jenkins, T. C. 2010. Common analytical errors yielding inaccurate results during analysis of fatty acids in feed and digesta samples. *Journal of Dairy Science*, 93(3), 1170-1174.
- Kalač, P., and Samková, E. 2010. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal of Animal Science*, 55(12), 521-537.
- León-Caviedes, J. M., Pabón-Restrepo, M. L., and Carulla-Fornaguera, J. E. 2011. Pasture traits and conjugated linoleic acid (CLA) content in milk. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24, 63-73.
- Livas C., F. 2014. Estrategias de alimentación para ganado bovino en las regiones tropicales. BM Editores. Publicado en línea el 27 de noviembre de 2015.
- Mir, P. S., Bittman, S., Hunt, D., Entz, T., and Yip, B. 2006. Lipid content and fatty acid composition of grasses sampled on different dates through the early part of the growing season. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(2), 279-290.
- Mojica-Rodríguez, J. E., Castro-Rincón, E., Carulla-Fornaguera, J., y Lascano-Aguilar, C. E. 2017. Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 217-232.
- Morales-Almaráz, E., Soldado, A., González, A., Martínez-Fernández, A., Domínguez-Vara, I., de la Roza-Delgado, B., and Vicente, F. 2010. Improving the fatty acid profile of dairy cow milk by combining grazing with feeding of total mixed ration. *Journal of Dairy Research*, 77(2), 225-230.
- Morales-Almaráz, E., Domínguez-Vara, I. A., Mejía-Urbe, L. A., Cruz-Monterrosa, R. G., Jiménez-Guzmán, J., and Vieyra-Alberto, R. 2018. Effect of the diet type on the composition of fatty acids in cow milk. *Agroproductividad*, 11(11).
- Palmquist, D. L., and Jenkins, T. C. 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of animal science*, 81(12), 3250-3254.
- Rivera Herrera, J.E., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tafur, O., Arenas, F., Chará, J.D. and Murgueitio, E. 2012. Calidad y cantidad de leche bovina producida bajo sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) en Colombia. ResearchGate. 12p.
- Ruiz P., R. 2011. Producción de leche basada en pastos y forrajes tropicales. *Ciencia y Tecnología Ganadera*. 5: 1-21.
- SAS Institute Inc. 2002. Base SAS® 9.0 Procedures Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Walker, G., Doyle, P., Heard, J., and Francis, S. 2004. Fatty Acid Composition of Pastures. *Animal Production in Australia*, 25, 192-195.
- Zárate J., M. P., Esqueda E., V. A., Vinay V., J. C. y Jácome M., S. M. 2010. Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 21: 255-265.





## IDENTIFICACIÓN MOLECULAR Y FACTORES ASOCIADOS A INFECCIONES POR HEMOPARÁSITOS EN GANADO BOVINO DE LA SUBREGIÓN SIERRA DE TABASCO, MÉXICO

### MOLECULAR IDENTIFICATION AND ASSOCIATED FACTORS TO HEMOPARASITE INFECTIONS IN CATTLE FROM THE SUBREGION SIERRA IN TABASCO, MEXICO

<sup>1</sup>Salazar Tapia AA, <sup>1</sup>Torres Chablé OM, <sup>2</sup>González Garduño R, <sup>1</sup>Zaragoza Vera CV, <sup>1</sup>Arjona Jiménez G, y <sup>1\*</sup>Zaragoza Vera M.

<sup>1</sup>Laboratorio de Enfermedades Tropicales y Transmitidas por Vectores, División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Unidad Regional Universitaria Sursureste, Universidad Autónoma Chapingo, km 7.5 Carretera Teapa-Vicente Guerrero, Teapa, Tabasco, México.

\*Autor para correspondencia: [maritza.zaragoza@ujat.mx](mailto:maritza.zaragoza@ujat.mx)

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue identificar molecularmente y describir los factores asociados a las infecciones causadas por *Anaplasma* sp. y *Babesia* sp. en bovinos de la subregión Sierra de Tabasco. Se obtuvieron muestras de sangre de 178 animales, distribuidos en 8 unidades de producción pecuaria, en el periodo julio a septiembre de 2021 y se registraron datos para caracterizar las UPP. Se extrajo ADN de la sangre con el procedimiento de extracción mediante sales, se realizó la reacción de PCR, los productos obtenidos se examinaron en geles de agarosa. Se determinó la prevalencia y las variables se asociaron mediante un modelo de regresión logística univariado en el programa estadístico IBM SPSS versión 22. La prevalencia de *A. marginale* en los bovinos estudiados fue de 74.15% (132/178). Las especies *A. centrale*, *A. phagocytophilum* y *A. bovis* no fueron detectadas mediante las pruebas de PCR realizadas en el presente estudio en ninguna de las ocho UPP. De las especies de *Babesia* investigadas tanto *B. bovis* como *B. bigemina* fueron identificadas, ambas con una prevalencia general de 11.23% (20/178). Dentro de los resultados resalta la asociación elevada de animales infectados en ranchos donde solo se efectúa un solo baño garrapaticida al mes (OR= 13.34), aunque las demás variables no presentaron valores de OR que representen una mayor probabilidad de infección. Para concluir la única especie de *Anaplasma* encontrada en el presente estudio fue *A. marginale* con una prevalencia de 74.15%. Las especies de *B. bovis* y *B. bigemina* se encontraron ambas con 11.23% de prevalencia. Los factores asociados deberán ser estudiados más ampliamente para poder definir su asociación a cada una de las infecciones. Las especies *A. centrale*, *A. phagocytophilum* y *A. bovis* no fueron encontradas en el presente estudio.

**Palabras clave:** *Garrapatas, PCR, Anaplasmosis, Babesiosis*

#### INTRODUCCIÓN

Existen entre los bovinos domésticos y salvajes enfermedades causadas por microorganismos hemoparásitos, las cuales son transmitidas por vectores invertebrados. Entre estas enfermedades se encuentran las causadas por bacterias como *Anaplasma*, por protozoarios como *Babesia* y *Theileria*, e inclusive las causadas por virus como el de la leucosis bovina (Verde, 2019). En México solo se han encontrado en la literatura casos reportados de anaplasmosis y babesiosis bovina (Bilgiç et al. 2013, Rodríguez-Vivas et al. 2017).

La anaplasmosis bovina y la babesiosis bovina son enfermedades infecciosas producidas por microorganismos intracelulares que infectan a los eritrocitos (González et al., 2019). Estos microorganismos son transmitidos por ectoparásitos vectores, que infestan a los animales domésticos y salvajes, y en ocasiones a humanos (Zintl et al., 2014; González et al., 2019).

Los signos comunes que caracterizan ambas enfermedades son fiebre, anorexia, anemia, depresión, ictericia y en ocasiones la muerte. En infecciones por anaplasmosis, además de los signos en común,





son evidentes la disminución en la producción de leche y pérdida de peso. Mientras en infecciones por babesiosis, además de los signos comunes se puede también observar hemoglobinemia, hemoglobinuria, abortos y muerte (Jabbar *et al.*, 2015). Sin embargo, se ha demostrado que ambas infecciones frecuentemente coexisten en un solo hospedador (Adjou-Moumouni *et al.*, 2015).

La anaplasmosis es causada por una bacteria del orden de las rickettsias, pertenecientes al género *Anaplasma*. En el ganado bovino es causada más comúnmente por *Anaplasma marginale* y *Anaplasma centrale* (Mosby, 2010).

La babesiosis bovina es producida por microorganismos protozoarios pertenecientes al género *Babesia*. Actualmente, se han reportado seis especies: *B. bigemina*, *B. bovis*, *B. divergens*, *B. major*, *B. jakimovi*, *B. ovata* y *B. caballi* (Cuy-Chaparro *et al.*, 2019). En América, *B. bovis* y *B. bigemina* han sido las únicas reportadas en el continente. Estas dos especies de *Babesia* que infectan a los bovinos domésticos (*Bos taurus* y *Bos indicus*), también han sido reportadas en otras especies de rumiantes como el ciervo de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el bisonte americano (*Bison bison*), el búfalo de agua (*Bubalus bubalis*), y el reno (*Rangifer tarandus*) que habita en grandes áreas de Norteamérica (Mosby, 2010).

La babesiosis bovina es una de las enfermedades transmitidas por garrapatas de mayor importancia en el mundo debido a las pérdidas económicas que esta ocasiona con la disminución de la productividad del ganado, tratamiento de la enfermedad y la pérdida de animales que mueren por la infección (Mamoudou *et al.*, 2017). Las garrapatas consideradas vectores de anaplasmosis y babesiosis pertenecen a la familia Ixodidae y principalmente a los géneros *Dermacentor* y *Rhipicephalus*. De este último, el subgénero *Boophilus* (*B. annulatus*, *B. microplus* y *B. decoloratus*), es el mayormente identificado como vector del patógeno (Amorim *et al.*, 2014). Por lo anterior, las enfermedades provocadas por *Anaplasma sp.* y *Babesia sp.* en los bovinos se mencionan como enfermedades de bovinos transmitidas por garrapatas (bovine tick-borne disease, en inglés) y se considera que tienen una distribución mundial (Bilgiç *et al.*, 2013; Jabbar *et al.*, 2015).

La ganadería bovina es la segunda actividad productiva de mayor importancia en México. Sin embargo, la mayor parte del país se encuentra dentro de las regiones de trópico húmedo y seco, en donde las condiciones ambientales existentes propician la proliferación de garrapatas vectores (INEGI 2017, SIAP 2019).

La magnitud del riesgo dependerá de la región geográfica, la presencia de los agentes etiológicos y vectores, las condiciones socioeconómicas de la unidad de producción y el manejo sanitario del hato (Iriso-Calle *et al.*, 2017). La detección de los agentes etiológicos de *Anaplasma sp.* y *Babesia sp.* mediante técnicas moleculares como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) han contribuido significativamente en la identificación de infecciones y en investigaciones epidemiológicas que involucran vectores y hospederos en diversos ambientes debido a su mayor sensibilidad. Así también, la PCR y otras herramientas moleculares de diagnóstico pueden contribuir en la identificación de infecciones subclínicas de *Anaplasma sp.* y *Babesia sp.* (Mosqueda-Gualito *et al.*, 2012; Amorim *et al.*, 2014; Battilani *et al.*, 2017). El objetivo del presente estudio fue identificar molecularmente y describir los factores asociados a las infecciones causadas por *Anaplasma sp.* y *Babesia sp.* en bovinos de la subregión Sierra de Tabasco.

## MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la subregión Sierra del estado de Tabasco, México, ubicado entre las coordenadas 18° 39' - 17° 19' de latitud Norte, 90° 57' - 94° 8' de longitud Oeste y una altura de 10 msnm. El clima es tropical húmedo con abundantes lluvias en verano (af). La temperatura promedio en la zona es de 26 °C, con mínimas de 15 y máximas de 44 °C y una humedad relativa de 80% (INEGI 2020).

Descripción del muestreo. Se obtuvieron muestras de sangre durante el periodo de julio a septiembre de 2021 en ocho UPP localizadas en la región Sierra del estado de Tabasco. Se colectaron muestras



de bovinos mayores a ocho meses de edad, con diversas características fenotípicas, genotípicas y sistemas de crianza o manejo por parte de los dueños. Además, se colectaron datos relacionados con las UPP y con los animales que integraban cada hato. Cabe mencionar que el número de animales muestreados en cada hato varió dependiendo del número total de animales (de 15 a 35 animales) y de las facilidades proporcionadas por cada propietario para la realización del trabajo en campo, por lo que el tipo de muestreo que se realizó fue por conveniencia (178 muestras).

**Clasificación de las variables colectadas mediante la encuesta.** Una encuesta fue estructurada para recolectar información asociada al ambiente, manejo, genotipo y fenotipo de los bovinos evaluados. La información colectada fue ordenada de la siguiente manera: orografía (zona alta o zona baja), tamaño del hato (pequeño <100 o grande >100), género del animal (macho o hembra), raza (brahman, simbrah, suizo, etc.), garrapatas (presencia o ausencia), moscas (presencia o ausencia), edad del animal en años (1, 2, 3, etc.), frecuencia de baños garrapaticidas y mosquicidas (nunca, semanal, quincenal, mensual). Las variables fueron empleadas para determinar su posible asociación con la presencia de infecciones causadas por hemoparásitos en los bovinos muestreados.

**Toma de muestra de sangre en los bovinos.** Las muestras de sangre fueron colectadas de la vena coccígea de los animales mediante catéteres Vacutainer® y tubos con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) como anticoagulante. Cada muestra fue identificada y colocada en un contenedor de plástico con refrigerantes y transportadas al Laboratorio de Enfermedades Tropicales y Transmitidas por Vectores de la DACA-UJAT, para realizar las determinaciones correspondientes.

**Extracción de ADN genómico a partir de sangre de bovinos.** Para llevar a cabo la extracción del ADN de sangre de los bovinos muestreados se siguió el procedimiento de extracción mediante sales descrito por Miller (1988), modificado por (Torres-Chable et al., 2018).

**Reacción de PCR para identificar ADN de *Anaplasma sp.* y *Babesia sp.*** El ADN obtenido a partir de la sangre de los bovinos muestreados se diluyó para estandarizarlo a 10 ng/μl para realizar la amplificación en igualdad de condiciones.

Los cebadores que se utilizaron para la identificación de ADN de *Babesia sp.* fueron: BJ1 (5'-GTC TTG TAA TTG GAA TGA TGG-3') y BN2 (5'-TAG TTT ATG GTT AGG ACT ACG-3') los cuales amplifican un fragmento de ~ 411 a 452 pb común en todas las especies de *Babesia* (Casati et al, 2006). Los cebadores que se emplearon para detectar ADN de *Anaplasma sp.* fueron: EE1 (5'-TCCTGGCTCAGAACGAACGCTGGCG-3') y EE2 (AGTCACTGACCCAACCTTAAATGGCTG) los cuales amplifican un fragmento ~ 1430-1440 pb del gen 16S rRNA en todas las especies de *Anaplasma* (Yan et al., 2020).

Las reacciones de PCR fueron realizadas empleando 2.5 μl de ADN genómico, 10 pM de cada cebador y 250μM de cada dinucleótido en solución buffer de PCR 1X (20 mM Tris-HCl pH 8.4, 50 mM KCl, 1.5 mM MgCl<sub>2</sub>) en un volumen total de 25 μl. Para la identificación de las especies se emplearon cebadores específicos que pueden ser observados en el **Cuadro 1**, las reacciones de PCR se realizaron siguiendo las indicaciones publicadas para cada cebador (Ybañez et al. 2013; Kawahara et al. 2006; Park et al. 2018).

Cuadro 1. Cebadores específicos para la identificación de las especies de *Babesia* y *Anaplasma* que infectan al ganado bovinos de la región Sierra de Tabasco.



Gen	Cebador	Técnica	Secuencia	Origen	Amplicón
SBP-4	BbSBP-4F1	PCR	F: 5'-AGTTGTTGGAGGAGGCTAAT-3'	<i>Babesia bovis</i>	907pb
	BbSBP-4R1		R: 5'-TCCTTCTCGGCGTCCTTTTC-3'		
	BbSBP-4F2	nPCR	F: 5'-GAAATCCCTGTTCCAGAG-3'		503pb
	BbSBP-4R2		R: 5'-TCGTTGATAACACTGCAA-3'		
RAP-1a	BbigRAP-1a	PCR	5'-GAGTCTGCCAAATCCTTAC-3'	<i>Babesia bigemina</i>	879pb
	BbigRAP-R1a		5'-TCCTCTACAGCTGCTTCG-3'		
	BbigRAP-F2a	nPCR	5'-AGCTTGCTTTCACAACCTCGCC-3'		412pb
	BbigRAP-R2a		5'-TTGGTGCTTTGACCACGACAT-3'		
Msp5	AM-49F1	PCR	5'GTGTTCTCGGGGTACTCCTATGTGAACAAG3'	<i>Anaplasma marginale</i>	547pb
	AM-595R1		5'AAGCATGTGACCGCTGACAACTTAAACAG3'		
	AM-211F2	nPCR	5'AAGCACATGTTGGTAATATTCGGCTTCTCA3'		195pb
	AM-376R2		5'AATTCTCGCATCAAAGACTTGTGGTACTC3'		
16S rRNA	AC1f	PCR	5'-CTGCTTTAATACTGACAGGACTA-3'	<i>Anaplasma centrale</i>	426pb
	AC1r		5'-ATGCAGCACCTGTGTGAGGT-3'		
16S rRNA	AB1f	PCR	5'-CTCGTAGCTTGCTATGAGAAC-3'	<i>Anaplasma bovis</i>	551pb
	AB1r		5'-TCTCCCGGACTCCAGTCTG-3'		

Pb: Pares de bases.

Los productos obtenidos de la PCR (10 µl), se examinaron en geles de agarosa al 1.5% y se compararon con un control positivo a *A. phagocytophilum* y un control positivo de *B. bovis* previamente identificado en el Laboratorio de Enfermedades Tropicales y Transmitidas por Vectores de la DACA-UJAT.

**Análisis estadístico.** Considerando el número total de muestras obtenidas y el número de muestras positivas a cada uno de los patógenos estudiados se determinó la prevalencia general de las infecciones de *Babesia sp.* y *Anaplasma sp.*

Cada una de las variables obtenidas se evaluó individualmente para identificar su posible asociación con la presencia de infecciones por *Babesia sp.* o *Anaplasma sp.* mediante un modelo de regresión logística univariado en el programa estadístico IBM SPSS versión 22. El programa obtuvo los Odds Ratio de cada variable, los cuales fueron considerados significativos cuando se obtuvo un valor de  $P < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se muestrearon un total de 178 animales en ocho unidades de producción (UPP), clasificadas para este estudio en pequeñas a medianas UPP con un número de animales que oscilaron en un rango de 40 a 120 bovinos. El número de muestras de sangre obtenidas y el número total de bovinos por cada UPP se muestra en el Cuadro 2. Se recopilaban también datos de la orografía de la UPP y se clasificó como zona alta (lomas, cerros) o baja (zona inundable). Así como el tipo de producción de bovinos, el cual se clasificó en producción de carne o leche.

Cuadro 2.- Datos generales de las unidades de producción pecuaria (UPP) empleadas en el presente estudio.

UPP	Número de muestras.	Número total de animales	Orografía	Tipo de producción
1	21	90	Alto	Carne
2	25	110	bajo	Carne
3	15	120	Alto	Leche
4	22	75	Alto	Carne
5	29	45	Alto	Carne
6	15	100	Bajo	Leche
7	16	100	Bajo	Leche



8	35	110	Alto	Carne
<b>Total</b>	<b>178</b>	<b>750</b>		

La prevalencia de *A. marginale* en los bovinos estudiados fue de 74.15% (132/178). Datos específicos relacionados con la prevalencia de *A. marginale* de acuerdo a cada una de las variables estudiadas en las UPP se pueden observar en el **Cuadro 3**. Una diferencia numéricamente notable fue encontrada en la variable género la cual se ve influenciada por el bajo número de bovinos machos evaluados.

La anaplasmosis bovina es considerada endémica en México y se ha demostrado mediante diagnóstico serológico que más del 50% de los bovinos de las zonas tropicales y subtropicales se encuentran infectados (Rodríguez et al. 2009). Estudios previos de prevalencia molecular de *A. marginale* mediante PCR en bovinos de Veracruz reportaron 69.2% de prevalencia (Cossío-Bayúgar et al. 1997) y la seroprevalencia reportada en el estado de Yucatán fue de 69.75% (Rodríguez-Vivas et al. 2004), lo cual coincide con lo encontrado en el presente estudio. Otro reporte mediante la evaluación empleando PCR indica 100% de prevalencia en un hato de Nayarit y 36% de prevalencia en un hato de Jalisco (Castañeda-Ortiz et al. 2015). Datos reportados indican que en ganado criado en Colombia la prevalencia detectada mediante PCR se encuentra alrededor de 55% (Jaimes-Dueñez et al. 2018). Además, los estudios filogenéticos de las cepas localizadas en Colombia mostraron una relación cercana con cepas Mexicanas, Venezolanas y Brasileñas, con lo que puede demostrarse que este patógeno tiene una amplia distribución en el continente americano y las cepas muestran un genoma conservado especialmente entre las cepas mexicanas y brasileñas (Martínez-Ocampo et al. 2020).

En cuanto a los factores asociados a la infección de *A. marginale* en ganado de la región Sierra de Tabasco, se determinó que el ganado criado para la producción de carne presentó casi dos probabilidades más de ser infectado que el ganado para producción de leche, y los machos presentaron tres veces más probabilidades de ser infectados que las hembras. Sin embargo, el bajo número de machos muestreados podría estar afectando este resultado, que deberá ser evaluado con un mayor número de animales en futuros estudios. Al respecto los factores asociados en UPP de Yucatán fueron mantener cargas mayores a un animal por hectárea (OR= 10.94) y el uso de piretroides (OR= 3.8), mientras que la frecuencia de los baños de inmersión, y el uso de instrumentos veterinarios como agujas, tatuadoras, descornadoras, y guantes no fueron asociados a la infección causada por *A. marginale* (Rodríguez-Vivas et al. 2004). Similarmente, el tipo de producción para carne y la estación húmeda fueron los factores asociados a la infección en bovinos de Colombia (Jaimes-Dueñez et al. 2017). Se ha determinado que *A. marginale* es transmitida por *Dermacentor andersoni*, *Dermacentor variabilis* y especialmente, por *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Brayton 2012). No obstante, las moscas de establo *Stomoxys calcitrans* alojan *A. marginale* y al parecer son un acarreador mecánico en establos libres de garrapatas favoreciendo la circulación y mantenimiento del microorganismo en los hatos (Bautista et al. 2018).

Cuadro 3.- Evaluación de la asociación de las variables estudiadas a la infección causada por *A. marginale* en bovinos de la zona Sierra de Tabasco.

Variable	PCR +	PCR-	Total	Prevalencia	OR	IC (P<0.05).
<b>Tipo de producción</b>						
Carne	102	30	132	77.27%	1.81	0.87-3.76
Leche	30	16	46	65.21%	0.55	0.26-1.16
<b>Orografía</b>						
Zona alta	92	30	122	75.40%	1.2	0.6-2.49
Zona baja	40	16	56	71.42%	0.81	0.4-1.66
<b>Género</b>						
Hembras	123	45	168	73.21%	0.3	0.03-2.46
Machos	9	1	10	90%	3.29	0.4-26.72
<b>Frecuencia de baños</b>						
1 por mes	34	10	44	77.27%	1.2	0.56-2.78



2 por mes	98	36	134	73.13%	0.8	0.35-1.78
-----------	----	----	-----	--------	-----	-----------

OR: Odds Ratio, IC: Intervalo de confianza.

Las especies *A. centrale*, *A. phagocytophilum* y *A. bovis* no fueron detectadas mediante las pruebas de PCR realizadas en el presente estudio en ninguna de las ocho UPP. A pesar que *A. centrale*, *A. phagocytophilum* y *A. bovis* han sido reportadas en rumiantes de varias partes del mundo (Kawahara *et al.* 2006; Ybañez e Inokuma 2016), estas no fueron detectadas mediante las pruebas de PCR realizadas en el presente estudio en ninguna de las ocho UPP estudiadas.

Los resultados de prevalencia y asociación de variables con la infección de *B. bigemina* en los bovinos estudiados puede observarse en el **Cuadro 4**.

Con respecto a la infección causada por *B. bigemina* en los animales estudiados, resalta una mayor asociación en animales criados bajo el sistema de producción de carne y en aquellos que pertenecen a zonas altas. La variable tipo de garrapaticida que se emplea en cada UPP fue encuestada durante el presente estudio. Sin embargo, fue descartada debido a que en todas se emplea amitraz como sustancia activa (solo una de las UPP emplea el amitraz combinado con coumafos). Por lo cual, prácticamente en todas las UPP el uso de amitraz es común y no existe otra familia de garrapaticida con la cual puedan compararse los resultados obtenidos. Similarmente, la variable edad fue descartada debido a que en muchos animales esta variable no era conocida de acuerdo a los registros de los ganaderos. En las UPP donde el dato existía se observó demasiada variabilidad por lo que se formarían muchos grupos con pocas repeticiones y se decidió no incluirla en los análisis estadísticos.

Cuadro 4.- Asociación de las variables estudiadas a la infección causada por *B. bigemina* en bovinos de la zona Sierra de Tabasco.

Variable	PCR +	PCR -	Total	Prevalencia	OR	IC (P< 0.005)
<b>Tipo de producción</b>						
Carne	17	115	132	12.87%	2.11	0.59-7.59
Leche	3	43	46	6.52%	0.47	0.13-1.69
<b>Orografía</b>						
Zona alta	17	105	122	13.93%	2.8	0.80-10.19
Zona baja	3	53	56	5.35%	0.34	0.09-1.24
<b>Género</b>						
Hembras	17	151	168	10.11%	0.26	0.06-1.11
Machos	3	7	10	30%	3.8	0.89-16.10
<b>Frecuencia de baños</b>						
1 por mes	0	44	44	0%	-	-
2 por mes	20	114	134	14.92%	-	-

De las especies de *Babesia* investigadas tanto *B. bovis* como *B. bigemina* fueron identificadas, ambas con una prevalencia general de 11.23% (20/178). En el **Cuadro 5**, se puede observar la asociación de las variables estudiadas con la presencia de animales infectados con *B. bovis*. Dentro de los resultados resalta la asociación elevada de animales infectados en ranchos donde solo se efectúa un solo baño garrapaticida al mes (OR= 13.34), aunque las demás variables no presentaron valores de OR que representen una mayor probabilidad de infección.

Los factores evaluados en el presente estudio para determinar una posible asociación con la infección por *B. bovis* no resultaron con una asociación significativa a excepción de la variable "frecuencia de baño garrapaticida una vez al mes". Sin embargo, podría ser la consecuencia de que a la elevada presencia de garrapatas los baños garrapaticida se hayan incrementado en esas UPP. Para el caso de *B. bigemina* los animales ubicados en UPP de zonas altas y dedicados a la producción de carne presentaron dos veces más posibilidades de contraer la infección. En un estudio de seroprevalencia de *B. bovis* en ganado de Yucatán se reportó una mayor probabilidad de infección en bovinos que reciben



baños de inmersión con un periodo mayor a 60 días (Solorio-Rivera *et al.* 1999). Sin embargo, en Malasia se reportó que la raza, la edad, el estadio fisiológico, y el rango de infestación de garrapatas fueron factores asociados a la infección de *B. bigemina* (Ola-Fadunsin *et al.* 2021).

Cuadro 5.- Asociación de las variables estudiadas a la infección causada por *B. bovis* en bovinos de la zona Sierra de Tabasco.

Variable	PCR +	PCR -	Total	Prevalencia	OR	IC (P< 0.005)
<b>Tipo de producción</b>						
Carne	16	116	132	12.12%	1.44	0.45-4.57
Leche	4	42	46	8.69%	0.69	0.21-2.1
<b>Orografía</b>						
Zona alta	20	102	122	16.39%	-	-
Zona baja	0	56	56	0%	-	-
<b>Género</b>						
Hembras	19	149	168	11.3%	1.14	0.13-9.56
Machos	1	9	10	10%	0.87	0.10-7.26
<b>Frecuencia de baños</b>						
1 por mes	15	29	44	34.09%	13.34	4.48-39.66
2 por mes	5	129	134	3.73%	0.07	0.02-0.22

OR: Odds Ratio, IC: Intervalo de confianza.

Algunos de los factores estudiados en el presente estudio difieren de los reportados en otras partes del mundo y desafortunadamente en México no existen más estudios epidemiológicos que hayan determinado los factores asociados a la infección de *B. bovis* y *B. bigemina* en el país. Por lo tanto, futuros estudios más amplios, incluyendo más áreas geográficas del estado de Tabasco y del país, así como la inclusión de un mayor número de animales y factores de estudio deberán ser abordados a fin de mejorar el entendimiento de la epidemiología de estas infecciones que afectan al ganado bovino. El presente estudio es el primer reporte de la presencia de *A. marginale*, *B. bovis* y *B. bigemina* en la zona Sierra del estado de Tabasco. Las especies *A. centrale*, *A. phagocytophilum* y *A. bovis* reportadas en otras partes del mundo no fueron encontradas en los animales muestreados.

## CONCLUSIONES

La única especie de Anaplasma encontrada en el presente estudio fue *A. marginale* con una prevalencia de 74.15%. Las especies de *B. bovis* y *B. bigemina* se encontraron ambas con 11.23% de prevalencia. Los factores asociados deberán ser estudiados más ampliamente para poder definir su asociación a cada una de las infecciones. Las especies *A. centrale*, *A. phagocytophilum* y *A. bovis* no fueron encontradas en el presente estudio.

## LITERATURA CITADA

- Adjou Moumouni, P. F., G. O. Aboge, M. A. Terkawi, T. Masatani, S. Cao, K. Kamyngkird, C. Jirapatharasate, M. Zhou, G. Wang, M. Liu, A. Iguchi, P. Vudriko, A. P. Ybanez, H. Inokuma, R. Shirafuji-Umemiya, H. Suzuki, and X. Xuan. 2015. Molecular detection and characterization of *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, *Theileria* species and *Anaplasma marginale* isolated from cattle in Kenya. *Parasites and Vectors*. 8: 1–14.
- Amorim, L. S., A. A. Wenceslau, F. S. Carvalho, P. L. S. Carneiro, and G. R. Albuquerque. 2014. Bovine babesiosis and anaplasmosis complex: diagnosis and evaluation of the risk factors from Bahia, Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Veterinária*. 23: 328–336.
- Battilani, M., S. De Arcangeli, A. Balboni, and F. Dondi. 2017. Genetic diversity and molecular epidemiology of *Anaplasma*. *Infect. Genet. Evol.* 49: 195–211.
- Bautista, C. R., T. Rodríguez, C. Rojas, J. J. Lira, J. A. Alvarez, and D. Polanco. 2018. Molecular detection of *Anaplasma marginale* in stable flies *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) feeding on a tick-free bovine herd. *Vet. M&copyyrightxico OA*. 5: 1–7.





- Bilgiç, H. B., T. Karagenç, M. Simuunza, B. Shiels, A. Tait, H. Eren, and W. Weir. 2013. Development of a multiplex PCR assay for simultaneous detection of *Theileria annulata*, *Babesia bovis* and *Anaplasma marginale* in cattle. *Exp. Parasitol.* 133: 222–229.
- Brayton, K. A. 2012. Transmisión de *Anaplasma marginale* por garrapatas. *Rev. Mex. ciencias Pecuarias.* 3: 41–50.
- Casati, S., Sager, H., Gern, L., Piffaretti, J. 2006. Presence of potentially pathogenic *Babesia* sp. for human in *Ixodes ricinus* in Switzerland. *Ann. Agric. Environ. Med.* 13: 65–70.
- Castañeda-Ortiz, E. J., M. W. Ueti, M. Camacho-Nuez, J. J. Mosqueda, M. R. Mousel, W. C. Johnson, and G. H. Palmer. 2015. Association of *Anaplasma marginale* Strain Superinfection with Infection Prevalence within Tropical Regions. *PLoS One.* 10: e0120748.
- Cossío-Bayúgar, R., S. Rodríguez, M. A. García-Ortiz, D. García-Tapia, and R. Aboytes-Torres. 1997. Bovine anaplasmosis prevalence in northern Veracruz state, Mexico. *Prev. Vet. Med.* 32: 165–170.
- Cuy-Chaparro LE.; Ricaurte-Contreras LA, Camargo-Mancipe AJ, M.-P., and DA. 2019. *Babesia bovis*: Actualidad del desarrollo de una vacuna. *Rev. Investig. en Salud.* 6: 1–24.
- González, L. M., K. Estrada, R. Grande, V. Jiménez-Jacinto, L. Vega-Alvarado, E. Sevilla, J. De La Barrera, I. Cuesta, Á. Zaballos, J. M. Bautista, C. A. Lobo, A. Sánchez-Flores, and E. Montero. 2019. Comparative and functional genomics of the protozoan parasite *Babesia divergens* highlighting the invasion and egress processes. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 13: 1–23.
- INEGI. 2017. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017.
- INEGI. 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible de: <http://www.inegi.org.mx>.
- Iriso Calle, A., R. Bueno Marí, E. De las Heras, J. Lucientes, and R. Molina. 2017. Cambio climático en España y su influencia en las enfermedades de transmisión vectorial. *Rev. Salud Ambient.* 17: 70–86.
- Jabbar, A., T. Abbas, Z. U. D. Sandhu, H. A. Saddiqi, M. F. Qamar, and R. B. Gasser. 2015. Tick-borne diseases of bovines in Pakistan: Major scope for future research and improved control. *Parasites and Vectors.* 8.
- Jaimes-Dueñez, J., O. Triana-Chávez, and A. M. Mejía-Jaramillo. 2017. Parasitological and molecular surveys reveal high rates of infection with vector-borne pathogens and clinical anemia signs associated with infection in cattle from two important livestock areas in Colombia, Ticks Tick. Borne. Dis. Elsevier GmbH.
- Jaimes-Dueñez, J., O. Triana-Chávez, and A. M. Mejía-Jaramillo. 2018. Genetic, host and environmental factors associated with a high prevalence of *Anaplasma marginale*. *Ticks Tick. Borne. Dis.* 9: 1286–1295.
- Kawahara, M., Y. Rikihisa, Q. Lin, E. Isogai, K. Tahara, A. Itagaki, Y. Hiramitsu, and T. Tajima. 2006. Novel genetic variants of *Anaplasma phagocytophilum*, *Anaplasma bovis*, *Anaplasma centrale*, and a novel *Ehrlichia* sp. in wild deer and ticks on two major islands in Japan. *Appl. Environ. Microbiol.* 72: 1102–1109.
- Martínez-Ocampo, F., R. E. Quiroz-Castañeda, I. Amaro-Estrada, E. Dantán-González, J. F. P. de la Torre, and S. Rodríguez-Camarillo. 2020. Whole-Genome Sequencing of Mexican Strains of *Anaplasma marginale*: An Approach to the Causal Agent of Bovine Anaplasmosis. *Int. J. Genomics.* 2020: 5902029.
- Mosby, B. P. 2010. *Medicina interna en pequeños animales.*, 4ta ed. Elsevier, España.
- Mosqueda Gualito, J. J., A. Falcón Neri, J. Alberto Ramos Aragón, G. Jorge Canto Alarcón, and M. Camacho-Nuez. 2012. Genome and molecular strategies for bovine babesiosis control. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 3: 51–59.
- Ola-Fadunsin, S. D., R. S. K. Sharma, D. A. Abdullah, F. I. Gimba, F. F. J. Abdullah, and R. A. Sani. 2021. The molecular prevalence, distribution and risk factors associated with *Babesia bigemina* infection in Peninsular Malaysia. *Ticks Tick. Borne. Dis.* 12: 101653.
- Park, J., D.-G. Han, J.-H. Ryu, J.-B. Chae, J.-S. Chae, D.-H. Yu, B.-K. Park, H.-C. Kim, and K.-S. Choi. 2018. Molecular detection of *Anaplasma bovis* in Holstein cattle in the Republic of Korea. *Acta Vet. Scand.* 60: 15.



- Rodríguez-Vivas, I., L. Grisi, A. A. Pérez De León, H. Silva Villela, J. F. D. J. Torres-Acosta, H. Fragoso Sánchez, D. Romero Salas, R. Rosario Cruz, F. Saldierna, and D. García Carrasco. 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review Evaluación del impacto económico potencial de los parásitos del ganado bovino en México. Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu.* 8: 61–74.
- Rodríguez-Vivas, I., Y. Mata-Mendez, E. Pérez-Gutierrez, and G. Wagner. 2004. The effect of management factors on the seroprevalence of *Anaplasma marginale* in *Bos indicus* cattle in Mexican tropics. *Tropical A:* 135–143.
- Rodríguez, S. D., M. Á. García Ortiz, R. Jiménez Ocampo, and C. A. Vega y Murguía. 2009. Molecular epidemiology of bovine anaplasmosis with a particular focus in Mexico. *Infect. Genet. Evol.* 9: 1092–1101.
- SIAP. 2019. Infografía Agroalimentaria 2018.
- Solorio-Rivera, J. L., R. I. Rodríguez-Vivas, E. Pérez-Gutierrez, and G. Wagner. 1999. Management factors associated with *Babesia bovis* seroprevalence in cattle from eastern Yucatán, Mexico. *Prev. Vet. Med.* 40: 261–269.
- Verde, J. P. 2019. Leucosis bovina: actualización sobre los mecanismos de transmisión y estrategias de control y erradicación.
- Yan, Y., Y. Jiang, D. Tao, A. Zhao, M. Qi, and C. Ning. 2020. Molecular detection of *Anaplasma* spp. in dairy cattle in southern Xinjiang, China. *Vet. Parasitol. Reg. Stud. Reports.* 20: 100406.
- Ybañez, & A. P., and H. Inokuma. 2016. *Anaplasma* species of veterinary importance in Japan. *Vet. World.* 9: 1190–1196.
- Ybañez, A. P., T. Sivakumar, B. Battsetseg, B. Battur, K. Altangerel, K. Matsumoto, N. Yokoyama, and H. Inokuma. 2013. Specific Molecular Detection and Characterization of *Anaplasma marginale* in Mongolian Cattle. *J. Vet. Med. Sci.* 75: 399–406.
- Zintl, A., G. McGrath, L. O'Grady, J. Fanning, K. Downing, D. Roche, M. Casey, and J. Gray. 2014. Changing epidemiology of the tick-borne bovine parasite, *Babesia divergens*. *Parasit. Vectors.* 7: O8.



## PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE MENSUAL EN FUNCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD

### ESTIMATING MONTHLY FORAGE PRODUCTION PROCEDURE DEPENDING ON MOISTURE AVAILABILITY

Aceves Navarro, LA.<sup>1\*</sup>, Juárez López, JF.<sup>1</sup>, Cano Asencio, L.<sup>2</sup>, Moctezuma Bautista, K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco Área de Ciencia Ambiental  
86500 H. Cárdenas, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Posgrado en Producción Posgrado en Ciencia Animal 46230  
Chapingo, México

Autor de correspondencia: [lanceves@colpos.mx](mailto:lanceves@colpos.mx)

#### Resumen

La producción de forraje es la base de la alimentación de ganado bovino, para ello se requiere contar con el suficiente forraje durante todo el año, tomando en cuenta que en épocas de sequía se presenta un déficit. Los pastos al igual que otros cultivos, es sensible al déficit de humedad en sus diferentes etapas fenológicas. Existe una alta correlación entre la producción de forraje y la humedad disponible. El presente estudio tuvo como objetivo presentar un procedimiento para estimar el patrón de la producción de forraje en el año, en función de la disponibilidad de humedad y determinar su probabilidad para cada una de los meses en el año. Para realizar lo anterior, se utilizó como ejemplo al pasto Tanzania (*Panicum maximum* Jacq.). Asimismo, se utilizó información climatológica diaria de precipitación, temperatura máxima y mínima, de 76 años, de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco. Se utilizaron también modelos para estimar el rendimiento relativo y máximo de forraje, en función de variables climatológicas y características del pasto. Los resultados muestran que en el área de influencia de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco, los rendimientos más altos se alcanzan en la época de lluvias (junio a octubre), mientras que en el periodo de noviembre a abril el rendimiento relativo fue menor al 50% del rendimiento máximo alcanzable. El rendimiento máximo alcanzable se obtuvo en el mes de junio y fue de casi 5.0 t ha<sup>-1</sup> de materia seca y el mínimo se obtuvo en el mes de marzo y fue de casi 0.5 t ha<sup>-1</sup>. La probabilidad de obtener rendimientos iguales o mayores a 4.5 t MS ha<sup>-1</sup> fue del 12%, mientras que rendimientos de 2.0 y 1.0 t h<sup>-1</sup> tienen una probabilidad de excedencia del 52% y 78% respectivamente.

**Palabras clave:** *Rendimiento máximo, rendimiento alcanzable, índice de disponibilidad de humedad, Modelos de producción de biomasa, probabilidad.*

#### INTRODUCCIÓN

La base de alimentación de los bovinos son los pastizales naturales o cultivados, los cuales ocupan el 52.1% del territorio estatal. Al ser una actividad de temporal, en los meses de sequía (marzo a mayo) se presenta un déficit forrajero (Meléndez *et al.*, 2006) lo que trae consigo pérdida de peso en los animales e incluso la muerte por falta de alimento.

Ante esta problemática es necesario adoptar técnicas que permitan un uso eficiente de los recursos, entre ellas el riego (Cavero *et al.*, 2000; George *et al.*, 2001), y el almacenaje de recursos forrajeros en época de mayor producción para su uso en época de escases.

La tasa de aparición de hojas, está en función de la temperatura, la cual presenta variación a través del año, siendo notorio el descenso de la producción en los meses de invierno (Ayala y Basulto, 1992). Por otro lado, la humedad, radiación y el fotoperiodo también contribuyen a la variación estacional de la producción de forraje (Monteith, 1977).

La evapotranspiración es un proceso continuo a través del cual un área de cultivo pierde agua por evaporación del suelo y transpiración del follaje, mientras que la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>), es la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia que ocurre sin restricciones de agua (Allen *et al.*, 2006).



Los únicos factores que afectan la  $ET_0$  son los parámetros climáticos, por lo tanto,  $ET_0$  es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos climatológicos.  $ET_0$  expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específico.

Diversos factores influyen en el rendimiento de los cultivos, siendo el agua uno de los más importantes, ya que, si no se suministra en cantidad y oportunidad, se afecta el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. La magnitud de la afectación varía según la especie y la etapa fenológica del desarrollo (Smith & Staduto, 2012). Para la mayoría de los cultivos, la mayor sensibilidad al déficit de agua, se presenta durante la floración; y en menor grado en la formación del grano y la emergencia (Smith & Staduto, 2012). El efecto de la falta de agua en la producción de forraje puede predecirse con una función lineal propuesta por la FAO (Doorenbos y Kassam 1979); que calcula el rendimiento relativo en función del consumo relativo de agua; o una función sigmoide que relaciona el índice de disponibilidad de humedad en el suelo con el rendimiento relativo; tal y como lo propone Hargreaves & Keller, (2005). Este rendimiento relativo se denomina 'rendimiento alcanzable limitado por agua', que es aquel rendimiento que se obtiene cuando el déficit en el suministro de agua es una limitante. Mientras que el rendimiento máximo es aquel que no tiene otra limitante que la genética del cultivo y la irradiación solar global; y es independiente de la humedad del suelo, la fertilización, el control de plagas, enfermedades y demás prácticas de manejo (Monteith, 1977).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Información climatológica.** Datos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación para el periodo de registro de 1943 a 2018 se extrajeron de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco, tanto del software ERIC Versión 1.0 (IMTA, 2006), completado con la información estadística climatológica reportada por el Servicio Meteorológico Nacional en su página Web (SMN, 2022). Los datos se introdujeron a una hoja Excel Microsoft® para facilitar su manejo, operación y análisis estadístico.

**Cálculo del rendimiento relativo.** El cálculo del rendimiento relativo se realizó utilizando la ecuación cúbica reportada por Hargreaves y Keller (2005), que relaciona el índice de disponibilidad de humedad ( $IDH$ ) con el rendimiento relativo. La ecuación es:

$$RR = (0.80 * IDH) + [1.3 * (IDH)^2] - [1.1 * (IDH)^3] \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde,  $RR$  es el rendimiento relativo e  $IDH$  es el índice de disponibilidad de humedad en el suelo. La ecuación que calcula el  $IDH$  para el cultivo de pastos es la siguiente:

$$IDH = \frac{P_{0.75}}{ET_0} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde,  $P_{0.75}$  es la precipitación con una probabilidad de excedencia del 75% en milímetros; y  $ET_0$  es la evapotranspiración de referencia ( $\text{mm d}^{-1}$ ).

El  $IDH$  tiene la siguiente propiedad:  $0 \leq IDH \leq 1.0$ ; Esto normaliza la ecuación (x), de tal manera que cuando el  $IDH$  es igual a uno, el rendimiento relativo también es igual a uno. Es decir; si el  $IDH$  es mayor de 1.0; el valor final del  $IDH$  es 1.0

**Cálculo de la precipitación confiable y/o efectiva ( $P_{0.75}$ ).** La precipitación confiable o efectiva, es aquella precipitación con el 75% de probabilidad de excedencia de ocurrir. La precipitación confiable ó efectiva, es la parte de la lluvia anual o mensual total que es útil para la producción de un cultivo, ya sea directa o indirectamente (George, *et al.*, 2001; Molua & Lambi, 2006). Para calcularla existen dos procedimientos con resultados casi idénticos: El primer procedimiento consiste en ajustar la Función Probabilística Gamma Incompleta o Gamma de dos parámetros (alfa y beta), al conjunto de datos de cada mes de la precipitación total mensual del conjunto de años de registro. Se utiliza esta función, porque la precipitación total mensual generalmente no se distribuye como una Función Normal; y la Función Gamma Incompleta puede representar desde la Función Exponencial, las Transformadas de la Normal y a la Normal misma. El cálculo de los parámetros alfa y beta ( $\alpha$  y  $\beta$ ) que son los parámetros de



forma y dispersión, respectivamente, se realiza con las ecuaciones 3, 4 y 5, obtenidas por el método de Máxima Verosimilitud.

$$\alpha = \left(\frac{1}{4A}\right) * \left[1 + \sqrt[2]{1 + \left(\frac{4A}{3}\right)}\right] \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde, el valor de 'A' se calcula con la siguiente ecuación (4):

$$A = \text{Ln}(X_m) - \left[\frac{\sum_{i=1}^N \text{Ln}(X_i)}{N}\right] \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Dónde, Ln es el logaritmo natural;  $X_m$  es la media de la precipitación (mm);  $X_i$  es el valor de la precipitación de un mes en particular; y N es el número de observaciones.

$$\beta = \frac{X_m}{\alpha} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

La precipitación al 75% de probabilidad de excedencia se calcula utilizando la Función Gamma Incompleta que viene como uno de los comandos de Excel Microsoft®. El comando es:

**DISTR.GAMMA.INV(probabilidad, alfa, beta).**

Como Excel Microsoft® calcula automáticamente la probabilidad de No-excedencia; para obtener la probabilidad de excedencia se parte de la siguiente igualdad:

(Probabilidad de excedencia + probabilidad de no-excedencia) = 1.0; dónde, Probabilidad de excedencia = 1.0 – probabilidad de no-excedencia = 1.0 – 0.75 = 0.25. Así, si se desea una probabilidad de excedencia de 0.75, se tiene que introducir en el comando de Excel Microsoft® el valor de 0.25; no el de 0.75.

El segundo procedimiento consistió en aplicar un ajuste al modelo reportado por Hargreaves y Jensen, (2002), que da resultados muy similares al primer procedimiento. La ecuación propuesta es:

$$P_{0.75} = P_m - (0.7328 * \sigma) \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Dónde,  $P_{0.75}$  es la precipitación confiable o efectiva (mm d<sup>-1</sup>) que tiene una probabilidad de excedencia del 75% de ocurrir;  $P_m$  es la precipitación promedio mensual (mm d<sup>-1</sup>); 0.7328 es un factor de ajuste calibrado a la Función Gamma Incompleta para la probabilidad de excedencia de 0.75; y 'σ' es la desviación estándar de los datos de precipitación del mes en cuestión (mm d<sup>-1</sup>).

Este segundo procedimiento es más simple y solo requiere datos promedios de precipitación mensual y su desviación estándar, que se reporta en el programa ERIC III, que es un programa de extracción rápida de información climatológica para 93 estaciones meteorológicas del estado de Tabasco y para más de 5,000 estaciones de México (IMTA, 2006).

**Cálculo de la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ).** Uno de los modelos que mejor estiman el consumo de agua de las plantas es del Penman-Monteith; que se ha utilizado como modelo de referencia a nivel mundial (Allen *et al.*, 2006). El problema para su uso es que requiere de datos climatológicos que difícilmente están disponibles en la gran mayoría de las estaciones meteorológicas de México y el mundo. La FAO propone se utilice un modelo alternativo (el modelo de Hargreaves-Samani), ya que se reporta en la literatura científica un gran número de trabajos que muestran una muy buena correlación con el modelo de Penman-Monteith y que solo requiere de datos de temperatura (Allen *et al.*, 2006). El modelo de Hargreaves-Samani (1985) que estima  $ET_o$  es el que se utilizó en el presente trabajo y se muestra en la siguiente ecuación (7):

$$ET_o = 0.0023 * (T_{med} + 17.8) * [(T_{max} - T_{min})^{0.50}] * \left(\frac{R_a}{2.45}\right) \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde,  $ET_o$  es la evapotranspiración de referencia (mm d<sup>-1</sup>); 0.0023 es un coeficiente de ajuste;  $T_{med}$  es la temperatura promedio diaria (°C);  $T_{max}$  es la temperatura máxima diaria (°C);  $T_{min}$  es la temperatura mínima diaria (°C) y  $R_a$  es la irradiación teórica extraterrestre (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) que para su cálculo solo se requiere conocer la latitud de la localidad y el número del día del año; y 2.45 es un factor de corrección que transforma a  $R_a$  en milímetros por día. El cálculo de los valores mensuales de  $R_a$  (en MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) para el Estado de Tabasco, se realizó utilizando las ecuaciones 8, 9, 10 y 11; reportadas por Allen *et al.* (2006, p 45-47) que se describen a continuación:

$$R_a = \left(\frac{24 * 60}{\pi}\right) * [G_{sc} * d_r] * [(\omega_s * \text{sen}\delta * \text{sen}\varphi) + (\cos\delta * \cos\varphi * \text{sen}\omega_s)] \quad \text{(Ecuación 8)}$$



Donde,  $G_{sc}$  es la constante solar que tiene un valor promedio de  $0.082 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ,  $d_r$  es la distancia relativa inversa Tierra-Sol,  $\omega_s$  es el ángulo de radiación a la puesta del sol (en radianes),  $\delta$  es la declinación solar (en radianes),  $\varphi$  es la latitud del lugar (en radianes) y  $J$  es el número del día en el año (día Juliano) a mediados de cada mes.

$$d_r = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365} * J\right) \quad \text{(Ecuación 9)}$$

$$\omega_s = \cos^{-1}[-\tan \delta * \tan \varphi] \quad \text{(Ecuación 10)}$$

$$\delta = 0.409 * \text{sen}\left[\frac{2\pi}{365} * J - 1.39\right] \quad \text{(Ecuación 11)}$$

Obtenidos los valores de  $P_{0.75}$  y  $ET_o$ , se calcularon los valores mensuales del  $IDH$ .

**Cálculo del rendimiento máximo.** Para calcular el rendimiento máximo del pasto Tanzania (*Panicum maximum* Jacq.), se utilizó el modelo que reportan tanto Monteith, (1977), como Gosse *et al.* (1986), y que se muestra en la ecuación (12):

$$B_n = RFA * f * RUE \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Donde,  $B_n$  es la biomasa neta o tasa de asimilación neta ( $\text{g m}^{-2}$ );  $RFA$  es la radiación fotosintéticamente activa ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ );  $f$  es la fracción de la  $RFA$  interceptada por la cubierta vegetal del cultivo (adim.) y  $RUE$  es la eficiencia de intercepción del cultivo ( $\text{g MJ}^{-1}$ ). Babatunde, (2012), reporta que la  $RFA = 0.49 * R_g$ ; donde  $R_g$  es la irradiación solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ).

La fracción de la  $RFA$  interceptada por el cultivo ( $f$ ) se calcula con la siguiente ecuación:

$$f = 0.95 * [1 - \exp(-K_e * IAF)] \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Dónde, 0.95 es un coeficiente de máxima intercepción luminosa;  $K_e$  es el coeficiente de extinción (que para el caso del pasto se asignó un valor de 0.70) y el  $IAF$  es el índice de área foliar ( $\text{m}^2/\text{m}$ ). Para este caso se tomó un valor promedio del  $IAF$  de 1.6 ( $\text{m}^2/\text{m}$ ).

De acuerdo con Monteith (1977) y Gosse *et al.* (1986), el índice de eficiencia de intercepción ( $RUE$ ) para plantas  $C_3$  es de  $1.9 \text{ (g MJ}^{-1}\text{)}$  y para plantas  $C_4$  es de  $2.5 \text{ (g MJ}^{-1}\text{)}$ .

El pasto Tanzania (*Panicum maximum* Jacq.), es una planta  $C_4$ , por lo que el valor de  $RUE$  utilizado fue de  $2.5 \text{ (g MJ}^{-1}\text{)}$ .

Se procedió a calcular los valores mensuales de la precipitación confiable ( $P_{0.75}$ ), de la  $ET_o$ ,  $IDH$ , y rendimiento relativo, utilizando las anteriores ecuaciones descritas (de la 1 a la 13).

**Cálculo de la carga animal e intervalos de corte.** Con el valor de la producción de forraje mensual se procedió a calcular la carga animal, tomando como consumo promedio de un hato ganadero un valor de 12.75 kg diarios de materia seca por animal, para intervalos de corte bimestral.

Para definir los intervalos y altura de corte en potreros con pasto Tanzania (*Panicum maximum* Jacq.), se tomó la recomendación de Barbosa, (2004); Cano *et al.* (2004); Perozo-Bravo y Contreras-Peña, (2013), que reportan que la producción de materia seca del pasto Tanzania (*Panicum maximum* Jacq.), alcanza la máxima intercepción luminosa a una altura de corte entre 40 a 70 cm; que de acuerdo a Pereyra *et al.* (2012), esta alta intercepción (95%), se alcanza después de los 45 días en praderas no fertilizadas. Resultados similares reportan (Carnevalli, 2003; Rodríguez *et al.* 2011; y Petit, 2013), que determinan a qué altura del pasto cortar y cada cuando. Con base a lo anterior, en el presente trabajo el periodo de corte selecto fue de cada dos meses, que es cuando el pasto alcanza la altura adecuada e intercepta el máximo de radiación solar.

## RESULTADOS

**Diferencias entre métodos para estimar la precipitación confiable (0.75 de probabilidad).** En la Figura 1, se muestran los valores mensuales de la precipitación confiable con los dos procedimientos señalados anteriormente, para estimar la precipitación al 75% de probabilidad de excedencia.





En la Figura 1, se puede comprobar que ambos procedimientos dan resultados muy similares; con la ventaja que el modelo ajustado de Hargreaves – Jensen, (2002) solo requiere valores promedios de la precipitación y su desviación estándar, que están fácilmente disponibles (IMTA, 2006). En cambio, la aplicación de la Función Probabilística Gamma Incompleta, requiere de todo el registro en años de precipitación de la estación meteorológica en cuestión y el cálculo correspondiente de los parámetros alfa y beta.

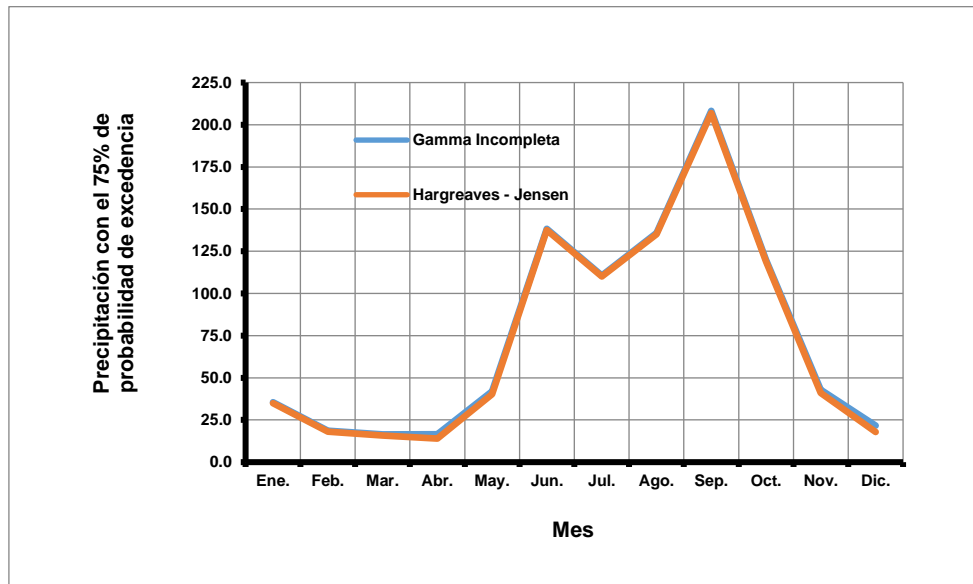


Figura 1. Valores de la precipitación con un 75% de probabilidad de excedencia, obtenida con la Función Probabilística Gamma Incompleta y con el Modelo ajustado de Hargreaves- Jensen, (2002).

**Distribución del patrón estacional de la precipitación.** En la Figura 2, se muestra la distribución temporal de la precipitación normal y la precipitación confiable de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco; en la cual se observa que siguen un mismo comportamiento y que a partir del mes de junio y hasta el mes de octubre, los valores de la precipitación normal y confiable fueron superiores a los 175 mm y 97.5 mm respectivamente. Es decir, que a esos valores límites de precipitación el rendimiento alcanzable se hace casi igual al rendimiento máximo. También se observa que en el mes de septiembre ocurre la precipitación máxima en el año y en marzo la mínima.

El rendimiento relativo va de cero a uno. Para estos cálculos se tomó la precipitación efectiva y puede observarse que cuando el rendimiento relativo es uno, se está alcanzando el rendimiento potencial, lo que indica que la humedad no es una limitante, mientras que con precipitaciones menores a 100 mm se tienen rendimientos alcanzables por debajo del rendimiento potencial; llegando a tener valores de 0.10 (Figura 3). Esto es, 10 veces menos producción de forraje respecto al máximo posible; lo que obliga al ganadero a la utilización del riego, almacenar forraje en las épocas de abundancia, o bajar la carga animal en los meses de menor precipitación.

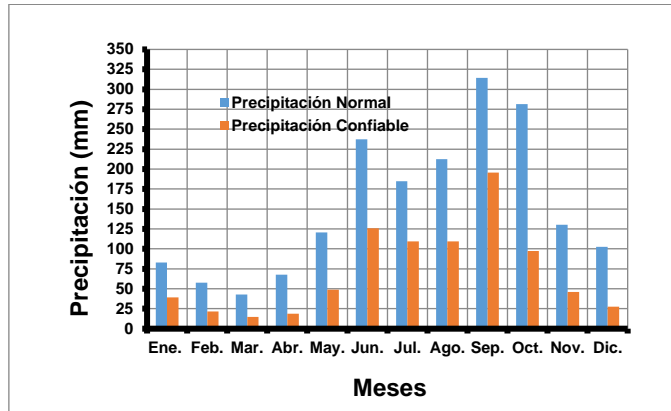
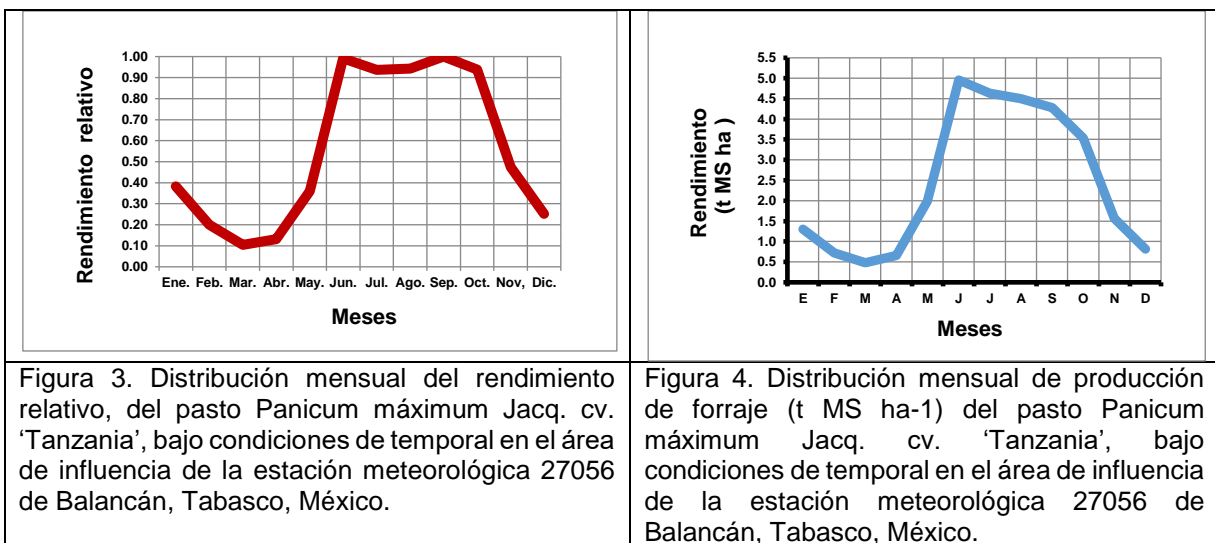


Figura 1. Patrón estacional de la precipitación normal y confiable (75% de probabilidad), en el área de influencia de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco, México.



**Rendimiento relativo.** En la Figura 3, se muestra la distribución mensual del rendimiento relativo y se observa que solo el mes de septiembre obtuvo el rendimiento máximo (1.0). Se observa también, que el periodo de junio a octubre el rendimiento relativo osciló entre 0.94 y 1.0. Es decir, cercano al rendimiento máximo. Lo que indica que en esos meses la producción de forraje se aproxima a su máximo; mientras que los meses de diciembre a mayo el rendimiento disminuye, hasta llegar a un mínimo en el mes de marzo del 0.10. Es en estos meses donde se hace necesario la suplementación del ganado debido a que los rendimientos alcanzables están diez veces por abajo del rendimiento potencial de la zona. Una alternativa productiva que requiere un análisis financiero, sería introducir el riego de auxilio en la pradera y eliminar las deficiencias de humedad que reducen significativamente la producción de forraje.

En la Figura 4, se muestra cómo se distribuye la producción de forraje mensual en (t MS ha<sup>-1</sup>) correspondiente, para área de influencia de la estación meteorológica 27058 de Balancán, Tabasco, México; donde se observa que el máximo rendimiento de forraje ocurre en el mes de junio y el mínimo en el mes de marzo.



Al graficar los rendimientos relativos con la precipitación normal en el área de influencia de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco, se hace manifiesto que los mayores rendimientos se obtienen cuando la precipitación total mensual es igual o mayor a 175 mm (Figura 5).

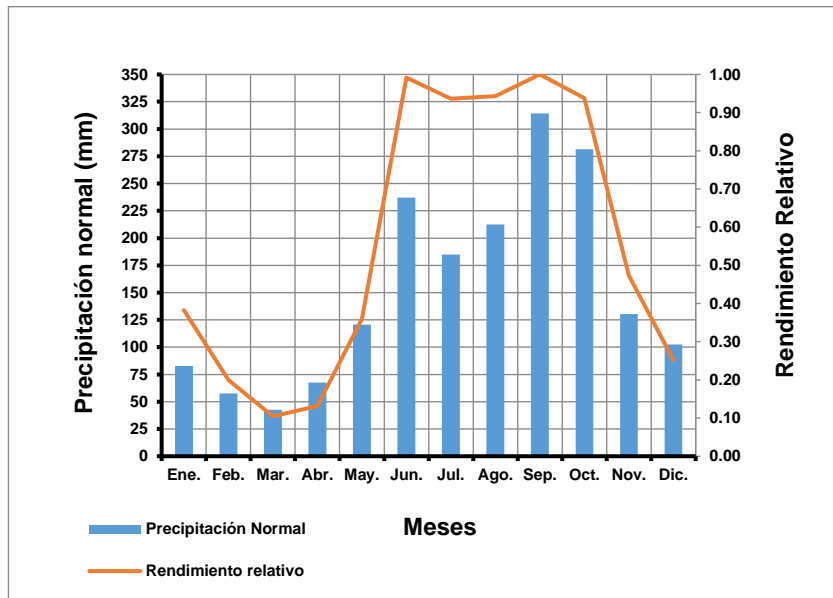


Figura 5. Distribución mensual de la precipitación normal y el rendimiento relativo, en el área de influencia de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco, México.

Como se puede apreciar Figura 5, el rendimiento alcanzable limitado por agua se hace cercano al rendimiento máximo (1.0), a partir del mes de junio y hasta octubre. Coincidiendo con la época de lluvias, cuando las precipitaciones normales mensuales son mayores a 175 mm y en el caso de la precipitación confiable cuando la precipitación es mayor a 100 mm.

Producción de forraje y carga animal. La producción de forraje es variable en el tiempo y principalmente depende de la humedad del suelo; es por eso que los rendimientos mayores ocurren durante el periodo de lluvias y los menores durante el periodo de secas (Barbosa, 2004). Mostrando un patrón cíclico en la producción de la materia seca, altamente correlacionado con el déficit de humedad del suelo, que ha sido reportado por Rodríguez et al. (2011); y cuyo patrón se repite en el caso de Balancán, tal y como lo muestran las Figuras 3, 4 y 5.

La altura de corte determina el tiempo de permanencia en el potrero. El tiempo requerido para que el pasto Tanzania (*Panicum maximum* Jacq.) alcance una altura de corte entre 40 a 70 cm. La altura va a depender de la época del año; y un periodo de descanso de cada dos meses tiende a estabilizar la producción a largo plazo (Cano et al. 2004; Rodríguez et al. 2011 y Petit, 2013).

El rendimiento alcanzable para el área de influencia de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco, varió de 0.48 a 5.0 t MS ha<sup>-1</sup>. El rendimiento mínimo se registra en el ciclo de corte (marzo-abril), y el máximo de 5.0 t MS ha<sup>-1</sup> para el ciclo de corte (julio-agosto). El rendimiento potencial máximo calculado fue en el mes de mayo con 5.3 t MS ha<sup>-1</sup> y el mínimo en diciembre con 3.23 t MS ha<sup>-1</sup> (Figura 6). Valores que caen dentro del rango reportado para este pasto por Carnevalli, (2003); Barbosa, (2004); Rodríguez et al., (2011); y Petit, (2013).

En la Figura 6, se muestra como el rendimiento alcanzable (limitado por agua), se hace casi igual al rendimiento máximo en ciclo de corte julio-agosto. El resto del año, el rendimiento alcanzable está por abajo del rendimiento máximo debido a los déficits de humedad. También se hace evidente en esta Figura 6, que, en los 3 ciclos de corte, que comprende el periodo de mayo a octubre, que es el periodo de lluvias; el pasto Tanzania (*Panicum maximum* Jacq.) alcanza su máximo rendimiento.

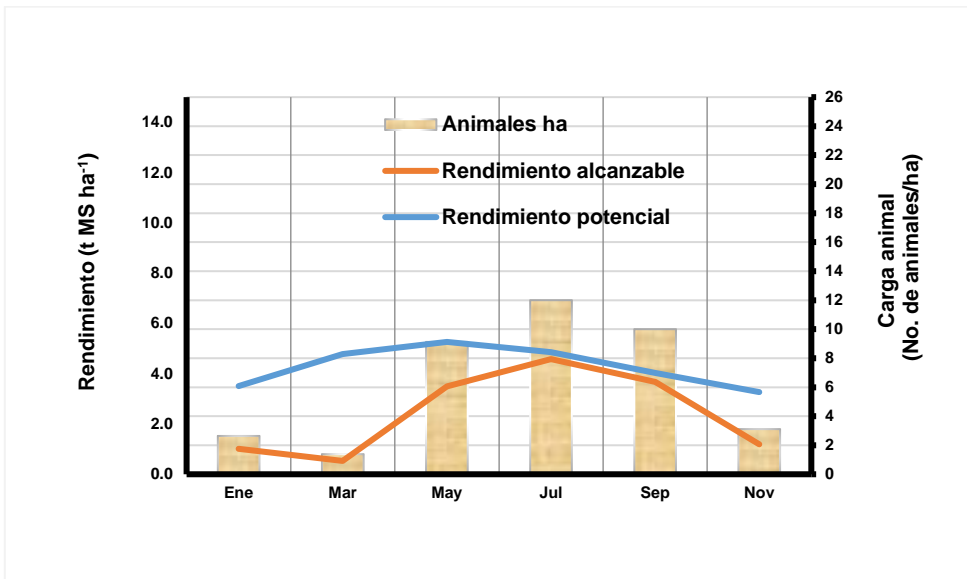


Figura 6. Rendimiento potencial y alcanzable (t MS ha<sup>-1</sup>) de forraje bimestral con pasto Tanzania (*Panicum máximum* Jacq.) y su carga animal correspondiente, en el área de influencia de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco, México.

Probabilidades en la producción de forraje. A los rendimientos alcanzables limitados por agua, se les ajustó la Función Probabilística Gamma Incompleta para obtener la probabilidad de que, en un mes o ciclo de corte, se pudiera obtener al menos una determinada cosecha (probabilidad de excedencia). El modelo resultante fue el que se muestra en la ecuación (14) y cuya representación gráfica se muestra en la Figura 7.

$$P_E = 1.1142 - (0.361 * RA) + [0.0313 * (RA^2)] \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Dónde, PE es la probabilidad de excedencia; y RA es el rendimiento alcanzable (t ha<sup>-1</sup>).

Al aplicar esta ecuación, basta con introducir el valor del rendimiento mínimo deseado para obtener su probabilidad de excedencia correspondiente. Así, la probabilidad de tener un rendimiento igual o superior a 4.5 t ha<sup>-1</sup> de materia seca por cosecha, es del 12%. Es decir, ocurrirá una vez cada 8 años. Mientras que la probabilidad de tener un rendimiento igual o superior a 2 t ha<sup>-1</sup> de materia seca es del 52%. Es decir, una vez cada 2 años.

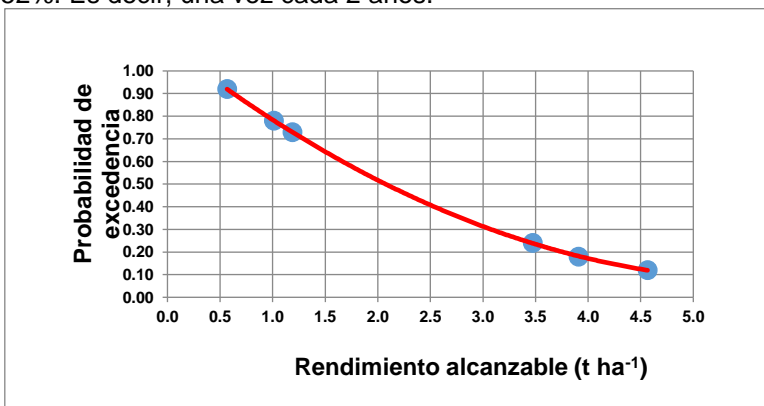


Figura 7. Probabilidad de rendimiento alcanzable por cosecha de forraje del pasto Tanzania (*Panicum máximum* Jacq.) en el área de influencia de la estación meteorológica 27056 de Balancán, Tabasco, México.

## CONCLUSIONES



El procedimiento aplicado permite estimar la producción mensual de forraje del pasto Tanzania (*Panicum máximum* Jacq.) y su probabilidad de ocurrencia. Asimismo, permite conocer la intensidad del efecto de las deficiencias de humedad sobre los rendimientos. Los resultados aplicados a Balancán muestran que en la época de secas el rendimiento puede reducirse hasta 10 veces menos en comparación a la época de lluvias. De esta manera, el procedimiento propuesto tiene gran aplicación para diferentes localidades y regiones ganaderas, en lo relativo al manejo de las praderas y del hato ganadero, pues permite predecir el comportamiento productivo de las praderas, definir la carga animal que pueden soportar y cuantificar la escasez o abundancia de forraje. Con lo cual se puede diseñar y establecer las tecnologías de aprovechamiento de los excedentes ya sea como forraje empacado o mediante la construcción de silos, para su utilización en épocas críticas y con ello incrementar las ganancias diarias de peso de los animales sin recurrir al abasto externo de forrajes, lo cual se traduce en disminución de las utilidades o pérdidas.

#### LITERATURA CITADA

- Allen, G. R., L. Santos P. L., Raes, D., y Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO. Riego y Drenaje 56. Roma, Italia. 298 p.
- Ayala, A., y Basulto, J. (1992). Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en la región oriental de Yucatán, México. *Pasturas Tropicales*, 4(1):36-40.
- Barbosa, R. A. (2004). Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a freqüências e intensidades de pastejo. Tese Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. 122 pp.
- Babatunde, E. B. (2012). Solar radiation, a friendly renewable energy source. In: Babatunde, E. B. (Ed.). (2012). *Solar radiation*, 0-18.
- Cano, C. C. P., Cecato, U., Canto, M. W. D., Rodrigues, A. B., Jobim, C. C., Rodrigues, A. M., ... & Nascimento, W. G. D. (2004). Produção de forragem do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1949-1958.
- Carnevali, R. A. (2003). Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. Tese Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 136 pp.
- Cavero, J., I. Farre, P. Debaeke, and J. Faci. (2000). Simulation of maize yield under water stress with the EPICphase and CROPWAT Models. *Agron. J.* 92:679-690.
- Doorenbos, J., y A. Kassam. (1979). Efectos del Agua sobre el Rendimiento de los Cultivos. FAO. Riego y Drenaje 33. Roma, Italia. 212 p.
- George, B., Shende, S., and Raghuwanshi. N. (2001). Development and testing of an irrigation scheduling model. *Agric. Water Manage.* 46:121-136.
- Gosse, G., Varlet-Grancher, C., Bonhomme, R., Chartier, M., Allirand, J. M., & Lemaire, G. (1986). Maximum dry matter production and solar radiation intercepted by a canopy. *Agronomie (Paris)*, 6(1), 47-56.
- Hargreaves, G. H., & Keller, A. A. (2005). Global Mapping of the Moisture Availability Index: Using the World Water and Climate Atlas. In *Impacts of Global Climate Change* (pp. 1-9). Ismail, S., and H. Depeweg. 2005. Water productivity and crop production simulation under surge flow irrigation in short furrows in Egypt. *Irrigation and Drainage* 54:103-113.
- Hargreaves, G. H., & Jensen, D. T. (2002). Simplification of planning to meet future demands for food and water. *Energy. Climate, Environment and Water-Issues and Opportunities for Irrigation and Drainage*, 513.
- Hargreaves, G.H. and Samani, Z.A. (1985) Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, 1, 96-99. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.26773>
- IMTA, (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). (2006). Extractor Rápido de Información Climatológica III, v. 1.0. Información climatológica disponible en formato electrónico. Jiutepec, Morelos, México.





- Meléndez N, F., J. A. González M., y J. Pérez P. (2006). Manejo Tecnológico del Pasto Estrella Africana en el Trópico. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco (ISPROTAB). Segunda edición. Villa- hermosa, Tabasco, México. 79 p
- Molua, E. and Lambi, C. (2006). Assessing the impact of climate on crop water use and crop water productivity: The CROPWAT analysis of three districts in Cameroon. CEEPA discussion paper no. 33, CEEPA, University of Pretoria. 44 p.
- Monteith, J. L. (1977). Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences, 281(980), 277-294.
- Pereyra, R. R. O. & Homen, A. M. A. (2012). Solar radiation utilization by tropical forage grasses: light interception and use efficiency. In: Babatunde, E. B. (Ed.). (2012). Solar radiation, 221-244.
- Perozo-Bravo, A., y Contreras-Peña, D. (2013). Empleo de la altura del pasto para determinar el ingreso y salida de animales en sistemas intensivos de pastoreo rotativo. En: Manejo de pastos y forrajes tropicales. Cuadernos Científicos Girarz 13. Perozo Bravo A (ed). Fundación Girarz. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. 280 pp.
- Petit, A. R. (2013). Prácticas de manejo de pastizales y productividad de leche en la cuenca del lago de Maracaibo. Manejo de pastos y forrajes tropicales, 105.
- Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, R. O., Jay, O., Noda, A. C., & Herrera, M. (2011). Modelos para estimar la dinámica de crecimiento de Pennisetum purpureum vc. Cuba CT-169. Revista cubana de ciencia agrícola, 45(4), 349-354.
- Smith, M., & Steduto, P. (2012). Yield response to water: the original FAO water production function. FAO Irrigation and Drainage paper, (66), 6-13.
- Zaikin, A., and W. Butcher. (2008). Economic evaluation of farmers' alternatives during irrigation water deficit; In: Qi J., and K. T. Evered (eds). Environmental Problems of Central Asia and their Economic, Social and Security Impacts. Tashkent, Uzbekistan. Springer Science. pp: 251-266.

#### Fuentes electrónicas

- SMN, (Servicio Meteorológico Nacional), (2022). Climatología/Información climatológica. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>. (Consultado el 11 de abril de 2022).



## ESTUDIO CIRCADIANO DE NOVILLAS POSDESTETE EN PASTOREO CON Y SIN SOMBRA EN HUIMANGUILLO, TABASCO.

### CIRCADIAN STUDY WITH AND WITHOUT SHADE OF POST-WEANING GRAZED HEIFERS IN HUIMANGUILLO, TABASCO

Moheno García S<sup>1</sup>, Quiroz Valiente J<sup>2</sup>, Granados Zurita L<sup>2</sup>, Barrón Arredondo M<sup>2</sup> y Ramírez Guillermo MA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de la UPCH Km 1 carretera Cárdenas Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco; <sup>2</sup>Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP, Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco.

\*Autor para correspondencia [quiroz.jorge@inifap.gob.mx](mailto:quiroz.jorge@inifap.gob.mx).

#### RESUMEN

Los estudios circadianos son importantes en la ganadería porque ayudan a mejorar la producción de los animales y el bienestar de ellos al comprender como estos afectan la producción de hormonas y la salud de los animales. El objetivo de este trabajo fue comparar las principales manifestaciones del comportamiento posterior al destete de becerras utilizando sombra. El estudio se realizó en la rancharía estación Francisco Martínez Gaytán, Huimanguillo, Tabasco clima cálido con lluvias en verano. Se utilizaron dos grupos de cinco novillas, de la raza Nelore con un peso de 170 a 200 kg para su observación en comportamiento durante 24 horas. Se ocuparon dos potreros trazados con cerco eléctrico de 10x20 metros para la retención de las novillas. Uno de los potreros utilizados contó con árboles de Acacia mangium de aproximadamente 10 m de altura que les proporcionó sombra a los animales. El uso de sombra en los sistemas de producción del trópico, tiene efectos positivos para el bienestar animal disminuye la temperatura durante el día y no disminuye drásticamente durante la noche. La sombra incrementa el tiempo de rumia y el tiempo que los animales están echados. En la época de lluvia el tiempo de pastoreo se incrementa en los animales que no tienen sombra.

#### INTRODUCCIÓN

El reloj circadiano es un ritmo inherente formado por la vida en la superficie de la Tierra para adaptarse al entorno externo (especialmente el amanecer y el atardecer) durante la evolución a largo plazo (Yao et al., 2021). Muchas actividades importantes de la vida en el cuerpo están impulsadas por relojes circadianos endógenos, como el ciclo del sueño, el metabolismo y la secreción de hormonas (Zhou et al., 2018). El sistema de ritmo circadiano coordina procesos fisiológicos sincronizados con el entorno externo cuando cambia el entorno, como la temperatura y la ingesta de alimentos (Mercado López y Díaz Muñoz, 2011). El cuerpo completa el restablecimiento del tiempo a través del sistema circadiano para volver al ritmo circadiano normal y mantener el equilibrio del ambiente interno del organismo (Kuo y Ladurner, 2019). En los mamíferos, el sistema de tiempo circadiano consiste en un reloj central en el núcleo supraquiasmático (SCN) del cerebro y muchos relojes periféricos ubicados en la mayoría de los órganos del cuerpo (Rosales Mesa, 2021). El reloj central transmite señales a los relojes periféricos, y estos relojes suelen estar coordinados para mantener el ritmo circadiano del cuerpo (Masri y Sassone-Corsi, 2018).

Muchas personas en varios países del mundo, particularmente en Asia, India y América del Sur, están obteniendo más posibilidades financieras para comprar proteína animal. Este hecho, combinado con las dietas cambiantes de estas personas en esos países, dará como resultado un aumento de la demanda mundial de productos animales (carne, huevos y leche) del 70% para 2050 (Del Angel-Lozano et al., 2023). En consecuencia, el número de cabezas de ganado está aumentando, mientras que, al mismo tiempo, el número de productores está disminuyendo. Esto da como resultado rebaños mucho más grandes por unidad de producción. Se ha vuelto imposible para los productores seguir a todos sus animales de manera confiable en grupos tan grandes. Al mismo tiempo, se deben resolver ahora varios temas en el sector ganadero, como el monitoreo de la salud y el bienestar de los animales, la reducción del impacto ambiental y el aseguramiento de la productividad del proceso.



Los ritmos circadianos de actividad se observan en la mayoría de los animales vertebrados e invertebrados e incluso en las plantas (Oravec y Greenham, 2022). El ritmo circadiano se activa mediante relojes internos que, en ausencia de señales externas, repiten un ritmo de aproximadamente 24 h. En los vertebrados, el marcapasos principal está situado en el núcleo supraquiasmático del cerebro y coordina los relojes periféricos que se encuentran en la mayoría de las células (Koch et al., 2017; Xie et al., 2019).

La alteración de los ritmos circadianos puede tener efectos de gran alcance en la salud física y mental, incluso provocando cáncer y depresión (Xie et al., 2019). A su vez, los episodios de estrés o enfermedad en los animales alteran su ritmo circadiano de actividad; la interrupción de la actividad circadiana es, por tanto, un indicador de estos trastornos (Barreto et al., 2022). Por ejemplo, observamos que las variaciones circadianas en la actividad eran menos marcadas en las vacas enfermas (Veissier et al., 2017) pero más marcadas cuando los terneros se reagrupaban con otros terneros, lo que se sabe que induce estrés (Veissier et al., 2001). La identificación de alteraciones en el ritmo circadiano podría servir para detectar casos de estrés o enfermedad y, a su vez, incitar a los cuidadores de animales a abordar dichos problemas, determinar sus causas y tomar medidas correctivas.

La detección de interrupciones en los ritmos de actividad requiere un seguimiento continuo. Existen sistemas de sensores disponibles que permiten el monitoreo continuo y la detección automática de variaciones en la actividad diaria en animales y humanos (Barreto et al., 2022). Por ejemplo, los sistemas de localización en tiempo real (RTLS), los acelerómetros, el análisis automático de imágenes y el análisis de sonido proporcionan información sobre la actividad animal al distinguir actividades básicas como descansar, estar de pie, caminar y comer (Berckmans, 2017). Sin embargo, la interpretación de los datos de estas herramientas sigue siendo difícil, ya que estas actividades básicas dependen de un conjunto de factores que incluyen la edad y la raza del animal, el diseño del establo (por ejemplo, número y ubicación de las áreas de descanso y alimentación), variables de manejo de los animales (por ejemplo, distribución de alimentos o tiempo de ordeño), dieta, temporada y más.

El resultado del clima tropical en la producción animal ha sido estudiado desde hace varios años, para que un bovino tenga una mayor producción depende tanto de su potencial productivo como de su capacidad para adaptarse a las limitaciones y cambios que se presentan en el medio ambiente (Suárez Tronco et al., 2019).

De igual forma, el bovino en el ambiente tropical, no solo debe tener un elevado potencial productivo; sino también lograr adaptarse a los factores limitantes que le ofrezca el ambiente de trópico húmedo (Ríos Utrera et al., 2021).

Durante los últimos años la comunidad local ha estado experimentando una importante preocupación por el medioambiente y su impacto en el desarrollo local, regional y nacional (Abarca Monge et al., 2021).

Se sabe que existen procesos y estructuras de salud animal que pueden mitigar los efectos nocivos de los factores limitantes tropicales. Las condiciones económicas, ambientales y prácticas muestran cómo la resistencia genética en el ganado se puede utilizar como una parte importante de una estrategia para reducir las pérdidas de rendimiento en los sistemas de producción ganadera, impulsados bioclimáticamente en los trópicos (Larios-Sarabia et al., 2019).

Las actividades básicas también pueden cambiar de frecuencia de un día a otro, lo que interfiere con la forma en que se modelan los ritmos, p. Ej. Una actividad de baja frecuencia también mostrará solo pequeñas variaciones durante el día. Resumir la actividad de un animal en un nivel de actividad puede ayudar a identificar el ritmo de actividad. Las variaciones del ciclo día-noche en el nivel de actividad parecen depender menos de factores que afectan las actividades básicas. Además, el nivel de actividad se expresa en términos absolutos, es decir, no tiene frecuencia. Por lo tanto, calcular este nivel de actividad circadiana podría servir para resaltar las diferencias entre los animales enfermos o estresados y los animales en estado normal (Veissier et al., 2001). Sin embargo, sigue siendo difícil detectar exactamente cuándo comienza a interrumpirse el ritmo.

Una contribución importante al impacto ambiental sería manejar el ganado de tal manera que la productividad animal esté más cerca del potencial genético del animal: menos uso de comedero, menos estiércol y mayor productividad (Berckmans, 2017).

En resumen, los estudios circadianos son importantes en la ganadería porque ayudan a mejorar la producción de productos animales y el bienestar de los animales al comprender como estos afectan la



producción de hormonas y la salud de los animales (Sierra, 2019). El objetivo de este trabajo fue comparar las principales manifestaciones del comportamiento de becerras potdestete utilizando sombra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una unidad de producción (UP) bovina de tipo comercial, “5 hermanos”, ubicada en la ranchería estación Francisco Martínez Gaytán, Huimanguillo, Tabasco. El clima de la región es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am). Se utilizaron dos grupos de cinco novillas, de la raza Nelore con un peso de 170 a 200 kg para su observación en comportamiento durante 24 horas y en dos épocas del año sequía y lluvias, las observaciones se efectuaron a mediados de cada época en mayo y julio respectivamente.

Se ocuparon dos potreros delimitados con cerco eléctrico de 10x20 metros para la retención de las novillas. Uno de los potreros utilizados contó con árboles de Acacia mangium de aproximadamente 10 m de altura que les proporcionó sombra a los animales. El otro lote no tuvo acceso a la sombra. Los bebederos y saladeros estuvieron dentro del mismo potrero de pastoreo., Se contó con el apoyo de alumnos de octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Zootecnia, para la observación de las novillas durante 24 horas. Se organizaron en grupos de tres estudiantes por tres horas para registrar la información de una bitácora, en la que se anotó cada quince minutos el comportamiento de los animales durante 24 horas. Las actividades registradas fueron, tiempo de pastoreo, tiempo de rumia (parado y echado), y tiempo echado. Además, se registró cuando un animal ingería agua, sal mineral, defecó y orinó. Se registró la temperatura ambiente a la sombra y fuera de la sombra; así mismo, se registró la temperatura cada hora. Los animales fueron marcados con un número con pintura fluorescente y con ayuda de una lámpara se registró también la actividad nocturna. Se utilizó un termómetro de infrarrojos para medir la temperatura de la capa de los animales cada hora. El análisis estadístico sólo incluyó estadística descriptiva y gráficas de frecuencias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La temperatura ambiente para los sitios sin sombra y con sombra durante el estudio se presenta en la Figura 1 para el periodo de sequía y en la Figura 2 para la época de lluvias.

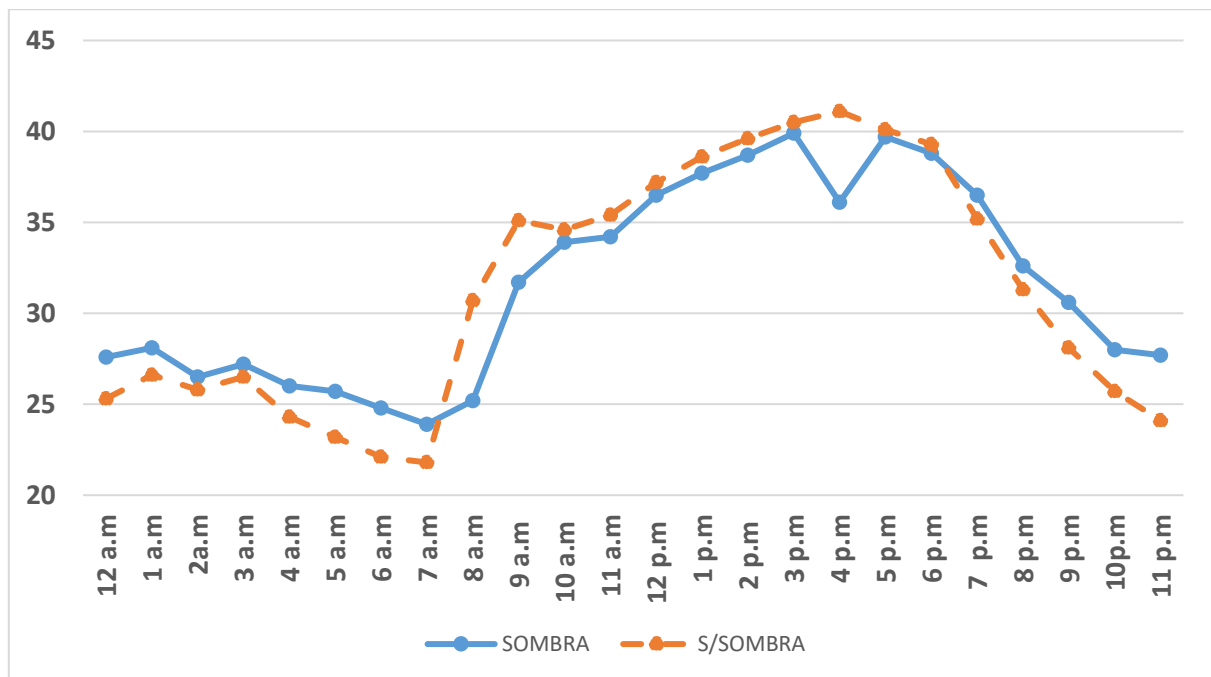


Figura 1. Temperatura obtenida cada hora para el estudio circadiano en la época de sequía



La temperatura máxima fue de 41.1°C sin sombra y 39.9°C con sombra para el periodo de sequía y de 30.8°C sin sombra y 28.8°C con sombra para el de lluvias.

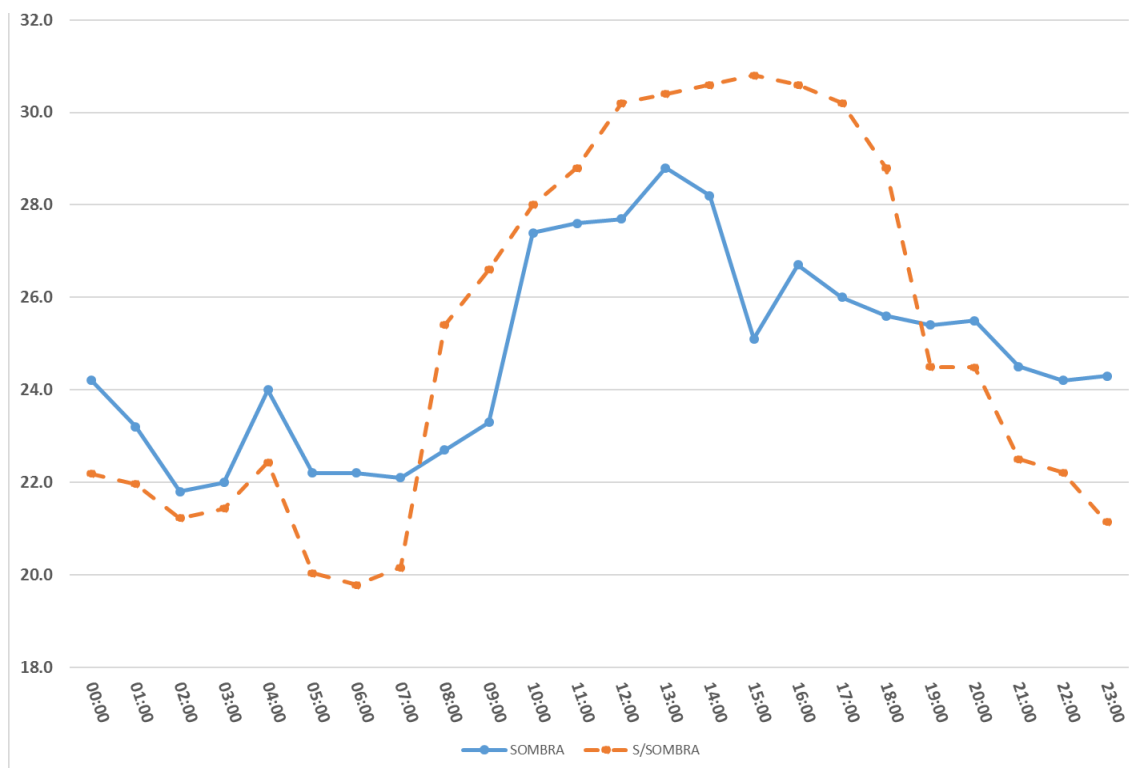


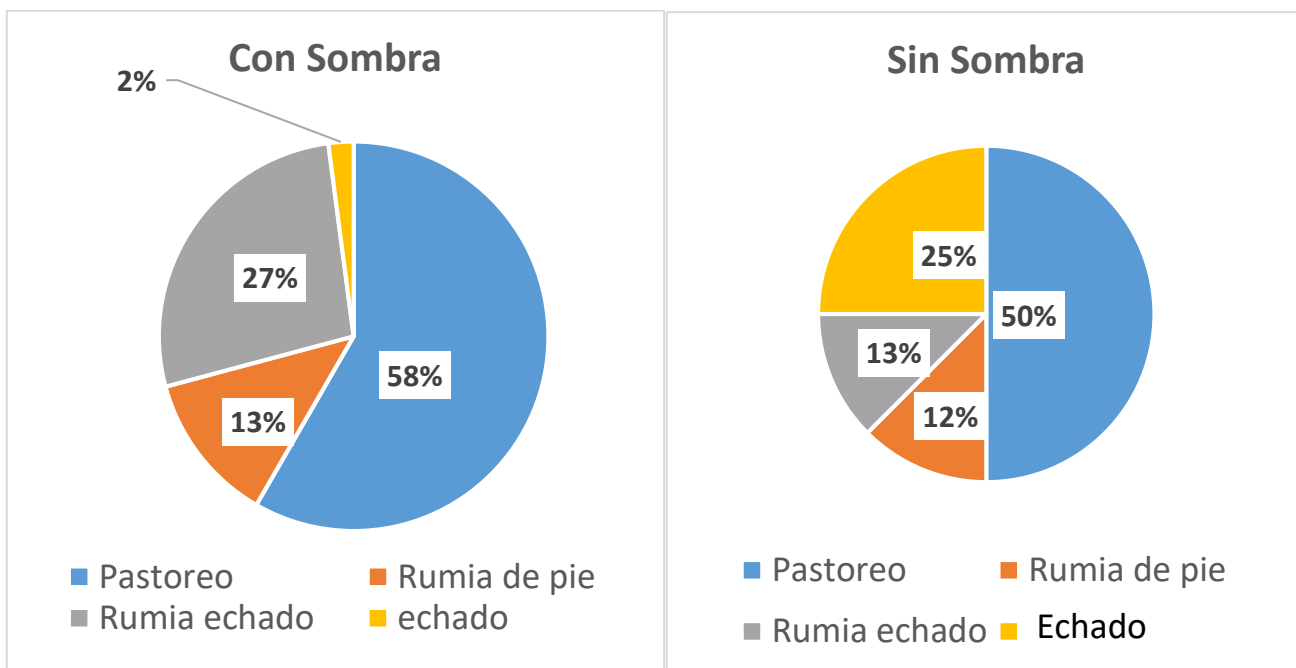
Figura 2.- Temperatura obtenida cada hora para el estudio circadiano en época de lluvias.

Es importante resaltar el efecto de la sombra los árboles, ya que disminuyó la temperatura ambiente durante el día y mantuvo la temperatura más estable durante la noche en ambas épocas. Esto concuerda con otros estudios y permite a los animales tener mayor bienestar y además de que la cobertura del dosel arbóreo los protege también de la lluvia (Cloete et al., 2021).

Los sistemas silvopastoriles tienen múltiples funciones, entre ellas contribuyen a reducir el estrés calórico, ya que bajo la copa de los árboles se reduce entre 2 y 9° C la temperatura con relación a las áreas de potrero abierto, se han encontrado diferencias en la reducción de la temperatura entre tipos de sistemas silvopastoriles y entre especies (Navas-Panadero et al., 2021).

Se observa que los animales estuvieron sometidos a altas temperaturas en época de sequía (Figuras 3 y 4), y los animales con sombra pastorearon más tiempo y también rumiaron más tiempo echados que los animales sin sombra, esto podría atribuirse a que los animales sufren menos estrés calórico (Chang-Fung-Martel et al., 2021; Peña et al., 2021).

Los sistemas silvopastoriles, a través de la producción de sombra, reducen el estrés calórico, y tienen un efecto positivo sobre el consumo voluntario, la producción de carne y/o leche, la reproducción en el hato y la sobrevivencia de los animales (Davidson et al., 2021).



**Figuras 3 y 4.** Distribución del tiempo de animales con y sin sombra en la época de sequía.

En el Cuadro 1 se presenta los resultados de las veces que los animales consumieron agua, sal, que orinaron y defecaron en la época de sequía. En cuanto a las veces que consumieron agua, no hubo alguna diferencia importante, pero si en el consumo de sal, que se incrementó en los animales sin sombra, esto podría estar influenciado por el mayor tiempo de pastoreo de los animales sin sombra (Peña et al., 2021). En cuanto a las otras variables, veces que orinan, defecan y la temperatura de la capa, no hubo diferencias importantes.

**Cuadro 1.** Número de veces de consumo agua, sal, orinaron y defecaron durante 24 horas en la época de sequía.

Tratamiento	Consumo de agua	Consumo de sal	Defecar	Orinar	Temperatura de la capa de las novillas
Con sombra	8.0	8.0	7.0	7.0	29.6
Sin sombra	7.5	15.0	5.0	8.0	29.1

En el caso de la época de lluvias (Figuras 5 y 6) el tiempo de pastoreo fue mucho mayor en los animales sin sombra (58% vs 46%), pero el tiempo de rumia fue similar en ambos grupos. Por otra parte, el tiempo echados sin actividad fue mayor en los animales con sombra; esto podría indicar que los animales tienden a buscar la sombra en periodos críticos y que los animales sin sombra lo utilizan para pastoreo, probablemente porque necesitan comer más porque gastan energía para regular su temperatura, aunque también pudo deberse a que los animales pierden más calor de pie que echados (Nordlund et al., 2019).

Es sorprendente que los animales sin sombra permanecieron más tiempo echados, pero sin rumiar, pero es similar al de otros estudios (Peña et al., 2021).



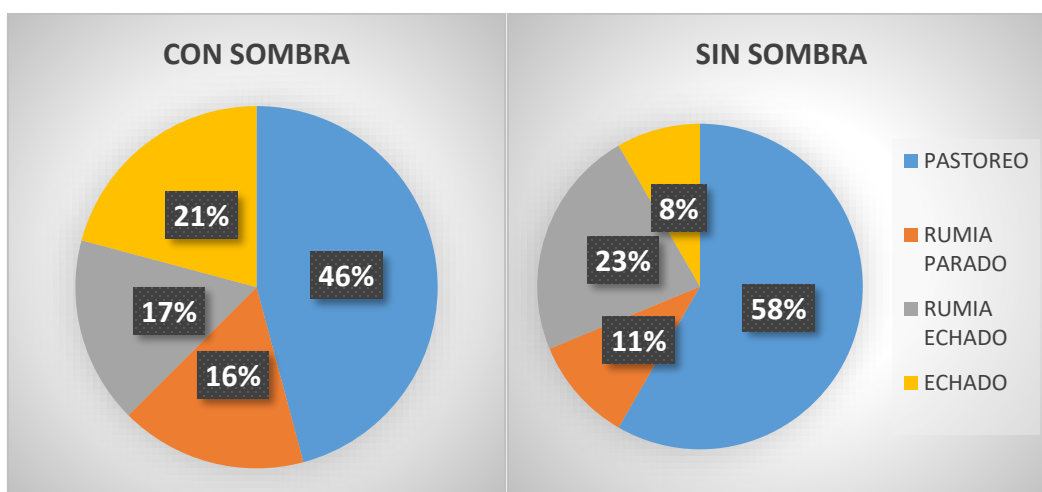


Figura 5 y 6. Distribución del tiempo de animales con sombra y sin sombra en la época de lluvia.

En cuanto a las veces que los animales consumieron agua, sal, orinaron y defecaron y la temperatura de la capa en la época de lluvias, el consumo de agua se incrementó en los animales sin sombra y el consumo de sal fue mayor en los animales con sombra. La temperatura de la capa fue superior en los animales sin sombra. El mayor consumo de agua, probablemente se debió a que tuvieron mayor tiempo en pastoreo y tuvieron mayor necesidad

Cuadro 2. Veces que los animales consumieron agua, sal, orinaron y defecaron durante 24 horas. Época de lluvia.

Tratamiento	Consumo de agua	Consumo de sal	Defecar	Orinar	Temperatura de la capa de las novillas.
Con sombra	2.2	18.8	9.6	6.2	28.6
Sin sombra	4.6	13.4	6.6	6.4	29.1

En general, estos resultados indican que la sombra ejerce un efecto positivo sobre la conducta de las novillas en la etapa posterior al destete y que será necesario realizar estudios en los que se relacionen con algunos indicadores productivos, ya sea producción de leche, ganancia de peso, y en aspectos reproductivos.

## CONCLUSIONES

El uso de sombra en los sistemas de producción del trópico, tiene efectos positivos para el bienestar animal disminuye la temperatura durante el día y no disminuye drásticamente durante la noche. La sombra incrementa el tiempo de rumia y el tiempo que los animales están echados. En la época de lluvia el tiempo de pastoreo se incrementa en los animales que no tienen sombra.

## LITERATURA CITADA

- Abarca Monge, S., Arronis Días, V. y Hernández Chaves, M. (2021). Vacas adaptadas de bajo costo para altitudes menores de 1400 metros. Retrieved from Costa Rica: <http://difundecr.org/bitstream/handle/123456789/366/Boletin%20bovinos%20adaptados%20Mayo%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barreto, A. d. N., Barioni Junior, W., Pezzopane, J. R. M., Bernardi, A. C. d. C., Pedroso, A. d. F., Marcondes, C. R., Jacintho, M. A. C., Romanello, N., Sousa, M. A. P. d., Nanni Costa, L. y Garcia, A. R. (2022). Thermal comfort and behavior of beef cattle in pasture-based systems



- monitored by visual observation and electronic device. *Applied Animal Behaviour Science*, 253, 105687.
- Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7(1), 6-11.
- Cloete, S. W. P., Muller, A., Steyn, S., van der Merwe, D. A., Nel, C. L., Cloete, S., Kruger, A. C. M. y Brand, T. S. (2021). The effect of tree shade on ambient conditions and heat stress indicator traits of new-born South African Mutton Merino and Dormer lambs: Preliminary results. *Journal of Thermal Biology*, 99, 103024.
- Chang-Fung-Martel, J., Harrison, M. T., Brown, J. N., Rawnsley, R., Smith, A. P. y Meinke, H. (2021). Negative relationship between dry matter intake and the temperature-humidity index with increasing heat stress in cattle: a global meta-analysis. *International Journal of Biometeorology*, 65(12), 2099-2109.
- Davidson, B. D., Dado-Senn, B., Padilla, N. R., Fabris, T. F., Casarotto, L. T., Ouellet, V., Toledo, I. M., Dahl, G. E. y Laporta, J. (2021). Late-gestation heat stress abatement in dairy heifers promotes thermoregulation and improves productivity. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 2357-2368.
- Del Angel-Lozano, G., Escalona-Aguilar, M. Á., del Moral, J. B. y Cuevas-Reyes, V. (2023). Principios y prácticas agroecológicas para la transición hacia una ganadería bovina sostenible. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 14(3), 696-724.
- Koch, C., Leinweber, B., Drengberg, B., Blaum, C. y Oster, H. (2017). Interaction between circadian rhythms and stress. *Neurobiology of stress*, 6, 57-67.
- Kuo, T. T. y Ladurner, A. G. (2019). Exploiting the circadian clock for improved cancer therapy: perspective from a cell biologist. *Frontiers in Genetics*, 10, 1210.
- Larios-Sarabia, N., Ramírez-Valverde, R., Núñez-Domínguez, R. y García-Muñoz, J. G. (2019). Investigación asociada con las evaluaciones genéticas de bovinos productores de leche en México [research associated with genetic evaluations of dairy cattle in México]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 315-329.
- Masri, S. y Sassone-Corsi, P. (2018). The emerging link between cancer, metabolism, and circadian rhythms. *Nature medicine*, 24(12), 1795-1803.
- Mercado López, C. R. y Díaz Muñoz, M. (2011). Tic-Tac biológico: ¿ cómo medimos el tiempo? *Revista Digital Universitaria [en línea] UNAM*, 12(3).
- Navas-Panadero, A., Hernández-Larrota, J. D. y Velásquez-Mosquera, J. C. (2021). Producción y calidad de forraje de *Sambucus nigra* en cercas vivas, trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 523-537.
- Nordlund, K. V., Strassburg, P., Bennett, T. B., Oetzel, G. R. y Cook, N. B. (2019). Thermodynamics of standing and lying behavior in lactating dairy cows in freestall and parlor holding pens during conditions of heat stress. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 6495-6507.
- Oravec, M. W. y Greenham, K. (2022). The adaptive nature of the plant circadian clock in natural environments. *Plant Physiology*, 190(2), 968-980.
- Peña, R., Fariña, S., Pla, M. y La Manna, A. (2021). Efecto del estrés calórico en Vacas Holstein bajo un sistema de ordeño pastoril voluntario (Robot): 2 Comportamiento Animal. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal (ISSN-L 1022-1301)*, 29(Supl 1), 67.
- Ríos Utrera, Á., Martínez Velázquez, G., Calderón Chagoya, R., Montaña Bermúdez, M. y Vega Murillo, V. E. (2021). Logros, retos y perspectivas de la investigación en mejoramiento genético de bovinos productores de carne en el INIFAP. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12, 1-22.
- Rosales Mesa, Y. (2021). Chronobiology: a pending matter. *Acta Médica de Cuba*, 22(4), 1-4.
- Sierra, C. (2019). Indicadores de bienestar en bovinos del trópico: una visión desde el estrés y el eje hipotalámico-pituitario-adrenal. *Revista veterinaria*, 30(2), 101-114.
- Suárez Tronco, M. A., Rodríguez Castro, M., Guerra Rojas, M. d. C. y Martínez Gutiérrez, M. S. (2019). Interacción genotipo-ambiente en ganado de la raza Santa Gertrudis en Cuba. *Revista de Producción Animal*, 31(3), 49-58.
- Veissier, I., Boissy, A., dePassillé, A. M., Rushen, J., Van Reenen, C., Roussel, S., Andanson, S. y Pradel, P. (2001). Calves' responses to repeated social regrouping and relocation. *Journal of Animal Science*, 79(10), 2580-2593.
- Veissier, I., Mialon, M.-M. y Sloth, K. H. (2017). Early modification of the circadian organization of cow activity in relation to disease or estrus. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3969-3974.



- Xie, Y., Tang, Q., Chen, G., Xie, M., Yu, S., Zhao, J. y Chen, L. (2019). New insights into the circadian rhythm and its related diseases. *Frontiers in physiology*, 10, 682.
- Yao, J., He, C., Zhao, W., Hu, N. y Long, D. (2021). Circadian clock and cell cycle: Cancer and chronotherapy. *Acta Histochemica*, 123(8), 151816.
- Zhou, L., Yu, Y., Sun, S., Zhang, T. y Wang, M. (2018). Cry 1 regulates the clock gene network and promotes proliferation and migration via the Akt/P53/P21 pathway in human osteosarcoma cells. *Journal of Cancer*, 9(14), 2480.



## RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y EL ÁREA DORSAL EN BÚFALAS (*Bubalus bubalis*) CRIADAS EN EL SURESTE DE MÉXICO.

### RELATIONSHIP BETWEEN LIVE WEIGHT AND DORSAL AREA IN BUFFALES (*Bubalus bubalis*) FARMED IN SOUTHEAST MEXICO.

<sup>1</sup>\*Díaz-López J, <sup>1</sup>Montalvo-Cosgalla DA, <sup>1</sup>Dominguez-Madrigal C, <sup>1</sup>Magaña-García G, <sup>1</sup>Carrasco López JA, <sup>1</sup>Guzmán-Velásquez AD, <sup>2</sup>Cruz-Tamayo AA, <sup>3</sup>Chaves-Gurgel AL; y <sup>1</sup>Chay-Canul AJ.\*

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Campeche, Escárcega 24350, Campeche, Mexico;

<sup>3</sup>Campus Professora Cinobelina Elvas, Federal University of Piauí, Bom Jesus 64900-000, Piauí, Brazil

\*Autor correspondiente: [alfonso.chay@ujat.mx](mailto:alfonso.chay@ujat.mx)

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el PV y el área dorsal (AD) en búfalas de agua (*Bubalus bubalis*) criadas en el sureste de México. El PV ( $340 \pm 161.68$  kg), el ancho de cadera (AC), ancho de tórax (AT) y el largo del cuerpo (LC) se midieron en 215 búfalas Murrah de entre 3 meses y 5 años. El AD (m<sup>2</sup>) se calculó utilizando de acuerdo con las fórmulas matemáticas para calcular el área de un trapecio, considerando el AC, AT y el LC en el cálculo. La relación entre PV y AD se evaluó mediante correlación y modelos de regresión. El coeficiente de correlación (r) entre PV y AD fue de 0.96 ( $P < 0.001$ ). El modelo ajustado fue: PV (kg):  $-31.21 (\pm 7.30^{***}) + 70.25 (\pm 1.27^{***}) \times AD$ ,  $r^2: 0.93$ , CME= 1716.90, RCCME= 41.43;  $P < 0.0001$ ,  $n=215$ ). Existe una estrecha relación entre el PV y el AD en búfalas de agua criadas en el sureste de México. La desviación estándar residual representó el 12.15 % del PV promedio. El AD está altamente correlacionado con el PV de búfalas mantenidas bajo condiciones de trópico húmedo. El AD puede ser un buen predictor del PV en búfalas.

**Palabras clave:** *Peso corporal; mediciones biométricas; trópico húmedo; modelos matemáticos*

#### INTRODUCCIÓN

Actualmente, las tecnologías de análisis de imágenes se han desarrollado rápidamente y pueden utilizarse para caracterizar cuantitativamente el tamaño, la forma y la densidad de organismos u objetos (Carabús et al., 2016; Chay-Canul et al. 2023). El análisis digital de imágenes (ADI) se utiliza en muchos campos, como la medicina humana, la medicina veterinaria y las ciencias forenses (Chay-Canul et al. 2023). El uso de imágenes digitales podría ser una técnica alternativa más rápida y barata para evaluar el peso corporal, el peso y la composición corporales del ganado (Gomes et al., 2016; Martins et al., 2020). En este sentido, Martins et al. (2020) reportaron que la medición del ancho de tórax (AT), ancho de cadera (AC) y largo del cuerpo (LC) podrían utilizarse para predecir el peso vivo (PV) de vacas lecheras a través del uso de cámaras tridimensionales. Así mismo, Shalalkeh et al. (2023) encontraron que el AT y el AC fueron incluidos junto con el PV en los modelos para predecir el peso del músculo, grasa y hueso en ovejas Coopworth, utilizando tecnología de tomografía computarizada para determinar la composición corporal y métodos de regresión multivariada, redes neuronales artificiales (ANN) y árboles de regresión (RT) para la predicción de la composición corporal.

En este sentido se ha reportado que el PV es una variable importante para la toma de decisiones dentro los sistemas de producción, ya que está relacionado con otras características económicas (Ramos Zapata et al., 2023; Ruiz-Ramos et al., 2023). Debido a que actualmente vivimos en la era de la llamada "Zootecnia de precisión" la cual se basa en el uso de tecnologías de análisis de imágenes, fotografía digital y videos, es necesario conocer si algunas medidas corporales capturadas desde la vista dorsal (AC, AT y LC) del animal se relacionan con el PV. Sin embargo, hasta el momento no existen reportes de la relación entre mediciones dorsales, como el área dorsal (AD) calculado usando medidas



biométricas y el PV en búfalas. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el PV y el AD en búfalas de agua criadas en ambientes tropicales.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los búfalos fueron manejados de acuerdo con los lineamientos éticos y el reglamento de experimentación animal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (código de aprobación: UJAT-2012-IA-18) en una granja comercial ubicada en Isla en el estado de Veracruz, México. El clima de la región es cálido-húmedo con temperatura y precipitación medias anuales de 25 °C y 2750 mm, respectivamente. Se obtuvieron datos de peso vivo (PV, kg), y ancho de cadera (AC, cm) en 215 búfalas Murrah de entre 3 meses y 5 años de edad. Los animales se criaron en sistemas de producción basados en el pastoreo extensivo y se les suministró agua ad libitum. El peso vivo se registró pesando los animales en una báscula de plataforma fija con una capacidad de 2000 kg y una precisión de 0.5 kg, mientras que las MB registradas incluyeron: 1) ancho de tórax (AT); 2) Ancho de cadera (AC) y 3) Largo del cuerpo (LC) para lo cual se utilizaron una forcípula de 65 cm (Haglöf®, Suecia) y una cinta métrica flexible de fibra de vidrio (Truper®). El AD (m<sup>2</sup>) se calculó de acuerdo con las fórmulas matemáticas para calcular el área de un trapecio, considerando el ancho de cadera, ancho de tórax y el largo del cuerpo en el cálculo. El área dorsal (m<sup>2</sup>) se calculó de la siguiente manera:

$$\text{área del trapecio (m}^2\text{)} = (\text{base menor} + \text{base mayor}) / 2 \times \text{Altura}$$

$$\text{área dorsal de las búfalas (m}^2\text{)} = (\text{ancho de tórax} + \text{ancho de cadera}) / 2 \times \text{largo del cuerpo}$$

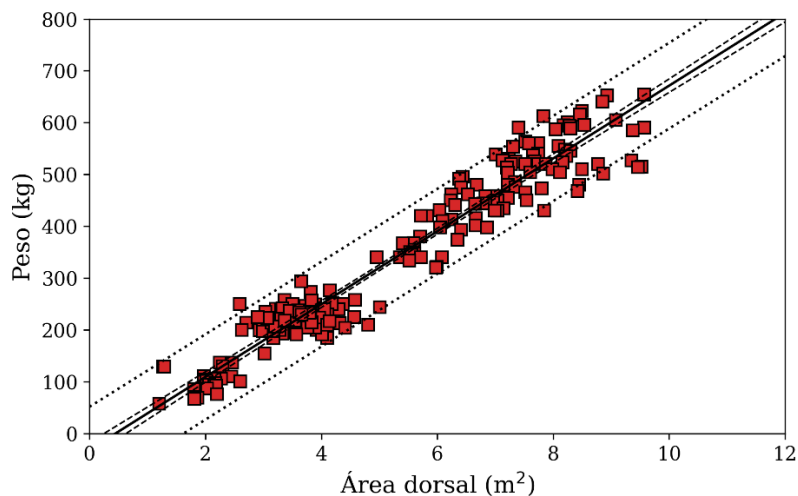
Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el PROC MEANS del SAS (2010). Para evaluar la relación entre el PV y el AD se utilizó un análisis de correlación de Pearson utilizando el PROC CORR del programa estadístico SAS y modelos de regresión lineal simple utilizando el PROC REG del programa estadístico SAS. La bondad de ajuste del modelo de regresión se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>), el error cuadrático medio (MSE) y la raíz del MSE (RMSE).

### Resultados y discusión

Los valores promedios ( $\pm$ DE), mínimos y máximos del PV y el AD de las búfalas se muestran en el Cuadro 1. La correlación entre PV y AD tuvo un valor 0.96 ( $P < 0,001$ ). La ecuación fue la siguiente: PV (kg):  $-31.21 (\pm 7.30^{***}) + 70.25 (\pm 1.27^{***}) \times \text{AD}$ ,  $r^2: 0.93$ , CME= 1716.90, RCCME= 41.43;  $P < 0.0001$ ,  $n=215$ ). La desviación estándar residual representó el 12.15 % del PV promedio (Figura 1).

**Cuadro 1.** Valores mínimo y máximo del peso vivo (PV) y el ancho de cadera (AC) de búfalas de reposición mantenidas en condiciones de trópico húmedo.

Variable	Descripción	Media	DE	Mínimo	Máximo
PV	Peso vivo (kg)	340.83	161.68	58.00	654.00
AD	Área dorsal (m <sup>2</sup> )	5.29	2.22	1.20	9.57



**Figura 1.** Relación entre el PV (kg) y el área dorsal en búfalas



Las mediciones biométricas de los búfalos se pueden utilizar para estimar el peso corporal de una manera sencilla y de bajo coste (Ramos-Zapata et al., 2023; Ruiz-Ramos et al., 2023). Ruiz-Ramos et al. (2023) al evaluar la relación entre algunas medidas corporales y el peso vivo en hembras de búfalo de agua criadas en el sureste de México, concluyeron el peso corporal de las hembras adultas de Murrah hembras adultas de búfalo Murrah está altamente correlacionado con las medidas corporales como son la altura a la cruz, altura a la grupa, el perímetro torácico (PT), el perímetro abdominal y longitud corporal. Ramos-Zapata et al. (2023) al evaluar la relación entre el PV, PT y LC en búfalas Murrah lactantes, Estos autores, calcularon el volumen corporal (VC) utilizando la fórmula para calcular el volumen de un cilindro, pero incluyeron las medidas de PT y LC en el cálculo. Estos autores concluyeron que el VC puede ser utilizado como único predictor del PV en búfalas. En el presente estudio al calcular el AD de las búfalas utilizando las medidas biométricas, observamos que el AD estuvo altamente correlacionado con el PV de las búfalas y que podría ser utilizado con una buena precisión para predecir el PV de estos animales. Estos resultados, podrían indicar que en próximos estudios se podría utilizar fotografía digital de la vista dorsal para el cálculo del AD utilizando medidas biométricas y obtener una buena relación con el PV. Es importante destacar que se observó una mayor de los datos en animales mayores a 400 kg, lo que podría indicar que la relación entre el PV y el AD podría ajustarse a una ecuación no lineal.

## CONCLUSIÓN

El AD está altamente correlacionado con el PV de búfalas mantenidas bajo condiciones de trópico húmedo. El AD puede ser un buen predictor del PV en búfalas.

## Bibliografía

- Carabús, A., Gispert, M., and Font-i-Furnols, M. Imaging technologies to study the composition of live pigs: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2016;14(3): e06R01. doi: 10.5424/sjar/2016143-8439.
- Chay-Canul, A.J., Tapia-González, J., Canul-Solís, J.R., Casanova-Lugo, F., Piñeiro-Vázquez, Á.T., Portillo-Salgado, R., García-Herrera, R.A., and Vargas-Bello-Pérez, E. 2023. Predictive biometrics of hair sheep through digital imaging. *Veterinaria Mexico*. In press
- Gomes, R.A., Monteiro, G.R., Assis, G.J.F., Busato, K. C., Ladeira, M.M., and Chizzotti, M. L. 2016. Estimating body weight and body composition of beef cattle through digital image analysis. *Journal of Animal Science*, 94(12), 5414-5422.
- Martins, B.M., Mendes, A.L. C., Silva, L.F., Moreira, T.R., Costa, J.H.C., Rotta, P.P., and Marcondes, M. I. 2020. Estimating body weight, body condition score, and type traits in dairy cows using three dimensional cameras and manual body measurements. *Livestock science*, 236, 104054.
- Ramos-Zapata, R, Dominguez-Madrigal, C, García-Herrera, R.-A, Camacho-Pérez, E, Lugo-Quintal J.M, Tyasi T.L., Gurgel A.L.C., Ítavo L.C.V., and Chay-Canul A.J. Predicting live weight using body volumen formula in lactating water buffalo. 2023. *Journal of Dairy Research* <https://doi.org/10.1017/S0022029923000249>
- Ruiz-Ramos, J., Torres-Chable, O.M., Peralta-Torres, J.A., Ojeda-Robertos, N. F., Luna-Palomera, C., Portillo-Salgado, R., Thobela Louis Tyasi, Antonio Leandro Chaves Gurgel, Luís Carlos Vinhas Ítavo and Chay-Canul, A. J. 2023. Estimation of body weight using body measurements in female water buffaloes reared in southeastern Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 55(2), 137.
- SAS 9.3 Software. 2010. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Shalaldehy, A.; Page, S.; Anthony, P.; Charters, S.; Safa, M.; and Logan, C. 2023. Body Composition Estimation in Breeding Ewes Using LiveWeight and Body Parameters Utilizing Image Analysis. *Animals* 13, 2391. <https://doi.org/10.3390/ani13142391>





## RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y ANCHO DE CADERA EN BÚFALAS (*Bubalus bubalis*) CRIADAS EN EL SURESTE DE MÉXICO.

## RELATIONSHIP BETWEEN LIVE WEIGHT AND HIP WIDTH IN BUFFALOES (*Bubalus bubalis*) RAISED IN SOUTHEASTERN MEXICO.

<sup>1</sup>\*Bouchot- Vázquez FA, <sup>1</sup>Díaz-López J., <sup>1</sup>García-Herrera RA., <sup>1</sup>Zaragoza-Vera CV, <sup>1</sup>Ramos-Franco F, <sup>1</sup>Mezo-Solís JA, y <sup>1</sup>Chay-Canul AJ\*

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Villahermosa, Tabasco, México.

\*Autor de correspondencia: [alfonso.chay@ujat.mx](mailto:alfonso.chay@ujat.mx)

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el PV y el ancho de cadera (AC) en búfalas de agua (*Bubalus bubalis*) criadas en el sureste de México. El PV ( $420.57 \pm 186.93$  kg) y AC se midieron en 215 búfalas Murrah de 3 meses a 5 años de edad. La relación entre el PV y el AC se evaluó por medio análisis de correlación de Pearson utilizando el PROC CORR del programa estadístico SAS y modelos de regresión lineal simple utilizando el PROC REG del programa estadístico SAS. La bondad de ajuste del modelo de regresión se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>), el error cuadrático medio (MSE) y la raíz del MSE (RMSE). El coeficiente de correlación (r) entre PV y AC fue de 0.96 (P <0.001). El modelo ajustado para predecir el PV (kg):  $-266.25 (\pm 9.61^{**}) + 12.78 (\pm 0.19^{**}) \times AC$ , r<sup>2</sup>: 0.95, CME= 1252.50, RCCME= 35.39; P <0.0001, n=215). La desviación estándar residual representó el 10.4 % del PV promedio. El PV y el AC están altamente correlacionados en búfalas de agua criadas en el sureste de México, el AC es una buena variable predictora del PV porque es un indicativo del desarrollo del tejido óseo de los animales por lo que el AC podría utilizarse para la predicción del peso vivo con buena precisión en búfalas.

**Palabras clave:** *Peso corporal; mediciones biométricas; Bubalus bubalis; trópico húmedo; modelos matemáticos*

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la cría de búfalos (*Bubalus bubalis*) es una importante actividad ganadera en México, ya que es una fuente potencial de leche, productos lácteos y carne (Mota-Rojas et al., 2022). El búfalo ofrece varias ventajas importantes en comparación con el ganado bovino, como una mejor adaptación al tipo de clima, una mayor resistencia a las enfermedades tropicales del ganado y un mejor aprovechamiento de forrajes de baja calidad (Torres-Chable et al., 2017). En México, los búfalos de agua han sido introducidos en regiones con climas cálidos y húmedos, principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, ya que estas regiones cuentan con grandes pantanos que son su área de distribución natural (Peralta-Torres et al., 2020). A pesar de que la cría de búfalos es percibida por los productores como un negocio rentable, aún queda mucho por estudiar en cuanto a los parámetros productivos de los animales (Hernández-Herrera et al., 2018). En particular, la tasa de crecimiento es un parámetro importante en la producción animal, ya que es característica de la adaptabilidad e idoneidad económica de la producción ganadera (Ağyar et al., 2022).

El peso vivo es, por lo tanto, la información más importante dentro de los sistemas de producción, ya que está relacionado con varias otras características económicas (Ramos Zapata et al., 2023; Ruiz-Ramos et al., 2023). Sin embargo, en las principales regiones productoras de búfalos del mundo, los sistemas se caracterizan por las bajas inversiones en infraestructura, y es común no pesar periódicamente a los animales debido a la ausencia de una báscula ganadera (Ramos Zapata et al., 2023; Ruiz-Ramos et al., 2023). Las mediciones biométricas de los búfalos se pueden utilizar para estimar el peso corporal de una manera sencilla y de bajo coste (Ramos Zapata et al., 2023; Ruiz-Ramos et al., 2023). En este sentido, Herrera-López et al (2018) encontraron que el ancho de cadera (AC) se relaciona altamente con el peso vivo en novillas cruzadas. Esta medida supone una ventaja



sobre otras, debido a que resulta más fácil de obtener, involucrando menos manejo del animal, por lo que resulta ser una alternativa útil que puede ser usada fácilmente durante cualquier práctica habitual realizada sobre el ganado, sin necesidad de instalaciones especiales para la sujeción ni el manipuleo de estas (Herrera-López et al (2018)). Sin embargo, hasta el momento no existen reportes de la relación entre el AC y el PV en búfalas. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la relación en el PV y el AC en búfalas de agua criadas en ambientes tropicales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los búfalos fueron manejados de acuerdo con los lineamientos éticos y el reglamento de experimentación animal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (código de aprobación: UJAT-2012-IA-18) en una granja comercial ubicada en Isla en el estado de Veracruz, México. El clima de la región es cálido-húmedo con lluvias en verano y temperatura y precipitación medias anuales de 25 °C y 2750 mm, respectivamente. Se obtuvieron datos de peso vivo (PV, kg), y ancho de cadera (AC, cm) en 215 búfalas Murrah de 3 meses a 5 años de edad. Los animales se criaron en sistemas de producción basados en el pastoreo extensivo y se les suministró agua ad libitum. El peso vivo se registró pesando los animales en una báscula de plataforma fija con una capacidad de 2.000 kg y una precisión de 0.5 kg, mientras que el AC se registró con una forcípula de 65 cm (Haglóf®).

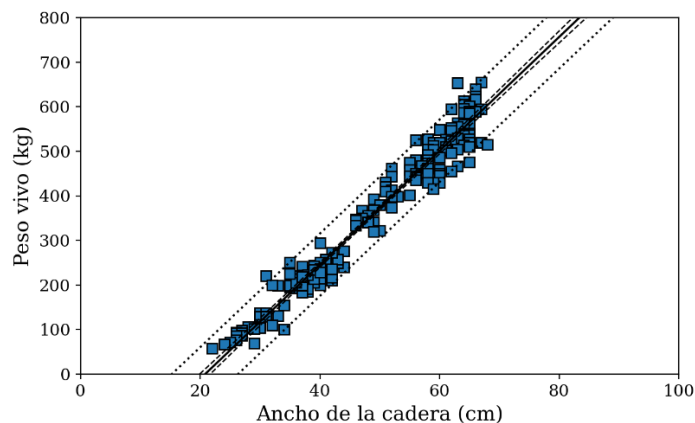
Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el PROC MEANS del SAS (2010). Para evaluar la relación entre el PV y el AC se evaluó por medio análisis de correlación de Pearson utilizando el PROC CORR del programa estadístico SAS y modelos de regresión lineal simple utilizando el PROC REG del programa estadístico SAS. La bondad de ajuste del modelo de regresión se evaluó mediante el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el error cuadrático medio (MSE) y la raíz del MSE (RMSE).

## Resultados y discusión

Los valores promedios ( $\pm$ DE), mínimos y máximos del PV y el AC de las búfalas se muestran en el Cuadro 1. La correlación entre PV y AC tuvo un valor 0.97 ( $P < 0,001$ ). La ecuación fue la siguiente: PV (kg):  $-266.25 (\pm 9.61^{***}) + 12.78 (\pm 0.19^{***}) \times AC$ ,  $r^2$ : 0.95, CME= 1252.50, RCCME= 35.39;  $P < 0.0001$ ,  $n=215$ ). La desviación estándar residual representó el 10.4 % del PV promedio (Figura 1).

**Cuadro 1.** Valores mínimo y máximo del peso vivo (PV) y el ancho de cadera (AC) de búfalas de reposición mantenidas en condiciones de trópico húmedo.

Variable	Descripción	Media	DE	Mínimo	Máximo
PV	Peso vivo (kg)	340.83	161.68	58.00	654.00
AC	Ancho de cadera (cm)	47.48	12.34	22,00	68.00



**Figura 1.** Relación entre el PV (kg) y el AC de cadera en búfalas



Franco *et al.* (2017) reportaron un  $r=0.88$  y una  $r^2=0.83$  entre el PV y AC en novillas Holstein cruzadas; estos autores concluyeron que a pesar de que el AC fue altamente correlacionadas con PV, mostró un bajo  $r^2$  con un alto coeficiente de variación con relación a otras medidas corporales. No obstante, el presente estudio demostró que la relación entre PV y AC fue alta, con un valor superior ( $r = 0.97$ ), lo que es similar a lo reportado en novillas tropicales de reemplazo (Herrera-López et al 2018). Posiblemente, el AC es una buena variable predictora del PV porque es un indicativo del desarrollo del tejido óseo de los animales, además esta medida corporal se ubica en el tren posterior, justamente donde se concentra mayor peso corporal del animal (Bretschneider *et al.*, 2014; Herrera-López et al 2018). Así, si la cadera es más ancha, podría esperarse que soportara una mayor acumulación de músculo y grasa en esta región corporal, favoreciendo positivamente el cambio de PV, tal como la ecuación desarrollada lo sugiere. Por lo tanto, las mediciones anatómicas, como indicadores del tamaño del esqueleto, puede reflejar el verdadero tamaño de las hembras (novillas, buvillas) de reposición, y consecuentemente su PV (Herrera-López et al (2018).

## CONCLUSIÓN

El AC permite predecir con una alta precisión el PV de búfalas mantenidas bajo condiciones de trópico húmedo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ağyar, O., Tırnık, C., Önder, H., Şen, U., Piwczyński, D., and Yavuz E. 2022 Use of multivariate adaptive regression splines algorithm to predict body weight from body measurements of anatolian buffalo in Türkiye. *Animals* 12, 2923.
- Bretschneider, G., Cuatrin, A., Arias D. and Vottero D. 2014. Estimation of body weight by an indirect measurement method in developing replacement Holstein heifers raised on pasture. *Archivos de Medicina Veterinaria* 46: 439-443.
- Franco, M, O., Marcondes, M.I., Campos, J.M.S., Freitas, D.R., Detmann, E., and Valadares-Filho, S.C. 2017. Evaluation of body weight prediction Equations in growing heifers. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 39: 201-206.
- Gurgel, A.L.C., Gomes, M.N.B., Silva, L.O.C., Bittencourt, A., Marques, C.M., Pereira, M.W.F., Souza Arco, T.F.F.S., Pereira, T.G. and Arcanjo, A.H.M. 2020. Visual scores are an efficient tool for identifying precocious cattle. *Boletim de Indústria Animal*, 77, 1–10.
- Hernández-Herrera, G., Lara-Rodríguez, D.A., Vázquez-Luna, D., Acar-Martínez, N., Fernández-Figueroa, J.A. and Velásquez-Silvestre, M.G. 2018 Water buffalo (*Bubalus bubalis*): An approach to sustainable management in Southern Veracruz, Mexico. *Agro productividad* 11, 27–32.
- Herrera-López, S., García-Herrera, R., Chay-Canul, A.J, González-Ronquillo, M., Macías-Cruz, U, Díaz-Echeverría, V.F., Casanova-Lugo F. and Piñero-Vázquez AT. 2018. Desarrollo y evaluación de una ecuación para predecir el peso vivo en novillas cruzadas usando el ancho de cadera. *ITEA*. 114 (4), 368-377
- Mota-Rojas, D., Bragaglio, A., Braghieri, A., Napolitano, F. Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P. Álvarez-Macías, A., Rosa G, Pacelli C, José N and Barile V.B 2022 Dairy Buffalo behavior: calving, imprinting and allosuckling. *Animals* 12, 2899.
- Peralta-Torres, J.A., Torres-Chable, O.M., Segura-Correa, J.C., Ojeda-Roberto, N.F., Chay-Canul, A.J., Luna-Palomera, C., Severino-Lendecky, V.H. and Aké-Villanueva, J.R. 2020 Ovarian dynamics of buffalo (*Bubalus bubalis*) synchronized with different hormonal protocols. *Tropical Animal Health and Production* 52, 3475–3480.
- SAS 9.3 Software. 2010. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Torres-Chable, O.M., Ojeda-Robertos, N.F., Chay-Canul, A.J., Peralta-Torres, J.A., Luna-Palomera, C., Brisdís-Vázquez, N., Blitvich, B.J., Machain-Williams, C., García-Rejon, J.E., Baak-Baak, C.M., Dorman, K.S. and Alegria-Lopez, M.A. 2017 Hematologic RIs for healthy water buffalo (*Bubalus bubalis*) in southern Mexico. *Veterinary Clinical Pathology* 46, 436–441.



## RELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS CORPORALES Y LOS DEPÓSITOS INTERNOS DE GRASA EN CORDERAS DE PELO EN CRECIMIENTO

### RELATIONSHIP BETWEEN BODY MEASUREMENTS AND INTERNAL BODY FAT DEPOTS IN GROWING HAIR EWE LAMBS

<sup>1</sup>\*Tapia-González RA, <sup>1</sup>Salazar-Cuytun ER, <sup>1</sup>García-Herrera RA, <sup>1</sup>Zaragoza-Vera CV, <sup>2</sup>Luna-Mendicuti AA\*, <sup>2</sup>Canul-Solís JR, <sup>1</sup>Chay-Canul A. J.

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tizimín, Tizimín, Yucatán, México.

\*Autor para correspondencia: armin.luna@ittizimin.edu.mx

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre medidas biométricas y los depósitos de grasa interna en corderas de pelo. Veinticuatro horas antes al sacrificio, a 21 corderas se les registró las siguientes mediciones de acuerdo con lo sugerido por Bautista-Díaz *et al* (2020): 1. Perímetro torácico (PT), 2) Largo de cuerpo (LC), 3-Largo del cuerpo en diagonal (LCD), 4.- Altura al a la cruz (ACR), 5.- Altura de al anca (AA), 6.- Ancho de cadera (ACD), 7.- Ancho de tórax (AT), 8) Profundidad de la costilla (PC). Los animales se sacrificaron, previo ayuno de 24 horas de acuerdo con las normas mexicanas vigentes, antes del sacrificio se registró el PV de los animales. Después del sacrificio, la canal se pesó (PCC) y luego se enfrió por un periodo de 24 h a 1°C. Posteriormente, la canal se dividió a por la línea media dorsal y en la media canal izquierda (fría), fue pesada nuevamente (PCF). Los datos registrados en el momento del sacrificio incluyeron componentes de la canal y componentes ajenos a la canal (vísceras). La grasa interna (GI, tejido adiposo interno) se disecó, pesó y agrupó como grasa mesentérica (GM), omental (GO) o perirrenal (GP); estos tres depósitos se sumaron para obtener el peso total de los depósitos (TGI). Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el PROC MEANS del SAS (2010). Para evaluar la relación entre las medidas biométricas y los depósitos de grasa interna se usó análisis de correlación de Pearson utilizando. El PT, LC, ACR, ACA y PC no se relacionaron con ninguno de los depósitos internos de grasa ( $P > 0.05$ ). El ACD presentó una correlación de baja a moderada con todos los depósitos ( $P < 0.05$ ,  $r \geq 0.44 \leq 0.83$ ). Así mismo, el AT presentó una correlación de baja a moderada ( $P < 0.05$ ,  $r \geq 0.57 \leq 0.75$ ) con la GM, GP y TGI, no obstante, no presentó relación con GO ( $P > 0.05$ ). Mientras que el LCD solo presentó relación con GM y TGI ( $P < 0.05$ ) con valores de  $r$  de 0.59 y 0.47 respectivamente. Se concluye que el uso de estas mediciones corporales podría permitir predecir los depósitos de grasa interna en corderas de pelo.

**Palabras claves:** Canal, ovinos de pelo, medidas biométricas, reservas corporales.

#### INTRODUCCIÓN

Se ha reportado que para el cálculo las necesidades nutricionales de los animales es necesario determinar la cantidad y distribución de las reservas energéticas corporales, principalmente los depósitos de grasa (Morales-Martínez *et al.* 2020; Salazar-Cuytun *et al.*, 2023). La grasa corporal interna (GI) se relaciona positivamente con la energía corporal total, y estos valores a menudo se utilizan en experimentos y cálculos de balance energético (Chay-Canul *et al.* 2019; Morales-Martínez *et al.* 2020; Salazar-Cuytun *et al.*, 2023). Además, debido a la gran cantidad de energía almacenada por los animales de granja en la GI, es crucial desarrollar métodos no invasivos que permitan estimar estos depósitos de grasa durante diferentes estados fisiológicos (Morales-Martínez *et al.* 2020; Salazar-Cuytun *et al.*, 2023).

En este sentido, Fonseca *et al.* (2017) concluyeron que las medidas biométricas (BMs) pueden utilizarse como herramienta para predecir la GI, ya sea solas o en asociación con el peso vivo al sacrificio o con otras características corporales postmortem y esto podría aumentar la precisión, así como la exactitud de las ecuaciones de predicción en toros y novillos F1 Angus × Nellore en confinamiento. Así mismo,



Bautista-Díaz et al. (2020), encontraron una relación moderada entre el perímetro torácico, largo del cuerpo en diagonal y la GI en corderos de pelo. De igual forma, Bautista-Díaz et al. (2017), reportaron que la GI estuvo altamente relacionado con la circunferencia del abdomen y la altura a la cadera en ovejas Pelibuey. También, Costa et al. (2020) reportaron que las BMs (altura a la cadera y ancho de pecho) estuvieron racionadas con la GI en ovinos Morada Nova. Por lo tanto, nuestra hipótesis es que las medidas biométricas están relacionadas con los depósitos de GI en corderas de pelo. Por ello el objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre medidas biométricas y los depósitos de grasa interna en corderas de pelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Integración Ovina del Sureste (CIOS) localizado en R/a Alvarado Santa Irene 2da Sección, en el municipio de Centro, Tabasco, México. El clima se clasifica como trópico húmedo, con temperaturas anuales en promedio de 26°C.

Se utilizaron 21 corderas de entre 6 y 7 meses de edad, con un peso vivo (PV) promedio de 31.14±4.37 kg, las cuales fueron adquiridos de una granja comercial del estado de Tabasco. Las corderas se mantenían estabuladas y alimentadas con concentrado comercial (proteína cruda de 15% y 12 MJ de energía metabolizable) y forraje, procurando una proporción de 80 y 20%, respectivamente. Veinticuatro horas antes al sacrificio, a las corderas se les registró las siguientes mediciones de acuerdo con lo sugerido por Bautista-Díaz et al (2020): 1. Perímetro torácico (PT), 2) Largo de cuerpo (LC), 3-Largo del cuerpo en diagonal (LCD), 4.- Altura al a la cruz (ACR), 5.- Altura de al anca (AA), 6.- Ancho de cadera (ACD), 7.- Ancho de tórax (AT), 8) Profundidad de la costilla (PC). Para esto, se utilizó una cinta métrica flexible de fibra de vidrio (Truper®) y una forcípula de 65 cm (Haglof®, Suecia).

Los animales se sacrificaron, previo ayuno de 24 horas de acuerdo con las normas mexicanas vigentes, antes del sacrificio se registró el PV de los animales. Después del sacrificio, la canal se pesó (PCC) y luego se enfrió por un periodo de 24 h a 1°C. Posteriormente, la canal se dividió a por la línea media dorsal y en la media canal izquierda (fría), fue pesada nuevamente (PCF). Los datos registrados en el momento del sacrificio incluyeron componentes de la canal y componentes ajenos a la canal (vísceras). La grasa interna (GI, tejido adiposo interno) se disecó, pesó y agrupó como grasa mesentérica (GM), omental (GO) o perirrenal (GP); estos tres depósitos se sumaron para obtener el peso total de los depósitos (TGI).

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el PROC MEANS del SAS (2010). Para evaluar la relación entre las medidas biométricas y los depósitos de grasa interna se usó análisis de correlación de Pearson utilizando el PROC CORR del programa estadístico SAS (2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Referente a las medidas biométricas, es importante destacar que el perímetro torácico (PT) presento la mayor variación (14.03%) con un rango de 64.00 a 84.00 cm, mientras que la altura al anca (AA) presento la menor variación (3.57%) con un rango de 57.00 a 65.00 cm, así mismo el ancho de cadera (ACD) fluctuó de 13.00 a 16.68 cm, (Cuadro 1). En cuanto a los depósitos de grasa interna, se observó que la mayor variación fue para la grasa mesentérica (GM) con 45.19 %, mientras que la menor variación la presento la grasa omental (GO) con un 35.86%. La grasa interna total (TGI) vario de 1.07 a 3.11 kg (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis descriptivo de mediciones corporales y depósitos de grasa interna en corderas de pelo (n = 21).

Abreviatura	Descripción	Media ± DE	CV (%)	Mínimo	Máximo
PV	Peso vivo (kg)	31.14±4.37	14.03	22.30	39.65
PT	Perímetro torácico (cm)	72.48±4.61	6.36	64.00	84.00
LC	Largo del cuerpo (cm)	42.00±2.21	5.27	39.00	49.00
LCD	LC en diagonal (cm)	49.20±2.97	6.03	44.00	56.00
ACR	Altura a la cruz (cm)	59.29±3.04	5.12	54.00	68.00





AA	Altura al anca (cm)	60.38±2.16	3.57	57.00	65.00
ACD	Ancho de cadera (cm)	15.16±1.22	8.05	13.00	16.80
AT	Ancho de tórax (cm)	16.78±1.48	8.83	13.50	19.30
PC	Profundidad de costilla (cm)	24.25±1.23	5.06	22.00	26.40
GO	Grasa omental (kg)	0.55±0.20	35.86	0.24	0.89
MF	Grasa Mesentérica (GM)	0.78±0.35	45.19	0.38	1.58
PF	Grasa pélvica (kg)	0.61±0.25	40.24	0.37	1.27
TGI	Grasa interna total (kg)	1.94±0.56	28.96	1.07	3.11

Referente a los coeficientes de correlación entre las medidas biométricas y los depósitos de grasa interna, se observó que el PT, LC, ACR, ACA y PC no se relacionaron con ninguno de los depósitos internos de grasa ( $P>0.05$ ). Solo el ACD presentó una correlación de baja a moderada con todos los depósitos ( $P<0.05$ ;  $r\geq 0.44\leq 0.83$ ). Así mismo, el AT presentó una correlación de baja a moderada ( $P<0.05$ ,  $r\geq 0.57\leq 0.75$ ) con la GM, GP y TGI, no obstante, no presentó relación con GO ( $P>0.05$ ). Mientras que el LCD solo presentó relación con GM y TGI ( $P<0.05$ ) con valores de  $r$  de 0.59 y 0.47 respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre mediciones corporales y depósitos de grasa interna en corderas de pelo

	PV	PT	LC	LCD	ACR	ACA	ACD	AT	PC	GO	GM	GP
PT	0.80											
LC	0.16*	0.16*										
LCD	0.08*	0.18*	0.39*									
ACR	0.22*	0.01*	-0.28*	-0.12*								
ACA	0.19*	0.10*	0.27*	0.05*	0.63							
ACD	0.46	0.58	0.27*	0.32*	-0.32*	-0.15*						
AT	0.64	0.63	0.39*	0.43*	-0.03*	0.25*	0.69					
PC	0.40*	0.22*	0.32*	0.29*	0.31*	0.35*	0.32*	0.58				
GO	0.26*	0.23*	-0.10*	-0.13*	-0.41*	-0.32*	0.44	0.09*	-0.18*			
GM	0.37*	0.39*	0.33*	0.59	-0.01*	0.19*	0.69	0.72	0.40*	-0.07*		
GP	0.24*	0.23*	0.27*	0.35*	-0.15*	0.11*	0.54	0.57	0.38*	-0.11*	0.65	
TGI	0.42*	0.42*	0.29*	0.47	-0.22*	0.06*	0.83	0.75	0.35*	0.26*	0.89	0.80

\*= no significativo

Debido a la importancia de conocer la cantidad de energía consumida que se deposita en la parte interna de los animales, algunos autores han evaluado el uso de medidas biométricas para su predicción. Fonseca et al. (2017) al evaluar la relación entre MBs y la grasa interna en novillos F1 Angus x Nellore en confinamiento observaron que, amplitud del abdomen, el LC, AA, PT, PC y LCD estuvieron correlacionados con el peso de la grasa interna y el  $r$  vario de 0.56 a 0.89 ( $P<0.001$ ). Bautista-Díaz et al. (2020) en corderos de pelo encontraron relaciones de bajas a moderada entre el PT, PC, LC, LCD, AA, ACR con el peso de la grasa interna y el  $r$  vario de 0.29 a 0.63 ( $P<0.001$ ). En ovejas Pelibuey adultas, Bautista-Díaz et al. (2017), reportaron que la GI estuvo altamente relacionado con la circunferencia del abdomen y la altura a la cadera. También, Costa et al. (2020) reportaron que la altura a la cadera y ancho de pecho estuvieron moderadamente relacionadas con la GI en ovinos Morada Nova, sin embargo, también el LC, PT y ACR presentaron una correlación significativa pero baja ( $P<0.05$ ,  $r\geq 0.33\leq 0.37$ ).

## CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio se observó que solo el ACD presentó una correlación de baja a moderada con todos los depósitos ( $P<0.05$ ;  $r\geq 0.44\leq 0.83$ ). Así mismo, el AT presentó una correlación de baja a moderada ( $P<0.05$ ,  $r\geq 0.57\leq 0.75$ ) con la GM, GP y TGI, no obstante, no presentó relación con GO ( $P>0.05$ ). Mientras que el LCD solo presentó relación con GM y TGI ( $P<0.05$ ) con valores de  $r$  de 0.59 y 0.47 respectivamente. Se concluye que el uso de estas mediciones corporales podría permitir predecir los depósitos de grasa interna en corderas de pelo.





## Bibliografía

- Bautista-Díaz, E., Mezo-Solis, J.A., Herrera-Camacho, J., Cruz-Hernández, A., Gomez-Vazquez, A., Tedeschi, L.O., Lee-Rangel, H. A., Vargas-Bello-Pérez, E., and Chay-Canul A. J. 2020. Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. *Animals* 10, no. 8: 1276. <https://doi.org/10.3390/ani10081276>
- Bautista-Díaz, E., Salazar-Cuytun, R., Chay-Canu, A. J., Garcia-Herrera, R. A. G., Piñeiro-Vázquez, Á. T., Magaña-Magaña, J. G., Tedeschi, L. O., Cruz-Hernandez, A., and Gómez-Vázquez, A. 2017. Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. *Small Ruminant Research*, 147, 115-119.
- Chay-Canul, A. J., García-Herrera, R. A., Salazar-Cuytún, R., Ojeda-Robertos, N. F., Cruz-Hernández, A., Fonseca, M. A., and Canul-Solís, J. R. (2019). Development and evaluation of equations to predict body weight of Pelibuey ewes using heart girth. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(3), 767-777.
- Costa, R. G., Lima, A. G. V. D. O., Ribeiro, N. L., Medeiros, A. N. D., Medeiros, G. R. D., Gonzaga Neto, S., and Oliveira R. L. 2020. Predicting the carcass characteristics of Morada Nova lambs using biometric measurements. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49.
- Fonseca, M. A., Tedeschi, L. O., Valadares, Filho S. C., De Paula, N. F., Villadiego, F. A. C., Silva, Junior J. M., Abreu, D. C., and Chizzotti M. L. 2017. Assessment of body fat composition in crossbred Angus × Nellore using biometric measurements. *J. Anim. Sci.* 2017.95:5584–5596. doi:10.2527/jas2017.1840
- SAS 9.3 Software. 2010. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Morales-Martínez, M. A., Arce-Recinos, C., Mendoza-Taco, M. M., Luna-Palomera, C., Ramirez-Bautista, M. A., Pineiro-Vazquez, A. T., ... and Chay-Canul, A. J. (2020). Developing equations for predicting internal body fat in Pelibuey sheep using ultrasound measurements. *Small Ruminant Research*, 183, 106031.
- Sazalar-Cuytun, R., Herrera-Camacho, J., García-Herrera R.A., Pozo-Leyva D., Gurgel, A.L.C., Ítavo, L.C.V., Santos G.T., and Chay-Canul A.J., 2023. Relationships between body mass index, ultrasound measurements and, internal body fat depots in Pelibuey sheep. *Bioscience Journal*, 39, e39062.



## RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y ALGUNAS MEDIDAS CORPORALES EN BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN CRECIMIENTO CRIADOS EN EL SURESTE DE MÉXICO

### RELATIONSHIP BETWEEN LIVE WEIGHT AND SOME BODY MEASUREMENTS IN GROWING BUFFALO (*Bubalus bubalis*) RAISED IN SOUTHEAST MEXICO

<sup>1</sup>\*Córdova-Landero C. D., <sup>1</sup>Grajales-Sánchez A., <sup>1</sup>Pérez González M., <sup>1</sup>Avalos-Zacarias E.,  
<sup>1</sup>Vázquez-Bolaina J., <sup>2</sup>Palmer-Linderman A., <sup>3</sup>Cruz-Tamayo A. A., <sup>1</sup>Chay-Canul A. J.\*

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Conkal.  
Conkal, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Campeche.  
Escárcega, Campeche.

\*Autor para correspondencia: alfonso.chay@ujat.mx

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el PV algunas medidas biométricas (MBs) en búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en crecimiento criados en el sureste de México. El PV ( $247.10 \pm 51.91$  kg) y MBs se midieron en 80 búfalos Murrah de entre 6 a 10 meses de edad. Las MBs registradas fueron: 1) perímetro torácico (PT), 2) ancho de tórax (AC), 3) ancho de cadera (AC), 4) largo del cuerpo (LC) y 5) largo del cuerpo en diagonal (LCD). La relación entre PV y las MBs se evaluaron mediante correlación de Pearson. El coeficiente de correlación ( $r$ ) entre PV y MBs variaron de 0.46 a 0.91 ( $P < 0.001$ ). En el presente estudio se encontró que el PV y PT presentaron una correlación positiva alta ( $r = 0.91$ ) en búfalos en crecimiento en regiones tropicales de México. Los resultados del presente estudio podrían contribuir el desarrollo de modelos matemáticos para predecir el PV de búfalos de agua en crecimiento.

**Palabras clave:** *Peso corporal; mediciones biométricas; Bubalus bubalis; trópico húmedo; modelos matemáticos.*

#### INTRODUCCIÓN

En México, el búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) fue introducido en regiones de clima cálido y húmedo, principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, debido a que en estas zonas existen grandes humedales, que son el hábitat natural de estos animales (Peralta-Torres et al., 2020; Ruiz-Ramos et al., 2023; Ramos-Zapata et al., 2023).

El peso vivo (PV) es un parámetro sustancial porque nos brinda información importante dentro de los sistemas de producción, además de que está relacionado con varias características económicas (Ruiz-Ramos et al., 2023; Ramos-Zapata et al., 2023). Sin embargo, en las principales regiones productoras de búfalos del mundo, los sistemas se caracterizan por una baja inversión en infraestructuras, y es no habitual pesar periódicamente a los animales debido a la ausencia de una báscula ganadera (Ruiz-Ramos et al., 2023; Ramos-Zapata et al., 2023).

Las mediciones biométricas en los búfalos pueden utilizarse para estimar el PV de forma sencilla y a bajo coste (Ruiz-Ramos et al., 2023; Ramos-Zapata et al., 2023). Sin embargo, Ağyar et al., (2022) concluyeron que a pesar de que la estimación del PV a través de mediciones biométricas se utiliza ampliamente en varias especies animales, existen pocos estudios en los que el PV se estime a partir de mediciones corporales de búfalos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es determinar la relación entre algunas medidas biométricas y el peso vivo en búfalos en crecimiento criados en ambientes tropicales.



## MATERIALES Y MÉTODOS

Los animales incluidos en el presente estudio fueron manejados cumpliendo con los lineamientos éticos y reglamentos para la experimentación animal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (código de aprobación: UJAT-2012-IA-18).

El experimento se llevó a cabo en la granja comercial "Polcay" ubicada en el municipio de Sabancuy, (18°99'N 91°14'O) localizado al noreste del municipio del Carmen en el suroeste de del estado de Campeche, México. El clima de la región es cálido y subhúmedo, con lluvias en verano y una temperatura media anual de 26.7 °C y precipitaciones de 1412 mm. Los animales, pastoreaban praderas de pastos nativos: *Cenchrus echinatus* (Mul), *Dactyloctenium aegyptium* (chimes su'uk), *Sporobolus virginicus* (ch'ilibil su'uk) *Spartina spartinae* (k'oxolaak) y pasos mejorados como *Brachiaria brizantha* y *Panicum maximum*, así mismo disponían de agua ad libitum.

El PV ( $247.10 \pm 51.91$  kg) y MBs se midieron en 80 búfalos Murrah de entre 6 a 10 meses de edad. Las MBs registradas fueron: 1) perímetro torácico (PT), 2) ancho de tórax (AC), 3) ancho de cadera (AC), 4) largo del cuerpo (LC) y 5) largo del cuerpo en diagonal (LCD). El PV se registró pesando a los animales en una báscula de plataforma fija con una capacidad de 2.000 kg y una precisión de 0,5 kg, mientras que las MBs se registraron utilizando una cinta métrica flexible de fibra de vidrio (Truper®) y una forcípula de 65 cm, según lo descrito previamente por Ramos-Zapata et al. (2023).

Se realizó un análisis estadístico descriptivo mediante el procedimiento PROC MEANS de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2010). En el mismo programa informático, también se estimaron los coeficientes de correlación entre variables mediante el procedimiento PROC CORR (SAS Ver. 9.3, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestran los resultados del análisis descriptivo, se pudo observar que PV tuvo coeficiente de variación del 21.0%. Mientras que la variación de las MBs oscilo entre 7.39 y 13.98 %. En cuanto a la correlación entre el PV y las MBs (figura I), se observó todas estuvieron positivas y altamente correlacionadas ( $P < 0.001$ ). El PV y PT presentaron la mayor relación ( $r=0.91$ ), mientras que con el LCD la relación fue menor ( $r=0.46$ ). El PT y el AT, AC, LC y LCD estuvieron correlacionados y el valor de  $r$  se encontró entre 0.42 a 0.76. No obstante, el LCD, LC y AC, no presentaron relación ( $P > 0.05$ ). Diversas investigaciones han concluido que el uso de MBs pueden contribuir a predecir el peso vivo del ganado, así mismo reportan que el PV presenta una mayor correlación con el PT (Lukuyu et al., 2016; Tebug et al., 2018; Washaya et al., 2021). Ağyar et al., (2022) en búfalos de Anatolia en Turquía encontraron una alta relación positiva entre el PT y PV 0.85 ( $p < 0.01$ ). Ruiz-Ramos et al. (2023) también reportaron que los valores más altos de  $r$  se observaron entre PV y PT ( $r=0,80$ ) en búfalas de agua mantenidas en el sureste de México. En este sentido, Paul y Das (2012) encontraron que los valores de  $r$  entre el PV y las medidas corporales lineales en terneros de búfalos Nili Ravi oscilaron entre 0.64 y 0.91, con la correlación más alta entre PV y PT ( $r=0,91$ ). De manera similar, Del Pilar et al. (2002) reportaron una alta correlación positiva ( $r=0.91$ ;  $P < 0.01$ ) entre el PV y el PT en búfalos filipinos cruzados carabao-Murrah. En hembras de búfalo de pantano, Johari et al. (2009) encontraron que el PV estuvo altamente correlacionado con el PT ( $r=0.93$ ), lo que concuerda con lo encontrado en el presente estudio. Las altas correlaciones encontradas entre el PV y el PT en búfalos, probablemente se deba a que gran parte de los órganos internos se encuentran en la cavidad torácica lo que implica un mayor perímetro del tórax, se relacione con una buena capacidad respiratoria y contribuyendo a un buen desempeño metabólico.

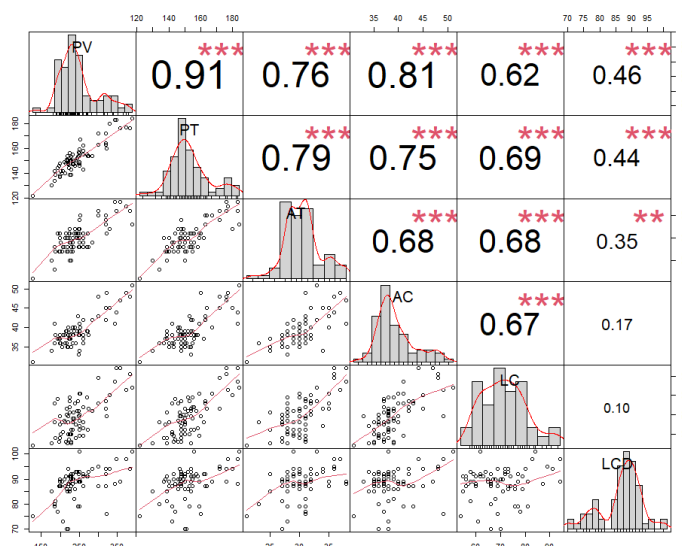
Ağyar et al., (2022) informaron de que, aunque la estimación del PV a través de mediciones biométricas se utiliza ampliamente en varias especies animales, no hay estudios en los que el PV se estime a partir de mediciones corporales de búfalos, aunque la importancia de la estimación del peso es bien conocida. Aunque varios estudios con búfalos de diferentes razas, género y edad mantenidos en diferentes sistemas de producción mostraron correlaciones positivas y significativas entre el peso y las medidas



corporales (Del Pilar et al., 2002; Johari et al., 2009; Melo et al., 2018; Ağyar et al., 2022). Los resultados del presente estudio podrían contribuir el desarrollo de modelos matemáticos para predecir el PV de búfalos de agua en crecimiento.

**Cuadro 1.** Análisis descriptivo del peso vivo (kg) y medidas corporales (cm) en búfalos Murrah en crecimiento criados en condiciones de trópico húmedo mexicano (n = 80).

Variable	Descripción	Media± DE	CV (%)	Mínimo	Máximo
PV	Peso vivo (kg)	247.10±51.91	21.01	128.00	390.00
PT	Perímetro torácico (cm)	152.6±12.04	7.89	130.00	184.00
AT	Ancho de tórax (cm)	30.07±3.22	10.72	21.00	38.00
AC	Ancho de cadera (cm)	39.15±4.11	10.50	31.00	51.00
LC	Largo de cuerpo (cm)	69.26±9.68	13.98	54.00	94.00
LCD	LC en diagonal (cm)	87.77±6.49	7.39	70.00	101.00



**Figura 1.** Coeficientes de correlación Pearson entre el peso vivo y medidas biométricas en búfalos en crecimiento.

## CONCLUSIÓN

En el presente estudio, se encontró que el PV y PT presentaron una correlación positiva alta ( $r = 0.91$ ) en búfalos en crecimiento en regiones tropicales de México. Se requieren más estudios deberían realizarse con el objetivo de ampliar el conocimiento de la relación entre las medidas corporales, el PV y el comportamiento productivo y reproductivo de las especies de búfalos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ağyar O, Tırink C, Önder H, Şen U, Piwczyński D and Yavuz E. 2022. Use of multivariate adaptive regression splines algorithm to predict body weight from body measurements of anatolian buffalo in Türkiye. *Animals* 12, 2923.
- Del Pilar, E.R., Valdez, C.A., Flor, J.A.C.G., and del Barrio, A.N. 2002. Determination of body weight in Philippine Carabao-Murrah crossbred buffaloes using external body measurements. *Philippine Journal of Veterinary and Animal Sciences* 28(1): 37–45.
- Johari, S., Kurnianto, E., and Hamayanti, S.W.A. 2009. Multivariate analysis on phenotypic traits of body measurement in swamp buffalo (*Bubalus bubalis*). Multivariate analysis of quantitative traits in Swamp Buffalo. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 34(4), 289–294.
- Lukuyu M.N., Gibson, J.P., Savage D.B., Duncan A.J., Mujibi F.D.N., and Okeyo A.M. 2016. Use of body linear measurements to estimate liveweight of crossbred dairy cattle in smallholder farms in Kenya. *SpringerPlus* 5(1), 1-14.



- Melo, B.A., Nascimento, I.M., Santos, L.T.A., Lima, L.G., Araujo, F.C.T., Rios, R.R.S., Couto, A.G., and Fraga, A.B. 2018. Body morphometric measurements in Murrah crossbred buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Journal of Applied Animal Research* 46(1), 1307–1312.
- Paul, S.S., and Das, K.S., 2012. Prediction of body weight from linear body measurements in Nili-Ravi buffalo calves. *Journal of Buffalo Science* 1(1), 32–34.
- Peralta-Torres J.A., Torres-Chable O.M., Segura-Correa J.C., Ojeda-Roberto N.F., Chay-Canul A.J., Luna-Palomera C., Severino-Lendechy V.H. and Aké-Villanueva, J.R. 2020. Ovarian dynamics of buffalo (*Bubalus bubalis*) synchronized with different hormonal protocols. *Tropical Animal Health and Production*, 52(1), 3475–3480.
- Ramos-Zapata R, Dominguez-Madrigal C, García-Herrera Ricardo-A, Camacho-Perez E, Lugo-Quintal JM, Tyasi TL, Gurgel ALC, Ítavo LCV and Chay-Canul AJ. 2023. Predicting live weight using body volumen formula in lactating water buffalo. *Journal of Dairy Research*
- Ruiz-Ramos J., Torres-Chable O.M., Peralta-Torres J.A., Ojeda-Robertos N. F., Luna-Palomera C., Portillo-Salgado R., Tyasi T. L., Chaves Gurgel A. L., Vinhas Ítavo L. C., and Chay-Canul A. J. 2023. Estimation of body weight using body measurements in female water buffaloes reared in southeastern Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 55, 137 2023. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03549-9>
- SAS 9.3 Software. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA. 2010.
- Tebug S.F., Missohou A., Sourokou Sabi S., Juga J., Poole E.J., Tapio M. and Marshall K. 2018. Using body measurements to estimate live weight of dairy cattle in low-input systems in Senegal. *Journal of Applied Animal Research* 46(1), 87-93.
- Washaya S., Bvirwa W., and Nyamushamba G. 2021. Use of Body Linear Measurements to Estimate Live Weight in Communal Beef Cattle. *Journal of Environmental and Agricultural Studies* 2(2), 11-20.



## RELACIÓN ENTRE MEDICIONES CORPORALES Y DE LA CANAL CON LA COMPOSICIÓN TISULAR DE CANALES DE CORDEROS KATAHDIN.

### RELATIONSHIP BETWEEN BODY AND CARCASS MEASUREMENTS AND TISSUE COMPOSITION OF KATAHDIN LAMB CARCASSES.

<sup>1</sup>\*González-Pérez A.,<sup>1</sup>Vázquez-Martínez I.,<sup>1</sup>Gastelum-Delgado M. A.,<sup>1</sup>Muñoz-Osorio G. A.,  
<sup>2</sup>Ramírez-Bautista M. A.,<sup>3</sup>Herrera-Camacho J.,<sup>1</sup>Chay-Canul A. J.\*

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco:  
Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Campeche, México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, Av. Ah-Canul, Calkiní C.P.  
24900, Campeche, México.

\*Autor para correspondencia: alfonso.chay@ujat.mx

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue estimar la correlación entre mediciones ante mortem (medidas por ultrasonido y medidas biométricas) y las características de la canal de corderas Black Belly en crecimiento. Los animales se sacrificaron, previo ayuno de 24 horas de acuerdo con las normas mexicanas vigentes. Después del sacrificio, la canal se enfrió por un periodo de 24 h a 1°C y se registró el peso de la canal fría (PCF). Luego la media canal izquierda se disecó y los pesos de los tejidos se ajustaron al peso total de la canal: músculo (MTC), grasa (GTC) hueso (HTC). Veinticuatro horas antes al sacrificio, a los ovinos se les registró las siguientes mediciones: altura de la cruz, largo del cuerpo en diagonal, largo del cuerpo, altura al anca, perímetro torácico y perímetro abdominal. Después del sacrificio, la canal se enfrió por un periodo de 24 h a 1°C y se registró el peso de la canal fría (PCF). En la canal, se registró: profundidad torácica (PT), largo de la canal (LC), perímetro de la pierna (PP), largo de pierna (LP) y ancho de pierna (AP), se calculó el índice de compacidad (ICC) como el PCF entre la LC. Luego la media canal izquierda se disecó y los pesos de los tejidos se ajustaron al peso total de la canal: músculo (MTC), grasa (GTC) hueso (HTC) Bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio se observó el PT, PA, y LCD presentaron los r más altos para MTC y GTC (P<0.001), mientras que el LC presentó el r más alto con HTC (P<0.001). El ICC fue la medida de la canal que presentó los r más altos con MTC y GTC (P<0.001), mientras que el LCA estuvo altamente relacionado con HTC. El uso de mediciones biométricas y de la canal puede permitir predecir la composición tisular de la canal en corderos Katahdin.

**Palabras claves:** Canal, ovinos de pelo, medidas biométricas, mediciones de la canal, composición tisular.

#### INTRODUCCIÓN

Para la predicción de las características de la canal de los animales para consumo humano, las técnicas no invasivas y de bajo costo son preferidas sobre las técnicas que implican la destrucción de la canal (Bautista-Díaz et al., 2020; Valencia, 2021). Debido a lo laborioso y costoso que resulta conocer la composición tisular de la canal, ya que se requiere la disección completa de la misma, diversos autores han buscado técnicas alternativas para su determinación (Bautista-Díaz et al., 2017, 2020; Gómez -Vázquez et al. 2022). Estas van desde técnicas muy sofisticadas que limitan su uso a condiciones de laboratorio, a técnicas tan simples como el registro de ciertas medidas corporales o el uso de la composición tisular de los cortes primarios de ésta (Santos et al., 2017; Bautista-Díaz et al., 2017, 2020). Otros autores han informado que es posible predecir la composición tisular de la canal por medidas tomadas en la canal, tal como: el grado de engrasamiento, conformación, peso de la canal e índice de compacidad (Gómez -Vázquez et al. 2022). El uso de estas medidas ofrece una ventaja sobre la disección de cortes, ya que son más rápidas y fáciles de realizar y no implican ninguna pérdida de tejido de la canal (Díaz et al., 2004; Gómez -Vázquez et al. 2022). Sin embargo, otros autores han reportado que es posible aumentar la precisión de las predicciones utilizando diferentes medidas tomadas en el





animal vivo, la canal o combinaciones de ambas medidas (Lambe et al., 2009; Gómez -Vázquez et al. 2022).

En este sentido, a pesar de que muchas ecuaciones de predicción de la composición tisular de la canal en corderos se han descrito, en la mayoría de los casos, estas ecuaciones se obtuvieron en animales sacrificados a un mayor peso y de razas de lana (Díaz et al., 2004; Gómez-Vázquez et al. 2022), por lo que es importante desarrollar ecuaciones de predicción de la composición tisular de la canal de ovinos tropicales. Sin embargo, ovinos Katahdin en crecimiento, la información en cuanto al uso medidas biométricas y de la canal para predecir la composición tisular características de la canal de este tipo de animales es escasa (Gómez -Vázquez et al. 2022). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue estimar la correlación entre mediciones corporales y de la canal y la composición tisular de canales de corderos Katahdin en crecimiento.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Integración Ovina del Sureste (CIOS) localizado en R/a Alvarado Santa Irene 2da Sección, en el municipio de Centro, Tabasco, México. El clima se clasifica como trópico húmedo, con temperaturas anuales en promedio de 26°C.

Se utilizaron 25 corderos de entre 6 y 8 meses de edad, con un peso vivo (PV) promedio de 26.64±3.96 kg, las cuales fueron adquiridos de una granja comercial del estado de Tabasco que se dedica a la producción de pie de cría de la raza Katahdin. Los corderos se mantenían estabulados y alimentados con concentrado comercial (proteína cruda de 15% y 12 MJ de energía metabolizable) y forraje, procurando una proporción de 80 y 20%, respectivamente.

Veinticuatro horas antes al sacrificio, a los ovinos se les registró las siguientes mediciones de acuerdo con lo sugerido por Bautista-Díaz et al (2020): 1. Altura de la cruz (AC), 2-Largo del cuerpo en diagonal (LCD), 3- Largo del cuerpo (LC), 4.- Altura al anca (AA), 5.- Perímetro torácico (PT), 6.- Perímetro abdominal (PA). Para esto, se utilizó una cinta métrica flexible de fibra de vidrio (Truper®) y una forcípula de 65 cm (Haglof®, Suecia).

Los animales se sacrificaron, previo ayuno de 24 horas de acuerdo con las normas mexicanas vigentes, antes del sacrificio se registró el PV de los animales. Después del sacrificio, la canal se pesó (PCC) y luego se enfrió por un periodo de 24 h a 1°C. Posteriormente, la canal se dividió a por la línea media dorsal y en la media canal izquierda (fría), fue pesada nuevamente (PCF). En la media canal izquierda (fría), se registraron las siguientes medidas: 1) profundidad torácica (PT, longitud máxima entre el esternón y la columna vertebral al nivel de la sexta costilla), 2) largo de la canal (LC, longitud máxima entre el borde anterior de la articulación isquio-pubis y el borde anterior de la primera costilla), 3) perímetro de la pierna (PP, máxima longitud alrededor de la pierna), 4) largo de pierna (LP), 5) índice de compacidad (ICC) el cual fue calculado como el peso de la canal fría dividido entre la longitud de la canal de acuerdo a lo descrito por Ruiz de Huidobro et al. (2000) y Carrasco et al. (2009). Posteriormente, la media canal izquierda se disecó en músculo, grasa y hueso y cada tejido fue pesado por separado. Los pesos de los tejidos disecados en la canal izquierda (grasa, músculo y hueso) se ajustaron al peso total de la canal.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el PROC MEANS del SAS (2010). Para evaluar la relación entre la composición tisular (músculo, grasa y hueso) de las canales y las mediciones corporales y de la canal se usó análisis de correlación de Pearson utilizando el PROC CORR del programa estadístico SAS (2010).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Referente a las medidas biométricas, es importante destacar que el perímetro torácico (PT) varió de 59.00 a 90.00 cm, mientras que ancho de cadera (AC) osciló de 11.50 a 18.80 cm, así mismo la altura a la cruz (AC) fluctuó de 58.00 a 78.000 cm, mientras que el largo del cuerpo en diagonal (LC) vario de 33.00 a 55.00 cm (Tabla I). En cuanto a las medidas de la canal las variables que presentaron mayor variación fueron, el peso de la canal fría (PCF), la cual vario de 7.87 a 29.84 kg; el índice de compacidad



de la canal (ICC) vario de 0.08 a 0.23 kg/cm, mientras que la profundidad torácica (PC) vario de 22.00 a 40 cm. Finalmente, los tejidos de la canal variaron de 5.10 a 18.70 kg para músculo, la grasa varió de 0.54 a 4.08 kg y el hueso de 2.10 a 7.05 kg (Cuadro 1).

Concerniente a los coeficientes de correlación entre las medidas biométricas, mediciones de la canal y composición tisular de la canal de corderos Katahdin, se observó que todas las medidas biométricas, se relacionaron de forma positiva y de moderada a alta con el peso de los tejidos de canal, con un r vario 0.58 a 0.94 ( $P < 0.001$ ). Sin embargo, el PT, PA, y LCD presentaron los r más altos para MTC y GTC ( $P < 0.001$ ), mientras que el LC presentó el r más alto con HTC ( $P < 0.001$ ). El ICC fue la medida de la canal que presentó los r más altos con MTC y GTC ( $P < 0.001$ ), mientras que el LCA estuvo altamente relacionado con HTC (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Análisis descriptivo de mediciones corporales y de la canal y la composición tisular de canales de corderos Katahdin en crecimiento (n = 25).

Variable	Abreviatura	Media $\pm$ DE	CV (%)	Mínimo	Máximo
Perímetro torácico (cm)	PT	73.08 $\pm$ 8.56	11.71	59.00	90.00
Perímetro Abdominal (cm)	PA	77.08 $\pm$ 7.88	10.22	63.00	94.00
Largo del cuerpo (cm)	LC	43.60 $\pm$ 6.23	14.29	33.00	55.00
LC en diagonal (cm)	LCD	52.00 $\pm$ 5.07	9.74	44.00	63.00
Altura a la cruz (cm)	AC	65.12 $\pm$ 5.40	8.30	58.00	78.00
Altura al anca (cm)	AA	64.64 $\pm$ 4.83	7.47	58.00	74.00
Peso de la canal fría (kg)	PCIF	15.02 $\pm$ 5.51	36.56	7.87	29.84
Largo de la canal (cm)	LCA	55.04 $\pm$ 6.41	11.64	47.00	70.00
Profundidad torácica (cm)	PC	27.80 $\pm$ 4.33	15.58	22.00	40.00
Largo de pierna (cm)	LP	35.72 $\pm$ 3.88	10.86	28.00	45.00
Perímetro de la pierna (cm)	PP	35.52 $\pm$ 4.70	13.23	27.00	45.00
Índice de compacidad de la canal (kg/cm)	ICC	0.14 $\pm$ 0.04	26.85	0.08	0.23
Músculo de la canal (kg)	MTC	9.74 $\pm$ 3.55	36.45	5.10	18.70
Hueso de la canal (kg)	HTC	3.76 $\pm$ 1.33	35.35	2.10	7.05
Grasa de la canal (kg)	GTC	1.52 $\pm$ 0.82	53.95	0.54	4.08

**Cuadro 2.** Coeficientes de correlación entre mediciones corporales y de la canal y la composición tisular de canales de corderos Katahdin en crecimiento

	PT	PA	LC	LCD	AC	AA	PCF	LCA	PC	LP	PP	ICC	MTC	HTC	GTC
PT	1	0.92	0.73	0.83	0.80	0.77	0.93	0.84	0.77	0.81	0.73	0.90	0.94	0.86	0.79
PA		1	0.71	0.81	0.70	0.70	0.85	0.83	0.74	0.65	0.73	0.81	0.88	0.80	0.71
LC			1	0.79	0.77	0.83	0.80	0.91	0.76	0.73	0.71	0.66	0.76	0.87	0.59
LCD				1	0.69	0.74	0.83	0.80	0.68	0.62	0.71	0.78	0.83	0.82	0.70
AC					1	0.90	0.80	0.85	0.82	0.85	0.63	0.70	0.77	0.83	0.63
AA						1	0.77	0.86	0.77	0.82	0.65	0.65	0.73	0.83	0.58
PCF							1	0.87	0.84	0.77	0.81	0.96	0.98	0.93	0.89
LCA								1	0.87	0.81	0.73	0.74	0.84	0.91	0.68
PC									1	0.75	0.70	0.75	0.81	0.84	0.73
LP										1	0.50	0.68	0.73	0.84	0.56
PP											1	0.77	0.82	0.68	0.72
ICC												1	0.97	0.85	0.91
MTC													1	0.89	0.88
HTC														1	0.75



\* $P < 0.05$

Las razas de ovinos de pelo son importantes para la producción de carne en las regiones tropicales y caracterizar la composición del tejido de la canal de estos recursos genéticos es vital para promover la eficiencia económica en estos sistemas de producción (Chay-Canul et al., 2019; Bautista-Díaz et al., 2020). En estudios utilizando medidas biométricas in vivo se observó que el contenido de hueso en la canal de corderos de pelo de razas Pelibuey y Katahdin presentó una relación baja con estas medidas (Bautista-Díaz et al., 2020). En cuanto a los coeficientes de correlación entre la composición tisular (músculo, grasa y hueso) y medidas biométricas en corderos Blackbelly, Valencia (2021) observó que solo el PT estuvo moderadamente correlacionado ( $P < 0.05$ ) con el peso de los tejidos, y la  $r$  varió de 0.37 a 0.70. En ovinos machos de pelo producidos bajo el sistema semiintensivo, Robles Jiménez et al. (2022) encontraron una correlación positiva y altamente significativa entre el área del músculo L. dorsi y el peso al sacrificio ( $r = 0.38^{**}$ ;  $P < 0.001$ ), y el peso de la canal fría ( $r = 0.42^{**}$ ;  $P < 0.001$ ). Estos mismos autores también reportaron que el espesor de la grasa subcutánea (EGS), se correlacionó en forma positiva y altamente significativa con el peso al sacrificio ( $r = 0.36^{**}$ ;  $P < 0.001$ ), de igual forma, reportan que en hembras de pelo producidas bajo el sistema semiintensivo, el área del músculo L. dorsi mostró coeficientes de determinación altamente significativos con el peso de la canal caliente ( $r = 0.48^{**}$ ;  $P < 0.001$ ) y el peso de la canal fría ( $r = 0.49^{**}$ ;  $P < 0.001$ ).

De acuerdo con Díaz et al. (2004) es posible predecir la canal composición por medidas tomadas en la canal. Díaz et al. (2004) reportaron que el perímetro de la pierna (PP) y el largo de la canal (LC) fueron las medidas correlacionadas con el peso del músculo y el hueso de la canal ( $r \geq 0.75 \leq 0.87$ ) en corderos lechales (9-15 kg) de la raza "Manchega". Mientras que el PP fue el que mostró los coeficientes de correlación más altos con el peso de la grasa de la canal ( $r = 0.74$ ). De igual forma, en el presente estudio el PP mostró buena correlación con el peso de los tejidos de canal ( $P > 0.05$ ). Así mismo, el LC presentó una alta correlación con el MTC y el HTC ( $P < 0.001$ ) lo que difiere está de acuerdo con los resultados obtenidos por Díaz et al. (2004). También, Laville et al. (1996) encontraron que las correlaciones entre las medidas morfométricas y la composición de la canal fueron moderadas o bajas en el ganado. En el presente estudio el índice de compacidad de la canal (ICC) fue la variable que estuvo más correlacionada con el peso de los tejidos de la canal. Díaz et al. (2004), reportaron que el ICC exhibió los coeficientes de correlación más altos con el peso del músculo ( $r = 0.90$ , hueso ( $r = 0.77$ ), y grasa ( $r = 0.68$ ), lo que resulta ser similar a los obtenido en corderos Katahdin. También, Gómez - Vázquez et al. (2022) concluyeron que los tejidos de la canal de corderos Black Belly se correlacionaron con el índice de compacidad de la canal ( $p \leq 0.05$ ;  $r$  varió de 0.54 a 0.75). Díaz et al. (2004) y Gómez - Vázquez et al. (2022) han reportado que el ICC presenta buena capacidad predictiva para la composición tisular de la canal, y que este hecho puede ocurrir porque el ICC involucra un componente de peso de la canal el cual está altamente correlacionado con el peso de los tejidos de la canal. Por lo que nuestros resultados están de acuerdo con lo reportado por estos autores.

## CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio se observó el PT, PA, y LCD presentaron los  $r$  más altos para MTC y GTC ( $P < 0.001$ ), mientras que el LC presentó el  $r$  más alto con HTC ( $P < 0.001$ ). El ICC fue la medida de la canal que presentó los  $r$  más altos con MTC y GTC ( $P < 0.001$ ), mientras que el LCA estuvo altamente relacionado con HTC. El uso de mediciones puede permitir y predecir la composición tisular de la canal en corderos Katahdin.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bautista-Díaz, E., Mezo-Solis, J.A., Herrera-Camacho, J., Cruz-Hernández, A., Gomez-Vazquez, A., Tedeschi, L. O., Lee-Rangel, H.A., Vargas-Bello-Pérez, E., and Chay-Canul, A.J. 2020. Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. *Animals*. 10, 1276.
- Bautista-Díaz, E., Salazar-Cuytun, E.R., Chay-Canul, A.J., García-Herrera, R.A., Piñeiro-Vázquez, A.T., Magaña-Monforte, J.G., Tedeschi, L.O., Cruz-Hernández, A. and Gómez-Vázquez, A., 2017. Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. *Small Ruminant Research*. 147, 115–119.



- Carrasco, S.; Ripoll, G.; Sanz, A.; Álvarez-Rodríguez, J.; Panea, B.; Revilla, R. and Joy, M., 2009. Effect of feeding system on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livestock Science* 121:56-63.
- Díaz MT, Cañeque V, Lauzurica S, Velasco S, de Huidobro FR, and Pérez C. 2005 Prediction of suckling lamb carcass composition from objective and subjective carcass measurements. *Meat Science* 66(4):895-902.
- Gómez-Vázquez, A., Dzib-Cauich, D.A., López-Durán, S., Muñoz-Osorio, G.A., Miccoli, F.E., Canul-Solis. J.R., Castillo-Sanchez, L. E., and Chay-Canul A. J. 2022 Prediction of the carcass tissue composition of "Blackbelly" lambs using *in vivo* and *postmortem* measurements. *Rev MVZ Cordoba*. 2022; 27(Supl): e2933.
- Lambe, N. R., Navajas, E. A., Fisher, A. V., Simm, G., Roehe, R., and Bünger, L., 2009. Prediction of lamb meat eating quality in two divergent breeds using various live animal and carcass measurements. *Meat Science*, 83(3), 366-375.
- Laville, E., Martin, V., and Bastien, O., 1996. Prediction of composition traits of young Charolais Bull Carcasses using a morphometric method. *Meat Science*, 44, 93–104.
- Robles Jiménez, L. E., Partida de la Peña, J. A., Arechavaleta Velasco, M. E., and Domínguez Vara, I. A. 2022. Correlación entre variables ante mortem y post mortem en canales de ovinos producidos en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(1), 115-126.
- Ruiz de Huidobro, F, Cañeque, V., Ortega, E., and Velasco, S., 2000. Morfología de la canal ovina. En: Cañeque V, Sañudo C editores. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid, España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Ciencia y Tecnología, 82-102.
- Santos, V. A., Silvestre, A. M., Azevedo, J. M., and Silva, S. R., 2017. Estimation of carcass composition of goat kids from joint dissection and conformation measurements. *Italian Journal of Animal Science*, 16(4), 659-665.
- SAS 9.3 Software. 2010. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Valencia, P. J. I. 2021. Relación entre las características de la canal y medidas biométricas en corderos Blackbelly. Tesis de licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



**PROLIFERACIÓN DE *Babesia bigemina in vitro* EN UN MEDIO DE CULTIVO SIN COMPONENTES DE ORIGEN ANIMAL**  
**PROLIFERATION OF *Babesia bigemina in vitro* IN A CULTURE MEDIUM WITHOUT COMPONENTS OF ANIMAL ORIGIN**

**<sup>1</sup>Rojas-Martínez C, <sup>1</sup>Álvarez Martínez JA, <sup>1</sup>Figueroa Millán JV, Lira Amaya JJ, <sup>2</sup>Castañeda-Arriola RO**

<sup>1</sup>CENID-SAI INIFAP. Carr. Fed. Cuernavaca-Cuautla, No. 8534, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62574, México.

<sup>2</sup>CIRGOC INIFAP Sitio Experimental Pichucalco. Carr. Fed. Huimanguillo-Cárdenas Km 1, Huimanguillo Centro, 86400 Huimanguillo, Tabasco.

\*Autor por correspondencia: [rojas.carmen@inifap.gob.mx](mailto:rojas.carmen@inifap.gob.mx)

## RESUMEN

En este estudio se reporta la proliferación *in vitro* de *Babesia bigemina* en medio de cultivo libre de componentes de origen animal. Se evaluó el efecto de cuatro medios de cultivo: 1) VP-SFM, 2) CD-CHO, 3) CD-Hidrolizado, 4) CD-CHO (Gibco) y 5) Advanced DMEM/F12 (ADMEM /F12) como control. El medio de cultivo fue seleccionado con base en el porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) cuando hubo proliferación continua de *B. bigemina*. El medio VP-SFM mostró el mayor valor del PEP 6.0%; CD-Hidrolizado 4.01 %; CD-CHO 3.44 % (Gibco); CD-CHO (Sigma) fue 2,57 % y el control ADMEM /F12 5.0%. Es el primer reporte de proliferación continua *in vitro* de *B. bigemina* en un medio libre de componentes de origen animal. Esta innovación en el proceso del cultivo *in vitro* de *B. bigemina* representa una fuente relevante para la producción de vacuna contra la babesiosis bovina. Así como una fuente de material biológicos para diferentes estudios sobre mecanismos involucrados en la invasión de los eritrocitos bovinos.

**Palabras clave:** *Cultivo in vitro, Babesia bigemina, vacunas vivas.*

## INTRODUCCION

La babesiosis bovina en México es ocasionada por parásitos protozoarios intraeritrocíticos obligados *Babesia bovis* y *B. bigemina*. Esta enfermedad se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, y es una de las enfermedades que mayores pérdidas económicas ocasiona en la ganadería bovina (Bock *et al.*, 2014). Durante los brotes clínicos se presenta pérdida de peso, disminución de la producción de leche y, en algunos casos la muerte (Grisi *et al.*, 2014). El cultivo *in vitro* de *B. bigemina* y *B. bovis* han permitido obtener cepas atenuadas, que se han clonado y se han utilizado para la producción de vacuna, así como para estudios sobre diagnóstico, inmunidad y quimioterapia de la babesiosis (Rodríguez-Vivas *et al.*, 1994; Jackson *et al.*, 2004; Rojas-Martínez *et al.*, 2016). Para el establecimiento del cultivo *in vitro* de *B. bigemina* se utilizó el medio de cultivo M-199 suplementado con 40% de suero de bovino adulto (Vega *et al.*, 1985), esa metodología fue utilizada durante más de 30 años. Sin embargo, se presentaban serias desventajas como la excesiva concentración de suero, en el que además se destaca que cada lote posee muchas diferencias en composición y concentración. Además de que puede contener agentes adventicios como virus y bacterias (van der Valk *et al.*, 2010). Por lo tanto, se requería la búsqueda de algún reemplazo de elementos esenciales que permitieran el crecimiento óptimo de *B. bigemina*. Recientemente nuestro grupo ha reportado que con el uso del medio comercial ADMEM/F12 suplementado con insulina-transferrina-selenito y putrescina *B. bigemina* proliferó sin el uso de suero bovino (Rojas-Martínez *et al.*, 2018). Esto permitió estandarizar métodos de cultivo *in vitro* entre laboratorios. Sin embargo, el medio de cultivo mantenía en su composición suplementos indefinidos de origen animal (albúmina, transferrina etc.); los que además de variar entre lotes, son costosos. Previamente se había descrito sobre el uso de medios formulados sin productos animales; estos solo eran útiles para proliferar virus y protozoarios como *Toxoplasma gondii* (da Costa-Silva *et al.*, 2012). También se había reportado su uso para cultivar líneas celulares de mamíferos para la producción de virus (Kallel *et al.*, 2002). Sin embargo, no se habían utilizado para la proliferación de *Babesia* spp. Por lo que el objetivo de esta investigación fue seleccionar un medio de cultivo libre de componentes de origen animal para la proliferación de *B. bigemina in vitro*.





## MATERIALES Y MÉTODOS

**Lugar de la investigación.** El cultivo *in vitro* de *B. bigemina* fueron realizados en el laboratorio de Babesiosis del CENID-SAI INIFAP en Jiutepec, Morelos.

**Declaración ética.** Se usó un bovino *Bos taurus* (Holstein Friesian) de cinco años de edad, del que se obtuvieron eritrocitos para mantener el crecimiento *in vitro* de *B. bigemina*. El bovino fue certificado libre de *Babesia* spp., *Anaplasma marginale*, brucelosis, tuberculosis, leucosis, IBR y BDV. El número de protocolo de cuidado y uso de animales fue la NOM-062-ZOO-1999 “Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio” (<http://www.senasica.gob.mx/?doc14743>).

**Eritrocitos bovinos.** Se recolectó sangre de la vena yugular, se colocó en un matraz que contenía perlas de vidrio. La sangre desfibrinada se centrifugó a 450 x g, 4 °C durante 30 min. Se eliminó el suero y se descartó la capa leucocitaria. Los eritrocitos se lavaron cinco veces de la siguiente manera: el sedimento de eritrocitos se suspendió 1:2 con solución de VYM + mezcla de antioxidantes (v/v) y se centrifugó a 450 x g, 4 °C durante 30 min; finalmente se suspendieron en solución de VYM y se almacenaron a 4 °C.

**Medio de cultivo y suplementos.** En este estudio se utilizaron cuatro medios de cultivo libres de componentes animales, incluidos VP-SFM (Gibco®), CD-CHO (Gibco®), CD-Hydrolyzed (Sigma-Aldrich) y CD-CHO (Sigma-Aldrich). El medio ADMEM/F12 (Gibco®) que contiene componentes de origen animal se utilizó como control para el crecimiento de *B. bigemina*. Todos los medios se tamponaron con 2-[(2-hidroxi-1,1-bis(hidroximetil) etil) amino] etanosulfónico, N-[Tris ( hidroximetil) metil]-2-aminoetanosulfónico (TES) 25 mM (Sigma). Se añadió una mezcla de antioxidantes a 2 mM de L-glutamina (Sigma-Aldrich) (GIBCO®). Se ajustó el pH a 6,8 para todos los medios de cultivo y se esterizaron por filtración con una membrana de 0,22 µm (Millipore).

**Cultivo *in vitro* de *Babesia bigemina*.** Se utilizó la clona de *B. bigemina* previamente adaptada a proliferar en un medio libre de suero denominada BIS-SF (Rojas *et al.*, 2018). Se llevó a cabo siguiendo la metodología de la fase estacionaria microaerófila descrita por Figueroa *et al.* (1984). Se inició el cultivo con un porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) del 1% con una suspensión de eritrocitos al 10% en el medio ADMEM/F12. Los parásitos fueron crecidos en placas de 24 pozos (CORNING®) en una atmosfera saturada de humedad con una mezcla de gas 90% N<sub>2</sub>, 5% O<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub> a presión constante, con un hematocrito al 10%, en un volumen final de 1200 µL en placa de cultivo. El medio de cultivo se reemplazó cada 24 h por medio nuevo.

**Selección de un medio de cultivo libre de componentes animales.** Se evaluó el efecto de cuatro medios de cultivo libres de componentes animales sin suplementación sobre la proliferación de *B. bigemina*. El porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) se determinó diariamente mediante frotis de sangre teñidos con Giemsa. Todos los ensayos comenzaron con PEP del 1%, y cuando el PPE alcanzó el 4%, se realizaron subcultivos y se ajustó al 1% el PEP mediante la adición de eritrocitos no infectados.

**Análisis estadístico:** Los datos se analizaron como diferencias del PEP utilizando una ANOVA unidireccional seguido de una prueba de Dunnett para comparar las medias de diferentes grupos experimentales con un grupo de control.

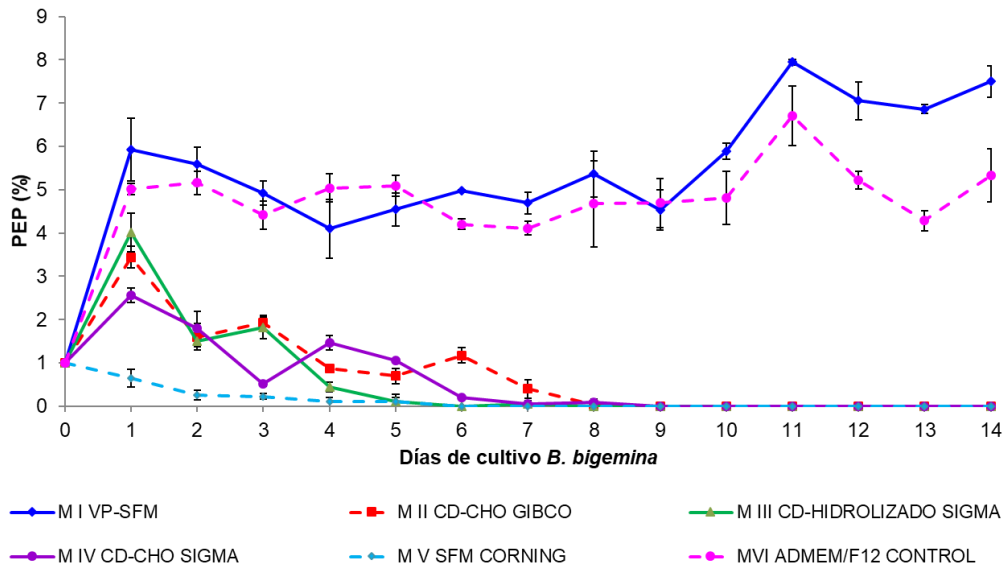
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El medio VP-SFM fue el mejor para la proliferación de *B. bigemina* comparado con los otros medios de cultivo libres de componentes animales. Hubo una diferencia significativa basada en los valores de PEP entre VP-SFM y otros medios (P < 0,05). El medio VP-SFM mostró el mayor valor del PEP 6.0%; CD-Hidrolizado 4.01 %; CD-CHO 3.44 % (Gibco); CD-CHO (Sigma) fue 2,57 % y el control ADMEM /F12 mostró 5.0% (Figura 1).





### Selección de medio de cultivo libre de proteínas de origen animal



**Fig.1** Curva de crecimiento de *Babesia bigemina* utilizando medios de cultivo libres de componentes animales. El porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) se ajustó al 1% cuando el PEP alcanzó el 4%. Si el PEP era  $\leq 1$ , se realizaba un subcultivo 1:2. No se muestran las subcultivos.

Este es el primer reporte del crecimiento continuo *in vitro* de *B. bigemina* en un medio libre de componentes de origen animal. Entre cuatro medios de cultivo diferentes, todos libres de componentes de origen animal, el VP-SFM favoreció la proliferación de *B. bigemina*. En un estudio previo en nuestro laboratorio demostramos que *B. bigemina* proliferó con éxito en el medio ADMEM/F12 sin suero, pero suplementado con insulina-transferrina-selenito y putrescina. Se destacó que la putrescina puede ser fundamental para lograr el crecimiento de *B. bigemina* sin suero. La putrescina es una poliamina previamente reportada como esencial para la proliferación de *B. bigemina* (Rojas-Martínez et al., 2018). Sin embargo, el análisis *in silico* de la secuencia del genoma de *B. bovis* reveló que este parásito no tiene la capacidad para la biosíntesis de poliaminas *de novo* (Brayton et al., 2018). Se ha sugerido que los parásitos adquieren poliaminas del ambiente externo. En este estudio, corroboramos que al usar medio VP-SFM la putrescina favoreció la proliferación de *B. bigemina* en un sistema de cultivo *in vitro*. Se concluyó que el medio VP-SFM es un elemento novedoso para mantener el crecimiento de *B. bigemina* en condiciones *in vitro*. Este logro puede permitir la recolección de una gran cantidad de eritrocitos infectados con *B. bigemina* que pueden ser una excelente fuente de parásitos para el desarrollo de vacunas. También para estudios que faciliten la comprensión de los mecanismos y moléculas involucrados en la unión de parásitos y la invasión de eritrocitos.

#### LITERATURA CITADA

Brayton, K., Lau, A., Herndon, D., Hannick, L., Kappmeyer, L., Berens, S., Bidwell, S., Brown, W., Crabtree, J., Fadrosch, D., Feldblum, T., Forberger, H., Haas, B., Howell, J., Khouri, H., Koo, H., Mann, D., Norimine, J., Paulsen, I., adune, R., Ren, D., Smith, Q., Suarez, R., White, C., Wortman, O., Knowles, J., McElwain, D., Nene, T., 2007. Genome Sequence of *Babesia bovis* and Comparative Analysis of Apicomplexan Hemoprotozoa

Bock, R., Jackson, L., De Vos, A. and Jorgensen, W. Babesiosis of cattle. *Parasitology*. 2004. 129, 247-269.



- da Costa-Silva, T.A., da Silva, M.C., Frazzatti-Gallina, N. Pereira-Chioccola, V.L. 2012. *Toxoplasma gondii* antigens: Recovery analysis of tachyzoites cultivated in Vero cell maintained in serum free medium. *Exp. Parasitol.* 4, 463-469.
- Figueroa, M.J.V., Canto, A.G.J., Juárez, F.J., Ruiz, L.F. 1984. Cultivo *in vitro* de *Babesia bovis*: establecimiento y condiciones óptimas de multiplicación. *Téc. Pecu. Méx.* 46, 46-52.
- Grisi L., Leite RC, Martins JR, Barros AT, Andreotti R., Caçado PH, Pérez de León AA, Pereira JB, Villela HS. 2014. Reevaluación del impacto económico potencial de los parásitos del ganado en Brasil. *Rev. Brás. Parasitol. Veterinario.* 23 :150-156.
- Jackson, L.A., Waldron, S.J., Weier, H.M., Nicoll, C.L., Cooke, B.M. 2001. *Babesia bovis*: Culture of laboratory-adapted parasite lines and clinical isolates in a chemically defined medium. *Exp. Parasitol.* 99, 168-174.
- Kallel H, Jouini A, Majoul S, Rourou S. 2002. Evaluation of various serum and animal protein free media for the production of a veterinary rabies vaccine in BHK-21 cells. *J Biotechnol.* 95 (3):195-204.
- Rodríguez-Vivas, R.I. and Trees, J.A. 1994. Utilización del cultivo *in vitro* de *Babesia bovis* para evaluar la efectividad de babesicidas. *Rev. Biomed.* 5, 133-139.
- Rojas M.C., Rodríguez-Vivas R.I., Figueroa Millán J.V., Acosta Viana K.Y., Gutiérrez Ruiz E.J., Álvarez Martínez J.A. 2016. *In vitro* culture of *Babesia bovis* in a bovine serum-free culture medium supplemented with insulin, transferrin, and selenite. *Exp Parasitol.* 170:214-219.
- Rojas-Martínez, C., Rodríguez-Vivas, R.I., Figueroa, M.J.V., Acosta, V.K.Y., Gutiérrez, R.E.J., Bautista-Garfias, C.R., Lira-Amaya, J.J., Polanco-Martínez, D.J. and Álvarez, M.J.A. 2018. *Babesia bigemina*: Advances in continuous *in vitro* culture using serum-free medium supplemented with insulin, transferrin, selenite, and putrescine. *Parasitol. Int.* 6, 294-301.
- van der Valk, J., Brunner, D., de Smet, K., Fex Svenningsen, A., Honegger, P., Knudsen, L.E., Lindl, T., Noraberg, J., Price, A., Scarino, M., Gstraunthaler, G. 2010. Optimization of chemically defined cell culture media replacing fetal bovine serum in mammalian *in vitro*. *Toxicol. In Vitro* 24. 1053-1063.
- Vega, C.A., Buening, G.M., Green, T.J., Carson, C.A. 1985. *In vitro* cultivation of *Babesia bigemina*. *Am. J. Vet. Res.* 46, 416-420.



# Manejo y Conservación



## RESPUESTA A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LA DINÁMICA MICROBIANA DE *LEERSIA HEXANDRA* EXPUESTA A PETRÓLEO CRUDO

### RESPONSE THROUGH TIME IN THE MICROBIAL DYNAMICS OF *LEERSIA HEXANDRA* EXPOSED TO CRUDE OIL

<sup>1</sup>Orocio Carrillo JA, <sup>1</sup>Rivera Cruz MC, <sup>1</sup>Bautista Muñoz CC, <sup>1</sup>Cadena Villegas S, <sup>1</sup>Chávez Álvarez K y <sup>2</sup>Juárez Maldonado A

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Doctorado en Ciencias Agrícolas en el Trópico. Km 2.5 Periférico Carlos A. Molina. CP 86570 H. Cárdenas, Tabasco, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Departamento de Botánica. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315 Saltillo, Coahuila, México.

Autor de Correspondencia: [orocio.alberto@colpos.mx](mailto:orocio.alberto@colpos.mx)

#### RESUMEN

*Leersia hexandra* es un pasto forrajero que posee tolerancia y adaptación en suelos contaminados con petróleo crudo (PC). El presente estudio se realizó para conocer el impacto de la toxicidad del PC a través del tiempo en el crecimiento de la población de *Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp. y *Pseudomonas* spp. en la rizosfera de *Leersia hexandra*. Se realizó un diseño experimental al azar con arreglo factorial 4x2, cuatro concentraciones de PC (g kg<sup>-1</sup> base seca): 0 (testigo), 30, 60 y 90. Dos tiempos de evaluación (180 y 360 días). Los resultados mostraron que las concentraciones de PC y el tiempo de exposición afectaron significativamente el crecimiento de las poblaciones de rizobacterias. La población de *Azotobacter* spp. se estimuló por efecto del petróleo crudo, alcanzando un incremento del 106.6 y 40.4% al día 180 y 360 respectivamente en suelo con 90 g kg<sup>-1</sup> de PC. Por otro lado, el PC inhibió la población de *Azospirillum* spp. y *Pseudomonas* sp, sin embargo, conforme la extensión del tiempo se indujo la estimulación de estas últimas poblaciones, siendo 1.9 y 23.9 veces mayor al día 360 con respecto al día 180. La rizosfera de *Leersia hexandra* bajo estrés por contaminación de PC tiene potencial para favorecer el crecimiento de actividad microbiana beneficiosa, lo cual esto podría estar relacionado a la adaptación que presenta el pasto a condiciones de estrés con 90 g kg<sup>-1</sup> de PC.

**Palabras claves:** *Petróleo crudo*, *Leersia hexandra*, *Pseudomonas* spp., *Azospirillum* spp, *Azotobacter* spp.

#### INTRODUCCIÓN

*Leersia hexandra* es una gramínea forrajera que habita áreas húmedas en regiones tropicales y subtropicales, en América Central, norte y centro de América del Sur, India, regiones tropicales de China, Sudeste de Asia, Australia y México (CABI, 2019). Se reproduce predominantemente de forma vegetativa, por rizomas rastreros, invadiendo los humedales por la acumulación abundante de follaje y raíz sobre el suelo y el agua (Vegetti, 2002). Esta gramínea perenne acuática es altamente consumida por los bovinos tanto en época seca como lluviosas debido a la producción de follaje con altos contenidos de proteína cruda y bajo de fibra (Novelo, 2006; Aparicio *et al.*, 2007; CABI, 2019). Diversas investigaciones han reportado que la rizosfera de *Leersia hexandra* ha desarrollado mecanismo de tolerancia al estrés derivado de la contaminación con petróleo crudo (PC) (Arias-Trinidad *et al.*, 2017; Orocio-Carrillo *et al.*, 2023). El PC consiste en diversas proporciones de carbono e hidrógeno. Sin embargo, también contienen nitrógeno, azufre y oxígeno en cierta cantidad (Chandra *et al.*, 2013; Varjani *et al.*, 2017). La intensa explotación de PC conlleva un incremento en el número de accidentes ambientales, como derrames y fugas que ocurren durante la exploración, producción, transporte y almacenamiento de combustible, liberándose al medio ambiente (Janzen y Teresinha 2018) provocando la contaminación del suelo la cual afecta directamente a las plantas. La rizosfera de los pastos es una zona que ha demostrado adaptación en suelos contaminados con PC (Panchenko *et al.*, 2018). En presencia de PC, se ha demostrado que la rizosfera estimula bacterias reguladoras del crecimiento vegetal (BRCV) (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2016; Arias-Trinidad *et al.*, 2017). Las BRCV *Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp. y *Pseudomonas* spp. son de vida libre que viven asociadas a la raíz de la planta (Qessaoui *et al.*, 2019; Cruz-Hernández *et al.*, 2022). Las BRCV usan su propio metabolismo para solubilizar fosfatos y potasio; producir fitohormonas (auxinas, citoquinas, giberelinas, etileno, ácido abscísico y fijar biológicamente el nitrógeno (Mendes *et al.*, 2020). Por lo anterior, el



objetivo de este estudio fue determinar el efecto del PC a través del tiempo en los cambios en la bioestimulación de la población de bacterias reguladoras del crecimiento en la rizosfera de *L. hexandra*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de suelo y cultivo de plantas

Un suelo (Gleysol) no contaminado fue colectado en el Ejido Blasillo 4ta Sección, Huimanguillo, Tabasco, México (18° 05' 08.4" N y 93° 56' 50" O). El suelo fue secado bajo sombra, molido y tamizado (malla de 5 mm de abertura), para ser mezclado con las diferentes dosis de PC para el establecimiento del bioensayo experimental. Los rizomas de *Leersia hexandra* fue recolectado de un humedal caracterizado como Gleysol contaminado con petróleo intemperizado en el Ejido José Narciso Rovirosa, al sureste del complejo procesador de Gas "La Venta", Huimanguillo, Tabasco (18°04'39.8" N y 94°02'39.4" O). El cultivo de plántulas *L. hexandra* fue similar al procedimiento utilizado por Orocio-Carrillo et al. (2019).

### Diseño experimental

El petróleo utilizado se obtuvo de la Batería 2 Campo Ogarrio en Huimanguillo, Tabasco, México (18°02'12" N y 93°55'40" O). El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar y arreglo factorial 4x2: cuatro concentraciones de PC (0 (testigo), 30, 60 y 90 g kg<sup>-1</sup> peso seco) y dos tiempos de exposición (180 y 360 días). Un total de ocho tratamientos con cuatro repeticiones mantenidas aleatoriamente en un microtúnel. Se realizaron muestreos destructivos en dos edades de crecimiento (180 y 360 días) para la evaluación de rizobacterias.

### Población de rizobacterias

Se evaluaron tres grupos de microorganismos crecidos en medios de cultivos específicos. Las bacterias *Azotobacter* spp. fueron crecidas en agar rojo congo (Döbereiner et al. 1976), *Azospirillum* spp. en agar Asby (Döbereiner et al. 1976), y *Pseudomonas* spp. en medio de cultivo agar centrívida + glicerol (Garrity et al. 2005). Se evaluó en 10 g de muestra seca con el método de dilución seriada y cuenta viable en cajas petri (Madigan et al., 2015). Los cultivos se incubaron a 28 °C durante 72 h y los recuentos se expresaron como unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población de rizobacterias presentaron diferencias significativas por efecto del petróleo y tiempo de exposición (Figura 1, 2 y 3). Las bacterias *Azotobacter* spp, se estimularon por efecto del PC (Figura 1). La mayor población al día 180 (481821 UFC) y 360 (158961 UFC) se alcanzó en presencia de 60 g kg<sup>-1</sup> de PC, 44.1 a 58.9% mas que el suelo testigo, respectivamente. Este aumento significativo en la rizosfera de *Leersia hexandra* es similar a lo informado por Arias-Trinidad et al. (2017) evaluando el mismo pasto en suelo con 90 g kg<sup>-1</sup> de PC y lo reportado por Rivera-Cruz (2011) en la rizosfera *Echinochloa polystachya* expuesta a 65.9 g kg<sup>-1</sup> de PC. El incremento de la bacteria podría deberse a los hidrocarburos alifáticos (n-alcenos) que se encuentran en el PC, que podrían servir como fuente de carbono disponible para la bacteria (Stroud et al., 2007), sin embargo, no todos los microorganismos tienen la facilidad para adaptarse rápidamente debido a la toxicidad del PC. Tal es el caso de las bacterias *Azospirillum* spp. (Figura 2) y *Pseudomonas* spp (Figura 3), las cuales en nuestro estudio disminuyó su población por efecto de altas dosis de PC (90 g kg<sup>-1</sup>), siendo al día 180, 74.9 y 65.3% respectivamente menor que el suelo testigo y 34.1 y 76.4% menor al día 360, sin embargo, el efecto de tiempo de exposición indujo un efecto positivo en ambas bacterias, siendo 1.9 y 23.9 veces mayor al día 360 con respecto al día 180. Este efecto positivo es similar a lo reportado por Rivera-Cruz et al. (2016) y Alarcón et al. (2019) las cuales encontraron que conforme al tiempo las BRCV se vieron estimuladas. Se demuestra la capacidad de adaptación de estas bacterias en la rizosfera de *Leersia hexandra* al estrés por PC.

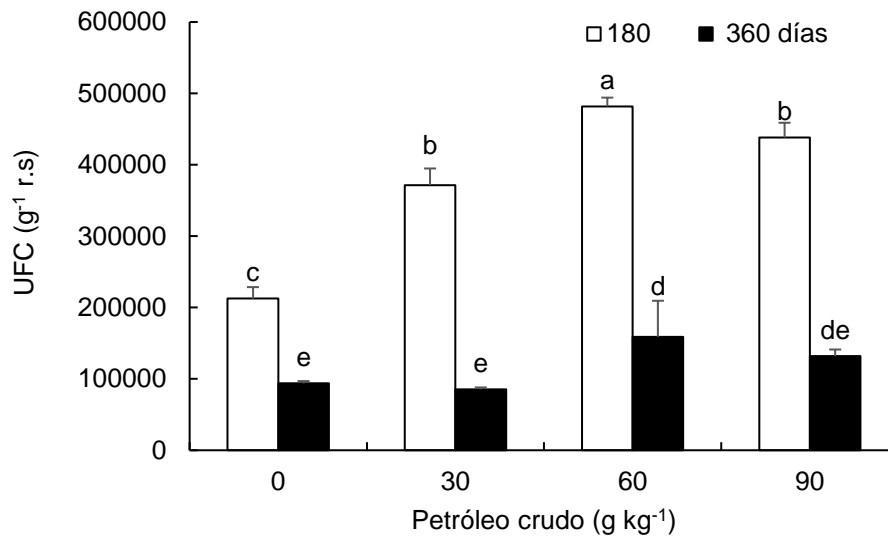


Figura 1. Cambios en *Azotobacter* spp. en suelo con petróleo crudo al día 180 y 360 en la rizosfera de *Leersia hexandra*. Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ,  $n=4$ ).

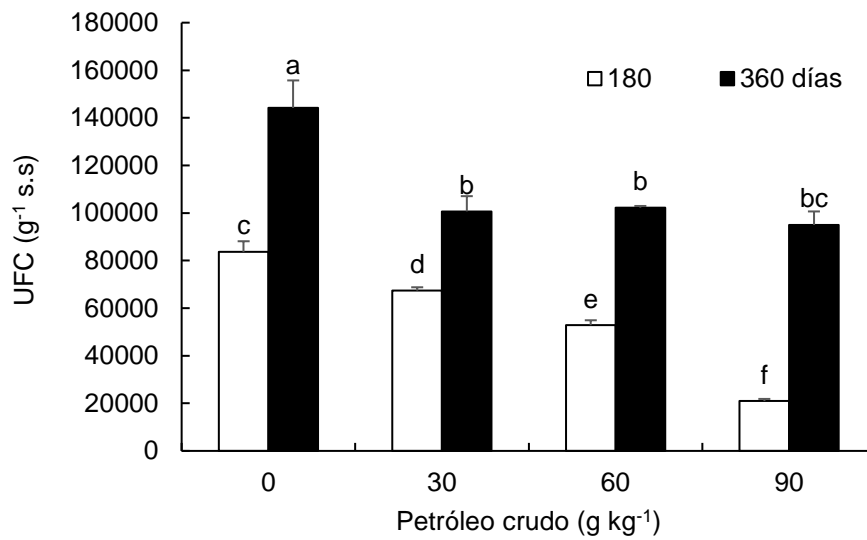


Figura 2. Cambios en *Azospirillum* spp. en suelo con petróleo crudo al día 180 y 360 en la rizosfera de *Leersia hexandra*. Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ,  $n=4$ ).



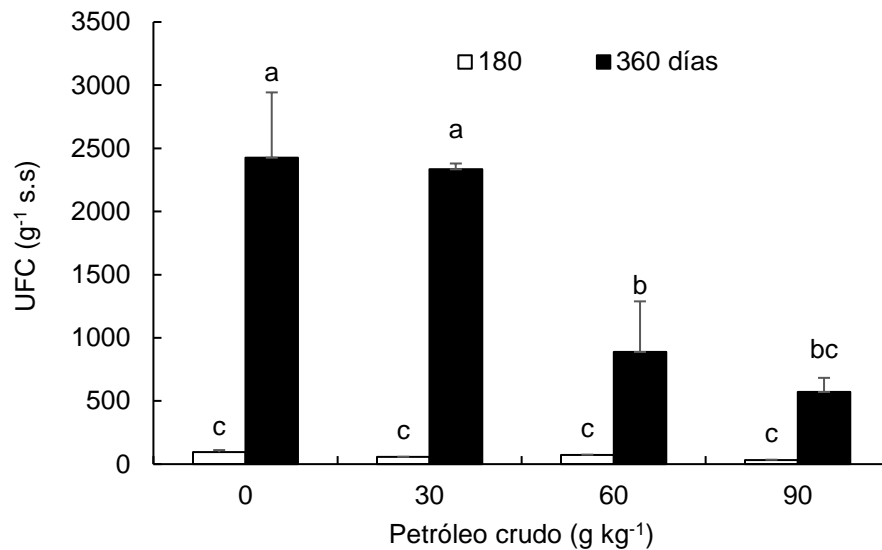


Figura 3. Cambios en *Pseudomonas* spp. en suelo con petróleo crudo al día 180 y 360 en la rizosfera de *Leersia hexandra*. Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ,  $n=4$ ).

## CONCLUSIONES

Las bacterias *Azotobacter* spp. se estimularon por efecto del petróleo crudo a los 180 y 360 días. Sin embargo, los grupos *Azospirillum* spp. y *Pseudomonas* spp. disminuyeron significativamente. Mientras tanto, el efecto tiempo de exposición incrementó la población de estas últimas bacterias, lo que sugiere que el sistema de la rizosfera de *Leersia hexandra* bajo estrés en suelo inducido por PC tiene potencial para estimular actividad microbiana beneficiosa, lo que podría explicar su adaptación frente al estrés.

## LITERATURA CITADA

- Alarcón, A., García-Díaz, M., Hernández-Cuevas, L.V., Esquivel-Cote, R., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suarez, J.J., and Ferrera-Rodríguez, O. 2019. Impact of crude oil on functional groups of culturable bacteria and colonization of symbiotic microorganisms in the *Clitoria-Brachiaria* rhizosphere grown in mesocosms. *Acta Biológica Colombiana*, 24: 343–353.
- Aparicio, R., González-Ronquillo, M., Torres, R., Astudillo, L., Cordova, L., y Carrasquel, J. 2007. Degradabilidad de los pastos lambedora (*Leersia hexandra*) y paja de agua (*Hymenachne amplexicaulis*) en cuatro épocas del año de una sabana inundable del estado Apure, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 25: 225–228.
- Arias-Trinidad, A., Rivera-Cruz, M.C., Roldán-Garrigós, A., Aceves-Navarro, L. A., Quintero-Lizaola, R., y Hernández-Guzmán, J. 2017. Uso de *Leersia hexandra* (Poaceae) en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo fresco e intemperizado. *Revista de Biología Tropical*, 65: 21–30.
- CABI. (2019). *Leersia hexandra* (southern cut grass) | *CABI Compendium*. Centre for Agricultural Bioscience International. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.30391>
- Chandra, S., Sharma, R., Singh, K., y Sharma, A. 2013. Application of bioremediation technology in the environment contaminated with petroleum hydrocarbon. *Annals of Microbiology*, 63: 417–431.
- Cruz-Hernández, M. A., Mendoza-Herrera, A., Bocanegra-García, V., y Rivera, G. 2022. *Azospirillum* spp. from Plant Growth-Promoting Bacteria to Their Use in Bioremediation. *Microorganisms*, 10: 1057.
- Dobereiner, J., Marriell, I. E., y Nery, M. 1976. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. *Canadian Journal of Microbiology*, 22: 1464–1473.



- Garrity, G. M., Bell, J. A., y Lilburn, T. 2005. Order IX. Pseudomonadales Orla-Jensen 1921, 270AL. *In*: Brenner, D.J., Krieg, N.R., y Staley, J.T. (Eds.), *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology*. Springer, Boston, MA. pp. 323–442.
- Janzen, S. J., y Teresinha, M. L. 2018. Rhizospheric microorganisms as a solution for the recovery of soils contaminated by petroleum: A review. *Journal of Environmental Management*, 210: 104-113.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Bender, K.S., Buckley, D.H., y Stahl, D.A. 2015. *Biología de los Microorganismos* (14th ed.). S.A. Madrid (Spain): Pearson Educación.
- Mendes, D.R., Escobar D.P.A., Bendes, L.L.L. and Cid, R.E. 2020. Use of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Maize and Sugarcane: Characteristics and Applications. *Frontiers in Sustain Food Systems*. 4: 136.
- Novelo, R. A. 2006. Plantas acuáticas de la reserve de la biosfera pantanos de Centla. Editorial, Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable A.C (ed). México D.F. 260 p.
- Orocio-Carrillo, J. A., Rivera-Cruz, M. C., Aranda-Ibañez, E. M., Trujillo-Narcía, A., Hernández-Galvez, G., and Mendoza-López, M. R. 2019. Hormesis under oil-induced stress in *Leersia hexandra* Sw. used as phytoremediator in clay soils of the Mexican humid tropic. *Ecotoxicology*, 28: 1063-1074.
- Panchenko, L., Muratova, A., Dubrovskaya, E., Golubev, S., and Turkovskaya, O. 2018. Dynamics of natural revegetation of hydrocarbon-contaminated soil and remediation potential of indigenous plant species in the steppe zone of the southern Volga Uplands. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 3260–3274.
- Qessaoui, R., Bouharroud, R., Furze, J.N., El Aalaoui, M., Akroud, H., Amarraque, A., Vaerenbergh, J. Van, Tahzima, R., Mayad, E.H., and Chebli, B. 2019. Applications of New Rhizobacteria *Pseudomonas* Isolates in Agroecology via Fundamental Processes Complementing Plant Growth. *Scientific Reports*, 9: 12832.
- Rivera-Cruz, M.C. 2011. Flora y microflora rizosférica del pantano: indicadores de perturbación causada por petróleo e inundación. *Agroregión*, 5: 12-15.
- Rivera-Cruz, M.C., Trujillo-Narcía, A., Trujillo-Rivera, E.A., Arias-Trinidad, A., and Remedios Mendoza-López, M.R. 2016. Natural attenuation of weathered oil using aquatic plants in a farm in Southeast Mexico. *International Journal of Phytoremediation*, 18: 877-884.
- Rodríguez-Rodríguez, N., Rivera-Cruz, M.C., Trujillo-Narcía, A., Almaráz-Suárez, J.J., and Salgado-García, S. 2016. Spatial Distribution of Oil and Biostimulation Through the Rhizosphere of *Leersia hexandra* in Degraded Soil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 227: 319.
- Stroud, J.L., Paton, G.I., and Semple, K.T. 2007. Microbe-aliphatic hydrocarbon interactions in soil: implications for biodegradation and bioremediation. *Journal of Applied Microbiology*, 102: 1239-1253.
- Varjani, S.J. 2017. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. *Bioresource Technology*, 223: 277-286.
- Vegetti A.C. 2002. Caracterización de los sistemas de ramificación en especies de *Oryzae* (Poaceae). *Candollea*. 57: 251-260.



## COLOR DEL SEDIMENTO Y AGUA DE POZO ARTESANAL PARA USO HUMANO EN UNA COMUNIDAD RURAL DE LA CHONTALPA, TABASCO

### SEDIMENT COLOR AND WATER FROM AN ARTISIANAL WELL FOR HUMAN USE IN A RURAL COMMUNITY OF CHONTALPA, TABASCO

**<sup>1</sup>Solis Rodriguez DL, <sup>1</sup>Rivera Cruz MC <sup>1</sup>Bucio Galindo A, <sup>2</sup>Perez Sánchez JF**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n, km 2.5. CP 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México. <sup>2</sup>Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo Universidad Autónoma de Tamaulipas, Circuito Universitario s/n Col. Univ. Poniente centro Universitario. CP 89337. Tampico Tamaulipas, México.

Autor para correspondencia: deysililianasolis@gmail.com

**Resumen:** La principal fuente de agua que abastece al ejido coronel Gregorio Méndez Magaña Poblado C-28 Tab. México proviene de pozos artesanales adaptados con jarras manuales o bombas mecánicas. El agua que utilizan las familias en sus hogares presenta coloración indeseable y causa duda en su calidad para su uso y consumo. El objetivo del presente estudio es determinar el efecto de la orientación geográfica, espacio en contenedor y técnica de desinfección en la variación del color de agua que utilizan las familias en sus hogares, para que permita explicar que es adecuada para su uso. Se realizó un sondeo al 30% de la población al azar para conocer el uso y manejo del agua, posterior fueron seleccionadas 144 familias con base a la ubicación y desinfección. Se planteó un diseño (4x2x6) en total 48 tratamientos. Los factores fueron: seis ubicaciones geográficas (OG) dos espacios de muestreo en el contenedor (EC) y cuatro tipos de desinfección (TD). La variable evaluada fue el color aparente comparadas con las unidades de UPC. Se encontró el valor mayor en el norte cuadrante 2 con 17 UPC coloración amarillo claro platino, no se presentaron diferencias significativas en el espacio de contenedor del agua, la desinfección con cal y aplicación de filtros a los tinacos disminuyó considerablemente el color aparente del agua. Se recomienda el uso de cal y filtro para mejorar la calidad del agua de uso en los hogares ubicados en la parte original del Poblado.

**Palabras Clave:** *Calidad, agua, color, contaminación.*

#### **Introducción**

El agua es una sustancia química compuesta de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, puede presentarse en tres estados; líquido, sólido y gaseoso, es uno de los compuestos más abundantes en la naturaleza, permite cubrir tres cuartas partes de la superficie total de la tierra aproximadamente (Salamanca, 2016). Todos los cuerpos de agua están interconectados, desde los océanos hasta la atmósfera a través del ciclo hidrológico (Sierra, 2011). El color aparente del agua aporta información debido a que permite evaluar y gestionar la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales son precursores de la formación de los subproductos de la desinfección del agua con cloro, cal y filtración. Al respecto, Esteves *et al.*, (2023) en Minas Novas Brasil, donde se analizaron dos pozos que presentan color indeseado, se estudió el contenido de hierro y manganeso, concentraciones de iones, pH y conductividad e informan que la característica del color se debe a la presencia de especies de hierro y manganeso los cuales forman un precipitado coloreado. Castillo-Herrera *et al.*, (2019) en Ecuador evaluaron el agua de 22 pozos y encontraron turbidez debido a la presencia de minerales, pero más del 80% presentaron coloración transparente.

La zona de la Chontalpa Tabasco, México ubicada al sureste de México con 22 poblados ejidales de los cuales siete se ubican en Huimanguillo y 15 en Cárdenas, con una superficie de 80 mil hectáreas (INEGI, 2020). El agua para el servicio doméstico a los hogares de los poblados se obtiene de la instalación de un pozo perforado a una profundidad entre 12 a 20 m. Esta perforación vertical en la tierra conlleva a obtener una vena que permita la explotación del agua freática contenida en un acuífero (RAE, 2023). Una de las características visuales que utiliza la población para evaluar la calidad del agua es el color



aparente que pueden tornar diferentes tonalidades, el color derivado de la presencia de sustancias, sólidos suspendidos, contenido de iones metálicos naturales en disolución como el hierro y el manganeso, humus o residuos orgánicos y plancton, materia vegetal y sustancias fúlvicas y húmicas las cuales se presentan siempre en estado coloidal y vertimiento de diversos tipos de efluentes industriales (Boxall *et al.*, 2001; Prado *et al.*, 2017). Una estrategia que utiliza la población en sus hogares para eliminar el color aparente del agua es la desinfección utilizando cloro, cal y filtro. Por lo anterior la presente investigación tiene el objetivo de evaluar el color aparente del agua derivada de pozo artesanal, que permita conocer la mejor estrategia de eliminar el color aparente que indiquen baja calidad del agua en el ejido Coronel Gregorio Méndez Magaña.

### **Materiales y métodos:**

El estudio se realizó en época de lluvias (septiembre-diciembre) las muestras de agua de uso en los hogares almacenada en contenedores y derivadas de pozos artesanales se colectaron en el Ejido Coronel Gregorio Méndez Magaña, poblado C-28, municipio de Cárdenas Tabasco México, coordenadas 18.022500-93.499167. Para elaborar el diseño experimental en esta investigación primero se realizó un sondeo para conocer la existencia de pozo artesanal, contenedor de almacenamiento de agua en el interior de la casa y tipo de desinfección. Para el sondeo se utilizó una encuesta y se aplicó al 30% de los hogares ubicados en cada uno de las orientaciones geográficas (OG) [norte cuadrante 1 (NC1), norte cuadrante 2 (NC2) sur cuadrante 1 (SC1) sur cuadrante 2 (SC2) centro y orilla (EO)].

La encuesta se orientó a ubicar a los hogares según el tipo de desinfección que utilizan para eliminar el color aparente y el contenedor para almacenar en el interior de los hogares el agua extraída del pozo. El diseño de tratamiento fue 6x2x4. Orientación geográfica (OG) [norte cuadrante 1 (NC1), norte cuadrante 2 (NC2), sur cuadrante 1 (SC1), sur cuadrante 2 (SC2), centro y orilla (EO)]. Espacio en contenedor (EC): [superficie y sedimento]. Técnica de desinfección (TD) [(S/D) sin desinfección, (CL) cloro, cal y (FT) filtro]. Se colectaron 144 muestras de agua, 10 por día por un periodo cuatro meses y de manera dirigida siguiendo las indicaciones de la norma de México NMX-042-SCFI-2015 (DOF, 2015). Las muestras se almacenaron en refrigerador a temperatura 4°C para su traslado al Laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental, Colegio de Postgraduados *Campus Tabasco* para la determinación del color aparente.

El color aparente se evaluó utilizando como referencia el método A, ISO 7887:2011 (ISO, 2023), consiste en la observación visual de una muestra de agua en una botella y por comparación con la ilustración de colores de la escala de color Hazen (UPC) que es una escala estandarizada de platino-cobalto Figura 1. Se utilizó 100 mL de agua y agua con sedimento, atemperándola antes de ser evaluada, se introdujo en una plancha agitadora con la barra agitadora por un minuto y se procedió a medir el color por comparación visual con una escala estandarizada de platino-cobalto (UPC) (Figura 2).

Análisis estadísticos: Se utilizó el paquete estadístico SAS (2005) para realizar el análisis de varianza y diferencias de medias de los tres factores evaluados.

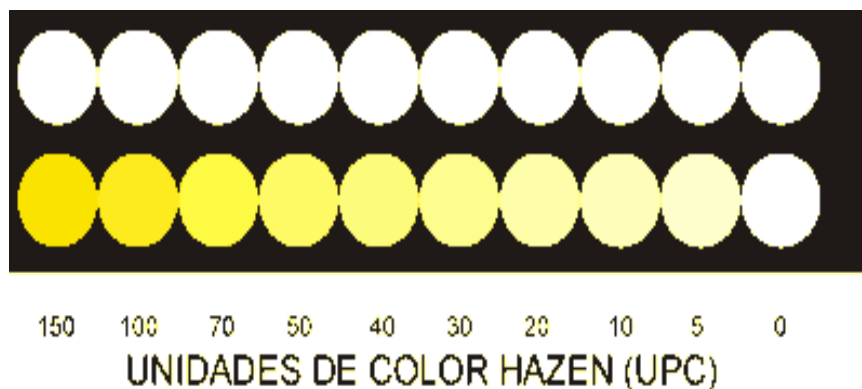




Figura 1. Unidades de color aparente Hazen para agua natural. 0: Claro o incolora. 5: Claro amarillento. 10: Amarillo claro platino. 20: Amarillo claro platino. 30: Amarillo claro. 40: Amarillo ligero. 50: Amarillo. 70: Amarillo ligero anaranjado. 100: Amarillo anaranjado. 150: Amarillo contrastante a rojo (Hazen, 1892).



Figura 2. Determinación de color aparente. 1. Identificación de muestras, 2. Muestras atemperadas (diversidad de colores), 3. Agitación mecánica en plancha agitadora, 4. Comparación visual con escala UPC de Hazen.

### Resultados y discusión:

**Efecto de tratamientos.** La media del color aparente del agua derivada de los pozos artesanales en el Poblado Coronel Gregorio Méndez Magaña, poblado C-28 y en los 48 tratamientos evaluados en esta investigación presentan diferencias estadísticas significativas por efecto de orientación geográfica, tipo de desinfección y espacio en el contenedor (Duncan=0.05, n=3). El tratamiento integrado por sedimento, sin desinfección norte cuadrante dos, fue el que presentó un valor de 17 UPC (amarillo claro platino) (Cuadro 1), indicador de baja calidad del agua según la escala Hazen. El menor valor de 0 UPC claro o incolora e indicador de calidad buena, fue en 9 tratamientos; Norte Cal/C1 superficie y sedimento, FT/C2 superficie y sedimento, Sur Cal/c1 superficie y sedimento, Centro Cal superficie y en orilla del poblado Filtro superficie y sedimento. El color amarillento que el agua presenta en algunas áreas geográficas puede deberse al tipo de suelo que predomina, por ejemplo, en los suelos de la Chontalpa es común obtener suelos vertisoles con altas concentraciones de aluminio y bajos contenidos de bases intercambiables cercanos a los acuíferos (INEGI, 2017). Otro factor puede ser el contenido de hierro y manganeso presente en el agua, los cuales forman un precipitado coloreado indeseable (Esteves *et al.*, 2023).



Cuadro 1. Color aparente del agua de consumo humano de acuerdo a la interacción área geográfica, espacio en contenedor y técnica de desinfección.

Área geográfica	Color	
	Superficie	Sedimento
<u>Norte</u>		
S/DC1	5c-e	7c
S/DC2	13ab	17a
CLC1	13ab	13ab
CLC2	8bc	13ab
CALC1	0e	0e
FTC1	2de	2de
FTC2	0e	0e
<u>Sur</u>		
S/DC1	3ce	3ce
S/DC2	5ce	5ce
CLC1	3ce	3ce
CLC2	5ce	5ce
CALC1	0e	0e
CALC2	5ce	5ce
FTC1	2de	2de
FTC2	5ce	5ce
<u>Centro</u>		
S/D	3ce	3ce
CL	2de	3ce
CAL	0e	5ce
FT	3ce	3ce
<u>Orilla</u>		
S/D	2de	2de
CL	5ce	5ce
CAL	2de	2de
FT	0e	0e

Letras diferentes por variables ubicadas en superficie y sedimento indican diferencias estadísticas significativas (Duncan  $p=0.05$ ,  $n=3$ ). S/D: Sin desinfección. CL: Cloro. FT: Filtro. C1: Cuadrante 1. C2: Cuadrante 2.

#### Área geográfica, técnica de desinfección y espacio en contenedor en el color aparente del agua de pozos artesanales:

En la figura 3 se presenta la interacción de los factores analizados, de acuerdo al área geográfica el valor mayor lo obtuvo el norte cuadrante 2 con 7 UPC claro amarillento, el valor menor es el sur cuadrante 1 con 2 UPC claro o incolora (Figura 3A), el espacio en contenedor que ocupa el agua no presentó diferencias significativas se mantuvieron con características claro amarillento (Figura 3B), en cuanto a la técnica de desinfección que se aplica se observa, la cal y el filtro disminuyen considerablemente el color aparente a claro amarillentas (Figura 3C).

La cal ayuda a disminuir el color aparente del agua mediante la liberación de iones de hidroxilo, estos en gran medida son antioxidantes los cuales tienen reactividad extrema con varias biomoléculas (Siqueira y Lopes, 1999). Environmental Protection Agency United States (EPA) (1976) menciona que el encalado del agua puede facilitar la sedimentación de materia orgánica y sólidos disueltos, también ayuda a la eliminación de metales pesados, grasas y organismos.

Los mecanismos físicos empleados, en la eliminación del color del agua, como el uso de filtros también intervienen en la eliminación de partículas. Madigan *et al.*, (2015) informan que el uso de filtros en el agua ayuda a retirar la turbidez presente y diversos organismos, por consiguiente mejorar la apariencia del agua.



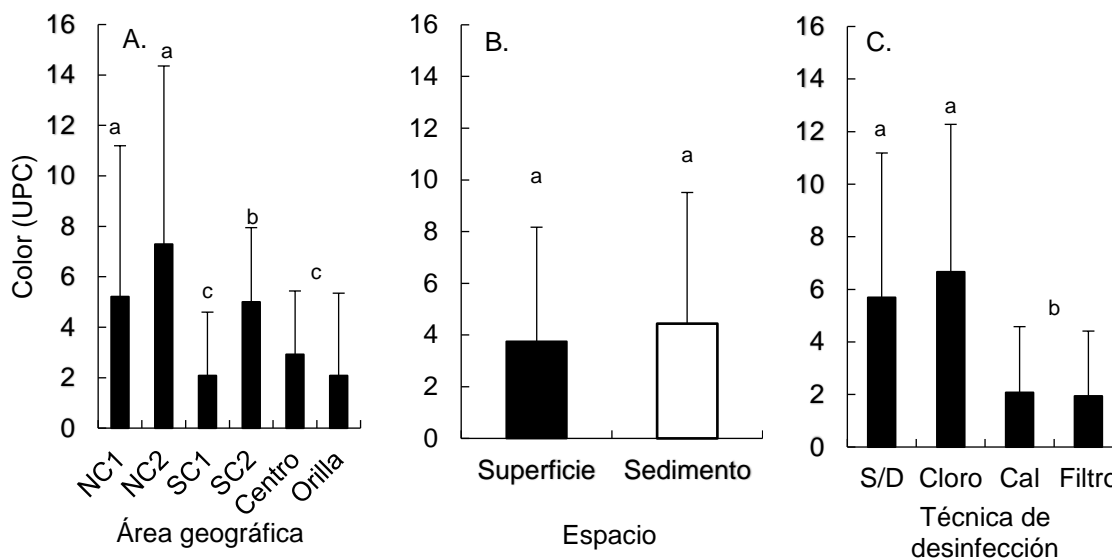


Figura 3. Interacción de los factores en el color aparente del agua. Letras diferentes por columnas indican diferencias estadísticas significativas (Duncan  $p=0.05$ ).

### Conclusiones:

Mediante la escala de Hazen se pudo determinar el grado de color aparente que presenta el agua de pozos artesanales, con valores altos de hasta 17 UPC amarillo claro platino y el menor valor encontrado fue de 0 UPC claro o incoloro. La técnica de desinfección con cal y filtro son las mejores para mejorar la calidad del agua basadas en el color aparente, debido al color incoloro que se logra obtener. El área geográfica norte cuadrante 1 presentó los valores más altos de UPC indicador de baja calidad y los pozos ubicados en el cuadrante sur 1 es de mejor calidad debido al color incoloro del agua. El espacio en contenedor dónde se almacena el agua (superficie y sedimento) no presentó diferencias significativas, pero aritméticamente el color aparente indicar mejor calidad en agua superficial. Se recomienda la aplicación de cal y colocación de filtros para disminuir el color aparente del agua.

### LITERATURA CITADA

- Boxall J. B., Skipworth P. J., Saul A. J. 2001. A novel approach to modelling sediment movement in distribution mains based on particle characteristics. Proceedings of the Computing and Control in the Water Industry Conference, De Monfort University, UK.
- Castillo-Herrera S., Barrezueta-Unda S., Avito-Quituisaca J. 2019. Evaluación de la calidad de aguas subterráneas de la Parroquia La Peaña, Provincia, Ecuador. Rev. Ciencia Unemi. 12 (31): 64-73.
- DOF. 2015. NMX-042-SCFI-2015 Análisis de agua, enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli*- método del número más probable en tubos múltiples. México, D.F. 29 p.
- EPA. (Environmental Protection Agency. United States). 1976. Lime use in wastewater treatment: Design and cost data. Municipal environmental research laboratory office of research and development. Cincinnati Ohio, United States. 316 p.
- Esteves A., Santos M. L., Nunes A. T., Vilela F. D. 2023. Chemical and physicochemical properties of underground waters captured from artesian wells located at the county of Minas Novas (Minas



- Gerais /Brazil). *Latin American Journal of Development*, Curitiba. 5 (1): 377-390. DOI: 10.46814/lajdv5n1-025
- Goss M. J., Unc. A., Chen S. 2000. Transport of nitrogen, phosphorus and microorganisms from manure into surface and groundwater. *Biological Resource Management Connecting Science and Policy*. 31-35. DOI: 10.1007/978-3-662-04033-1\_3
- Hazen A. (1892) A new color-standard for natural waters. *Am. Chem. J.* 14, 300-310.
- INEGI 2017. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascaliente, México. 443 p.
- INEGI. 2020. Resumen entidad del estado de Tabasco. Consulta 22 mayo 2023. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tab/territorio/clima.aspx?tema=me&e=27>
- ISO (International Organization for standardization). 2023. ISO 7887:2011 Water quality-Examination and determination of colour. <https://www.iso.org/standard/46425.html>. Consultado 20/06/2023
- Khatri N. Tyagi S. 2014. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in life science*. 8 (1):23-39. <http://dx.doi.org/10.1080/21553769.2014.933716>
- Madigan M. T., Martinko J. M., Bender K. S., Buckley D. H., Stahl D. A. 2015. *Biología de los microorganismos*. 14 edición. Pearson educación S. A. Madrid España. 1131 p.
- Prado P. B., Tangerino E. P., Sánchez O. I. A. 2017. Removal of color in water supply using electrolytic process and direct filtration. *Entre ciencia e ingeniería* (21): 22-27
- RAE (Real Academia Española). 2023. «pozo». *Diccionario de la lengua española* (23.<sup>a</sup> edición). Consultado el 10 de mayo de 2023.
- Salamanca E. 2016. Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Modul. Arquit. CUC* (17): 29-48.
- Sierra M. C. A. 2011. *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*. 1<sup>a</sup> edición. Edit. Ediciones de la U. Colombia. 457 p.
- Siqueira J. F., Lopes H. P. 1999. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J* 32: 361-369.



## INTERCEPCIÓN DE LA LLUVIA EN ESPECIES DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN XOCHIHUEHUETLÁN, GRO., MÉXICO

### RAINFALL INTERCEPTION IN SPECIES OF THE LOW DECIDUOUS FOREST IN XOCHIHUEHUETLÁN, GRO., MÉXICO

<sup>1\*</sup>Contreras Hinojosa JR, <sup>2</sup>Gómez Cárdenas M y <sup>1</sup>Barbosa Moreno F.

<sup>1</sup>Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPAS) del INIFAP. Melchor Ocampo No. 7. Santo Domingo Barrio Bajo, C.P. 68200. Villa de Etla Oaxaca, México.

Autor para correspondencia: contreras.jose@inifap.gob.mx

#### RESUMEN

La intercepción de la lluvia fue medida en dos árboles de tehuixtle (*Acacia bilimekii*) y tres de copal hediondo (*Bursera submoniliformis*) en Xochihuehuetlán, Gro. La lluvia ocurrida a cielo abierto se fraccionó en la que atraviesa el follaje, la que escurre por el tallo y por diferencia se considera la interceptada o perdida. La precipitación se midió con un pluviómetro estandar, la que atraviesa el follaje se cuantificó en una canaleta, mientras que la lluvia que escurre por el tallo se colectó sobre una manguera abierta colocada sobre el tronco. Se tuvieron máximo 23 eventos de lluvia, siendo la mayor cantidad ocurrida de 53 mm. Los resultados indican que en promedio la lámina de lluvia interceptada o perdida fue del 31%, con valores mínimo y máximo de 27 y 35%, respectivamente. La cantidad lluvia que escurre por el tallo mostró una ligera tendencia de que a mayor cobertura mayor es la cantidad que escurre por el tallo, alcanzando el valor máximo *Bursera submoniliformis*. La lámina de lluvia interceptada mostró una tendencia lineal, considerando en los modelos de regresión valores de  $R^2$  desde 0.82 hasta 0.94, no así para la lámina que escurre por el tallo, cuyo máximo valor de  $R^2$  fue de 0.61. Bajo las condiciones de la vegetación en estudio y considerando una diferencia de 8% en la lámina de lluvia interceptada, se pone a consideración la cantidad de lluvia que equivale este factor, vía recarga de acuíferos.

**Palabras clave:** flujo, caulinar, regresión, modelo, cobertura

#### INTRODUCCIÓN

La intercepción de la lluvia por el follaje de la vegetación juega un papel importante en el ciclo hidrológico al determinar la cantidad que puede llegar al suelo. Durante un evento de lluvia el agua golpea la vegetación y puede atravesarla o perderse al ser interceptada por esta. La parte que atraviesa el follaje, puede pasar por los huecos entre hojas y tallos o caer como gotas de mayor tamaño, pero con una menor velocidad. Otra parte puede escurrir por el tronco, alcanzar así los residuos de las plantas, para finalmente alcanzar el suelo (Ufoegbune *et al.*, 2010; Maloney *et al.*, 2002). Se considera que la vegetación de las partes altas como sierras y montañas influye en la cantidad de lluvia que escurre, sin embargo, en algunas ocasiones hay mayor disponibilidad de agua cuando la vegetación es removida (Munishi y Shear, 2005). La eliminación de la vegetación en ambientes húmedos podría introducir más agua, sin embargo, es necesario cuantificar el efecto, ya que agua extra puede promover que disminuya la estabilidad de las pendientes y erosione caminos y terrenos (Maloney *et al.*, 2002). El efecto benéfico de la vegetación contra la erosión la resaltan Petan *et al.* (2008) quienes indican que un incremento de 26 a 60% en el área forestal por una disminución de uso del suelo en agricultura produjo cambios en la hidrología de la cuenca al disminuir los flujos mínimo y máximo. La cantidad de lluvia interceptada por la vegetación arbórea depende del tamaño de la tormenta, la intensidad, duración y frecuencia, así como de las características de la vegetación como arquitectura, edad, densidad, forma y tamaño de las hojas, así como el crecimiento de epifitas (Maloney *et al.*, 2002) y dependiendo de estas condiciones, la cantidad de lluvia interceptada puede ser del 15 al 35%.

Similar importancia son las características de la vegetación y la lluvia, así una lluvia frontal de baja intensidad y larga duración generará diferente intercepción que una de alta intensidad de corta duración y conveccional (Ufoegbune *et al.*, 2010). Importante en la intercepción también lo es el tamaño, la forma y la orientación de las hojas, de tal modo que los árboles de coníferas pueden interceptar del 20-40%, mientras que los árboles caducifolios interceptan del 20-25% de la precipitación (Petan *et al.*, 2008;



(Ufoegbune *et al.*, 2010). La conversión de bosques de hoja ancha, como los encinos hacia bosques de pino puede traer efectos negativos en la disponibilidad de agua en los cauces y en los acuíferos, ya que éstos pueden interceptar hasta 100 mm de la lluvia ocurrida (Swank *et al.*, 1972). Munishi y Shear (2005) al evaluar durante un periodo de 50 meses el fraccionamiento de la lluvia en bosques de montaña lluviosos, encontraron que la cantidad de lluvia que atraviesa el follaje fue del 77%, la que escurre por el tallo fue menor del 2% y cerca del 21% es interceptada (pérdida). Es común que la cantidad de lluvia que escurre por el tallo sea cercana al 5% (Ufoegbune *et al.*, 2010; Maloney *et al.*, 2002), sin embargo, puede alcanzar valores hasta de 30% (Xu *et al.*, 2005), dependiendo de la especie. La cantidad de lluvia perdida o interceptada por el follaje puede variar entre especies, Ufoegbune *et al.* (2010) al evaluar la intercepción en Pino, Guaje, Neem, Melina y Teka encontraron que la intercepción fue 18%, 21%, 26%, 11% y 38%, respectivamente. Un estudio similar lo hicieron Sun *et al.*, (2013) quienes al evaluar la intercepción en *Abies fabri* de diferentes edades, encontraron que la intercepción fue de 28, 25 y 31% de la lluvia en árboles jóvenes, maduros y seniles. Si la vegetación es importante en el ciclo hidrológico, el suelo participa de manera activa para que el agua que alcanza el suelo lo penetre; si el suelo se encuentra seco tendrá más capacidad el agua de penetrar, si la cantidad de agua por entrar es mayor que la capacidad de entrada, entonces el agua se almacenará en las depresiones y en casos extremos escurrirá una parte (Duune y Leopold, 1978), sin embargo, el proceso de infiltración se encuentra sujeto a determinadas condiciones, entre las que destacan las características físicas del suelo, como es el tamaño de partículas, que pueden estar aisladas o unidas en la forma de agregados, dejando un espacio poroso, el cual puede ser ocupado por aire o agua. Los tamaños de los materiales van desde los coloides y arcillas, con tamaños menores de 0.0001 mm hasta las arenas y gravas que tienen un tamaño mayor de 2.0 mm. El espacio poroso del suelo al llenarse con agua afecta el proceso de laboreo, así como la capacidad de las raíces de las plantas para penetrarlo y poder utilizar el agua, ya que cuando entra al suelo es distribuida y almacenada en los distintos horizontes que integran el perfil con base en características diferenciales de textura, estructura, densidad aparente y contenido de materia orgánica. Bajo estas consideraciones se tendrá una zona saturada en la parte superior, en donde todo el espacio poroso se encuentra lleno de agua, mientras que en la parte inferior se tendrá una zona insaturada, la cual puede tener distinto espacio poroso (Hillel, 1980). El agua que cae en el suelo en mayor o menor medida puede infiltrarse y es más probable si las cantidades son pequeñas, si el suelo está cubierto por residuos o vegetación y si se encuentra inicialmente seco (Rose, 2004). La tasa de infiltración puede variar sustancialmente en distancias de varios metros, motivo por el cual la variabilidad espacial depende de que tan seco o húmedo se encuentre el suelo. Esta variación en la tasa de infiltración también se asocia a la distribución de material mineral y orgánico que se encuentra en el perfil del suelo y a su arreglo, de este modo, es de esperar mayor infiltración en suelos de textura gruesa, con poca cantidad de materia orgánica y baja densidad aparente (Kramer, 1969). Al alcanzar el agua el suelo, si esta se infiltra no habrá escurrimiento o flujo superficial y la tasa de infiltración será igual a la precipitación ( $I = P$ ). Cuando el suelo mantiene algún grado de saturación y/o la intensidad de la lluvia es superior a la capacidad del suelo para almacenarla, entonces la relación cambia ( $I < P$ ) y habrá flujo superficial en virtud que el suelo no tendrá capacidad para que el agua penetre y esta misma situación se puede presentar en los casos que los suelos se encuentren en pendiente (Rose, 2004). Según la capacidad del suelo para retener el agua, así será el riesgo de erosión, así Petan *et al.* (2008) evaluaron las pérdidas de suelo en parcelas de escurrimiento, encontraron que bajo condiciones de suelo desnudo se tuvieron pérdidas de 10.12 ton ha<sup>-1</sup>, mientras que en el bosque las pérdidas fueron solamente de 0.19 ton ha<sup>-1</sup>. Se desconoce la cantidad de lluvia que puede interceptar la vegetación de Selva Baja Caducifolia, por lo que se implementó el estudio, bajo la hipótesis de a mayor follaje o cobertura, mayor será la lámina interceptada o pérdida, ya sea por el agua retenida por efecto del humedecimiento de hojas y tallos, así como por la evaporación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el ecosistema Selva Baja Caducifolia en el estado de Guerrero y Puebla. Este tipo de vegetación constituye el límite térmico e hídrico de los tipos de vegetación de las zonas cálido-húmedas (Pennington y Sarukhán, 2012), también se le denomina Bosque Tropical Caducifolio (Rzedowski, 2005) y se presenta en zonas con promedio de temperatura anual mayor de 20 °C y precipitación anual de 1,200 mm como máximo. Estas selvas se presentan desde el nivel del mar hasta



los 1,700 m y se distribuyen desde el estado de Sinaloa hasta Yucatán (Pennington y Sarukhán. 2012). Las características fisionómicas principales es la corta altura de sus componentes arbóreos (normalmente de 4 a 10 m) y el hecho de que casi todas las especies pierden sus hojas durante un periodo de 5 a 7 meses, lo cual provoca un contraste en el color de la vegetación entre la época seca y la lluviosa. El sitio experimental se localiza en el municipio de Xochihuehuetlán, Gro. utilizado como agostadero, bajo un suelo litosol, con pendiente de 2 a 10%, ubicado en 17° 53' 51.2" de latitud norte, 98° 29' 22.3" de longitud oeste y a 1064 msnm de altitud. El estudio de la interceptación de la lluvia se integró al medir la lluvia ocurrida a cielo abierto con un pluviómetro metálico estándar, similar al que utiliza el Servicio Meteorológico Nacional, el cual tiene un diámetro de 20 cm. La lluvia que atraviesa el follaje se midió con canaletas metálicas de forma triangular con un largo y abertura de 75 y 36 cm, respectivamente. Ésta se coloca en pendiente bajo la sombra del follaje, con un desnivel aproximado de 10 cm para que la lluvia que cae sobre ésta sea atrapada y conducida a un recipiente para su posterior medición. El flujo caulinar se midió al insertar en forma de espiral alrededor del tronco de los árboles una manguera plástica abierta, la cual se sujetaba al tronco con clavos y se integraba completamente al tronco mediante silicón como sellador. La manguera permite captar el agua que escurre por el tallo y conducirla a un recipiente plástico para su posterior cuantificación. La cantidad de lluvia que atraviesa el follaje considera relacionar la cantidad de lluvia evaluada en la canaleta en relación con la medida en el pluviómetro estándar, referenciando el área de captación de la canaleta con el área del pluviómetro estándar (314.16 cm<sup>2</sup>) y éste será el factor de corrección de esta medición. El procedimiento para calcular el flujo caulinar o escurrimiento por el tallo se obtiene al relacionar el área de la copa o follaje del árbol con la lámina medida en el pluviómetro estándar. El área de copa se obtuvo al medir la proyección de ésta en la superficie en direcciones norte-sur y este-oeste, promediar éstas y considerar que la forma del follaje es circular. Posteriormente la lámina medida en milímetros se divide entre el área del follaje y se relaciona en porcentaje con la lámina ocurrida a cielo abierto. El estudio se realizó en el año 2014 y después de cada evento de lluvia se realizaban las mediciones y del análisis de los registros de lluvia, se obtuvieron los valores respectivos para flujo caulinar, la lluvia que atraviesa el follaje y por diferencia se obtuvo la cantidad interceptada. Para cada uno de los árboles donde se hicieron las mediciones se realizó un análisis de regresión entre la lámina ocurrida y la lámina que atraviesa el follaje. La muestra fue de cinco árboles, correspondiendo los árboles 1 y 2 al tehuixtle (*Acacia bilimekii*) y los árboles 3, 4 y 5 al copal hediondo (*Bursera submoniliformis*). Es de considerar que el tehuixtle se comporta como especie no caducifolia, ya que sus hojas permanecen verdes en la época de secas. Con los registros de lámina ocurrida, la interceptada, la que escurre por el tallo y la que atraviesa el follaje, se realizaron análisis de regresión mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.2, ajustando los datos con el modelo lineal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tuvieron 23 eventos de lluvia, siendo la cantidad máxima registrada de 53 mm. En el Cuadro 1 se presentan los porcentajes de lámina interceptada o que se pierde, la cual osciló desde 27 hasta 35%, resultados que se apegan a lo que indica la literatura, que la lámina de lluvia interceptada puede ser del orden del 15 al 35% (Maloney *et al.*, 2002). En lo que respecta a la parte de la lluvia que escurre por el tallo, los valores en porcentaje mostraron una ligera tendencia de que a mayor cobertura mayor será la cantidad que escurre, siendo el valor máximo del 12.34% de la lámina de lluvia que cae.

**Cuadro 1.- Fraccionamiento de la lluvia.**

Árbol	Especie	Cobertura (m <sup>2</sup> )	Lámina que atraviesa el follaje (%)	Lámina que escurre por el tallo (%)	Lámina interceptada (%)
1	<i>Acacia bilimekii</i>	24.6	64.14	3.86	32
2	<i>Acacia bilimekii</i>	26.8	62.96	2.37	35
3	<i>Bursera submoniliformis</i>	21.2	61.56	4.66	34
4	<i>Bursera submoniliformis</i>	38.4	60.96	12.34	27
5	<i>Bursera submoniliformis</i>	35.2	59.31	12.05	29



La diferencia de valores en lo que respecta a la lámina interceptada se asocia a nivel macro a una disponibilidad de agua. Una diferencia en intercepción del 30% bajo condiciones de lluvia anual de 600 mm en un área representativa de 10,000 hectáreas promueve una diferencia de 18 mil millones de litros de agua, cantidad que por un lado reduce el riesgo de erosión al disminuir los escurrimientos probables y por ende, el azolvamiento de cuerpos de agua y daños a las vías de comunicación. Bajo esta consideración se deben proponer especies con capacidad de interceptar la mayor cantidad de lluvia. El lado opuesto es la provisión de agua a las poblaciones rurales asociada a la recarga de acuíferos, de este modo, especies que intercepten la mayor cantidad de lluvia tendrían un impacto negativo en la disponibilidad de agua. Por lo tanto, las especies a recomendar deben estar asociadas al objetivo para el que se considere (Ufoegbune *et al.*, 2010). En las Figuras 1 a 5 se presentan las relaciones entre la lluvia neta y la lámina que atraviesa el follaje, en todas se observa que hay una tendencia lineal.

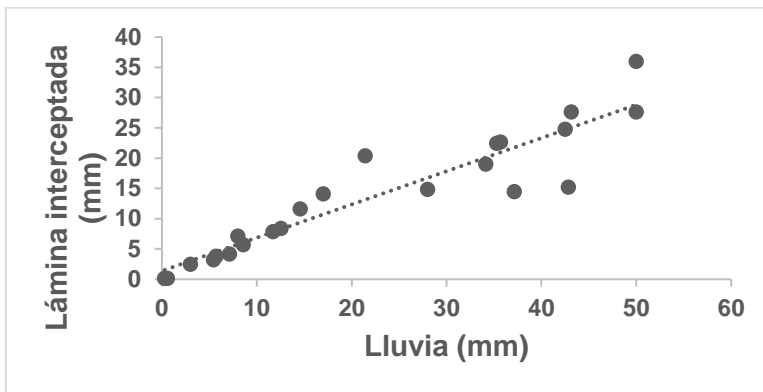


Figura 1.- Relación entre la lluvia neta y la interceptada. Árbol 1.

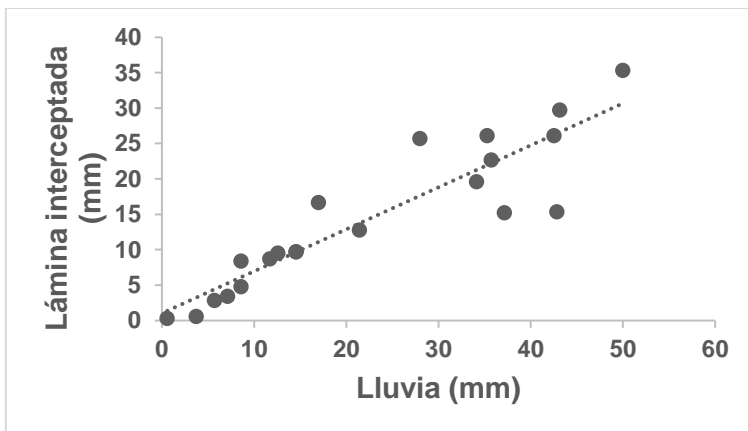


Figura 2.- Relación entre la lluvia neta y la interceptada. Árbol 2.



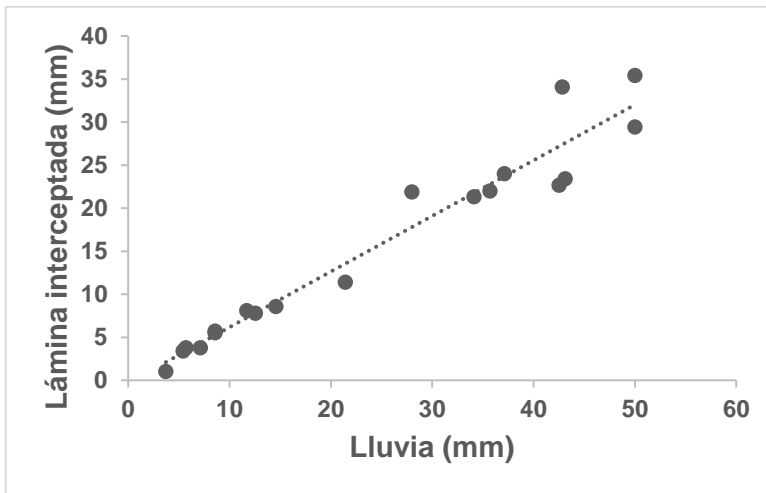


Figura 3.- Relación entre la lluvia neta y la interceptada. Árbol 3.

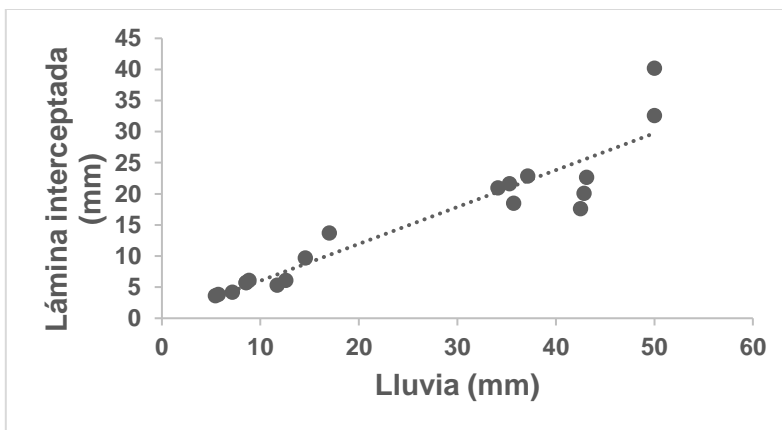


Figura 4.- Relación entre la lluvia neta y la interceptada. Árbol 4.

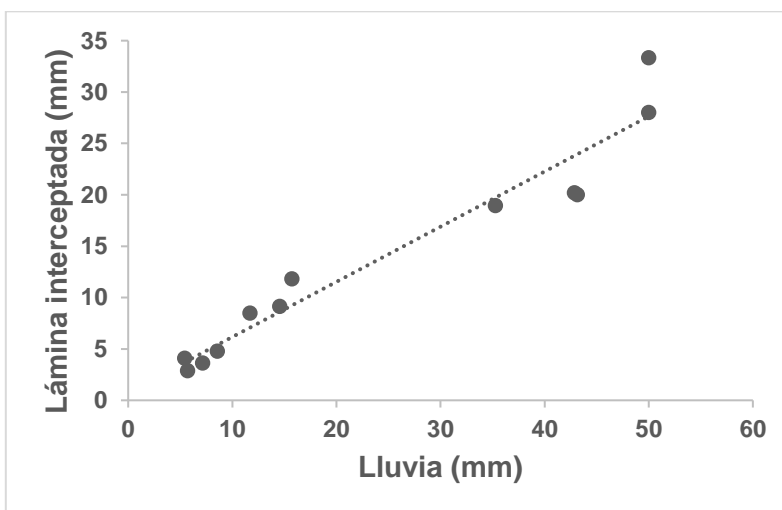


Figura 5.- Relación entre la lluvia neta y la interceptada. Árbol 5.



En el Cuadro 2 Se presentan los modelos de regresión obtenidos, en donde se aprecia que los valores de R<sup>2</sup> asociados al modelo lineal tienen buen ajuste.

**Cuadro 2.- Modelos de regresión para la lámina que atraviesa el follaje.**

Árbol	Especie	Modelo*	Valor R <sup>2</sup>
1	<i>Acacia bilimekii</i>	$Y = 0.8107 + 1.5796X$	0.86
2	<i>Acacia bilimekii</i>	$Y = 2.5104 + 1.3935X$	0.82
3	<i>Bursera submoniliformis</i>	$Y = 1.7951 + 1.4609X$	0.94
4	<i>Bursera submoniliformis</i>	$Y = 2.8555 + 1.4826X$	0.87
5	<i>Bursera submoniliformis</i>	$Y = 0.1692 + 1.7436X$	0.93

\*Y: Lámina de lluvia (mm); X: Lámina de la lluvia que atraviesa el follaje (mm).

Cabe indicar que con los modelos obtenidos con base en la lluvia ocurrida se puede predecir la lámina que atraviesa el follaje, sin embargo estos modelos deben ser tomados con cautela debido a que con excepción del tehuixtle, otras especies de la Selva son caducifolias, las cuales empiezan a tirar sus hojas desde el mes de octubre e reinician su aparición al inicio de las lluvias, comúnmente en los meses de mayo y junio. Lluvias esporádicas ocurridas durante la sequía invernal es de esperar que toda atravesase el follaje y que el flujo por el tallo sea mínimo.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio no se apartan de otros realizados y se observó que en promedio el 30% de la lluvia ocurrida es interceptada por la vegetación, cerca del 63% de atraviesa el follaje y 6% corresponde a la lámina que escurre por el tallo. No presentándose diferencias apreciables entre estas dos especies de la Selva Baja Caducifolia.

## LITERATURA CITADA

- Dunne, T. and L.B. Leopold. 1978. Water in Environmental Planning. W. H. Freeman and Company. New York. 818 p.
- Hillel, D. 1980. Fundamentals of Soil Physics. Academic Press. San Diego, Cal. 413 p.
- Kramer, J.P. 1969. Plant & Soil Water Relationships: A Modern Synthesis. McGraw-Hill Book Company. New York. 482 p.
- Maloney, D., S. Bennett, A. de Groot and A. Banner. 2002. Canopy interception in a hypermaritime forest on the North Coast of British Columbia. Extensión Note # 49. Prince Rupert Forest Region. British Columbia. 6 p.
- Munishi, P.K.T. and T.H. Shear. 2005. Rainfall interception and partitioning in afro-montane rain forests of the Eastern Arc Mountains, Tanzania: implications for water conservation. Journal of Tropical Forest Science 17:355-365.
- Pennington, T.D. y J. Sarukhán. 2012. Árboles Tropicales de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México. 523 p.
- Petan, S., M. Sraj, M. Zorn, A. Vidmar, M. Mikos and M. Brilly. 2008. Measurement and modelling of rainfall interception and soil erosion processes in the Dragonja Experimental River basin. Balwois 27. 31 de mayo del 2008.
- Rose, C. 2004. An Introduction of the Environmental Physics of Soil, Water and Watersheds. Cambridge University Press. United Kingdom. 441 p.
- Rzedowski, J. 2005. Vegetación de México. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 p.
- Sun, X., G. Wang, Y. Lin and Y. Gao. 2013. Intercepted rainfall in *Abies fabri* forest with different-aged stands in Southwestern China. Turkish Journal of Agriculture and Forestry doi: 10.3906/tar-1207-1236.
- Swank, W.T., N.B. Goebel and J.D. Helvey. 1972. Interception loss in loblolly pine stands of the South Carolina Piedmont. Journal of Soil and Water Conservation 27:160-164.



- Ufoegbune, G.C., O. Ogunyemi, A.O. Eruola and J.A. Awomeso. 2010. Variation of interception loss with different plant species at the University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria. *African Journal of Environmental Science and Technology*: 4: 831-844.
- Xu, X., Q. Wang and E. Hirata. 2005. Precipitation partitioning and related nutrient fluxes in a subtropical forest in Okinawa, Japan. *Ann. For. Sci.* 62:245-252.



## EVALUACIÓN DE LA FÓRMULA DE SCHAEFFER PARA PREDECIR EL PESO VIVO EN BUBILLAS EN CRECIMIENTO

### EVALUATION OF SCHAEFFER'S FORMULA FOR PREDICTING LIVE WEIGHT IN GROWING BUFFALOES HEIFERS

<sup>1</sup>\*Cruz-Ruiz JA, <sup>1</sup>Carrasco-Guzmán ME, <sup>1</sup>Gómez-Vázquez A, <sup>2</sup>Palmer-Linderman A., <sup>3</sup>Cruz-Tamayo A, <sup>2</sup>Canul-Solís JR, <sup>2</sup>Castillo-Sánchez LE, <sup>2</sup>Ramírez-Bautista MA, <sup>2</sup>Mezo-Solis JA, García-Herrera RA\*

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Campeche, Escárcega 24350, Campeche, Mexico.

\*Autor por correspondencia: [ricardo.herrera@ujat.mx](mailto:ricardo.herrera@ujat.mx)

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar las fórmulas de Schaeffer para predecir el peso vivo (PV) en bubillas lecheras en crecimiento criadas en ambientes tropicales. Se utilizaron los datos de PV (kg), perímetro torácico (PT, cm) y largo del cuerpo (LC, cm) obtenidos de 170 bubillas lecheras Murrah, de edades comprendidas entre los 8 meses y los 4 años. A partir de estos datos se calcularon los pesos con la ecuación de predicción de Schaeffer. El PV presentó un alto coeficiente de correlación con PT ( $r=0.94$ ,  $P<0.001$ ) y LC ( $r=0.79$ ,  $P<0.001$ ). La evaluación de la ecuación se realizó a través del Model Evaluation System. La ecuación de Schaeffer mostro una alta precisión ( $R^2 = 0.90$ ) y una alta exactitud (factor de corrección del sesgo = 0.83), lo que confirma un buen índice de reproducibilidad y una buena concordancia con los datos observados (coeficiente de correlación de concordancia = 0.79). En cuanto al MEF, la ecuación mostró una baja eficiencia predictiva, con una baja proporción de la varianza total de los valores observados explicada por los datos predichos (MEF=0.53). El CD fue de 0.85, lo que indica una gran variabilidad de los datos predichos. Por último, la prueba de intercepto = 0 y pendiente = 1 no se aceptó. Las fórmulas de Schaeffer mostraron una buena eficacia para predecir el peso corporal con buena precisión y exactitud en bubillas lecheras mantenidas en condiciones de trópico.

**Palabras clave:** *Peso corporal; medidas biométricas; Bubalus bubalis; trópicos húmedos; modelos matemáticos.*

#### INTRODUCCIÓN

En la cría de búfalos, tanto la cantidad como la calidad del rendimiento obtenido son condiciones necesarias para una ganadería sostenible. En este contexto, la cuestión del peso corporal, que determina la producción de carne, es un aspecto importante que debe examinarse. Además, el peso corporal es el mayor determinante del crecimiento (Ruiz-Ramos et al., 2023; Ramos -Zapata et al., 2023). Sin embargo, en las principales regiones productoras de búfalos del mundo, los sistemas se caracterizan por una baja inversión en infraestructuras, y no es habitual pesar periódicamente a los animales debido a la ausencia de una báscula ganadera (Ağyar et al., 2022; Ruiz-Ramos et al., 2023; Ramos -Zapata et al., 2023).

Además, la estimación del peso corporal a partir de las medidas corporales obtenidas es una cuestión importante. Se han realizado numerosos estudios sobre este tema, que ocupa un lugar importante tanto en la caracterización de las especies como de las razas, en varias especies y en varias razas dentro de la misma especie (Ruiz-Ramos et al., 2023). Sin embargo, no hay que olvidar que los modelos a obtener pueden diferir de una especie a otra e incluso de una raza a otra (Tırınk et al., 2023). En este contexto, las fórmulas de Schaeffer se han utilizado para predecir con precisión el peso corporal de vacas, novillos y ovinos. Esta fórmula incluye las medidas corporales de PT y LC. Sin embargo, nuestra búsqueda no reveló ningún estudio sobre el uso de la fórmula de Schaeffer para la predicción del PV de búfalos. En



este contexto, nuestra hipótesis fue que la fórmula de Schaeffer podía utilizarse para predecir el PV de bubillas en crecimiento. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la fórmula de Schaeffer para predecir el PV de bubillas lecheras en crecimiento criadas en ambientes tropicales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los búfalos fueron manejados de acuerdo con los lineamientos éticos y el reglamento de experimentación animal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (código de aprobación: UJAT-2012-IA-18) en una granja comercial ubicada en Isla en el estado de Veracruz, México. El clima de la región es cálido-húmedo con lluvias en verano y temperatura y precipitación medias anuales de 25 °C y 2750 mm, respectivamente. Se obtuvieron datos de peso vivo (PV, kg), y ancho de cadera (AC, cm) en 215 búfalas Murrah de 3 meses a 5 años de edad. Los animales se criaron en sistemas de producción basados en el pastoreo extensivo y se les suministró agua ad libitum. El peso vivo se registró pesando los animales en una báscula de plataforma fija con una capacidad de 2.000 kg y una precisión de 0.5 kg, mientras que el AC se registró con una forcípula de 65 cm (Haglöf®).

La fórmula de Schaeffer para calcular el PV fue la siguiente:  $PV = (LC \times PT^2) / 300$ , donde PV es el peso corporal en libras, LC es el largo del cuerpo en pulgadas y PT es el perímetro torácico. El peso final se convirtió a kg según lo indicado por Wangchuk et al. (2018).

Se realizó un análisis estadístico descriptivo mediante el procedimiento PROC MEANS de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2010). En el mismo software, también se estimaron los coeficientes de correlación entre variables mediante el procedimiento PROC CORR (SAS Ver. 9.3, 2010), y se realizaron regresiones mediante el procedimiento PROC REG (SAS Ver. 9.3, 2010). La precisión de los modelos se evaluó mediante los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y el error cuadrático medio (MSE). Asimismo, los modelos de regresión se evaluaron según la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que  $b_0$  es igual a cero y  $b_1$  es igual a uno, y la hipótesis alternativa ( $H_A$ ). El no rechazo de la hipótesis nula significa que el modelo explica con precisión la variación en el conjunto de datos. La precisión se evaluó mediante la valoración del  $R^2$  de la regresión lineal de Y (es decir, lo observado) sobre X (es decir, lo predicho), como describe Tedeschi (2006). Además, se utilizaron varios estadísticos para evaluar la capacidad predictiva de las ecuaciones, incluido el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el error cuadrático medio (ECM), la desviación estándar (DE), el error cuadrático medio de predicción (ECMP) y la raíz del ECMP (RECM), que dan cuenta de la distancia entre los valores predichos y los valores reales (Tedeschi, 2006). El sesgo medio (MB), se utilizó como representación de la inexactitud media del modelo. El factor de eficiencia de modelado (MEF), que representa la proporción de variación explicada por la línea  $Y = X$ , se utilizó para indicar la bondad del ajuste. El coeficiente de determinación del modelo (CD) se utilizó para evaluar la varianza en los datos predichos. El factor de corrección del sesgo ( $C_b$ ), un componente del coeficiente de correlación de concordancia (CCC), se utilizó como indicador de la desviación de la línea de identidad, y los CCC también se utilizaron como índice de reproducibilidad para dar cuenta de la exactitud y la precisión. Se asumió una alta exactitud y precisión cuando los coeficientes eran  $> 0.80$ , y una baja exactitud y precisión cuando los coeficientes eran  $< 0.50$ . Aunque si los valores oscilan entre 0.51 y 0.70, implican una exactitud y precisión moderada. Para todos los cálculos se utilizó el Sistema de Evaluación de Modelos (Tedeschi, 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

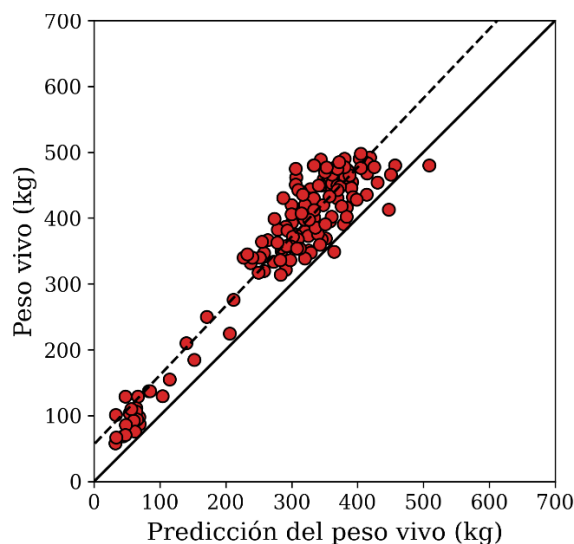
El peso corporal observado osciló entre 58.00 y 498.00 kg, con una media de  $370.49 \pm 119.80$  kg (Cuadro 1). La media  $\pm$  desviación estándar de las medidas corporales también se estimó en PT ( $71.45 \pm 12.18$  cm) y LC ( $36.13 \pm 7.37$  cm). Además, el coeficiente de correlación entre PC y PT fue  $r=0.94$  ( $P<0.001$ ), mientras que el de LC fue  $r=0.79$  ( $P<0.001$ ).

Cuadro 1. Análisis descriptivo del peso vivo (kg) y medidas corporales (cm) en búfalas lecheras en crecimiento criadas en condiciones de trópico húmedo mexicano (n = 170)

Variable	descripción	Media $\pm$ DE	CV (%)	Mínimo	Máximo
PV (kg)	Peso vivo	$370.49 \pm 119.80$	32.34	58.00	498.00



PT (cm)	Perímetro torácico	71.45± 12.18	17.05	31.50	89.37
LC (cm)	Largo de cuerpo	36.13± 7.37	20.41	12.20	48.03



**Figura 1.** Relación entre el PV (kg) y el AC de cadera en búfalas

**Cuadro 2.** Promedios y estadísticos descriptivos de la exactitud y la precisión de la ecuación de Schaeffer para predecir el peso corporal en búfalas lecheras en crecimiento.

Variable <sup>1</sup>	Observado	[Formula de Schaeffer]
Media	370.49	298.80
DE	119.80	108.16
r <sup>2</sup>	---	0.90
CCC	---	0.79
Cb	---	0.83
MEF		0.53
CD		0.85
Análisis de Regresión		
Intercepto ( $\beta_0$ )		
Estimado	---	56.39
EE	---	8.65
Valor de P ( $\beta_0 = 0$ )	---	0.001
Pendiente ( $\beta_1$ )		
Estimado	---	1.05
EE	---	0.02
Valor de P ( $\beta_1 = 1$ )	---	0.06
Fuente de MSEP, % MSEP		
Sesgo medio		78.04
Sesgo sistemático	---	0.46
Error aleatorio	---	21.49
Raíz del MSEP		
Estimado	---	81.15
% de la media	---	21.90

<sup>1</sup>Obs: Evaluación de valores observados (base de datos independiente); CCC: coeficiente de concordancia de la correlación; Cb: factor de corrección de sesgo; MSEP: cuadrado medio del error de predicción; r: Coeficiente de correlación; r<sup>2</sup>: coeficiente de regresión; DE: error estándar de la desviación; MEF: Eficiencia del modelo; CD: coeficiente de determinación del modelo; EE: error estándar.





En cuanto a la evaluación la ecuación de Schaeffer, se observó en el análisis de regresión que el intercepto y la pendiente no fueron diferentes a 0 y 1, respectivamente ( $P > 0,05$ ; Cuadro 2). De acuerdo con los criterios de Tedeschi (2006), estos resultados prueban que la ecuación de Schaeffer puede ser utilizada para predecir el PV de las bubillas de remplazo. Además, el valor del CCC fue de 0.79, lo cual indica una buena precisión del modelo (Figura 1). También este análisis confirma que el modelo presenta una alta exactitud y reproducibilidad. El CD fue de 0.85, lo que sugiere una ligera sobreestimación del PV ( $CD > 1$  indica subestimación y  $D < 1$  indica una sobreestimación (Tedeschi 2006) con una variación de alrededor del 15% (Figura 1). El valor del MEF fue de 0.53 resultando una baja bondad de ajuste del modelo (Cuadro 2; Figura1). Por su parte, el principal componente del cuadrado medio del error de predicción (MSEP) fue el sesgo medio (78.04%); por esto, una proporción significativa del MSEP se atribuyó al error aleatorio (21,49%; Figura 1) (Tedeschi *et al.*, 2006). Los resultados globales de estos indicadores confirman que la ecuación de predicción del PV para de las bubillas de remplazo puede ser usada con seguridad para estimar el PV de esos animales. Aunque debe tenerse en cuenta, que la ecuación va a funcionar adecuadamente solo sí se usa en animales similares a las de este estudio y mantenidas en condiciones de producción extensivas en trópico. Si se desea emplear la ecuación en otro tipo de animales, razas o sistemas de producción, primero se debe evaluar su funcionalidad bajo esas condiciones específicas (Herrera-López *et al.*, 2018).

### Conclusión

La fórmula de: permite predecir con una alta precisión el PV de búfalas mantenidas bajo condiciones de trópico húmedo.

### LITERATURA CITADA

- Ağyar, O., Tırınk, C., Önder, H., Şen, U., Piwczyński, D., and Yavuz E. 2022 Use of multivariate adaptive regression splines algorithm to predict body weight from body measurements of anatolian buffalo in Türkiye. *Animals* 12, 2923.
- Herrera-López, S., García-Herrera, R., Chay-Canul, A.J, González-Ronquillo, M., Macías-Cruz, U, Díaz-Echeverría, V.F., Casanova-Lugo F. and Piñeiro-Vázquez AT. 2018. Desarrollo y evaluación de una ecuación para predecir el peso vivo en novillas cruzadas usando el ancho de cadera. *ITEA*. 114 (4), 368-377
- Ramos-Zapata, R, Dominguez-Madriral, C, García-Herrera, R.-A, Camacho-Pérez, E, Lugo-Quintal J.M, Tyasi T.L., Gurgel A.L.C., Ítavo L.C.V., and Chay-Canul A.J. Predicting live weight using body volumen formula in lactating water buffalo. *Journal of Dairy Research* <https://doi.org/10.1017/S0022029923000249>
- Ruiz-Ramos, J., Torres-Chable, O.M., Peralta-Torres, J.A., Ojeda-Robertos, N. F., Luna-Palomera, C., Portillo-Salgado, R., Thobela Louis Tyasi, Antonio Leandro Chaves Gurgel, Luís Carlos Vinhas Ítavo and Chay-Canul, A. J. 2023. Estimation of body weight using body measurements in female water buffaloes reared in southeastern Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 55(2), 137.
- SAS 9.3 Software. 2010. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Tedeschi LO (2006) Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agricultural Systems* 89: 225-247
- Tırınk, C., Piwczyński, D., Kolenda, M., and Önder, H. 2023. Estimation of Body Weight Based on Biometric Measurements by Using Random Forest Regression, Support Vector Regression and CART Algorithms. *Animals*, 13(5), 798. <https://doi.org/10.3390/ani13050798>
- Wangchuk, K., Wangdi, J., Mindu, M. 2018. Comparison and reliability of techniques to estimate live cattle body weight. *Journal of Applied Animal Research*, 46, 349–352.



## ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTRÉS HIDROTÉRMICO (THI) PARA GANADO BOVINO, CON SOLO DATOS DE TEMPERATURA HIGROTHERMIC INDEX (THI) ESTIMATION FOR CATTLE, USING ONLY TEMPERATURE DATA

<sup>1</sup>Juárez López JF, <sup>1</sup>Aceves Navarro, LA, <sup>1</sup>Francisco Santiago SP, y <sup>1</sup>Cruz Roblero G

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Área de Ciencia Ambiental, C:P: 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México.

\*Autor de correspondencia: [juarezlo@colpos.mx](mailto:juarezlo@colpos.mx)

### RESUMEN

Derivado de la gran similitud en los patrones temporales de la temperatura y el Índice Higrotérmico (THI), el objetivo del presente estudio fue calibrar y validar un modelo para calcular dicho índice, a partir de solo datos de temperatura; y poder evaluar el estrés calórico al que se ve sometido el ganado bovino por las condiciones climáticas del estado de Tabasco. Para evaluar el estrés calórico en ganado bovino, existen reportados varios índices. Se seccionó al THI por ser el índice más utilizado en el mundo. Una característica de todos esos índices, es que requieren como mínimo, datos de temperatura y la humedad relativa del aire. El THI, también requiere de esos datos. El problema de su cálculo radica en que los datos de humedad relativa del aire son escasos, dispersos, puntuales, discontinuos y están poco disponibles en Tabasco y en México. Esta escasez de datos dificulta realizar estudios regionales que involucran a esta variable atmosférica. Existen abundantes reportes que relacionan al THI con las respuestas productivas y reproductivas de las diferentes razas y cruza de ganado bovino. Para el cálculo del THI se utilizaron 60,063 pares de datos horarios de temperatura y humedad relativa registrados en 13 estaciones meteorológicas automatizadas del estado de Tabasco y áreas vecinas del estado de Chiapas. Para calibrar el modelo que estime al THI, se realizó un análisis de regresión lineal simple entre valores observados de temperatura y THI en 12 de las estaciones selectas, y para calibrarlo se utilizó la estación restante. El modelo resultante mostró un coeficiente de determinación superior al 96 %, lo que indica que es confiable para estimar el THI en Tabasco a partir de solo datos de temperatura.

**Palabras clave:** *Confort térmico, Índices de confort, modelos de calibración y validación, Tabasco*



## INTRODUCCIÓN

La ganadería es el principal sistema de producción en el estado de Tabasco, por lo que es importante realizar trabajos que ayuden a comprender como las condiciones climáticas del trópico húmedo afectan el potencial genético del ganado. Normalmente en el estado de Tabasco se registran temperaturas y humedades relativas altas, y de acuerdo a Kadzere *et al.* (2002), estos parámetros afectan el potencial genético de los animales, ya que se ven afectados por el estrés por calor

El estrés calórico afecta el desempeño productivo y reproductivo del ganado bovino y en el trópico es muy común la presencia de síntomas de estrés.

Para evaluar el estrés calórico en ganado bovino como respuesta a las condiciones climáticas, se han propuesto varios índices que combinan variables atmosféricas del ambiente (Hahn *et al.* 2009; Silva *et al.* 2007; West, 2003; Ji *et al.* 2020; Herbut *et al.* 2018). La temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, son los parámetros que en conjunto afectan el bienestar animal (Arias *et al.* 2008; WingChing-Jones *et al.* 2008). Una característica de todos estos índices, es que requieren como mínimo datos de la temperatura y la humedad relativa del aire. El índice Higrotérmico (THI) - Índice temperatura-humedad (por sus siglas en inglés) – utilizado en el presente estudio, es de los más utilizados en el mundo y también requiere de esos datos. Existen varios modelos para calcular el THI (Berman *et al.* 2016; Dash *et al.* 2016; Genand *et al.* 2019; Bohmanova *et al.* 2007)). De todos ellos se seleccionó el reportado por Yousef, (1985). Como los datos de humedad relativa no están disponibles en la gran mayoría de las estaciones climatológicas del estado de Tabasco y de México y los pocos que existen son escasos, dispersos, puntuales, discontinuos; lo que dificulta poder calcular dicho índice y evaluar el estrés calórico al que se ve sometido el ganado bovino a lo largo del año. Sin embargo, se ha observado que el patrón horario, diario mensual y anual de la temperatura promedio del aire y los valores del THI muestran un comportamiento muy similar, que a simple vista indican pueda existir una alta correlación entre ambas variables (Brown-Brandl *et al.* 2005). Y que a partir de la temperatura se pueda estimar el THI. Así, el objetivo del presente trabajo fue estimar el THI con solo datos de temperatura; aprovechando la existencia de datos observados de temperatura y humedad relativa en 13 estaciones meteorológicas automatizadas (EMA'S), ubicadas en la planicie tabasqueña. A partir de esos datos observados se puede realizar un análisis de regresión entre la temperatura promedio y los valores del THI observado y encontrar un modelo que pueda estimar el THI con solo datos de temperatura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Datos climatológicos.** Para calcular el Índice Higrotérmico (THI), se utilizaron datos horarios de temperatura (T) y humedad relativa (HR) de trece estaciones meteorológicas automatizadas localizadas en la planicie tabasqueña que contenían en conjunto, 60,063 pares de datos de temperatura y humedad relativa. Los datos fueron proporcionados por la Dirección Local Tabasco, de la Comisión Nacional del Agua. En la Tabla 1 se muestra las coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas utilizadas y el número de datos de T y HR registrados en cada una de ellas.

**Análisis de datos.** Los datos recopilados se trabajaron en hojas de cálculo de Microsoft® Excel para obtener los valores promedio diarios de T y HR y con ellos calcular el THI para las 13 estaciones meteorológicas automatizadas disponibles.

**Tabla 1.** Coordenadas geográficas y número de pares de datos de temperatura y humedad relativa en cada una de las 13 estaciones meteorológicas automatizadas selectas del estado de Tabasco.

Estación Meteorológica Automatizada	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	No. Datos
Samaria	17° 58' 45"	93° 17' 30"	19	5624
González	17° 58' 30"	93° 00' 00"	10	7989
Porvenir	18° 02' 37"	92° 48' 53"	5	8658
Tapijulapa	17° 28' 00"	92° 49' 00"	22	6067



Puyacatengo	17° 34' 00"	92° 56' 15"	40	3838
Teapa	17° 34' 00"	92° 58' 00"	41	3772
Gaviotas	17° 58' 00"	92° 55' 00"	5	2008
Boca del Cerro	17° 26' 00"	91° 29' 00"	34	2856
Pichucalco	17° 36' 24"	93° 07' 12"	120	4861
Reforma	17° 52' 00"	93° 09' 00"	20	6708
Platanar	17° 34' 40"	93° 23' 15"	39	2510
Peñitas	17° 24' 30"	93° 27' 00"	45	3462
Salto de Agua	17° 34' 00"	92° 21' 00"	22	1710
<b>TOTAL</b>				<b>60,063</b>

**Cálculo del THI para cada localidad.** Para calcular los valores del THI se aplicó la ecuación reportada por Yousef, (1985) que requiere de datos de temperatura del aire ( $T$ ) y de temperatura de punto de rocío ( $T_d$ ) (Ecuación 1).

$$THI_o = T + (0.36 * T_d) + 41.2 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Dónde:  $THI_o$  = Índice Higrotérmico observado;  $T$  = Temperatura del aire ( $^{\circ}C$ );  $T_d$  = Temperatura de punto de rocío ( $^{\circ}C$ ).

**Cálculo de la temperatura de punto de rocío ( $T_d$ ).** La  $T_d$  se calculó a partir de datos de temperatura y humedad relativa, mediante la siguiente ecuación (2), que es una adecuación de la ecuación originalmente reportada por Bosen, (1958) en grados Fahrenheit ( $^{\circ}F$ ) para estimar la humedad relativa:

$$T_d = \sqrt[8]{\frac{HR}{100}} * [112 + (0.9 * T)] + (0.1 * T) - 112 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Dónde,  $HR$  es el valor de la humedad relativa (%) y  $T$  es la temperatura del aire ( $^{\circ}C$ ).

**Comportamiento temporal de la temperatura y el THI.** Dado que se ha reportado que el patrón estacional del THI es muy similar al de la temperatura (Brown-Brandl *et.al.* 2005); esto sugería que pudiese existir una alta correlación entre ambas variables. Para ello, a cada una de las estaciones selectas se le graficó el comportamiento temporal para verificar la similitud en los patrones y poder utilizar la temperatura para estimar al THI.

**Estimación del THI.** Para estimar el THI se realizó una regresión lineal simple entre los valores diarios observados de la temperatura y los del THI. Para calibrar el modelo se escogieron 12 de las 13 estaciones meteorológicas selectas y el modelo resultante se calibró con datos de la estación Samaria. De esta manera, se obtuvieron los modelos individuales que estiman al THI para cada una de las 12 estaciones selectas, y un modelo general para el conjunto de todos datos de dichas estaciones. A cada modelo se le estimó su coeficiente de determinación y el error típico correspondiente.

**Distribución espacial.** El diseño cartográfico se llevó a cabo mediante el software ArcGis 10.8, en donde se procesaron y analizaron los datos de temperatura del aire.

Los insumos utilizados fueron los siguientes:

- Mapa de isotermas medias anuales (García y CONABIO, 1998).
- Red hidrográfica (Maderey-Rascón y Torres-Ruata, 1990).

Proceso:

1. Se importaron los datos vectoriales al software ArcGis 10.8.
2. Se estableció un sistema de coordenadas de referencia para cada archivo .shp.



3. Mediante la herramienta Analysis se realizó un corte de las capas vectoriales, para el estado de Tabasco.
4. Se revisaron los atributos del mapa de isotermas para establecer una nueva columna con las categorías de estrés calórico.
5. Finalmente se agregó un mapa base de la zona de estudio.

Análisis de los datos:

El análisis de los datos, se basó en una selección por atributos para cada rango de temperatura y mediante la calculadora de mapas se establecieron las categorías de estrés calórico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Patrón temporal de la temperatura y el THI.** En las Figura 1, se muestra la distribución temporal de la temperatura y el THI para la estación climatológica de Porvenir, Tabasco, donde se aprecia que el patrón temporal de la temperatura y el THI son casi idénticos; Esto comprueba que entre ambas variables existe una alta correlación, lo que dio la confianza y seguridad para realizar la calibración y ajuste de los modelos para estimar el THI con solo datos de temperatura. Lo mismo ocurre con el resto de las estaciones selectas, donde se encontró el mismo comportamiento similar entre ambas variables.

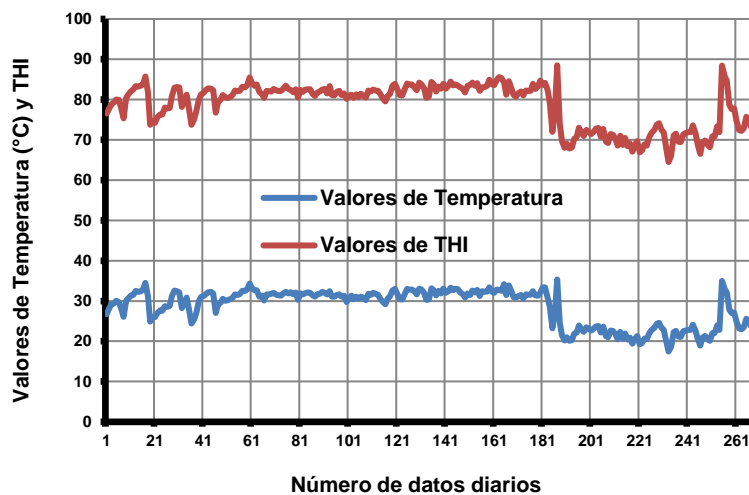


Figura 1. Comportamiento temporal de los valores promedio diarios de temperatura y de THI de la estación meteorológica automatizada de Porvenir, Tabasco.

Valores promedio diarios de temperatura y del THI de la estación meteorológica automatizada de Porvenir, Tabasco.

Para verificar que este patrón similar se repetía en cualquier otra localidad; se utilizaron datos horarios de temperatura y humedad relativa de la Estación Meteorológica del Campo Experimental de Colegio de Postgraduados – Campus Tabasco para el año de 1993. Y se graficaron los valores horarios y los promedios diarios mensuales de ambas variables. En la Figura 2, se muestra el resultado de los valores horarios.

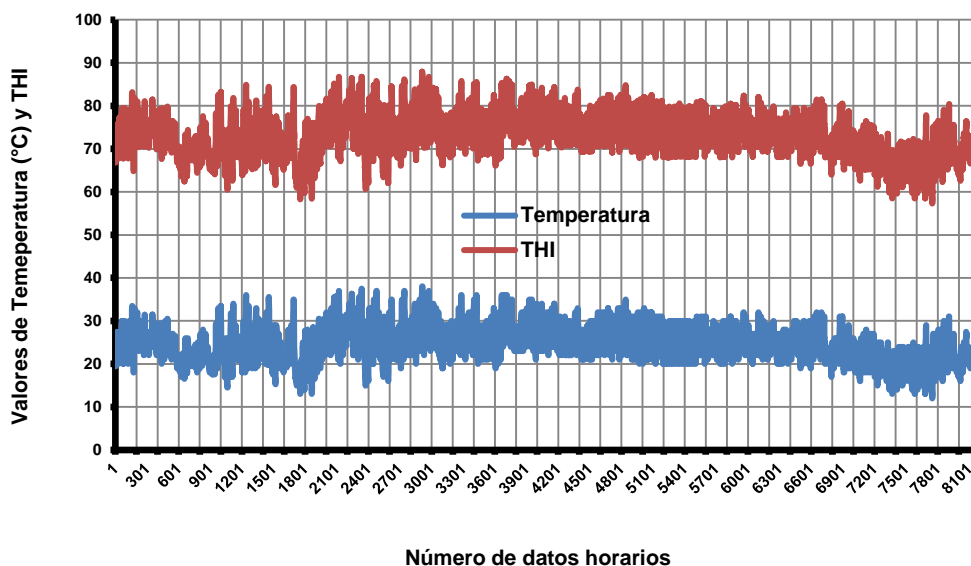


Figura 2. Comportamiento temporal de los valores horarios de temperatura y de THI de la estación meteorológica automatizada del Campo Experimental del Colegio de Postgraduados – Campus Tabasco, (año 1993).

En las Figuras 1 y 2 claramente se puede apreciar el alto grado de similitud entre ambas variables a diferentes escalas de tiempo. El mismo comportamiento se obtuvo para los promedios diarios mensuales. Esto vino a comprobar que, sin importar la escala del tiempo, ambas variables siguen el mismo patrón temporal.

**Estimación del THI a partir de solo datos de temperatura.** En el Cuadro 1, se muestran las ecuaciones de regresión del  $THI_e$  resultante para cada una de las 12 estaciones selectas, resultado de comparar los valores del THI observado ( $THI_o$ ) y la temperatura (T). Asimismo, se muestran, los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y error típico correspondiente.

Cuadro 1. Ecuaciones que estiman el Índice de Temperatura-Humedad ( $THI_e$ ) a partir de solo datos de temperatura y sus coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para doce estaciones meteorológicas automáticas (EMA'S), del estado de Tabasco y Chiapas.

Estación Meteorológica Automatizada (EMA)	Ecuación de Regresión	$R^2$	EEE*
González	$THI_e = 46.217 + (1.1151 * T)$	0.978	0.66
Puyacatengo	$THI_e = 46.390 + (1.1106 * T)$	0.979	0.62
Teapa	$THI_e = 47.507 + (1.0733 * T)$	0.982	0.60
Boca del Cerro	$THI_e = 46.828 + (1.1011 * T)$	0.975	0.55
Peñitas	$THI_e = 48.433 + (1.0542 * T)$	0.980	0.54





Platanar	THI <sub>e</sub> = 46.985 + (1.0967*T)	0.981	0.53
Reforma	THI <sub>e</sub> = 48.053 + (1.0574*T)	0.962	0.83
Tapijulapa	THI <sub>e</sub> = 47.761 + (1.0710*T)	0.977	0.70
Pichucalco	THI <sub>e</sub> = 45.826 + (1.1318*T)	0.976	0.70
Salto de Agua	THI <sub>e</sub> = 46.713 + (1.1016*T)	0.983	0.54
Porvenir	THI <sub>e</sub> = 41.215 + (1.2863*T)	0.971	1.50
Gaviotas	THI <sub>e</sub> = 47.031 + (1.1030*T)	0.974	0.59
<b>Todas las 12 estaciones</b>	<b>THI<sub>e</sub> = 46.006 + (1.1179*T)</b>	<b>0.964</b>	<b>0.95</b>

(\*) EEE = Error estándar de la estimación, o error típico.

Se puede observar en el Cuadro 1, que los valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fueron superiores a 0.96 en las 12 estaciones selectas y que el error típico, excepto en la estación de Porvenir, fue inferior a una unidad de THI, que se puede considerar insignificante, ya que las diferencias entre los modelos para calcular el THI es varias veces superior (Dash, *et al.*, 2016). Lo anterior indica que la temperatura por sí sola permite estimar el valor del THI con bastante confianza. Para proponer una sola ecuación que pueda estimar el THI para el estado de Tabasco, se realizó un análisis de regresión entre todos los datos de temperatura y los valores del THI observados. En el Cuadro 1, se puede apreciar que el modelo resultante de agrupar los datos de las 12 estaciones selectas tuvo un valor de  $R^2$  de 0.964. Que permite afirmar que dicho modelo puede estimar el THI con suficiente confianza, a partir de solo valores de la temperatura. El modelo aplicable solo al estado de Tabasco, es el que se muestra en la ecuación (3).

$$\text{THI}_e = 46.006 + (1.1179 * T)$$

(Ecuación 3)

**Comparación entre los valores estimados y observados de THI.** La ecuación (3) se utilizó para estimar el THI para las 12 estaciones meteorológica automatizadas (EMA'S) selectas para la calibración. Luego se realizó un análisis de regresión lineal simple entre los valores estimados y los observados de THI. Los modelos resultantes fueron siempre  $\text{THI}_o = \text{THI}_e$ ; con los coeficientes de determinación que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Coeficientes de determinación resultantes del análisis de regresión entre los valores del THI estimado ( $\text{THI}_e$ ) con la ecuación 3, y los valores observados del  $\text{THI}_o$  de cada una de las 12 estaciones selectas.

Estación Meteorológica Automatizada (EMA)	$R^2$
González	0.978
Puyacatengo	0.979
Teapa	0.982
Boca del Cerro	0.975
Peñitas	0.980
Platanar	0.981
Reforma	0.962
Tapijulapa	0.977
Pichucalco	0.976
Salto de Agua	0.983
Porvenir	0.971
Gaviotas	0.974



En el Cuadro 2, se puede apreciar que el modelo de la ecuación (3) estimó al THI a cada una de las estas 12 estaciones selectas, con valores del coeficiente de determinación superiores a 0.96.

**Validación del modelo.** Para validar el modelo de la ecuación (3) se estimó el THI de la estación Samaria (5,595 datos horarios) y los resultados se compararon con los valores observados del THI (5,595 pares de datos horarios) mediante un análisis de regresión cuyos resultados se muestran en la Figura 3. Donde, el coeficiente de determinación resultante ( $R^2$ ) fue de 0.9725; con un valor del error típico menor de una unidad de THI (0.83). Esto comprueba que el modelo de la ecuación (3) es confiable para estimar el THI con solo datos de temperatura.

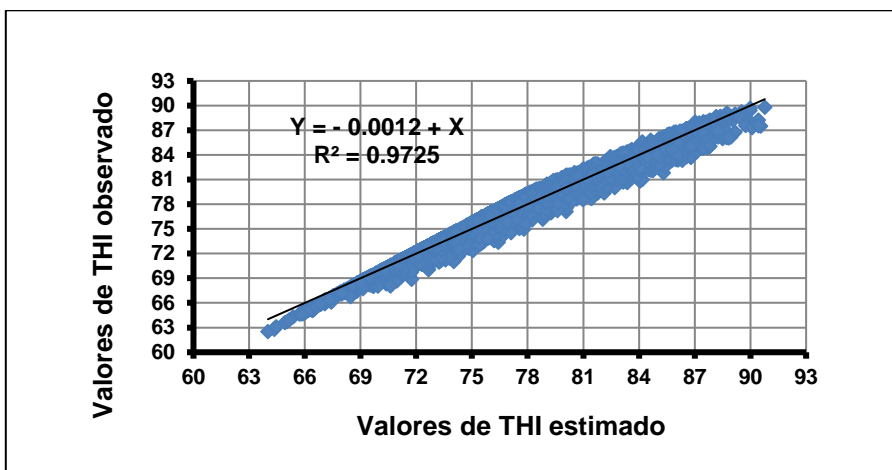


Figura 3. Relación entre los valores del THI estimado con la ecuación (3) y los valores de THI observado de la estación climatológica de Samaria.

El modelo resultante de la ecuación (3) también puede aplicarse para saber a qué temperatura le corresponde un determinado THI y compararlo con las categorías de estrés calórico que se muestran en el Cuadro 3, según lo reportan Yan *et al.* (2021).

**Aplicaciones adicionales.** Una aplicación posterior de la ecuación (3), es determinar los valores máximos y mínimos del THI a partir de datos de temperatura máxima y mínima en el día, y con ello estimar el número de horas en que el THI estuvo por encima de un cierto valor umbral. Y con ello estimar el grado de estrés calórico y su relación con parámetros fisiológicos, productivos y reproductivos del ganado bovino. Tal como lo reportan Espinoza *et al.* (2011); WingChing-Jones *et al.* (2008); y (Vélez y Uribe, 2010).

Cuadro 3. Rango de valores del THI y su correspondiente categoría de estrés calórico aplicable para ganado bovino. (Tomado de Yan *et al.*, 2021).

CATEGORIA DE ESTRÉS CALÓRICO	DE VALOR DEL THI
Sin estrés	< 68
Leve	≥ 68 y < 72
Moderado	≥ 72 y < 80
Severo	≥ 80 y < 90
Extremo	≥ 90 y < 99
Mortal	≥ 99



**Aplicaciones adicionales.** Una aplicación posterior de la ecuación (3), es determinar los valores máximos y mínimos del THI a partir de datos de temperatura máxima y mínima en el día, y con ello estimar el número de horas en que el THI estuvo por encima de un cierto valor umbral. Y con ello estimar el grado de estrés calórico y su relación con parámetros fisiológicos, productivos y reproductivos del ganado bovino. Tal como lo reportan Espinoza *et al.* (2011); WingChing-Jones *et al.* (2008); y (Vélez y Uribe, 2010).

El modelo resultante de la ecuación (3) también puede aplicarse para saber a qué temperatura le corresponde un determinado THI y compararlo con las categorías de estrés calórico que se muestran en el Cuadro 3, según lo reportan Yan *et al.* (2021).

Es importante señalar que la ecuación (3) es solo válida para el estado de Tabasco. Para otros estados y/o localidades, hay que calibrar y validar su modelo específico, con datos observados de temperatura y humedad relativa.

Despejando la temperatura del aire en la ecuación (3); da como resultado la ecuación (4) siguiente:

$$T = \left\lceil \frac{(THI - 46.006)}{1.1179} \right\rceil \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Es importante resaltar que esta ecuación (4) solo es válida para el estado de Tabasco.

Al asignarle un valor de THI a la ecuación (4) se obtiene la temperatura que corresponde para ese THI. De esta manera, se elaboró el siguiente Cuadro x, donde se muestra la temperatura del aire que le corresponde a un determinado valor del THI y su correspondiente categoría de estrés calórico según lo reportan (Yan *et al.*, 2021).

Cuadro 4. Valores del THI y su correspondiente temperatura del aire y categoría de estrés térmico.

Valor del THI	Temperatura del aire	Categoría de estrés calórico
67	18.8	SIN ESTRÉS
68	19.7	ESTRÉS LEVE
69	20.6	ESTRÉS LEVE
70	21.5	ESTRÉS LEVE
71	22.4	ESTRÉS LEVE
72	23.3	ESTRÉS MODERADO
73	24.1	ESTRÉS MODERADO
74	25.0	ESTRÉS MODERADO
75	25.9	ESTRÉS MODERADO
76	26.8	ESTRÉS MODERADO
77	27.7	ESTRÉS MODERADO
78	28.6	ESTRÉS MODERADO
79	29.5	ESTRÉS MODERADO
80	30.4	ESTRÉS SEVERO
81	31.3	ESTRÉS SEVERO
82	32.2	ESTRÉS SEVERO



83	33.1	ESTRÉS SEVERO
84	34.0	ESTRÉS SEVERO
85	34.9	ESTRÉS SEVERO
86	35.8	ESTRÉS SEVERO
87	36.7	ESTRÉS SEVERO
88	37.6	ESTRÉS SEVERO
89	38.5	ESTRÉS SEVERO
90	39.4	ESTRÉS EXTREMO
91	40.2	ESTRÉS EXTREMO
92	41.1	ESTRÉS EXTREMO
93	42.0	ESTRÉS EXTREMO
94	42.9	ESTRÉS EXTREMO
95	43.8	ESTRÉS EXTREMO
96	44.7	ESTRÉS EXTREMO
97	45.6	ESTRÉS EXTREMO
98	46.5	ESTRÉS EXTREMO
99	47.4	ESTRÉS MORTAL
100	48.3	ESTRÉS MORTAL

Como las correlaciones entre el THI y la temperatura del aire fueron altas, hay confianza en el uso del anterior cuadro, que indica que temperaturas iguales o mayores a 23.3° C el ganado bovino empieza a sufrir estrés por calor. Este cuadro permite alertar al productor ganadero de una manera muy económica; pues solo requiere tener un termómetro en las áreas donde se localiza el ganado; que le permitirá tomar las prevenciones o medidas de mitigación necesarias, al saber cuántas horas al día el ganado soportó temperaturas por encima de cierto umbral y la correspondiente categoría de estrés calórico. Cosa que se facilita con el siguiente Cuadro 5.

Cuadro 5. Categorías de estrés calórico y los umbrales de los valores de temperatura asociado.

CATEGORIA DE ESTRÉS CALÓRICO	VALOR DE LA TEMPERATURA (°C)
Sin estrés	< 19.7
Leve	≥ 19.7 y < 23.3
Moderado	≥ 23.3 y < 29.5
Severo	≥ 29.5 y < 38.5
Extremo	≥ 38.5 y < 46.5
Mortal	≥ 46.5

### Mapa de estrés calórico

A partir del THI, se validan los rangos de estrés calórico para el estado de Tabasco (Figura 4) cuyas categorías no presentan diferencias entre las correlaciones establecidas en el cuadro 4. Con lo anterior se establece que las zonas óptimas para la reproducción, desarrollo y establecimiento del ganado bovino están en la zona sur del estado: Región Sierra (Tacotalpa, Teapa, Macuspana), Región



Chontalpa (Huimanguillo) y Región Ríos (Tenosique) en donde las temperaturas oscilan entre  $\geq 19.7$  y  $< 23.3$  ° C.

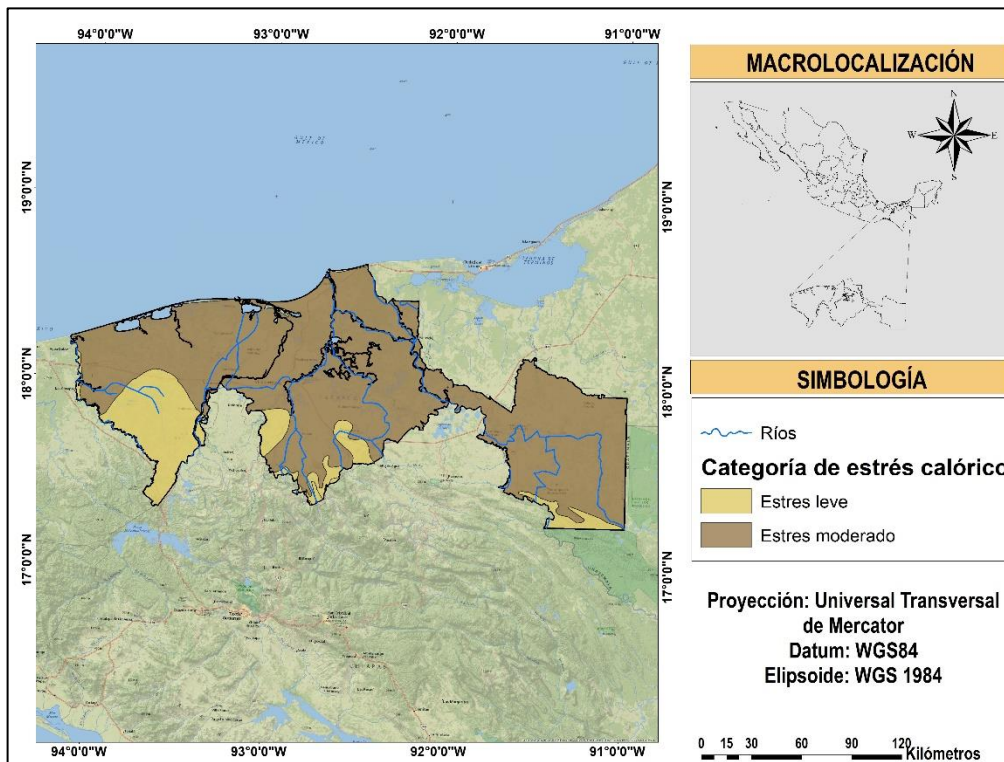


Figura 4. Mapa de estrés calórico para el estado de Tabasco.

## CONCLUSIONES

Que es posible y con alto grado de confianza, estimar el THI con solo datos de temperatura. Que el modelo  $THI = 46.006 + (1.1179 \cdot T)$  permite estimar el THI para el estado de Tabasco. Y que este a su vez, permite definir los límites de las categorías de estrés calórico para ganado bovino con solo conocer la temperatura promedio del aire. Finalmente, este modelo va a permitir realizar estudios regionales y/o estatales, pues existen datos de temperatura en 93 estaciones climatológicas existentes en Tabasco.

## LITERATURA CITADA

- Arias, R. A., T. L. Mader y P. C. Escobar. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche.
- Berman, A., Horovitz, T., Kaim, M., & Gacitua, H. (2016). A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. *International Journal of Biometeorology*, 60, 1453-1462.



- Bohmanova, J., Misztal, I., & Cole, J. B. (2007). Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of dairy science*, 90(4), 1947-1956.
- Bosen, J. F. (1958). An approximation formula to compute relative humidity from dry bulb and dew point temperatures. *Monthly Weather Rev.* 86(12):486.
- Brown-Brandl, T. M., Eigenberg, R. A., Nienaber, J. A., & Hahn, G. L. (2005). Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 1: Analyses of indicators. *Biosystems engineering*, 90(4), 451-462.
- Espinoza V. J., R. Ortega P., A. Palacios E. y A. Guillén T. (2011). Tolerancia al calor y humedad atmosférica de diferentes grupos raciales de ganado bovino.
- García, E. y CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (1998). Isotermas medias anuales a escala 1:1000 000.
- Genand, E., König, S., & Kipp, C. (2019). Influence of on-farm measurements for heat stress indicators on dairy cow productivity, female fertility, and health. *Journal of dairy science*, 102(7), 6660-6671.
- Hahn, G. L., Gaughan, J. B., Mader, T. L., & Eigenberg, R. A. (2009). Thermal indices and their applications for livestock environments. In *Livestock energetics and thermal environment management* (pp. 113-130). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Herbut, P., Angrecka, S., & Walczak, J. (2018). Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. *International journal of biometeorology*, 62, 2089-2097.
- Ji, B., Banhazi, T., Perano, K., Ghahramani, A., Bowtell, L., Wang, C., & Li, B. (2020). A review of measuring, assessing and mitigating heat stress in dairy cattle. *Biosystems Engineering*, 199, 4-26.
- Kadzere, C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove y E. Maltz. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77:59–91.
- LCI - Livestock Conservation, Inc. 1970. Patterns of transit losses. Livestock Conservation, Inc., Omaha, NE.
- Maderey-Rascón, L. E. y Torres-Ruata, C. (1990). Hidrografía, escala 1: 4000 000. En: Hidrografía e hidrometría. Tomo II, Sección IV, 6.1. Atlas Nacional de México (1990-1992).
- NOAA, (National Oceanic and Atmospheric Administration). (1976). Livestock hot weather stress. US Dept. Commerce, Natl. Weather Serv. Central Reg., Reg. Operations Manual Lett. C-31–76.
- NRC. 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Silva, R. G. D., Morais, D. A. E. F., & Guilhermino, M. M. (2007). Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 1192-1198.
- Vélez M., M. y L. F. Uribe V. (2010). ¿Cómo afecta el estrés calórico la reproducción? *Biosalud*, 9(2):83-95.
- West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86(6):2131-2144.
- WingChing-Jones R., R. Pérez y E. Salazar. (2008). Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado Jersey en el trópico húmedo: el caso del módulo lechero-SDA/UCR<sup>1</sup>. *Agronomía Costarricense*, 32:87-94.
- Yan, G., Liu, K., Hao, Z., Shi, Z., & Li, H. (2021). The effects of cow-related factors on rectal temperature, respiration rate, and temperature-humidity index thresholds for lactating cows exposed to heat stress. *Journal of Thermal Biology*, 100, 103041.
- Yousef, M. K. (1985). Thermal Environment. In Volume 1: Stress Physiology in Livestock. CRC Press Inc. Boca Raton, FL, USA. pp 9 – 14.





## CANTIDAD FÍSICA Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE CAOBA POSTERIOR A ENVEJECIMIENTO ACELERADO EN TRES GRADIENTES ALTITUDINALES

### PHYSICAL QUANTITY AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF MAHOGANY SEEDS AFTER ACCELERATED AGING IN THREE ALTITUDINAL GRADIENTS

<sup>1</sup>Puc-Kauil R., <sup>1</sup>Millán-Cárcamo YN., <sup>1</sup>Paredes-Díaz E., <sup>2</sup>Mendoza-Hernández NB., <sup>3</sup>Alberto Santillán Fernández, <sup>4</sup>Muñoz-Gutiérrez L. y <sup>5</sup>Sol-Sánchez Á.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Av. Tecnológico, Col. El Huasteco, Cd. Lázaro Cárdenas, Puebla, C.P. 73049

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado en Ciencias Forestales, km. 36.5, Carr. México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, México, CP. 56230

<sup>3</sup>Catedrático-Conacyt, Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Champotón 24450, Campeche, México

<sup>4</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (Cenid-Comef), INIFAP. Av. Progreso No. 5. Colonia Barrio de Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, CP. 04010. Ciudad de México, México

<sup>5</sup>Colegio de Postgraduados. Campus Tabasco. Área de agricultura, Km 3.5 carretera Cárdenas Huimanguillo, Tabasco

Autor para correspondencia: [ramiro.selvastropicales@gmail.com](mailto:ramiro.selvastropicales@gmail.com)

#### RESUMEN

La disminución de las poblaciones naturales de caoba, la fragmentación de su hábitat, y el cambio climático pueden afectar la calidad de sus frutos y semillas. Con el objetivo de obtener germoplasma de calidad adaptada a las condiciones ambientales locales para definir estrategias de propagación y conservación, se procedió a coleccionar frutos de caoba (*Swietenia macrophylla*) en tres gradientes altitudinales (G1: 0-100, G2: 100-300, G3: 300-600 msnm) abarcando los municipios de Tamiahua, Tuxpan (G1), y Coatzintla en Veracruz, y Venustiano Carranza (G2) y Zihuateutla, Puebla (G3). Se analizaron los patrones reproductivos de los frutos, y el potencial de emergencia de las semillas posterior a una prueba de envejecimiento acelerado. En cada gradiente altitudinal 1) se contabilizó la proporción de semillas desarrolladas (SD) y no desarrolladas (SnoD), 2) porcentaje de emergencia de estas semillas, así como 3) la germinación de semillas post-envejecimiento acelerado sometido a 45° C y 90% de humedad relativa (HR) y, a 45°C y 10% HR. A los datos se les aplicó un análisis de varianza paramétrico y una comparación de medias con el método de Bonferroni ( $\alpha = 0.05$ ). El número de SD y SnoD fue similar entre los gradientes. Las SD osciló entre 70-80, y entre 20 a 25 las SnoD. Hubo mayor emergencia de semillas en el G1 y G3 (~ 40%). Aquellas semillas sometidas con la primera prueba de envejecimiento resultaron con mayor porcentaje de germinación, siendo el G1 y G2 estadísticamente diferentes al G3. Los municipios localizados  $\leq 100$  msnm y  $> 300$  msnm producen frutos con semillas de caoba con las mejores características productivas, y en capacidad germinativa. No obstante, los hallazgos demuestran que las semillas de caoba, además de requerir alta humedad para germinar, pueden verse afectados por el aumento continuo de la temperatura.

**Palabras clave:** *Swietenia macrophylla*, deterioro, Puebla, cambio climático, temperatura seca.

#### INTRODUCCIÓN

La familia Meliaceae está representada por 51 géneros y aproximadamente 575 especies distribuidas ampliamente en las regiones tropicales y subtropicales; en bosques lluviosos, semidecíduos y decíduos, y con menor presencia en zonas templadas (Gentry 1996; Grau 200; Pennington & Edwards 2001). Entre las especies de la familia Meliaceae, *Swietenia macrophylla*, comúnmente conocida como caoba, es una de las especies más conocidas y apreciadas por la calidad de su madera (Pennington y Sarukhán, 2005). En México, la caoba se distribuye desde el norte de Puebla, Veracruz, Chiapas, y la Península de Yucatán (Pennington y Sarukhán, 2005).

A pesar de la amplia distribución de *Swietenia macrophylla*, se encuentra en la lista del apéndice II de la CITES desde el año 2022, el cual, se debe a la disminución drástica de su población debido el cambio



de uso de suelo, la fragmentación de su hábitat y aprovechamiento irracional (Krisnawati, Kallio y Kanninen, 2011). Aunado también al cambio climático, las poblaciones naturales de caoba pueden verse afectadas la calidad de sus frutos y vigor fisiológico de sus semillas. Al respecto, varios estudios se centran en estudiar y entender el comportamiento de las semillas de caoba con la finalidad de obtener germoplasma de calidad para proponer programas de mejoramiento genético y conservación y aprovechamiento sustentable de la especie (de la Cruz y Hernández, 2004; Snook *et al.*, 2005; Rocas y García, 2006).

En el estado de Campeche, Rocas y García (2006) evaluaron la cantidad y calidad biológica de semillas de caoba de 20 familias procedentes de una plantación. Los autores observaron que los árboles produjeron de 10 a 71 semillas desarrolladas por fruto, cuyo porcentaje de germinación fue de 54 a 89%. En otro estudio realizado en la misma entidad por de la Cruz y Hernández (2004), encontraron la cantidad promedio de 61 semillas viables por fruto. En mismo sentido, Galván *et al.* (2012) observaron una baja tasa de germinación (2 -16 %) de semillas de tres procedencias en el estado de Tabasco, por lo que se requiere un manejo adecuado de la especie a partir de dichas poblaciones. Mientras que, en otros sitios (procedencias) dentro de la misma entidad, Sol-Sánchez *et al.* (2016) lograron obtener una germinación de más del 63%, por lo que son poblaciones ideales para su propagación y conservación local. Snook *et al.* (2005) señalan que la producción de semillas, tanto desarrolladas como no-desarrolladas, y la capacidad de germinación no son constantes a nivel de especie, ya que el componente genético y vigor, influenciadas por factores ambientales, la calidad del sitio y por la presencia de plagas y enfermedades, influyen fuertemente en las características y variaciones en cada individuo.

Algunos autores argumentan que, además de la germinación, el componente vigor es necesario evaluarla para determinar la calidad fisiológica de la semilla (Corbineau, 2012; Muñoz-Gutiérrez *et al.*, 2022). Porque, el vigor influye en la viabilidad de la semilla, velocidad de germinación, el crecimiento y en la capacidad de almacenamiento de varios lotes de semilla (Corbineau, 2012; Fontana *et al.*, 2016). Ante esto, Marcos-Filho (2015) y Fontana *et al.* (2016) , recomiendan realizar la prueba de envejecimiento acelerado (EA) para evaluar el vigor de las semillas, ya que, al exponer las cubiertas externas a condiciones de alta temperatura y humedad relativa, las semillas de baja calidad (i.e. % de humedad) tienden a deteriorarse y morir mucho más pronto que aquellas más vigorosas. Por lo tanto, la prueba de EA permite evaluar los elementos de la calidad de la semilla, y contribuye a mejorar las estrategias de almacenamiento de las mismas. No obstante, el EA es ampliamente aplicado en semillas de especies arbustivas anuales, principalmente. En México, los trabajos realizados para especies arbóreas son escasos. Se cita el análisis realizado por Muñoz-Gutiérrez *et al.* (2022) con *Prosopis laevigata* y el de Domínguez (2021) con *Swietenia macrophylla*. En ambos estudios se determinó que, bajo diferentes soluciones salinas y diferentes tiempos de deterioro a 41°C, hubo una disminución del vigor a mayor tiempo de envejecimiento, por lo tanto, la capacidad de germinación también disminuyó considerablemente. Por lo todo lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la cantidad y calidad fisiológica de semillas de *Swietenia macrophylla* después del deterioro por envejecimiento acelerado en tres gradientes altitudinales, para fines de abastecimiento de semilla y conservación *in situ* de la especie en el norte de Veracruz y Puebla.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Los frutos de caoba se colectaron en 16 localidades de cinco municipios; Tamiahua, Tuxpan, y Coatzintla en Veracruz, y Venustiano Carranza y Zihuateutla, Puebla (Figura 1). Las localidades se clasificaron en tres gradientes altitudinales: 0-100 msnm, 100-300 msnm, y 300-600 msnm.

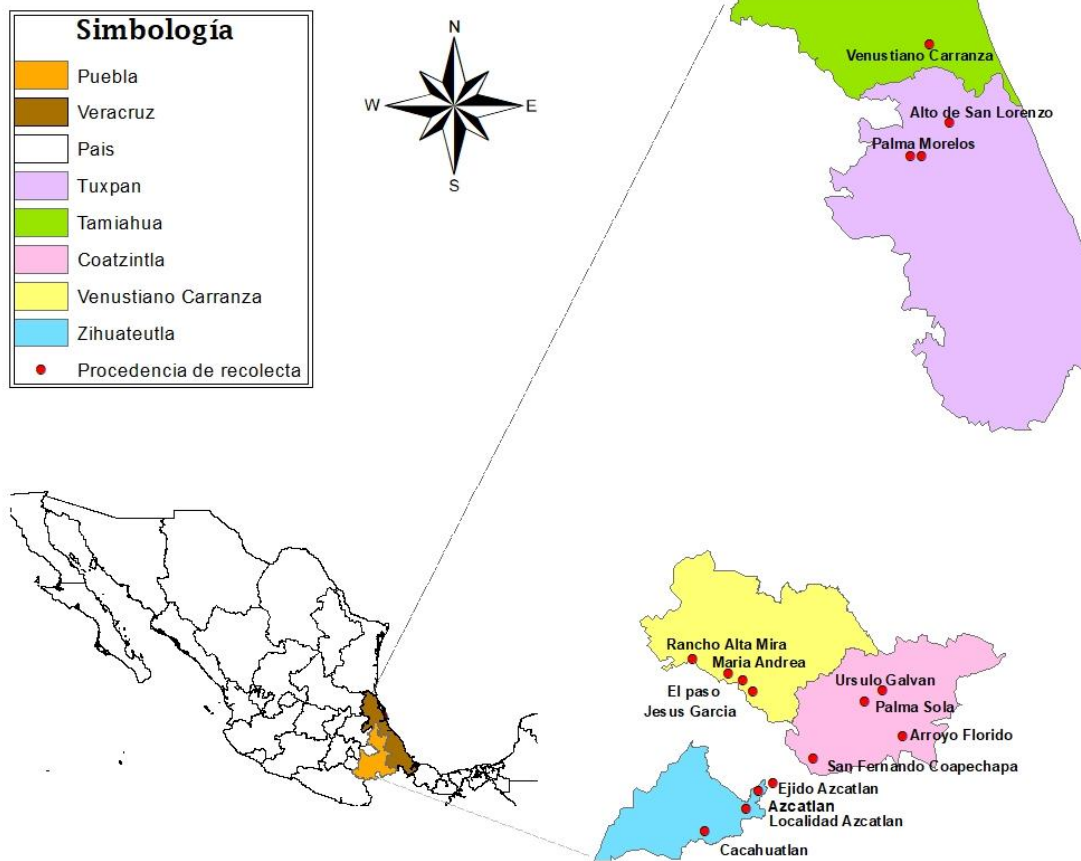


Figura 1- Ubicación de la cosecha de frutos de *Swietenia macrophylla*.

### Clima, suelo y tipo de vegetación

A través de los tres gradientes altitudinales, se presenta un clima cálido subhúmedo a semicálido húmedo, con una temperatura promedio de 18 a 26 °C, y una precipitación media anual entre 1 241 a 2 000 mm. Los suelos con mayor predominancia son del tipo Regosol (18-60 %), Cambisol (18-25%), Phaeozem (14-55 %) y Leptsol (10-13 %). En los municipios prevalece la selva mediana perennifolia y subperennifolia, y en las partes más altas se pueden encontrar fragmentos de selva alta perennifolia, rodales de encino y bosque mesófilo de montaña.

### Recolecta de frutos

Los frutos se recolectaron en el mes de enero y febrero del 2023. En cada gradiente altitudinal se colectaron frutos en 16 árboles con el apoyo de personal capacitado en arborismo. En cada colecta se utilizó equipo de seguridad compuesta por silla de trabajo, bandola, cuerdas de 11 milímetros de grosor con una longitud de 50 metros, salva ramas de acero y tijera telescópica marca Truper® para alcanzar algunos frutos. En los sitios donde la topografía lo permitió, se colectaron frutos lanzando hondilla de 2 onzas.

Los árboles muestreados cumplen con las características fenotípicas más sobresalientes: rectitud del fuste limpio ( $\geq 3$  m), copa de mayor tamaño, presencia abundante de frutos y ausencia de plagas y enfermedades. En cada árbol se recolectaron al menos 5 frutos respetando los cuatro puntos cardinales (Norte, Sur, Este, Oeste). Los frutos se etiquetaron y se depositaron en cajas de madera o bolsas de yute para transportarlos al vivero forestal de Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza (ITSCV).



Para evitar algún tipo de hongo a causa de la humedad y al mismo tiempo favorecer en la dehiscencia de las capsulas, los frutos expusieron al sol bajo una malla sombra al 50%. Sobre una base metálica, cada fruto fue colocado una distancia de 5 cm entra ellas para no perder la identidad y permitir la ventilación de los individuos. Los frutos fueron monitoreados diariamente. Se observó que el 90 % de los frutos abrieron sus valvas en un periodo de 6 días después de la colecta, el resto a los 8 días. Una vez abierta cada capsula se retiraron las semillas cuidadosamente y se guardaron en bolsas de papel kraf.

### Cantidad biológica de semillas

Cada fruto fue contabilizado sus semillas desarrolladas y no-desarrolladas (Figura 2). Las semillas desarrolladas son todas aquellas que cuentan con los tejidos esenciales para la germinación, y las no desarrolladas son vanas, planas ya que carecen de embrión y endospermo (Rocas y García, 2006; Calixto *et al.*, 2022). El número de semillas desarrolladas y no-desarrolladas fueron expresadas en porcentaje.



Figura 2. Semillas desarrolladas (a) y semillas no-desarrolladas (b) de *Swietenia macrophylla*

### Emergencia de semillas

Las semillas desarrolladas fueron evaluadas su capacidad fisiológica a través de un ensayo de proporción de emergencia en el vivero forestal del ITSVC. La temperatura ambiente en el vivero osciló entre 28 y 32 °C, y una humedad relativa de 67 a 80 %. Los datos de las variables ambientales fueron tomados con medidor de suelo digital electrónico multi-funcional (Generic soil tester®). El ensayo se estableció en el mes de abril del 2023. Para ello, se tomó una muestra aleatoria de 200 semillas por gradiente altitudinal, siendo un total de 600 semillas. El ala de las semillas fue desprendida y, posteriormente, las semillas fueron sometidas por 72 h a imbibición. Una vez que se cumplieron las 72 h, se sembraron las semillas bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Previamente, las semillas fueron desinfectadas sumergiéndolas en una solución de Captan® al 1% (1 g L<sup>-1</sup>) por 10 minutos.

Previo a la siembra, se preparó una mezcla de sustrato de 70% de materia orgánica y 30% de agrolita. La materia orgánica fue desinfectada en el horno Scorpion scientific® A52035 a una temperatura de 150 °C durante 2 h. Adicionalmente, a la mezcla de sustrato se le aplicó solución de Captan® al 1% (1 g L<sup>-1</sup>). La mezcla de sustrato fue depositada en cajas de plástico de 50 cm de largo, 33 cm ancho de y 27 cm de profundidad y, cubiertas de nylon color blanco. Posteriormente, se realizó la siembra de las 200 semillas por caja de germinación; a una profundidad ~ 2.5 y de forma vertical para que la radícula





y el hipocótilo puedan crecer sin impedimento (**Figura 3**) (Rocas y García, 2006). El pH del suelo (sustrato), medido con el medidor de suelo digital electrónico multi-funcional, fue de 6.5 a 8.0, respectivamente. La temperatura del suelo (sustrato) osciló entre 28 y 32 °C. Se realizaron riegos constantes para mantener la humedad del suelo. La humedad fue monitoreada con la ayuda del medidor de suelo digital electrónico multi-funcional. Asimismo, al ensayo se le aplicó solución de Captan (1%, 1 g L<sup>-1</sup>) cada ocho días para evitar la aparición de hongos.

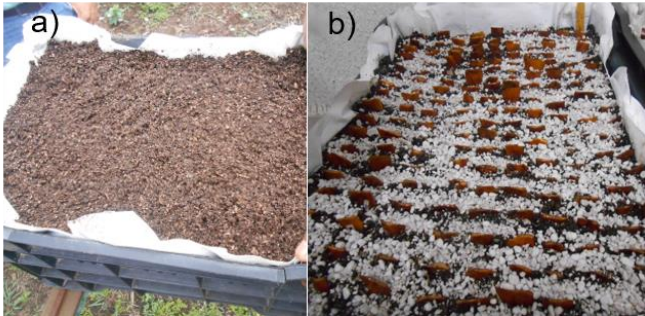


Figura 4. Mezcla de sustrato en caja germinadora (a), y semillas de caoba sembradas (b).

#### **Análisis de datos**

La emergencia se evaluó con base a la metodología de Carvalho *et al.* (2020) y Calixto *et al.* (2022), por lo que se consideró plántula emergida cuando sobre la superficie del sustrato apareció el hipocótilo. A partir de la primera semilla emergida, se realizaron conteos diarios hasta los 91 días, tiempo máximo que alcanzan las semillas de caoba para germinar (Sampayo-Maldonado *et al.*, 2021). Los datos cumplieron con el supuesto de la distribución normal y homogeneidad de varianzas. Razón por la cual, se les aplicó un análisis de varianza paramétrico y una comparación de medias con el método de Bonferroni ( $\alpha = 0.05$ ). Los datos se analizaron con el software estadístico R Core Team. (2023).

#### **Prueba de envejecimiento acelerado (EA)**

Para esta prueba se usaron 100 semillas por gradiente altitudinal. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con diez repeticiones por cada gradiente (bloques). El ala de cada semilla fue retirada, y se etiquetó con los siguientes datos: número de gradiente y número de semilla. Se depositaron en vasos de precitado de 1000 mm para ser desinfectadas con solución de Captan® al 1% (1 g L<sup>-1</sup>) por 5 minutos. Posteriormente, las semillas se colocaron sobre toallas de papel absorbente por 10 minutos. En la abertura de los recipientes de plástico, tipo lonchera, se colocaron telas de mallas metálica con las medidas adecuadas de los recipientes. A los recipientes se le agregaron ~ 200 ml de agua destilada. Sobre las mallas se colocaron ~ 25 semillas de caoba. Se etiquetó cada recipiente para llevar su control. Los recipientes fueron introducidas a una cámara bioclimática CBRF-13 por 24 h; programada a 45°C de temperatura y 10% de humedad. A este ensayo se le conoce como prueba de envejecimiento con calor seco (Fontana *et al.*, 2016). Este mismo procedimiento se realizó para un segundo lote de semillas, pero con 45°C de temperatura y 90% de humedad, conocido como prueba de envejecimiento con calor húmedo (Fontana *et al.*, 2016).

Una vez cumplido las 24 h de envejecimiento, las semillas fueron sembradas al azar en charolas germinadoras de 40 cm de ancho, 80 cm largo y 10 cm de alto. Se utilizaron seis charolas. El sustrato utilizado fue materia orgánica; previamente se esterilizó en un horno de secado A52035 a 120°C por 2 h. el sustrato fue humedecida con agua purificada. Seguidamente, las charolas se introdujeron en la cámara bioclimática a 30° C y humedad relativa de 45 %, y un fotoperiodo de 12 h luz por 12 horas de oscuridad (Sol-Sánchez *et al.*, 2016; Sampayo-Maldonado *et al.*, 2021). A partir de la primera germinación, ~ de 8 días, las semillas fueron monitoreadas hasta su estabilización (fin de la germinación) de 3 meses aproximadamente (Sampayo-Maldonado *et al.*, 2021). Los datos se con un análisis de varianza y compara de medias con el software estadístico R Core Team. (2023).



## RESULTADOS Y DISCUSIONES

El número de semillas desarrolladas y no-desarrolladas fue similar ( $p = \leq 0.05$ ) entre los tres gradientes (G1, G2, y G3). En particular, se contabilizaron en promedio por fruto de 44 a 53 semillas desarrolladas y entre 16-18 semillas no desarrolladas. Proporcionalmente, el G1 y G3 registraron más semillas desarrolladas. De modo que, el mayor porcentaje de germinación se concentró (~ 40 %) en el G1 y G3, respectivamente.

Las semillas contabilizadas y el porcentaje de emergencia obtenido en el presente estudio, fueron ligeramente menores con relación al reportado en algunas plantaciones y sitios naturales del estado de Tabasco, por Rocas y García (2006), de la Cruz y Hernández (2004), y Sol-Sánchez *et al.* (2016). Los autores registraron entre 61 a 71 semillas desarrolladas o viables por fruto, y con un éxito de emergencia hasta un 89%. En contraste, en la misma entidad federativa, pero en otros sitios diferentes a los estudios anteriores, Galván *et al.* (2012) reportaron una tasa de emergencia muy baja (2-16%) respecto al 40% obtenido en el presente estudio. De acuerdo a estudios previos, la variación en la producción de semillas viables y de la proporción de germinación de la caoba están condicionadas por la edad reproductiva de los árboles, el diámetro, tamaño de copa, y en particular, la calidad del sitio y factores ambientales. Por ello, diversos autores recomiendan realizar estudios a largo plazo de la fenología reproductiva de los árboles de caoba, evaluar los factores ambientales y dasométricos de los individuos con el fin de correlacionar dichas variables con el componente vigor de las semillas (Navarro, 1999; Snook *et al.*, 2005; Galván *et al.*, 2012). Lo cual, da lugar a mejorar los programas de mejoramiento genético y de conservación de la especie.

A partir de la prueba de envejecimiento acelerado con calor húmedo (45 °C y 90% humedad relativa), se observó mayor porcentaje de germinación; el G1 y G2 fueron estadísticamente diferentes al G3 ( $p \leq 0.05$ ). Por lo que, en el G3 se observó mayor porcentaje de semillas germinadas (12.33 %). En el presente trabajo no se probaron otros ensayos con mayores tiempos de envejecimiento, por lo que su comparación se limita a lo realizado en 24 h. Al considerar, este tiempo y bajo el mismo tratamiento, se observó que la germinación obtenida por Domínguez (2021) fue de 14 %, el cual fue similar al obtenido en este estudio. También, Domínguez (2021) observaron que, a mayor tiempo de exposición a estrés, hay mayor deterioro de las semillas, y menor porcentaje de germinación. No obstante, en el presente estudio, también se registraron valores bajos de porcentaje de germinación (2-6 %) a 24 h de exposición de las semillas. Estos hallazgos indican que las temperaturas a 45° C con calor seco tienen fuertes implicaciones en la calidad de vigor fisiológico de las semillas de caoba. Sin embargo, se sugiere realizar más ensayos con diferentes lotes de semillas para entender mejor la respuesta *Swietenia macrophylla* a la variabilidad climática.

## CONCLUSIONES

Los municipios localizados  $\leq 100$  msnm y  $> 300$  msnm producen frutos con semillas de caoba con las mejores características productivas, y en capacidad germinativa. Los hallazgos demuestran que las semillas de caoba, además de requerir alta humedad para germinar, pueden verse afectados por el aumento continuo de la temperatura.

## LITERATURA CITADA

- Calixto, C. G. V., Cetina, V. M. A., Ramírez, C. H., López, M. Á. L., Ángeles, G. P., Equihua, A. M., Basave, E. V. 2022. Características morfométricas, reproductivas y germinativas del germoplasma de *Swietenia humilis* Zucc. en Guerrero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 13 (72), 148-172.
- Carvalho, C. a. D., Silva, J. B. D., Alves, C. Z., Hall, C. F., Cotrim, M. F., Teixeira, A. V. 2020. Effect of temperature and light on seed germination and seedling growth of *Swietenia macrophylla* King. Revista Caatinga 33, 728-734.
- Corbineau, F. 2012. Markers of seed quality: from present to future. Seed science research 22 (1), 61-68.





- De La Cruz, N. L., Hernández, L. D. C. M. 2004. Variación en frutos de *Swietenia macrophylla* King y determinación de su potencial y eficiencia de producción de semillas en el Estado de Campeche, México. *Foresta Veracruzana*, 6 (1), 1-5.
- Domínguez, L. A. 2021. Efecto del almacenamiento sobre la calidad física y fisiológica de semillas de *Swietenia macrophylla* King. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 93 p.
- Fontana, A., Pérez, V., Luna, C. V. 2016. Pruebas de envejecimiento acelerado para determinar vigor de semillas de *Prosopis alba* de tres procedencias geográficas. *Fave. Sección ciencias agrarias* 15 (1), 1-13.
- Galván, R. A., Del Carmen Mendizábal-Hernández, L., Alba-Landa, J., Chávez, Á. A., De La Cruz Landero, N. 2012. Variación de semillas y germinación de *Swietenia macrophylla* King de tres procedencias del estado de tabasco, México. *Foresta Veracruzana*, 14 (1), 35-42.
- Marcos-Filho, J. 2015. Seed physiology of cultivated plants. Abrates, Piracicaba, Brasil. 660 p.
- Muñoz-Gutiérrez, L., Ríos-Saucedo, J. C., García-García, D. A., Hernández-Pérez, C. A. 2022. Efecto del almacenamiento sobre la calidad fisiológica de semillas de *Prosopis laevigata* (H. & B.) Johnst. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 9 (2), e3165.
- Navarro, C. 1999. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla*) en Mesoamérica. *Silvicultura-Genética*. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica, 25 p.
- Pennington, T. D., Sarukhán, J. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Fondo de Cultura Económica, Distrito Federal, México. 511 p.
- R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rocas, A. N., García, E. O. R. 2006. Evaluación de la cantidad y calidad biológica de semillas de caoba [*Swietenia macrophylla* King-Meliaceae] procedentes de una plantación en el Estado de Campeche, México. *Foresta Veracruzana*, 8 (1), 23-30.
- Sampayo-Maldonado, S., Ordoñez-Salanueva, C. A., Mattana, E., Way, M., Castillo-Lorenzo, E., Dávila-Aranda, P. D., Lira-Saade, R., Téllez-Valdés, O., Rodríguez-Arevalo, N. I., Ulián, T. 2021. Thermal niche for seed germination and species distribution modelling of *Swietenia macrophylla* king (mahogany) under climate change scenarios. *Plants* 10 (11), 2377.
- Snook, L. K., Cámara-Cabrales, L., Kelty, M. J. 2005. Six years of fruit production by mahogany trees (*Swietenia macrophylla* King): patterns of variation and implications for sustainability. *Forest Ecology and Management* 206 (1-3), 221-235.
- Sol-Sánchez, Á., Megía-Vera, H. J., Pérez-Flores, J., López-Upton, J. 2016. Relación dimensión-germinación de semilla de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7 (14), 2783-2791.



# Plantaciones forestales



## OBTENCIÓN DE VARIEDADES MEJORADAS DE COCOTERO DE POLINIZACIÓN LIBRE

### OBTAINING IMPROVED OPEN-POLLINATED COCONUT VARIETIES

<sup>1</sup>Silverio-Gómez MC; <sup>2</sup>Castillo-González RA; <sup>3</sup>Ortiz-García CF; <sup>1</sup>Ramos-Hernández E

<sup>1</sup>INIFAP - Campo Experimental Huimanguillo (CEHUI). Km. 1 Carretera Huimanguillo – Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400.

<sup>2</sup>Investigador retirado del INIFAP – CEHUI. <sup>3</sup>COLPOS – Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina Km. 3,5 Carretera Cárdenas – Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86500.

Autor para correspondencia: [silverio.maria@inifap.gob.mx](mailto:silverio.maria@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

El desarrollo y obtención de variedades mejoradas de cocotero de polinización libre, con resistencia al amarillamiento letal y alta productividad es un objetivo importante en la investigación del cocotero. Para lograr este objetivo, se deben seleccionar genotipos promisorios que presenten resistencia al amarillamiento letal y una alta productividad.

El objetivo de esta investigación es el desarrollo de una metodología de mejoramiento genético para obtener variedades mejoradas de cocotero de polinización libre a partir de progenies F<sub>2</sub> del híbrido Matag (Enano Rojo Malayo x Alto Tagnanan), así como de las progenies F<sub>2</sub> del híbrido PB3317 (Alto Vanuatu x Alto Tagnanan), que presenten características de resistencia al amarillamiento letal y alta productividad. Las variedades de polinización libre mantienen la variabilidad genética y la combinación de características deseables como el rendimiento y la resistencia al amarillamiento letal, además de que son de fácil diseminación por su reproducción sexual lo que permitirá una rápida adopción por los productores y el incremento en la superficie de siembra será mayor.

La metodología de mejoramiento genético aplicada en este trabajo para el desarrollo de variedades mejoradas es una combinación de metodologías reportadas para plantas autógamas, por lo que en este caso, se asume que el cocotero es una planta de autopolinización. La investigación se realiza en el ejido Ojoshal del municipio de Cárdenas, Tabasco, donde se obtienen y evalúan las progenies F<sub>2</sub> de dos híbridos de cocotero y su posterior descendencia para después hacer una progresión generacional, es decir, en cada generación, se seleccionarán las plantas superiores y se descartan aquellas que no cumplen con los criterios de selección.

Los resultados del estudio indican que, al aplicar el índice de selección, se identificaron un número limitado de progenies F<sub>2</sub> con características deseables para continuar con la selección individual en la siguiente generación F<sub>3</sub>. En el caso del híbrido Matag, se identificaron siete progenies F<sub>2</sub>, lo que representa el 8.75% del total de progenies evaluadas. Mientras tanto, en el híbrido PB3317, se identificaron 11 progenies F<sub>2</sub>, lo que representa el 12.64% de las plantas evaluadas. Estos resultados resaltan que solo un pequeño porcentaje de las progenies F<sub>2</sub> evaluadas cumplen con los criterios de selección establecidos en el índice de selección.

**Palabras clave:** *Mejoramiento genético, cocotero, polinización libre, híbrido.*

#### INTRODUCCIÓN

En México la superficie sembrada con cocotero (*Cocos nucifera* L.) se disminuyó drásticamente a partir de 1990, principalmente, por la devastación que provocó el amarillamiento letal (AL). Esta enfermedad es causada por el Fitoplasma 16SrIV-A (Harrison *et al.*, 2008), el cual, se disemina por el insecto *Haplaxus (Myndus) crudus* Van Duzee (Homoptera: Cixiidae) (Howard, 1983). En Tabasco, el primer reporte del AL fue en 1995 (Góngora *et al.*, 2004), después de casi tres décadas, las pérdidas de plantas fueron severas. Así en 2005, Castillo y Oropeza estimaron una reducción del 25% en la superficie de cultivo del cocotero en México con grandes pérdidas económicas.



Los logros de investigadores en el mejoramiento genético para la obtención de híbridos enano x alto, destacan por su resistencia al AL, rendimientos de tres a cuatro veces mayores que los cultivares alto del Atlántico y alto del Pacífico (Carrillo R. *et al.*, 2000). No obstante, estos logros no han impactado en el aumento de la superficie de cocotero en los últimos 15 años. Así, en Tabasco con solo 12,618 ha en producción (Tabasco, Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024), se requieren 18 años o más para repoblar las 27,701 ha que tuvo hace dos décadas (Domínguez *et al.*, 1999), considerando la siembra de 1,500 ha cada año. Sin embargo, algunas limitantes para repoblar esta superficie estatal son: la poca disponibilidad de planta híbrida, el elevado costo de las semillas híbridas, el tiempo a largo plazo que se requiere para establecer un campo de producción de semillas híbridas de cocotero y el cumplimiento de la normatividad establecida en la Ley Federal de Producción de Semillas (NOM-067-FITO-1999).

En México, la reducida base genética del cocotero introducido se puede utilizar para mejorar la composición genética de los cultivares existentes y como base poblacional para el desarrollo y obtención de híbridos/variedades superiores (Oropeza C, 2015). Los programas de mejoramiento genético deben continuar para el desarrollo de nuevas variedades de polinización libre con lo cual la producción de semilla para la plantación de cocotero será más rápida.

Con respecto a los esquemas convencionales de mejoramiento genético del cocotero, Batugal y Bourdieu (2005), mencionan que se han aplicado métodos de selección masal, pruebas de progenies; hibridación no convencional mediante cruces simples, híbridos complejos entre tres variedades y desarrollo de variedades sintéticas. De acuerdo a estos autores, la selección masal se puede realizar mediante polinización abierta, autopolinización o entrecruzamiento. Donde la selección masal mediante polinización abierta ha sido el método más practicado, las semillas se recogen de palmeras que presentan buenas características y las progenies resultantes son la base de una población que luego se someterá a otros ciclos de selección. Los métodos de mejoramiento genético intrapoblacional, basados en pruebas de progenie dentro de una población dada, fueron ocasionalmente aplicados en algunas variedades altas en Indonesia, en Sri Lanka y la India (Batugal y Bourdieu, 2005).

En la selección masal por entrecruzamiento, estos mismos autores indican que el principio es seleccionar a las palmas parentales por su comportamiento fenotípico y cruzarlas, se pueden seguir varios métodos de cruzamientos, como el de pares independientes y el de cruces factoriales, con el polen de un solo progenitor masculino pueden polinizarse de 40 a 50 hembras, lo que permite una selección más estricta entre los machos, sin embargo, la selección masal mediante entrecruzamiento nunca ha sido evaluada en cocotero (Batugal y Bourdieu, 2005).

El mejoramiento genético del cocotero por hibridación es el método más utilizado, la hibridación se realiza con progenitores con buena aptitud combinatoria específica, los híbridos comerciales no convencionales más comunes son cruces de enano x alto (E x A), así como de alto x alto (A x A) (Jerard, *et al.*, 2008). En Tabasco las empresas productoras de semilla híbrida del cocotero E x A, realizan con cierta facilidad la emasculación y la polinización de las hembras debido a su baja altura. Los híbridos entre tres variedades son (E x A) x A y (A x A) x A. Las variedades sintéticas fueron desarrolladas por la Autoridad Filipina del Cocotero (PCA) (Rivera *et al.*, 2008), tienen una mayor adaptabilidad y estabilidad a diferentes condiciones ambientales debido a su base genética compuesta por líneas progenitoras seleccionadas que combinan bien entre ellas, con la ventaja de que es una variedad de polinización libre. Por lo anterior, el objetivo es desarrollar una metodología de mejoramiento genético para obtener variedades mejoradas de cocotero de polinización libre, con características de resistencia al amarillamiento letal y rendimiento 3 o 4 veces superiores al del cocotero alto del Atlántico.

## MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron 80 progenies  $F_2$  del híbrido Matag (Enano Rojo Malayo x Alto Tagnanan), así como 87 progenies  $F_2$  del híbrido PB3317 (Alto Vanuatu x Alto Tagnanan). Las progenies  $F_2$  fueron sembradas en el año 2010 en el ejido Ojoshal del municipio de Cárdenas, Tabasco localidad endémica para el amarillamiento letal (AL). La selección de plantas superiores  $F_2$  se realizó con base a un índice de selección construido para este proyecto de investigación, donde se consideraron algunas características morfológicas de planta, fruto y rendimiento de copra (UPOV, 2017).

Los progenitores  $F_1$  de esta generación de plantas fueron seleccionados con base a los resultados obtenidos en la "Evaluación multilocal de híbridos de cocotero" realizado de 2002 a 2011 en la localidad



de El Pailebot, municipio de Cárdenas, Tabasco (Castillo, 2005; Ortiz et al, 2011). Donde encontraron con mayor rendimiento y resistencia al amarillamiento letal al híbrido Matag. El híbrido PB3317, es de gran importancia debido a que el progenitor masculino, Alto Tagnanan, también es progenitor masculino del híbrido Matag, actualmente, no se dispone de semilla o planta de este cultivar en México y se intenta desarrollar un cocotero alto similar al Alto Tagnanan para ser utilizado en la producción de semillas híbridas.

En el proceso de mejora genética del cocotero que se llevó a cabo en este proyecto, se partió del supuesto de que las progenies eran autógamas. Por lo tanto, se desarrolló y aplicó una metodología específica diseñada para plantas autógamas. A continuación, se detalla cómo se identificaron y seleccionaron las plantas superiores, teniendo en cuenta una amplia gama de características morfológicas, de producción y de los componentes del fruto:

1. **Selección del Arquetipo de Planta:** Se buscó identificar plantas que presentaran un arquetipo de corona de hojas esférica o semiesférica, ya que estas formas se consideraron deseables para el cocotero.
2. **Salud y Estado Fitopatológico:** Se realizaron evaluaciones exhaustivas para garantizar que las plantas seleccionadas estuvieran libres de plagas y enfermedades. La salud de las plantas fue una prioridad.
3. **Color del Fruto:** Se consideró el color del fruto, seleccionando aquellos que exhibieran tonos rojos o verdes, lo que podría tener implicaciones en términos de resistencia y atractivo del fruto.
4. **Forma del Fruto:** Se daba preferencia a los frutos que presentaban una forma redondeada o similar a la de un huevo, ya que estas formas eran consideradas ideales.
5. **Producción:** Se evaluó el número de frutos cosechados por inflorescencia, seleccionando plantas con un promedio de siete o más frutos por inflorescencia, lo que indicaba una mayor productividad.
6. **Frecuencia de Floración:** Se consideró la cantidad de inflorescencias producidas por año, estableciendo un mínimo de al menos 14 inflorescencias por planta como un criterio importante.
7. **Tamaño del Fruto:** Se priorizaron los frutos de mayor tamaño, ya que esto podía estar relacionado con un mayor rendimiento y valor comercial.
8. **Uniformidad del Tamaño:** Se evaluó la uniformidad en el tamaño de los frutos, ya que la consistencia podía ser un factor clave en la comercialización.
9. **Pedúnculo Floral:** Se seleccionaron frutos con un pedúnculo floral de longitud corta, lo que facilitaba la cosecha y la manipulación.
10. **Peso de la Pulpa:** Se dio preferencia a los frutos con un peso de pulpa superior a 400 g por fruto, lo que indicaba una mayor cantidad de carne comestible.

Esta metodología exhaustiva permitió identificar y seleccionar las variedades de cocotero que cumplían con las características deseadas para el mejoramiento genético. Los resultados de este proceso se utilizaron para avanzar en la obtención de variedades de cocotero mejoradas y adaptadas a las condiciones específicas de la región.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que las progenies F2 de los híbridos Matag y PB3317 exhibieron un crecimiento uniforme y una excelente salud en sus hojas, corona de hojas, brotes, flores y frutos durante al menos dos ciclos productivos. Además, se constató que estaban libres de amarillamiento letal (AL) y no mostraron presencia del picudo negro del cocotero, de acuerdo con los estándares establecidos por UPOV en 2017.

Tras la aplicación del índice de selección, se identificaron solo siete plantas F2 del híbrido Matag que presentaron características adecuadas para avanzar en la selección individual en la siguiente generación, lo que representa un 8.75% del total de plantas F2. En el caso de las plantas F2 del híbrido PB3317, se identificaron 11 plantas F2 que cumplían con los criterios para avanzar en la selección individual, lo que equivale al 12.64% de las plantas F2 evaluadas.





Los resultados detallados de la producción y los componentes frutales de las plantas F<sub>2</sub> de los híbridos Matag y PB3317 se presentan en el Cuadro 1 para su análisis y consideración.

**Cuadro 1. Promedio de producción y los componentes del fruto de progenies F<sub>2</sub> seleccionados de Matag y PB3317.**

Caracter	F <sub>2</sub> de Matag	F <sub>2</sub> de PB3317
Número de inflorescencias/palma/año	16	15
Número de nueces/inflorescencias	9	8
Número de nueces/palma/año	144	135
Peso de la pulpa (g)	425	440
Color del fruto rojo o verde	Rojo	Rojo y Verde
Forma del fruto	Huevo	Redondo

La población seleccionada de plantas F<sub>2</sub> de Matag se ha caracterizado por mostrar un promedio de 16 inflorescencias por palma por año. Además, se ha observado que estas plantas producen un promedio de 9 nueces por inflorescencia, lo que da como resultado una producción anual estimada de 144 nueces por palma.

Es importante destacar que el peso promedio de la pulpa o endospermo de estas nueces es de 425 gramos por nuez, lo que sugiere la presencia de una pulpa considerablemente generosa y valiosa desde el punto de vista comercial.

Como parte del proceso de avance generacional, se ha establecido el objetivo de aumentar el número de nueces por inflorescencia a 10. Este incremento, además de mejorar la eficiencia de la producción, tiene el potencial de aumentar el rendimiento por unidad de superficie en un 10%. Este enfoque en el aumento de la productividad por inflorescencia es un paso estratégico para maximizar la eficacia y la rentabilidad en el cultivo de Matag, lo que podría tener un impacto positivo en la industria y la economía local (Figura 1).



Figura 1. Nueces F<sub>3</sub> de progenies F<sub>2</sub> del híbrido Matag.

En relación a la población seleccionada de plantas F<sub>2</sub> del híbrido PB3317, se ha observado un promedio de 15 inflorescencias por palma por año. Además, estas plantas han demostrado producir un promedio





de 8 nueces por inflorescencia, lo que resulta en una producción anual estimada de 135 nueces por palma.

Un aspecto destacado de esta población es el peso promedio de la pulpa o endospermo, que asciende a 440 gramos por nuez. Este dato es relevante, ya que indica una generosa cantidad de pulpa, lo que podría tener implicaciones significativas en términos de calidad y valor comercial.

En el contexto del avance generacional, se considera importante evaluar la posibilidad de aumentar el número de nueces por inflorescencia, lo que podría mejorar aún más la eficiencia de producción y, en última instancia, el rendimiento por unidad de superficie.

Estos resultados muestran las características clave de la población F<sub>2</sub> del híbrido PB3317, que incluyen datos sobre la producción de inflorescencias, el número de nueces por inflorescencia y el peso de la pulpa. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para la toma de decisiones en el proceso de selección y mejoramiento genético, con el potencial de influir positivamente en la productividad y la calidad del cultivo de PB3317 (Figura 2).



Figura 2. Nueces F<sub>3</sub> de progenies F<sub>2</sub> del híbrido PB3317.

En el análisis de los componentes de la producción se estimó el rendimiento de copra por palma de las progenies F<sub>2</sub> de Matag de la siguiente manera:  $(50\% \text{ de agua} \times 425 \text{ g de pulpa}) \times (144 \text{ nueces} - 5\%) = 29.0 \text{ kg por palma por año}$ . El rendimiento potencial de copra con una densidad de población de 123 plantas por ha, sembrado a 9.0 x 9.0 m en arreglo de marco real es de 3,580 kg por ha. Para las progenies F<sub>2</sub> de PB3317 seleccionadas, el rendimiento potencial es de 3,475 kg por ha. El rendimiento puede variar en función de diversos factores, como el manejo agronómico, las condiciones climáticas, el tipo de suelo y otros aspectos específicos de cada plantación de cocotero, si reducimos las distancias entre plantas a 8.00 m y la siembra se hace en arreglo de tresbolillo tendríamos una población de 180 plantas por ha y un rendimiento potencial superior a 5.00 ton por ha.

En el reducido número de progenies F<sub>2</sub> de Matag seleccionadas en base al índice de selección, se derivaron progenies F<sub>3</sub> y se sembraron 65 plantas F<sub>3</sub> en Diciembre de 2018, las cuales han iniciado la fase reproductiva. Con esta metodología de mejoramiento genético se pueden obtener variedades experimentales de cocotero de la siguiente manera: 1). Identificar 1 o 2 plantas élite para ser clonadas, cada clon daría origen a una nueva variedad de cocotero de polinización libre de alto rendimiento y resistente al amarillamiento letal, esta actividad se llevaría a cabo mediante un proyecto específico para la multiplicación de plantas *in vitro*; 2). Recombinando plantas F<sub>3</sub> seleccionadas por su productividad y características agronómicas aplicando el índice de selección anterior, avanzar a la siguiente generación en polinización libre y lote aislado y evaluarla posteriormente en localidades con repeticiones.



Con respecto a las progenies  $F_2$  del híbrido PB3317 seleccionados, se obtuvo planta  $F_3$  que fue sembrada en 1.0 ha en fecha reciente de este año 2023, con la finalidad de observar y seleccionar plantas élite que puedan ser progenitores masculinos de un nuevo híbrido Enano x Alto. La multiplicación de estos materiales aplicando técnicas modernas de mejoramiento genético puede ser el camino más rápido para producir miles de plantas de cada clon de cocotero en biofábricas con el uso de la biotecnología.

Así mismo, se continuará el avance generacional con la producción de plantas  $F_4$ . El avance endogámico en la generación  $F_4$  y la selección de plantas élite  $F_3$  no debe ser una limitante en la producción. En el cocotero, la endogamia no es causa severa de la disminución del rendimiento, el volumen de agua podría ser al menos de 500 ml, las evidencias se tienen en la variedad enano verde de Brasil que después de docenas de generaciones de autopolinización no manifiestan deterioros causados por la endogamia (Rajesh, et al., 2008).

## CONCLUSIONES

1. En las progenies  $F_2$  de híbridos no convencionales de cocotero, el porcentaje de plantas con buen rendimiento y características agronómicas deseables son del 8 % al 12 %.
2. La presión de selección rigurosa es fundamental para garantizar que solo plantas con características deseables avancen en el proceso de mejora genética, para desarrollar variedades de cocotero mejor adaptadas, resistentes a enfermedades y con alto rendimiento, que beneficiará a los agricultores y a la agroindustria del cocotero.
3. Las progenies  $F_2$  de Matag seleccionadas tienen un rendimiento potencial de 3,580 kg por hectárea, mientras que las progenies  $F_2$  del PB3317 seleccionadas presentan un rendimiento potencial de 3,475 kg por hectárea, que puede variar en función de diversos factores agronómicos
4. A corto plazo, con la selección de progenies  $F_3$  del híbrido Matag se identificarán al menos 2 plantas élite por sus características morfológicas, de rendimiento y volumen de agua en el fruto, para su clonación y multiplicación *in vitro*, las cuales serán nuevas variedades de cocotero.

## LITERATURA

- Batugal P. and Bourdeix R. 2005. Conventional coconut breeding. Pp 251-267. In: Batugal, V.; Rao, R. y Oliver, J. Coconut genetic Resources. International office for Asia, the Pacific and Oceania (IPGRI-APO), Serdang, Selangor DE, Malaysia.
- Carrillo R, H., M. Cortazar, R., & Piña R, J. 2000. Manual para el establecimiento de plantaciones comerciales con híbridos de cocotero. *Quintana Roo: INIFAP*.
- Castillo G. R. A. 2005. Utilización y conservación del germoplasma de cocotero para una producción sostenible. Informe final del proyecto PRECI 1759. INIFAP - TABASCO. Campo Experimental Huimanguillo.
- Castillo, R. and Oropeza, C. 2005. Status of coconut genetic resources research in Mexico. Pp 704-708. In: Batugal, V.; Rao, R. y Oliver, J. Coconut genetic Resources. International office for Asia, the Pacific and Oceania (IPGRI-APO), Serdang, Selangor DE, Malaysia.
- Domínguez, C. E., López, A. J. I., Castillo, R., & Ruiz, P. 1999. El cocotero *Cocos nucifera* L. Manual para la producción en México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Libro Técnico, (6).
- Góngora, C.C.; Pérez, O.; Pech, O.; Escamilla, J.A. y Mora, G. 2004. Gradientes de diseminación del Amarillamiento Letal en cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22 (3): 370-376.
- Harrison, N. A.; Helmick, E.E. and Elliot, M.L. 2008. Lethal yellowing-type diseases of palms associated with phytoplasmas newly identified in Florida, USA. *Annals of Applied Biology* 153: 85-94.
- Howard, F.W. 1983. World distribution and possible geographic origin of palm lethal yellowing disease and its vectors. *FAO. Plant. Prot. Bull.* 31 (3): 101-113.
- Jerard, B. A., Damodaran, V., Jaisankar, I., Velmurugan, A., & Swarnam, T. P. (2008). Coconut biodiversity–Nature’s gift to the tropical islands. In *Biodiversity and Climate Change Adaptation in Tropical Islands* (pp. 145-185). Academic Press.
- NOM-067-FITO-1999. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4871653&fecha=20/02/1996](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4871653&fecha=20/02/1996).



- Oropeza, C. (2015). El panorama mundial de la industria de cocotero. En: Cámara de diputados, 2015. <http://www3.diputados.gob.mx>.
- Ortiz G. C. F., Castillo G. R. A., Oropeza S. C., Dzido J. L., Julia J. F., García L. E., Terán V. N., Ramos H. E. y Narváez M. 2014. Híbridos de cocotero resistentes al amarillamiento letal y alto rendimiento en México. Informe final de proyecto. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco
- Rajesh, M. K., Nagarajan, P., Jerard, B. A., Arunachalam, V., & Dhanapal, R. (2008). Microsatellite variability of coconut accessions (*Cocos nucifera* L.) from Andaman and Nicobar Islands. Current Science, 1627-1631.
- Rivera R. L., Santos G. A., Rivera S. M., and Emmanuel E. E. 2008. Development of Synthetic Variety of Coconut: PCA Syn Var 001 I. Status and Prospects. CORD, 24(1), 23. <https://doi.org/10.37833/cord.v24i1.161>
- Tabasco, G. D. E. de (2019). Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024. Gobierno del Estado de Tabasco. México. Recuperado de [https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/planeacion\\_spf/PLED\\_202019-2024](https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/planeacion_spf/PLED_202019-2024).
- UPOV (2017). Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. *Cocos nucifera* L. En [https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/es/tc\\_52/tg\\_cocos\\_proj\\_6.pdf](https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/es/tc_52/tg_cocos_proj_6.pdf).



## OBSERVACIÓN DE DAÑOS EN LAS HOJAS DE *Tabebuia rosea* (Bertol) D.C. (BIGNONIACEAE) EN TABASCO, MÉXICO

## OBSERVATION OF DAMAGE TO LEAVES OF *Tabebuia rosea* (Bertol) D.C. (BIGNONIACEAE) IN TABASCO, MÉXICO

Ramírez-Guillermo, M. A.<sup>1\*</sup>; Rosique-Alejandro, L.<sup>2</sup>; y López-Domínguez, I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-CEHUI, Tabasco, km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco. <sup>2</sup>Estudiante de la UPCH, km 1 carretera Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco. <sup>3</sup>Laboratorio INIFAP-CEHUI, Tabasco. \*Autor para correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Es importante identificar los insectos que dañan partes de las plantas en vivero y en plantaciones. Las hojas representan un órgano vital para la fotosíntesis de la planta. Se observaron hojas de *Tabebuia rosea* (Bertol) D.C. unidas con una parte esqueletizada. Por esta razón se planteó el objetivo de identificar el insecto que ocasiona el daño pegado las hojas. Se colectaron larvas en campo y se criaron hasta identificar las polillas adultas. Se identificaron dos especies: *Eulepte gastralis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Pyralidae) y *Eulepte concordalis* (Hübner, 1826) (Lepidoptera: Crambidae), como los causantes de pegar y esqueletizar las hojas de *T. rosea*. Se observó y describió por primera vez la presencia de *E. concordalis* en el estado de Tabasco.

**Palabras clave:** *esqueletizador, pega hoja, maculís, forestal, Eulepte*

### INTRODUCCIÓN

Es importante identificar los insectos que causan daño en menor o mayor grado a una planta. Conociendo el agente causal, es posible realizar prácticas de manejo para evitar sus efectos y evitar o disminuir sus efectos en la madera; evitar que disminuya la calidad y el de los frutos, semillas y hojas. Sin embargo, las poblaciones de insectos son muy dinámicas pero muchas veces son controlados de manera natural por sus enemigos naturales como los depredadores y parasitoides (Briceño, 2002; Clavijo-Albertos y Arias-Celis, 2017; Baer y Marquis, 2020). Los estudios de sanidad forestal son importantes para poder garantizar un manejo eficiente de los insectos que estén causando daño a plantaciones de interés forestal, ya sean comerciales o nativas (Hernández y Briceño, 1999). En plantas forestales se presentan insectos que dañan la lámina foliar: masticadores expuestos o masticadores internos o minadores, con diversas consecuencias; las más importante está la reducción de la capacidad fotosintética; alteraciones en la transpiración y translocación de nutrientes; retardo en el crecimiento y la muerte de árboles jóvenes si el ataque es intenso y continuo (Arguedas, 2006). De acuerdo con el Diagnóstico Fitosanitario del Estado de Tabasco, (2021), se indica que las plantas forestales más susceptibles a plagas y enfermedades son las que se encuentran establecidas en comunidades rurales, principalmente por un mal manejo de la plantación, falta de recursos económicos de sus propietarios y falta de una cultura forestal por parte de los productores. A diferencia de las establecidas con fines comerciales, existen programas de control y combate de las plagas y enfermedades.

El árbol de maculís *Tabebuia rosea* (Bertol) D.C. (Bignoniaceae) es originario de los bosques húmedos del sur de México y se extiende hasta Venezuela y Ecuador; se puede encontrar tanto en selvas altas o también en selvas medianas subperennifolias y subcaducifolias. Es un árbol forestal de valor comercial y de adaptabilidad a zonas bajas (Hernández y Briceño, 1999; Maldonado y Maldonado, 2016), se encuentra distribuida en diversas zonas del estado de Tabasco, en donde florea de abril a mayo, aunque actualmente florece en diferentes épocas, posiblemente causados por los cambios del ambiente (Magaña, sf). Esta especie es considerada como el “símbolo de la primavera tabasqueña” se puede observar en parques, jardines (Gayosso, 2015), en cercos vivos de áreas ganaderas (Villanueva et al., 2015), como árbol de sombra en cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) y como árbol ornamental de traspatio; de igual manera cumple varias funciones para el productor (herbolaria), mejora el ambiente y el paisaje, donde un gran atractivo el color de sus flores, que varían de color rosa, magenta e incluso de color blanco. También provee servicios ecosistémicos, tales como; conservación de suelo, refugio



para fauna y mejora la calidad del aire, entre otros (González et al., 2018). Para el estado de Tabasco se reportó en el año 2010 la existencia de 141 hectáreas de *T. rosea* (CONAFOR, 2020).

Existe poca información sobre las enfermedades y plagas asociadas a *Tabebuia* algunas clasificadas de alto valor económico; se han reportado en México dos patógenos, cinco artrópodos y un ácaro (Cibrián, 2016). En Venezuela se han reportado un insecto plaga que afecta a las plantas en vivero, que al alimentarse esqueletiza las hojas, denominado: gusano esqueletizador de la hoja (*Eulepte gastralis* (Gn.) (Hernández y Briceño, 1999; Hernández et al., 1999). Plath et al. (2012) indicaron que a mayor diversidad de árboles asociados a *T. rosea* es mayor el daño de *E. gastralis*, por lo que no hay una resistencia asociativa, sino más bien una susceptibilidad asociativa.

Del orden Lepidoptera, la superfamilia Pyraloidea es la más grande con más de 16,723 especies descritas a nivel mundial, integrada por dos familias: Crambidae y Pyralidae (Iruegas-Buentello et al., 2018; Nuss et al. 2003-2023). Para México se han reportan 1,375 especies de Pyraloidea (Heppner, 2002).

De acuerdo a lo anterior, actualmente en el estado de Tabasco este presente el género *Eulepte*, aunque todavía no representa un daño económico; existen pocos trabajos describiendo los daños causados, pero en un futuro cercano podría ser una plaga importante.

El objetivo del presente estudio fue identificar las especies de insectos que pegan las hojas de *T. rosea* (Fig. 1a) observado en localidades del estado de Tabasco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante visitas de campo se observaron hojas dañadas de *T. rosea*, el daño consistió en un agrupamiento de dos a tres hojas pegadas y esqueletizadas; en varias ubicaciones del follaje de la planta. El primer sitio; en la localidad de Mazateupa Nacajuca, Tabasco se observaron los daños en el mes de septiembre del 2022, en dos plantas que al revisar las hojas dañadas se encontró únicamente una pupa y en las demás hojas solo restos secos y compactos de sus excretas. La planta tenía una edad aproximada de dos años. El segundo sitio fue en la localidad de Martínez Gaytán, Huimanguillo, Tabasco; se observó daño en seis plantas en el mes de octubre de 2022, donde se revisaron hojas dañadas y se colectó una larva, misma que se trasladó al laboratorio de entomología del CEHUI-Tabasco, de una planta de tres años de edad aproximadamente. El tercer sitio se ubicó en la localidad de Francisco I. Madero, Bajo, Macuspana, Tabasco, se observaron hojas dañadas en plántulas de un vivero comunitario del Programa Sembrando Vida. Las plántulas medían aproximadamente 70 cm de altura y la población era de 750 plántulas de *T. rosea*. Se colectaron diez larvas entre 8 mm y 2.8 cm de longitud, los cuales se trasladaron al laboratorio del CEHUI-Tabasco. Las larvas se revisaron diariamente para su limpieza y colocar hojas nuevas como alimento. En cuanto emergieron los adultos se montaron con alfiler entomológico y se colocaron permanentemente en cajas entomológicas. Se procedió a la revisión de literatura especializada para la identificación morfológica. Se consultaron las herramientas para la búsqueda de información de Lepidoptera denominado “The Global Lepidoptera Names Index (LepIndex)” (Beccaloni et al., 2003) y “Global Information System on Pyraloidea (GlobIZ)” (Nuss et al. 2003-2023). Los especímenes obtenidos se encuentran en el laboratorio del INIFAP-CEHUI, Tabasco.

## RESULTADOS Y DISCUSION

De las colectas se lograron obtener adultos de las especies de polillas que morfológicamente pertenecen al orden Lepidoptera, de la superfamilia Pyraloidea y corresponden a la familia Crambidae y Pyralidae. El espécimen del sitio uno pertenece a la familia Pyralidae y los especímenes del sitio dos y tres pertenecen a la familia Crambidae. Estas polillas son de hábitos nocturno, son polinizadores y parte de la cadena trófica.

### ***Eulepte gastralis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Pyralidae)**

Se distribuye desde el trópico húmedo de México hasta Colombia y Venezuela (Cibrián, 2016), es una polilla de habito nocturno que se ha reportado afectando plantas de *T. rosea* en Panamá (Plath et al. 2012, Lanuza et al., 2022). *E. gastralis* requiere de una temperatura y humedad relativa máximas de 28.31°C y 79.15%, y mínimas de 28.15°C y 58.69% con una precipitación pluvial de 8.44 mm (Briceño, 2002; Cibrián, 2016).





En México se ha reportado en Tabasco y Veracruz (Cibrián, 2016).

**Diagnóstico;** pupa de color rojizo caoba, el adulto de color crema con manchas de color marrón. Longitud cefálica 1 mm, diámetro cefálico 1.1 mm, longitud del cuerpo 1.1 cm, envergadura alar 2 cm (Fig. 1b)

**Material examinado;** MÉXICO, Tabasco, Nacajuca, Poblado Mazateupa km 4.5 carretera Nacajuca-Tecoluta. 10 msnm. 18.20451354 N y 93.01171875 W, en hojas de *Tabebuia rosea* (Bertol) D.C (Bignoniaceae), 25 IX 2022, col. M.A. Ramírez e I. López, 1♂, INIFAP-CEHUI, Tabasco.

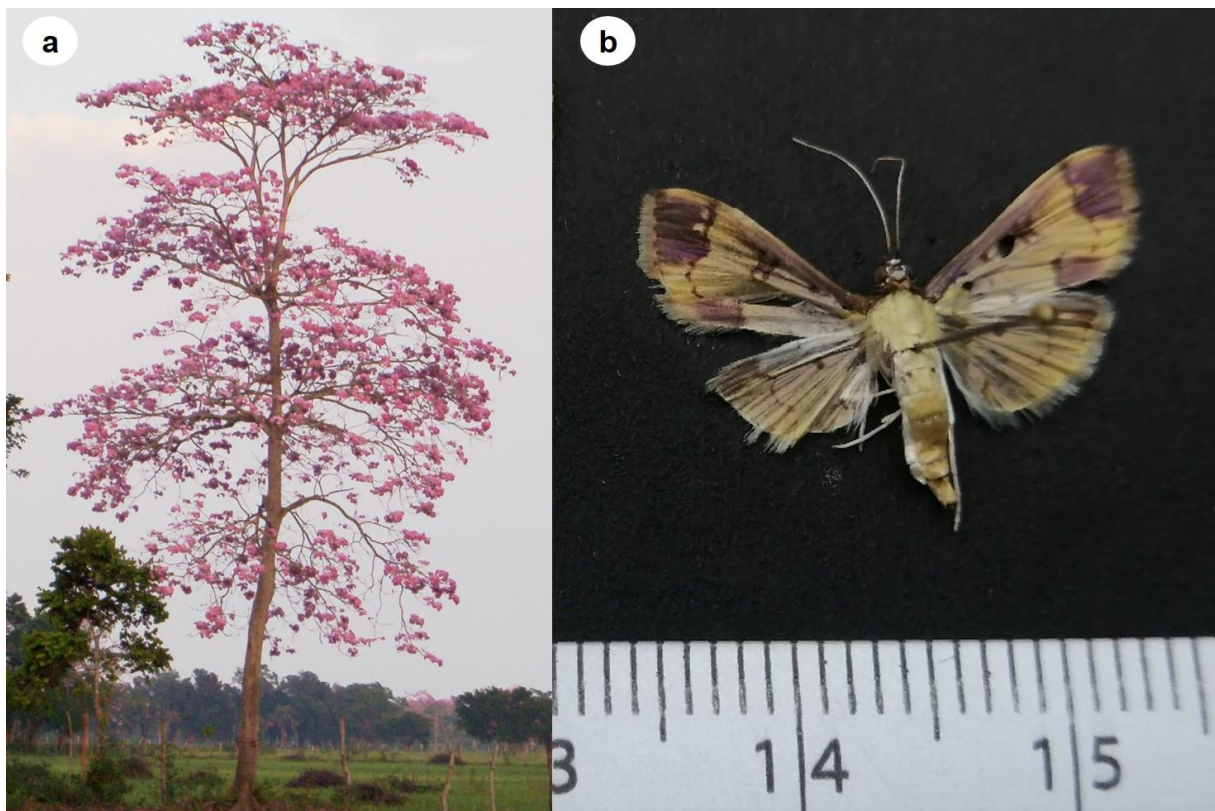


Figura 1. a) Árbol de *Tabebuia rosea* (Bertol) D.C (Bignoniaceae) en floración, b) adulto macho de *Eulepte gastralis* (Guenée, 1854) ♂. Fotos M. A. Ramírez G.

Por el estado avanzado de desarrollo de la pupa, solo se generó información en cuanto a la descripción morfológica del espécimen, la cual es similar a las descripciones reportadas por Hernández y Briceño, (1999) y Cibrián, (2016). Así mismo, el espécimen se encuentra adaptado a las condiciones del trópico húmedo de Tabasco. Durante el tiempo de la observación de septiembre-diciembre 2022 y cría del espécimen la temperatura ambiental máxima tuvo una variación de 32.4°C en septiembre a 29.9°C en diciembre y la mínima 23.3°C en septiembre y 20.0 en diciembre, la precipitación en un rango de 255 mm en diciembre y 444.5 en septiembre; de acuerdo a los datos de la estación meteorológica del CEHUI-Tabasco.

#### ***Eulepte concordalis* (Hübner, 1826) (Lepidoptera: Crambidae)**

Se ha reportado su presencia en Costa Rica y Venezuela como plaga forestal de *Tabebuia rosea*, en etapas de vivero y en plantas de sitios naturales (Argueda *et al.*, 2021; Clavijo-Albertos y Arias-Celis, 2017; Sihezlar, 2018; Baer, 2017; Briceño, 2002.)

Para México se ha reportado su presencia en el estado de Yucatán (Pozo de la Tijera, 2020).

**Diagnóstico;** características morfológicas de la larva del segundo sitio; se colectó a partir de dos hojas que se encontraban unidas, con una parte esqueletizadas por el consumo de la lámina foliar, haciéndose notorias las nervaduras primarias y secundarias de la hoja; la parte unida y no consumida por la larva,



le proporciona protección contra sus depredadores o parasitoides. Fue colectada en octubre del 2022 en una planta con 2.30 m de altura, con hojas fotosintéticamente activas; al momento la larva poseía una longitud de 2.6 cm de largo, cabeza bien desarrollada, tres segmentos torácicos y 10 segmentos abdominales de color verde claro con manchas negras en el cuerpo (Fig. 2a). Para el segundo día de la colecta se notó la presencia de la pupa de color rojizo envuelta por la hoja, a manera de capullo; notándose los espiráculos y las partes correspondientes al ala (Figura 2b). Permaneció en ese estado por un periodo de 10 días, al día 11, se observó al adulto en el recipiente de cría (Fig. 2c), de color crema sobre saltando el brillo violeta, borde de las alas de color café y abdomen delgado (Fig. 2d). Longitud cefálica 1 mm, diámetro cefálico 1.6 mm, longitud del cuerpo 1.4 cm, envergadura alar 3 cm. Del sitio tres se obtuvo el adulto a los 6 días de la colecta, entre la hoja de *T. rosea* (Fig. 3a, b) con características morfológicas similares al espécimen del sitio dos, en cuanto a la larva (Fig. 3c), pupa (Fig. 3d) y adulto; el color violeta un tanto tenue, longitud cefálica 2 mm, diámetro cefálico 2 mm, longitud del cuerpo 1.2 cm, envergadura alar 2.9 cm (Fig. 3e).

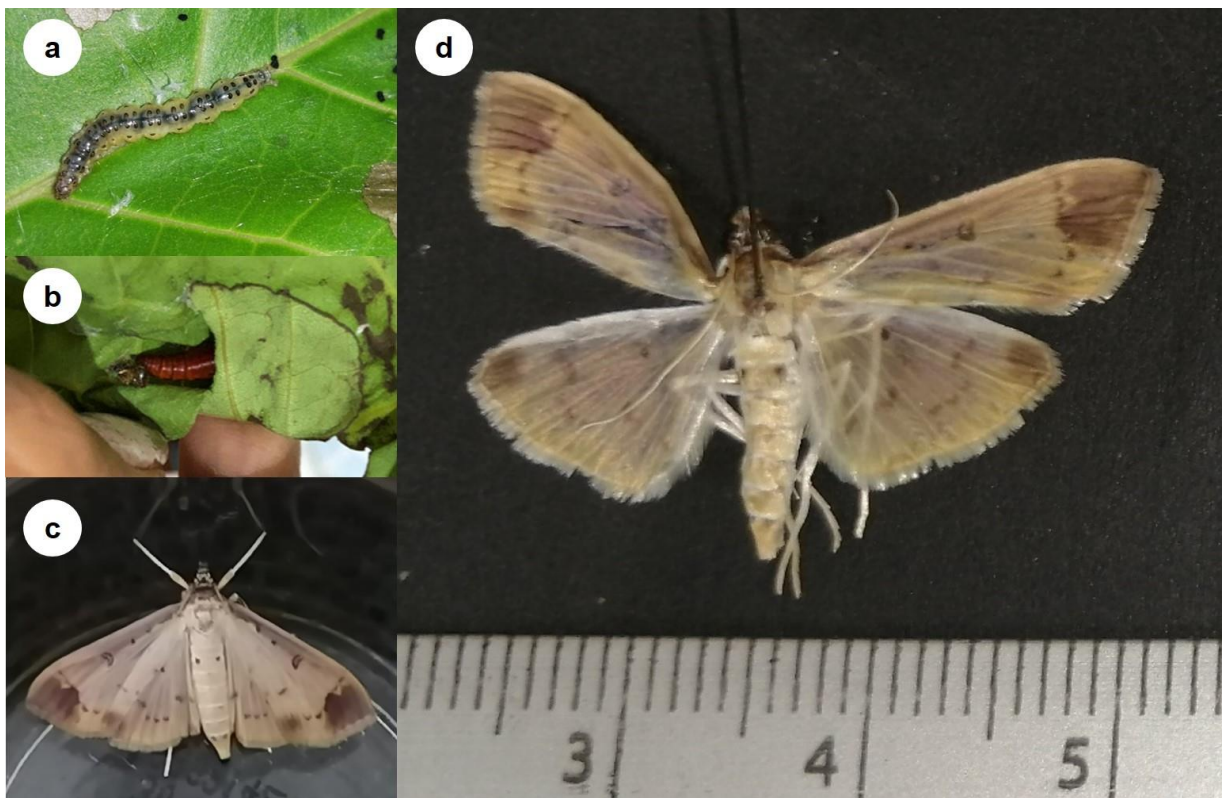


Figura 2. *Eulepte concordalis* (Hübner, 1826) ♂, a) larva; b) pupa; c, d) adulto. Fotos: L. Rosique y M. A. Ramírez).

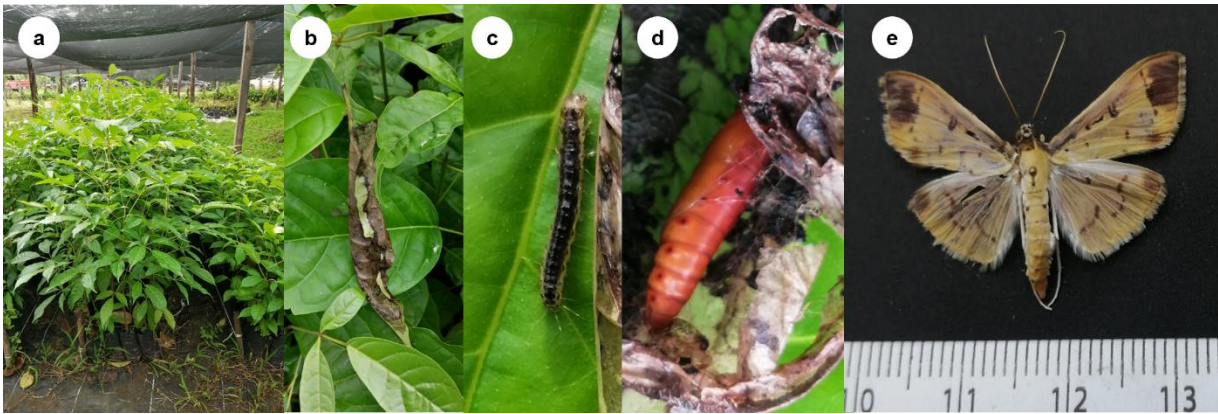


Figura 3. *Eulepte concordalis* (Hübner, 1826) ♀, a) plántulas de *T. rosea*; b) hoja en forma de capullo con larva; c) larva, d) pupa; e) adulto. Fotos: I. López y M. A. Ramírez.

**Material examinado;** MÉXICO, Tabasco, Huimanguillo, col. Francisco Martínez Gaytán, carretera Tierra Nueva-Francisco Rueda, Huimanguillo. 23 msnm, 17.74966439 N y 93.7744140 W, entre hojas de *Tabebuia rosea* (Bertol) D.C (Bignoniaceae), 29 X 2022, col. M.A. Ramírez y L. Rosique, 1♂, INIFAP-CEHUI, Tabasco (Fig. 2)

MÉXICO, Tabasco, Macuspana, Francisco I. Madero, bajo, 10 msnm, 17.74055556 N y 92.51027778 W, entre hojas de *Tabebuia rosea* (Bertol) D.C (Bignoniaceae), 19 XII 2022, col. M.A. Ramírez y I. López, 1♀, INIFAP-CEHUI, Tabasco (Fig. 3).

Para el estado de Tabasco no se tienen información sobre la presencia de *E. concordalis* afectando plantas de *T. rosea* en fase de vivero y en plantación, como se indica para Costa Rica y Venezuela (Argueda *et al.*, 2021; Briceño, 2002.). Solo se reporta su presencia en Yucatán, México (Pozo de la Tijera, 2020). La información generada reporta por primera vez la presencia de la polilla de hábito nocturno *E. concordalis* y de acuerdo a las condiciones ambientales antes descritas durante la observación y cría de los especímenes. *E. concordalis* se encuentra adaptada al clima, trópico húmedo del estado de Tabasco. Así mismo, se observó el dimorfismo sexual y diferencias morfológicas para el reconocimiento macho y hembra.

### CONCLUSIONES

Se identificó *Eulepte gastralis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Pyralidae) y *Eulepte concordalis* (Hübner, 1826) (Lepidoptera: Crambidae) polillas de la superfamilia Pyraloidea y que tienen como hospedero natural a *Tabebuia rosea* (Bertol) D.C. (Bignoniaceae), planta distribuida en el estado de Tabasco. Se observó y describió por primera vez la presencia de *E. concordalis* en el estado de Tabasco.

### LITERATURA CITADA

- Arguedas G. M., M. Rodríguez-Solís, J. Cots I. y A. Martínez A. 2021. Inventario de plagas y enfermedades en viveros forestales en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 18 (42): 17-29. DOI: 10.18845/rfmk.v16i42.5543
- Arguedas, M. 2006. Clasificación de tipos de daños producidos por insectos forestales. Primera parte. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)* 3(8): 1-6.
- Baer C, S. y R. J. Marquis. 2020. Between predators and parasitoids: Complex interactions among shelter traits, predation and parasitism in a shelter-building caterpillar community. *Funct Ecol.* 34: 2186-2198. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13641>
- Baer, C.S. 2017. The Diversity, Costs, and Benefits of Shelters Built by Lepidopteran Caterpillars in a Costa Rican Dry Forest. Tesis de Doctorado, University of Missouri-Saint Louis, Estados Unidos. 120p.
- Beccaloni, G., Scoble, M., Kitching, I., Simonsen, T., Robinson, G., Pitkin, B., Hine, A. y Lyal, C. (Editores). 2003. *Índice mundial de nombres de lepidópteros (LepIndex)*. Publicación electrónica



- de la World Wide Web. <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/lepindex/lepindex/> [consultado el 20 de diciembre de 2022]
- Briceño V., A. 2002. Lista de insectos de importancia forestal en Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 46(1): 27-34.
- Cibrián T., D. 2016. Manual para la identificación y manejo de plagas en plantaciones forestales comerciales. Comisión Nacional Forestal, Universidad Autónoma Chapingo. México. 229p. ISBN 978-607-12-0311-3
- Clavijo-Albertos, J y Arias-Celis, Q. 2017. Catálogo de los Spilomelinae de Venezuela (Lepidoptera: Crambidae). *SHILAP Rev. de Lepidopterología*, 45 (177): 129-141. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45550375012>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, Gerencia de Plantaciones Forestales Comerciales). 2020. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2020/archivos/01\\_rforestales/d3\\_rforest\\_a09\\_11.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2020/archivos/01_rforestales/d3_rforest_a09_11.pdf) (Consultado 18 de julio 2023).
- Diagnostico Fitosanitario del Estado de Tabasco. 2021. CONAFOR, UJAT, CP y Gobierno del estado de Tabasco. 33p. <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/02%20Informes%20de%20acciones%20operativas/DiagnosticosEstatales/2021/Tabasco.pdf>. (consultado 18 de julio 2023)
- Gayosso R. S. 2015. Plantas de uso ornamental en Tabasco. UJAT. Colección: José N. Rovirosa. Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo. Villahermosa, Tabasco. 127 p. ISBN: 978-607-606-162-6
- González H. A., M. A. Magaña A. y A. Sol S. 2018. Servicios ecosistémicos brindados por *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. Centro, Tabasco, México. *Rev. Iberoam. Bioecon Clim.* 4 (7): 834-848. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6310>
- Heppner, J. B., 2002. Mexican Lepidoptera biodiversity. *Insecta Mundi*, 16(4): 171-190
- Hernández R., F. y A. Briceño V. 1999. Ciclo de vida del gusano esqueletizador *Eulepte gastralis* (GN.) (Lepidoptera: Pyralidae), del apamate (*Tabebuia rosea* (Bertol.), DC.). *Rev. Forest. Venez.* 43(1): 43-52
- Hernández, F., A. Mora y A. Briceño V. 1999. Evaluación del patrón espacial del daño causado por *Eulepte gastralis* (GN.) en las plantas de apamate (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.), en viveros. *Rev. Forest. Venez.* 43(1): 53-57
- Iruegas-Buentello, H. R., I. G. López-Muraira, H. Flores-Martínez y F. Gómez-Leyva. 2018. Nuevos registros de Spilomelinae a la fauna de Lepidoptera mexicanos (Lepidoptera:Crambidae). *SHILAP Rev. Lepidop.* 46(183): 415-418.
- Lanuza G. A., Aguilar, N., Mack, Y., Sánchez S, O., y Ramjack, C. (2022). Listado sinóptico de mariposas nocturnas (Lepidoptera: heterocera) en el área recreativa Lago Gatún, Colón, Panamá. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 11(1): 1-14. Recuperado a partir de <https://matriculapre.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/2530>
- Magaña, A., M. A. sf. Para evitar su extinción, el árbol de Maculís se adapta al cambio climático. <https://www.ujat.mx/Noticias/Interior/28257> (consultado 20 de julio 2023).
- Maldonado M. F. y E. A. Maldonado S. 2016. Manual de campo para la identificación de árboles, arbustos y palmas del Jardín Botánico Universitario "José Narciso Rovirosa" y sus alrededores, en Villahermosa, Tabasco, México. UJAT. Colección José N. Rovirosa. Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo. 173p.
- Nuss, M., B. Landry, R. Mally, F. Vegliante, A. Tränkner, F. Bauer, J. Hayden, A. Segerer, R. Schouten, H. Li, T. Trofimova, MA Solis, J. De Prins & W. Speidel 2003–2023: Sistema de información global sobre Pyraloidea. - [www.pyraloidea.org](http://www.pyraloidea.org) (consultado el 10 de enero 2023).
- Plath M., S. Dorn, J. Riedel, H. Barrios y K. Mody. 2012. Associational resistance and associational susceptibility: specialist herbivores show contrasting responses to tree stand diversification. *Oecologia*. 169: 477-487. DOI 10.1007/s00442-011-2215-6
- Pozo de la Tijera M. D. C. 2020. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad C. Lepidoptera (Rhopalocera y Heterocera) de áreas prioritarias para la conservación en la Península de Yucatán, con registros de adultos y estados inmaduros (Heterocera). Version 1.8. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset



<https://doi.org/10.15468/u4pzh> accessed via GBIF.org on 2023-07-30.  
<https://www.gbif.org/occurrence/1421224360>

Sihezar G. 2018. *Eulepte concordalis* (Crambidae). <https://www.acguanacaste.ac.cr/paginas-de-especies/insectos/296-crambidae/4191-i-eulepte-concordalis-i-crambidae>. (consultado 27 de julio 2023).

Villanueva L. G., P. Martínez Z. y H. Van der Wal, 2015. Árboles y arbustos en áreas ganaderas de Tabasco: un recurso prometedor. *Ecofronteras*, 19 (54): 14-17, ISSN 2007-4549.

Beccaloni, G., Scoble, M., Kitching, I., Simonsen, T., Robinson, G., Pitkin, B., Hine, A. y Lyal, C. (Editores). 2003. *Índice mundial de nombres de lepidópteros (LepIndex)*. Publicación electrónica de la World Wide Web. <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/lepindex/lepindex/> [consultado el 20 de diciembre de 2022].





## SELECCIÓN DE HIBRIDOS F1 DE CACAO PARA RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y ALTO RENDIMIENTO

### SELECTION OF COCOA HYBRIDS F1 FOR DISEASE RESISTANCE AND HIGH YIELD

López Hernández Víctor 1, Chuc López Francisco Javier<sup>1</sup>, Fernández López Evelyn<sup>1</sup>, Azpeitia Morales Alfonso<sup>2</sup> \*.

<sup>1</sup>Pasantes de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Universidad Popular de la Chontalpa. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco.

\*Autor para correspondencia: [azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx](mailto:azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

En México los estudios de mejoramiento genético para cacao han sido escasos. Durante el año 2010 fueron desarrolladas 63 familias de cacao diferentes, descendientes de 23 cruces (Barrón *et al*; 2014), utilizando los progenitores UF 273, PA 169 e ICS 95, los cuales fueron cruzados con genotipos mexicanos como Olmeca, Carmelo y Chak. En la actualidad se cuenta con 450 híbridos formados procedentes de estas cruces. Estos genotipos se encuentran en fructificación. Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo fue: caracterizar 20 genotipos desde el punto de vista morfológico del fruto, para seleccionar genotipos por rendimiento, calidad de grano y resistencia a enfermedades. Los resultados han permitido seleccionar cinco árboles de diferentes cruzamientos con alto índice de mazorca, destacando el genotipo CEH H – 55 (PA 169 x INI 1), CEH H – 33 (INI 1 X UF 273), CEH H – 271 (INI 1 X PA 169), Chak (Testigo), CEH H – 262 (PA 169 X INI C2), y CEH H – 443 (PA 169 X UF 273) con 11.7, 12.14, 13, 13.85, 17.13 y 19.6 respectivamente. Cabe indicar que los genotipos CEH H – 55 (PA 169 x INI 1), CEH H – 33 (INI 1 X UF 273), CEH H – 271 (INI 1 X PA 169), superan al genotipo Chak (Testigo), el cual es considerado como uno de los mejores genotipos de cacao que se cultiva en Tabasco.

**Palabras clave:** Cacao, *Theobroma cacao* L., Genotipos.

#### INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*T. cacao* L.) en México, es una cadena que se desarrolla en una superficie de 52,993.90 hectáreas cultivadas, produciendo 28,105.84 toneladas (t) en el año 2021 (SIAP, 2022). En Tabasco existen 34,260.50 ha, con una producción de 17,409.92 t, y en Chiapas se cultivan 18,475.90 ha con una producción de 10,404.21 t (SIAP, 2022). En México las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) se encuentran establecidas con genotipos del tipo amelonado (70 %), calabacillo (26 %) y criollo (4 %), los cuales se propagan por semilla (Azpeitia, 2019). El uso de semillas para propagar el cacao genera alta heterogeneidad genética. En México los estudios de mejoramiento genético para cacao han sido limitados, básicamente fueron dirigidos en los años 90 hacia la búsqueda de resistencia a la mancha negra y rendimiento. Sin embargo, es importante el desarrollo de hibridaciones que permitan mejorar la resistencia a la moniliasis, mancha negra y calidad organoléptica. De acuerdo con Somarriba *et al.*, (2010), al realizar polinizaciones manuales en cacao, se tiene la ventaja de poder escoger los árboles que serán el padre y la madre de las semillas, del cual se obtienen semillas híbridas de calidad cruzando los mejores árboles padre y madre. Sin embargo, en los años 90 fue reportado que las plantaciones establecidas utilizando semilla híbrida de cacao presentan un bajo vigor híbrido, una alta heterogeneidad en el crecimiento y en su rendimiento, así como su resistencia a enfermedades, por lo que la utilización comercial de la semilla híbrida fue muy cuestionada. Desde este punto de vista es importante realizar selecciones de híbridos por individuo mas no por familia. Una familia para el caso de cacao es formada por una mazorca y un hijo corresponde a cada semilla, por lo tanto, cada semilla es diferente genéticamente entre si con diferente similitud, por lo que las evaluaciones deben hacerse por individuo. En los últimos 58 años de investigación, se han identificado clones resistentes a la “moniliasis” con distinto origen genético y/o geográfico. Estos clones fueron cruzados para obtener variedades con niveles crecientes de resistencia en Costa Rica, México, Honduras, Nicaragua, Brasil, Ecuador, Colombia y Perú principalmente aprovechando de esta forma el carácter predominante aditivo



que tiene el cacao. Estos estudios han adquirido recientemente relevancia mundial por ser la “moniliasis” una de las amenazas más graves para la cacaocultura moderna (Phillips-Mora *et al.*, 2012). En la actualidad existen genotipos reportados como resistentes a la “moniliasis” como: ICS 95 (Trinidad y Tobago), UF 273 (Costa Rica), PA 169 (Perú), EET 233 (Ecuador) y EET 183(Ecuador) (Phillips-Mora *et al.* 2009). Estos materiales fueron introducidos por el INIFAP en el año 2006 a México (Azpeitia *et al.* 2008; Azpeitia *et al.* 2009) y han mostrado producción de 0.7 Kg de grano seco por árbol para el clon PA 169, 1 Kg para el clon UF 273 y 1.5 Kg en el clon ICS 95. Sin embargo, la mayor resistencia en campo ha sido mostrada con PA 169 (95%) y UF 273 (90%). De acuerdo con Debouck *et al.*, (2008) se ha encontrado sólo una resistencia a la moniliasis de un tercio del 1 %, es decir, 0.3 % de 600 accesiones realizadas en el programa de mejoramiento genético del CATIE. De este estudio, después de 15 años de evaluación se seleccionaron seis clones trinitarios (CATIE-R1, CATIE R-4, CATIE R-6, CC-137, ICS-95 y el PMCT-58) de buena producción y tolerancia a la moniliasis (Phillips-Mora *et al.*, 2012). En la actualidad, en el campo experimental Huimanguillo, se cuenta con 450 híbridos formados procedentes de estas cruces. Con base a lo anterior el objetivo de la presente investigación fue: seleccionar híbridos para para resistencia a moniliasis, rendimiento y calidad organoléptica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Selección de híbridos F1.** En la actualidad se cuenta con 450 híbridos formados procedentes de nueve cruces. De estos nueve cruces fueron seleccionados 20 genotipos (Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x INI C-2, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak) y con uno hasta seis arboles por cruce (Cuadro 1), donde cada árbol es diferente genéticamente entre si por ser producto de una polinización (Barrón *et al*; 2014).

**Cuadro 1. Cruces y número de árboles para la selección de individuos con base a resistencia a moniliasis y rendimiento.**

Cruce	Número de árboles seleccionados	Clave experimental de los árboles seleccionados
Olmeca x UF 273	6	CEH H-10
		CEH H-50
		CEH H-33
		CEH H-13
		CEH H-67
		CEH H-31
UF 273 x Olmeca	1	CEH H-28
PA 169 x Olmeca	1	CEH H-55
Chak x PA 169	2	CEH H-431
		CEH H-509
Olmeca X PA 169	3	CEH H-271
		CEH H-275
		CEH H-267
PA 169 X INI C-2	2	CEH H-70
		CEH H-262
PA 169 X UF 273	3	CEH H-443
		CEH H-544
		CEH H-524
Chak x UF 273	1	CEH H-518
PA 169 x Chak	1	CEH H-439





Estos árboles fueron seleccionados previamente con base a su resistencia a moniliasis mostrada bajo condiciones de campo. Para la caracterización de genotipos de cacao se utilizó el manual de la unión internacional para la protección de nuevas variedades de plantas (2011), así como los descriptores propuestos por Engels *et al.*, 1980; Phillips-Mora *et al.*; 2012 y Avendaño-Arrazate *et al.*; 2013. En este estudio, fueron caracterizados frutos, semillas y hojas.

Variables a medir:

a) Caracterización de frutos. Los frutos fueron caracterizados por: a) Color del fruto maduro, b) Forma del fruto maduro, c) Forma del ápice, d) Forma de la constricción basal, e) Rugosidad del mesocarpio, f) Dureza del mesocarpio, g) Peso de la mazorca (g), h) Longitud de la mazorca (cm) e i) Grosor de la mazorca (cm). Para la caracterización de frutos fueron considerados 50 frutos maduros por cada híbrido en estudio, los cuales se obtuvieron durante los años 2021 al 2022 para contar con una muestra representativa.

b) Caracterización de semillas. Para la caracterización de las semillas, fueron utilizadas 100 semillas secas de cada variedad, donde se registro el peso fresco y seco con testa y sin testa. Adicionalmente se realizaron cortes transversales a cada una para definir su forma. Fueron registrados los siguientes datos cuantitativos: a) Peso fresco de las semillas/fruto (g), b), Número de semillas por fruto, c) Color Cotiledón d) Forma, e) Longitud (cm), f) diámetro (cm) g), Espesor (cm) h), Peso de testa (g), i) Peso seco de la semilla sin testa, e) Índice de mazorca.

c) Caracterización de hojas. En cuanto a la caracterización de la hoja, estos fueron caracterizados con base: a) Color de los botones jóvenes, b) Forma de la hoja, c) Forma de la base, d) Ancho de la hoja (mm), e) Longitud de la hoja (mm), f) Longitud del peciolo (mm), g) longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja (BPA). La muestra utilizada fue de 50 hojas por cada genotipo. Las variables medidas fueron analizadas con base a porcentaje, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.5$ ) usando el programa FEUANAL (1985).

d) Índice de mazorca (IM). El índice de mazorca fue obtenido de acuerdo con  $IM = [1000 / \text{Peso semillas (g)}] \times 0,4$  de acuerdo con Enríquez (1985).

e) Estimación de rendimiento (ER). La estimación del rendimiento fue de acuerdo con  $ER = \text{Número de frutos cosechados por año} \times \text{peso seco del grano} / 1000 \times \text{número de árboles por ha}$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Caracterización de frutos.** a) Color de frutos. Fueron observados tres colores de frutos maduros en este grupo de árboles. El color rojo se presentó en un 10% de los frutos maduros correspondiendo a los cruces Olmeca x UF 273 y PA 189 x UF 273 así como el color naranja en un 10% correspondiendo a los cruces de Olmeca x PA 169 y PA 169 x Chak. El 80% de frutos maduros con coloración amarilla correspondió a las demás cruces (Figura 1a). b) Forma del fruto. Fueron determinadas tres formas del fruto: Angoleta (20%) Criollo (25%) y amelonado en un mayor porcentaje (55%) como se muestra en la Figura 1b. c) En cuanto a la forma del ápice, fueron encontrados siete tipos diferentes: redondeado, dentado, caudado, atenuado, agudo, obtuso y mamilado. El de mayor proporción fue el mamilado (30%) y el redondeado con solamente el 10% (Figura 1c). d) Dureza del mesocarpio. En cuanto a la dureza del mesocarpio fue clasificada en todos los individuos de los cruces como dura. e) La constricción basal fue intermedia en un 60% de los individuos en estudio, suave y fuerte se encontró en un 20% respectivamente. f) en cuanto a la rugosidad del fruto, se encontraron tres, destacando la rugosidad intermedia en un 60%, fuerte y suave en un 20% respectivamente (Figura 1d).

**g) Peso fresco del fruto.** Los resultados mostraron que los individuos con clave CEHUI-33 y CEHUI-50 correspondiente al cruce Olmeca x UF 273 así como el individuo CEHUI 431 proveniente del cruce Chak x PA 169 fueron superiores estadísticamente al resto de tratamientos con medias de 518 g, 476 g y 472 g respectivamente. Los híbridos con menor valor fueron el individuo CEHUI-518 del cruce Chak x UF 273 y CEHUI 509 correspondiente al cruce PA 169 x Chak (Figura 2).



**h) Longitud del fruto.** En cuanto a la longitud del fruto, los individuos CEH H-67, CEH H-262 y CEH H-271 fueron superiores estadísticamente al resto de individuos en evaluación con 18.83 cm, 18.82 cm y 18.64 cm respectivamente, mientras que los individuos con menor longitud fueron: CEH H-55, CEH H-267 y CEH H-443 con 12.16 cm (Figura 3).

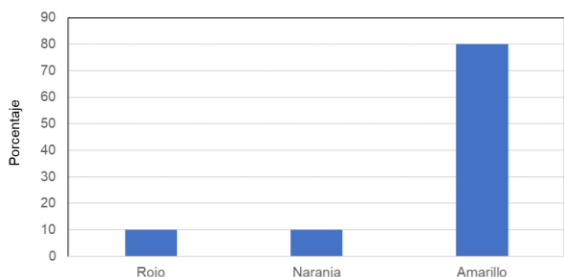


Figura 1A. Porcentaje registrado del color de los frutos al madurar en nueve cruces de cacao: Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x Carmelo, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak. Los porcentajes corresponden a 20 individuos en total y con uno a seis individuos por cruce.

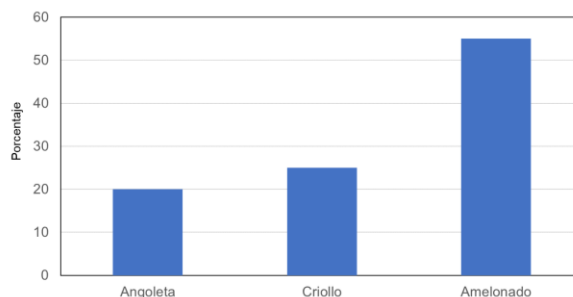


Figura 1B. Porcentaje registrado de la forma del fruto en nueve cruces de cacao: Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x Carmelo, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak. Los porcentajes corresponden a 20 individuos en total y con uno a seis individuos por cruce.

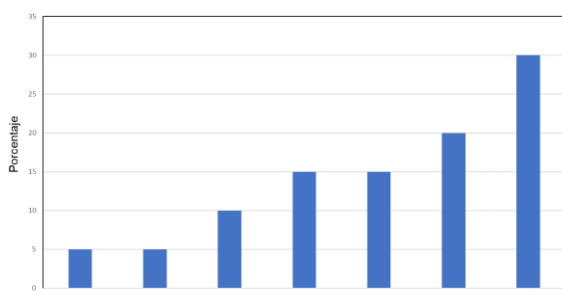


Figura 1C. Forma del ápice del fruto en nueve cruces de cacao: Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x Carmelo, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak. Los porcentajes corresponden a 20 individuos en total y con uno a seis individuos por cruce.

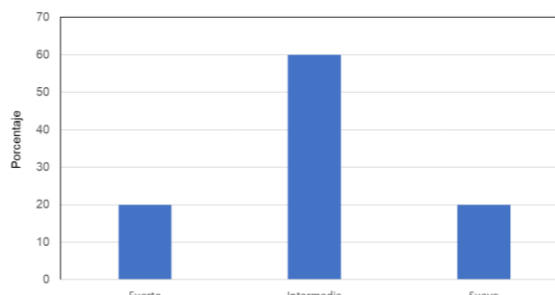


Figura 1D. Rugosidad del fruto en nueve cruces de cacao: Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x Carmelo, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak. Los porcentajes corresponden a 20 individuos en total y con uno a seis individuos por cruce.

69, ras

Figura 1. Porcentaje mostrado en el color del fruto maduro (1A), forma del fruto (1B), forma del ápice del fruto (1C) y rugosidad del fruto (1 D) en nueve cruces de cacao: Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x Carmelo, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak. Los porcentajes corresponden a 20 individuos en total y con uno a seis individuos por cruce.

### Caracterización de la semilla

a) Peso fresco de las semillas/fruto (g). Los híbridos CEH H-55, 70, 271, fueron estadísticamente superiores con 149.66 g, 148.69 g, y 136.3 g respectivamente, al resto de híbridos y con menor peso fresco fue CEHUI T-544 con 58.58 g (Cuadro 3).

b) Número de semillas. En cuanto al número de semillas, los híbridos CEHUI T – 70 y 50 fueron superiores estadísticamente al resto de híbridos con una media de 44.5 semillas y 44.25 semillas respectivamente, mientras que el híbrido CEHUI T -518 presentó el menor número de semillas con 31 por fruto (Cuadro 3).

c) Color del cotiledón. El color morado del cotiledón se presentó en un 75% de los híbridos mientras que los colores violeta y crema se presentaron en un 10%. El híbrido CEH H - 267 presentó color morado oscuro, el cual representó el 5% (Cuadro 3).



Forma del cotiledón. La forma del cotiledón de forma ovada fue del 65% y 15% para la forma irregular y elíptica. Solamente un 5% correspondió a la forma oblonga (Cuadro 3).

d) Longitud de la semilla. Los resultados mostraron que los genotipos CEH H-55 y 50 fueron superiores estadísticamente al resto de híbridos en evaluación con 2.75 cm y 2.31 cm respectivamente, mientras que los híbridos CEH H-67, 544, y 262 presentaron las medias mas bajas con 1.5, 1.44, y 1.42 cm e) respectivamente (Cuadro 3).

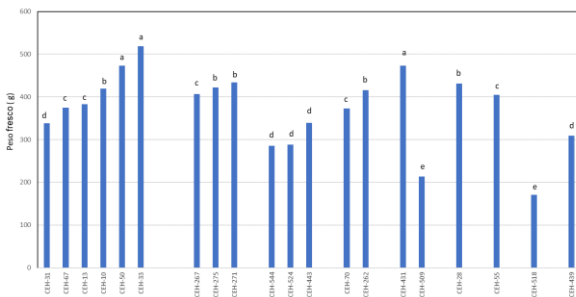


Figura 2. Peso fresco del fruto en nueve cruces de cacao: Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x Carmelo, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak. Los valores medios corresponden a 20 individuos en total y con uno a seis individuos por cruce (Cuadro 1), valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05; n= 30 frutos.

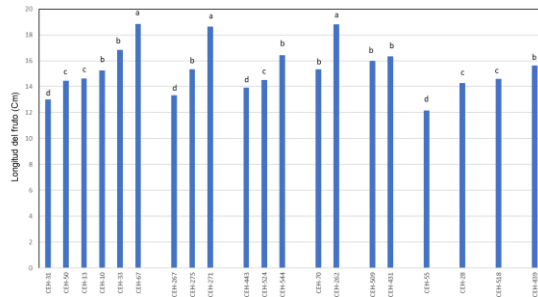


Figura 3. Longitud del fruto en nueve cruces de cacao: Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x Carmelo, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak. Los valores medios corresponden a 20 individuos en total y con uno a seis individuos por cruce (Cuadro 1), valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05; n= 30 frutos.

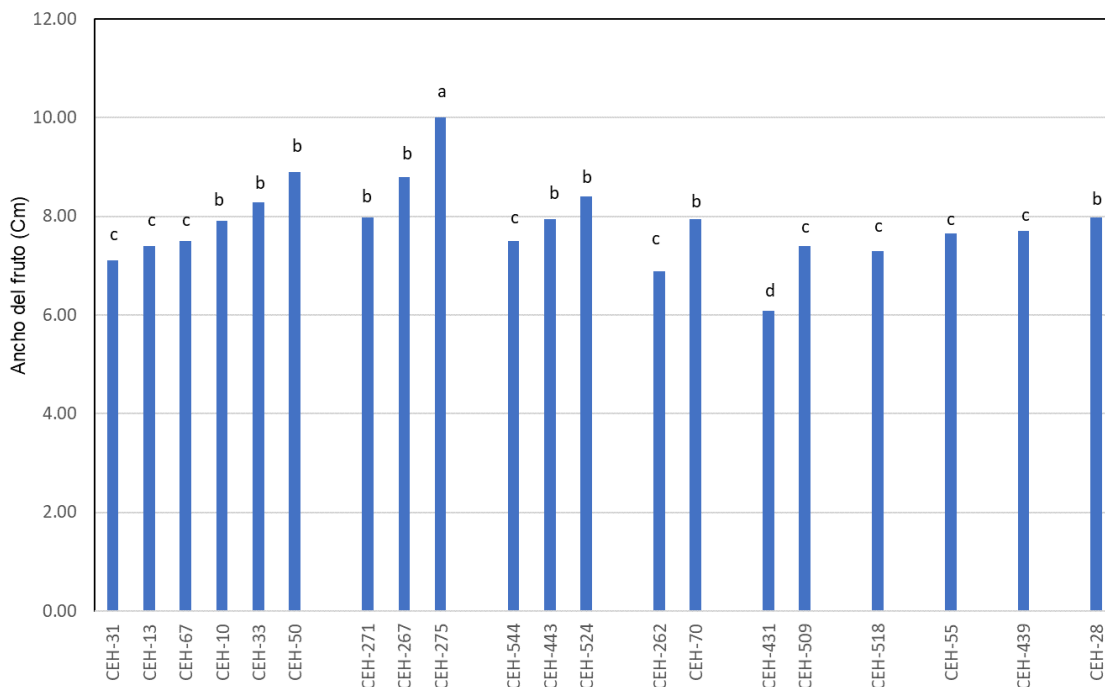


Figura 4. Ancho del fruto en nueve cruces de cacao: Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x Carmelo, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak. Los valores medios corresponden a 20 individuos en total y con uno a seis individuos por cruce (Cuadro 1), valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05; n= 30 frutos.

f) Diámetro de la semilla. Los híbridos CEH H-55 y 50 fueron superiores estadísticamente al resto de híbridos en evaluación con 1.62 y 1.05 cm, mientras que los híbridos CEH H-67, 544, 31, y 262 presentaron las medias mas bajas con 0.45, 0.52, 0.54 y 0.6 cm respectivamente (Cuadro 3).  
 g) Espesor de la semilla. El híbrido con mayor espesor de la semilla y superior estadísticamente al resto de híbridos en evaluación fue el CEH H-55 con 0.87 cm, mientras que los híbridos con menor espesor de la semilla fueron: CEH H-31, CEH H-0.3, CEH H-10 con 0.1, 0.3 y 0.4 cm.



h) Peso seco de la semilla con testa y sin testa. El híbrido CEH H-55 fue superior estadísticamente al resto de los híbridos evaluados, con 4.4 g de peso seco con testa, mientras que los híbridos CEH H-31, 544 y 518 presentaron los menores pesos secos de la semilla con 1.79 g, 1.79 g y 1.91 g respectivamente. En cuanto al peso seco sin testa se encontraron cuatro híbridos estadísticamente superiores al resto de híbridos en evaluación, destacando dentro de este grupo: el híbrido CEH H-55, 33, 271 y 267 con pesos secos sin testa de 2.21 g a 2 g respectivamente (Figura 6).

Cuadro 3. Caracterización de la semilla en veinte genotipos de cacao híbridos, n=100 semillas (los valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

Genotipo	Peso fresco de las semillas/fruto (g)	Número de semillas por fruto	Color Cotiledón	Forma	Longitud (cm)	diámetro (cm)	Espesor (cm)
CEH H-67	82.81 d	35.33 c	Morado	Ovalada	1.50 d	0.45 d	0.35 c
CEH H-544	58.58 e	33.53 d	Morado	Oblonga	1.42 d	0.52 d	0.34 c
CEH H-518	75.83 d	31.02 d	Morado	Ovalado	1.65 c	0.71 c	0.41 b
CEH H-439	86.55 d	35.02 c	Morado	Irregular	1.76 c	0.83 c	0.46 b
CEH H-524	73.29 d	32.43 d	Crema	Irregular	1.83 c	0.78 c	0.49 b
CEH H-509	93.55 d	32.63 d	Crema	Irregular	1.93 c	0.88 c	0.47 b
CEH H-10	106.43 c	39.42 b	Morado	Ovalada	2.03 b	0.86 c	0.40 d
CEH H-28	94.06 d	36.00 c	Morado	Ovalada	2.10 b	1.10 b	0.36 b
CEH H-55	149.66 a	39.00 b	Morado	Ovalada	2.75 a	1.62 a	0.87 a
CEH H-431	82.06 d	34.50 c	Morado	Ovalada	2.00 b	1.05 b	0.71 b
CEH H-50	122.21 b	44.25 a	Morado	Ovalada	2.31 a	1.39 a	0.48 b
CEH H-271	136.13 a	39.33 b	Violeta	Ovalada	1.91 c	0.78 c	0.3 d
CEH H-70	148.69 a	44.50 a	Morado	Elíptica	2.43 a	1.25 b	0.9 b
CEH H-275	129.02 b	36.46 c	Morado	Ovalada	2.02 b	0.90 c	0.39 c
CEH H-33	110.58 c	38.33 b	Morado	Ovalada	2.15 b	0.88 c	0.43 b
CEH H-13	95.59 d	39.50 b	Morado	Ovalada	1.97 c	0.89 c	0.38 c
CEH H-267	111.15 c	31.85 d	Morado obscuro	Ovalada	1.84 c	0.72 c	0.42 b
CEH H-31	91.54 d	33.20 c	Morado	Ovalada	1.72 c	0.54 d	0.10 d
CEH H-443	85.91 d	31.30 d	Morado	Eliptica	2.32 a	1.27 b	0.79 b
CEH H-262	93.76 d	34.37 c	Violeta	Eliptica	1.44 d	0.60 d	0.34 c

**Caracterización de las hojas.** El color rosado de los botones foliares predominó en un 40%, el color café en un 35%, amarillo en un 20% y rojo en un 5%. En todos los híbridos evaluados, la forma de la hoja fue elíptica en un 100%. Sin embargo, hubo diferencias en la forma de la base, destacando la base redonda en un 50%, obtusa y aguda en un 25% respectivamente. En cuanto a la longitud de la hoja, se encontró un grupo de tres híbridos superiores estadísticamente superiores en comparación al resto de los híbridos en evaluación, estos fueron: CEH H – 33, CEH H – 13, y CEH H – 267 con 35.1, 38.64, y 41.8 cm, contra 26.6 cm del híbrido CEH H – 271 el cual presentó la menor longitud de hoja. En cuanto a la longitud del peciolo, se encontró un grupo de 14 híbridos que son superiores estadísticamente al grupo de híbridos en evaluación y seis híbridos que se agruparon en un segundo grupo. La longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja (BPA), solamente el genotipo CEH H – 267 fue superior estadísticamente al grupo de híbridos en evaluación, con 26.04 cm, mientras que el híbrido CEHUI T – 67 presentó la media más baja con 14 cm.



**Selección potencial de nuevos híbridos.** En el Cuadro 4 se presenta la Selección de cinco genotipos con base a indicadores de rendimiento. Cabe indicar que el índice de cosecha fue superior estadísticamente con los genotipos CEH H – 55 (PA 169 x INI 1), CEH H – 33 (INI 1 X UF 273) con 11.7, y 12.14 respectivamente. En cuanto al número de semillas, los híbridos CEH H – 55 (PA 169 x INI 1), y CEH H – 271 (INI 1 X PA 169) fueron estadísticamente superiores a los demás genotipos con 39.33, y 39.0 semillas respectivamente en comparación al testigo Chak, el cual presentó 38 semillas. El híbrido con menor peso de grano seco sin testa fue el CEH H – 262 (PA 169 X INI C2) con 1.63 g (Cuadro 4 y Figura 7). Los gramos de semilla seca/fruto, los híbridos CEH H – 55 – 33 (INI 1 X UF 273) fueron estadísticamente superiores con respecto a los demás híbridos en evaluación con valores de 86, y 82.4 g/ fruto (Cuadro 4). Con base a las estimaciones de rendimiento, podemos observar que los híbridos CEH H – 55 (PA 169 x INI 1) y CEH H – 33 (INI 1 X UF 273), tienen una estimación del rendimiento de 1.91 y 1.84 ton/ha, superando al testigo chak en un 19%, genotipo que es cultivado por muchos productores.

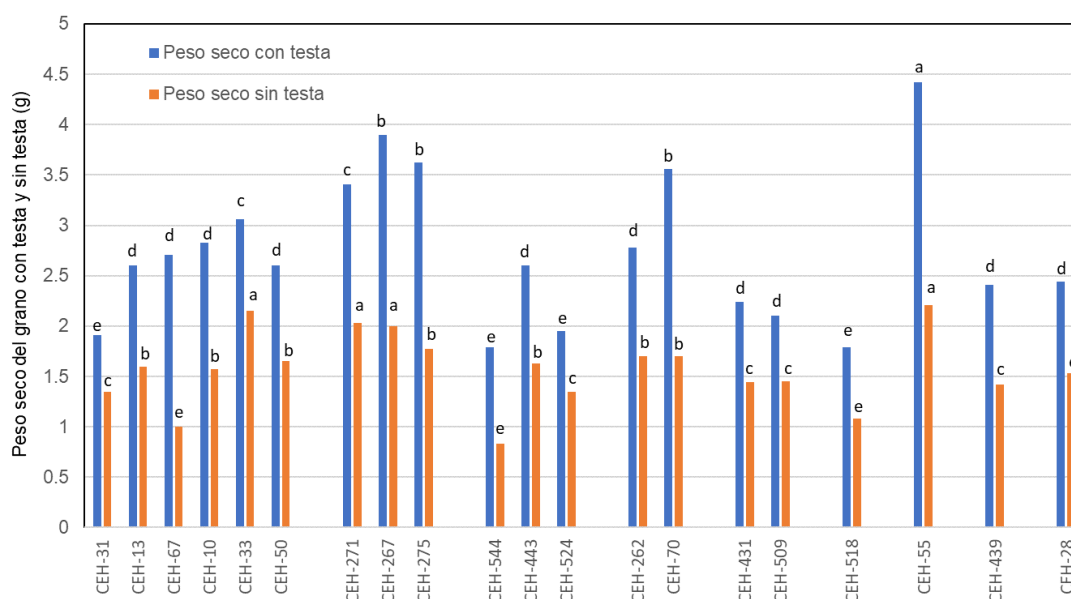


Figura 6. Peso seco de la semilla con testa y sin testa en nueve cruces de cacao: Olmeca x UF 273, UF 273 x Olmeca, PA 169 x Olmeca, Chak x PA 169, Olmeca x PA 169, PA 169 x Carmelo, PA 169 x UF 273, Chak x UF 273, PA 169 x Chak. Los valores medios corresponden a 20 individuos en total y con uno a seis individuos por cruce (Cuadro 1), valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05; n= 100 semillas secas.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, fue posible caracterizar 20 genotipos desde el punto de vista morfológico del fruto, para seleccionar genotipos por rendimiento, calidad de grano y resistencia a enfermedades. Los resultados han permitido seleccionar cinco genotipos con alto índice de mazorca, destacando el genotipo CEH H – 55 (PA 169 x INI 1), CEH H – 33 (INI 1 X UF 273), CEH H – 271 (INI 1 X PA 169), CEH H – 262 (PA 169 X INI C2), y CEH H – 443 (PA 169 X UF 273) con 11.7, 12.14, 13, 17.13 y 19.6 respectivamente. Cabe indicar que los genotipos CEH H – 55 (PA 169 x INI 1), CEH H – 33 (INI 1 X UF 273), CEH H – 271 (INI 1 X PA 169), superan al genotipo Chak (Testigo), el cual es considerado como uno de los mejores genotipos de cacao que se cultiva en Tabasco. Se recomienda clonar por injerto a estos genotipos para validarlos con productores cooperantes.



Cuadro 4. Selección de cinco genotipos y estimaciones de rendimiento con base a indicadores de rendimiento (los valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05)).

Genotipo	índice de mazorca	Número de semillas/fruto	Peso de grano seco sin testa	Gramos de semilla seca/fruto	Estimación de rendimiento (Ton/Ha considerado 20 mazorcas/planta y 1,111 plantas/ha)
CEH H – 55 (PA 169 x INI 1)	11.7 a	39 a	2.21 a	86 a	1.910 a
CEH H – 33 (INI 1 X UF 273)	12.14 a	38.33 b	2.15 a	82.4 a	1.84 a
CEH H – 271 (INI 1 X PA 169)	13 b	39.33 a	2.03 a	76.66 b	1.703 b
Chak (Testigo)	13.85 b	38 a	1.9 b	72.2 b	1.604 b
CEH H – 262 (PA 169 X INI C2)	17.13 c	34.37 b	1.7 b	58.4 c	1.297 c
CEH H – 443 (PA 169 X UF 273)	19.6 c	31.3 b	1.63 c	51 c	1.13 c

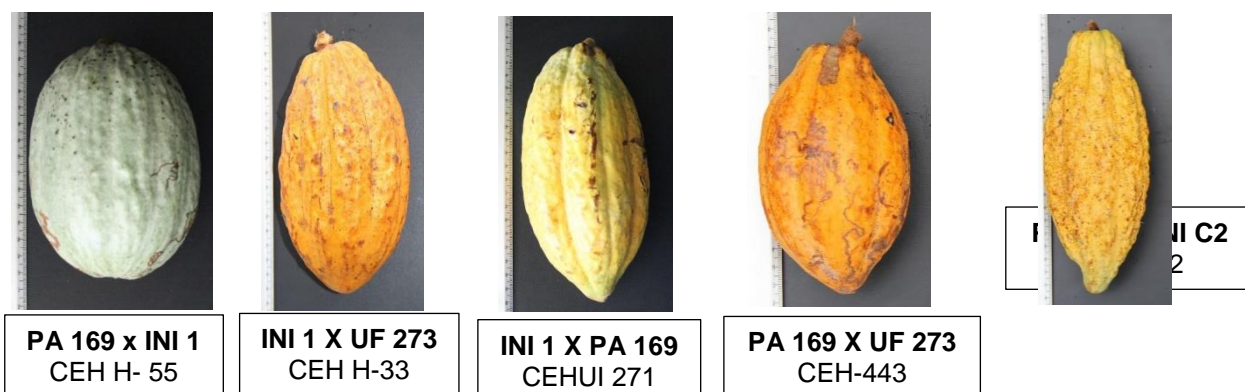


Figura 7. Selección de híbridos para rendimiento y resistencia a enfermedades.

#### LITERATURA CITADA

- Alarcón, E; González, LG; & Jurgen, C. 1998. Situación institucional de los recursos fitogenéticos en América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)/Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. San José, CR. Serie documentos de discusión sobre agricultura sostenible y recursos naturales, no. 6.
- Azpeitia Morales, A., Gasca González, H. A., & Villordo Pineda, E. (2017). Relaciones de parentesco en híbrido F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) por marcadores moleculares. *Acta universitaria*, 27(6), 66-77.
- Azpeitia, Morales A., Barrón, García Y. P., Mirafuentes Hernández. A. P. A., Castillo González R., & López Andrade F. 2011. Tecnología adaptada para la formación de híbridos interclonales de cacao en Tabasco. XXII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco. 266-270 p.
- Azpeitia, Morales A., López Andrade P. A., Mirafuentes Hernández F. 2008. Comportamiento de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) resistentes a “moniliasis” en el estado de Tabasco, México. Memoria de la 3ra. Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Mérida, Yucatán 2008. 182 p.
- Azpeitia, Morales A., Mirafuentes Hernández F., López Andrade P. A. y Castillo, G. R. 2009. Evaluación de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) resistentes a “moniliasis” en el estado de Tabasco, México. Memoria del PCCMCA. Campeche, México. 128 p.
- Barrón García Y. P., Azpeitia Morales A., López Andrade P. A. y Mirafuentes Hernández F. 2014. Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 765-777.





- Barrón, García Y. P., Azpeitia Morales A., Mirafuentes Hernández F., Castillo González R., y López Andrade P. A. 2011. Producción de híbridos interclonales de cacao para resistencia a "moniliasis". XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco. 263- 266.
- Bartley, B.G, 2005. The genetic diversity of cacao and its utilization. CABI Publishing. United Kingdom. 341 p.
- Butler, D., P. Umaharan, 2004. Working with cocoa germplasm. In Flood, J; Murphy, R. eds. cocoa futures; a source book of some important issues facing the cocoa industry. Chinchiná Colombia, Cabi Federa café, US. p. 55 - 64.
- Chacón de Ramírez I., C. Ramis y C. Gómez (2011) Descripción morfológica de frutos y semillas del cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del Lago de Maracaibo. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 28:1-13.
- Córdova Téllez L., Vásquez Navarrete V. M., y Rosario Reyes R. J. 2019. Gaceta oficial de los Derechos de Obtentor de Variedades Vegetales. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 111 p.
- Debouck, D. Ebert A. Peralta, Barandiarán E., M. A. y Ramírez, M. 2008. La importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal en los programas de investigación agrícola en América Latina. Recursos Naturales y Ambiente. 53, 46-53.
- Doyle, J.J. and Doyle J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities
- End, M., R. Wasdworth., P. Hadley, 1992. International cocoa germplasm databases. Departments of botany and horticulture, University of Reading, United Kingdom. 355 p.
- Enríquez, G. A. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza No 22, 240 p.
- López-Báez, O. 1995. Características del fruto del germoplasma de cacao, *Theobroma cacao* L., seleccionado en Rosario Izapa, Chiapas. Agricultura Técnica en México. 21 (2): 127-137.
- Moore, P.H., R. Ming., D.P. Delmer, 2008. Genomics of Tropical Crop Plants. Volume 1, New York, U.S.A.581p.
- Ortiz O., María T., López Báez, O., Leon Pineda, I., López de la Cruz H. 1998. Vigor del crecimiento inicial y segregación del híbrido interclonal de cacao Pund 7 x Rim76A en Rosario Izapa, Chiapas. 1998. Memorias de la XI reunión científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria, Villahermosa, Tab.
- Phillips-Mora, W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity, and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Thesis (Ph.D.) The University of Reading. Reino Unido, 349 p.
- Phillips-Mora, W. Arciniegas-Leal, y Mata-Quirós A. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Costa Rica: CATIE. 70 p.
- Phillips-Mora, W., 2009. Overcoming the main limiting factors of cacao production in Central America through the use of improved clones developed at CATIE. COPAL meeting. Bali, Indonesia. 1-6 p.
- Phillips-Mora, W., Aime, M.C; Wilkinson, M.J. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in Tropical America. Plant Pathology, 56: 911-922.
- Phillips-Mora, W., Coutiño A., Ortiz G.F. López A.P., Hernandez J. y Aime M.C. 2006. First report of *Moniliophththora roreri* causing frosty pod rot ("moniliasis" disease) of cocoa in México. Plant Pathology, 55: 584.
- Ramirez-Guillermo, Miguel Á. et al. Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de plantaciones en Tabasco, México. *Rev. fitotec. mex* [online]. 2018, vol.41, n.2 [citado 2021-12-07], pp.117-125. Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802018000200117&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802018000200117&lng=es&nrm=iso)>. Epub 25-Sep-2020. ISSN 0187-7380. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.117-125>.
- Ramírez-Guillermo, Miguel Ángel, López-Andrade P. A. 2012. Reacción de dos clones "CONADECA" de cacao (*Theobroma cacao* L.) inoculados artificialmente con *Moniliophthora roreri* causal de



- la moniliasis del cacao. I Simposium internacional en producción agroalimentaria y XXIV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2012, 18 y 19 de octubre Cárdenas, Tabasco.
- Sánchez, I., L. Zárate., G. Gallego., J. Tohme, 2007. Análisis de la diversidad genética de accesiones de *Theobroma cacao* L. del banco de conservación a cargo de Corpoica. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 8(2): 26-31.
- SIAP. (31 de Julio de 2022). SAGARPA. Obtenido de [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- Somarriva, Chávez E.; Cerda Bustillos, R.; Astorga Domian, C.; Quesada Chaverri, F.; Vásquez Morera, N. 2010. Reproducción sexual del cacao. Costa Rica: CATIE. 48 p.
- Sousa-Silva, C.R., G. Venturieri., A. Figueira, 2004. Description of Amazonian *Theobroma* L. collections, species identification, and characterization of interspecific hybrids. Acta Botánica Brasileña 18(2): 333-341.
- Suárez, C. C. 1982. El problema de la moniliasis y su combate en el Ecuador. In: Enríquez, G. A. Ed. La moniliasis de cacao. CATIE, Serie Técnica. pp. 70-78.
- UPOV (International union for the protection of new varieties of plants). 2011. Cacao UPOV Code: THEOB\_CAC *Theobroma cacao* L. 29 p.



## ANÁLISIS DE FERTILIDAD EDÁFICA Y NUTRICIÓN EN TRES SUELOS CULTIVADOS CON CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO

### ANALYSIS OF SOIL FERTILITY AND NUTRITION IN THREE SOILS CULTIVATED WITH COCOA (*THEOBROMA CACAO* L.) IN LA CHONTALPA, TABASCO, MEXICO

Francisco-Santiago SP<sup>1</sup>, \*Castillo-Arias EA<sup>1</sup>, Palma-López DJ<sup>1</sup>, Sánchez-Hernández R<sup>2</sup>, Palma-Cancino DJ<sup>3</sup>, Obrador-Olán JJ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina km 3, Carretera Federal Cárdenas-Huimanguillo, C. P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias, Carretera Villahermosa -Teapa km 25+2 Ranchería la Huasteca 2da sección, C. P. 86298 Villahermosa, Tabasco, México

<sup>3</sup>Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, C. P. 24450. Sihochac, Champotón, Campeche, México

\*Autor por correspondencia: [angelesarias01@gmail.com](mailto:angelesarias01@gmail.com)

#### RESUMEN

La importancia del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el sur de México es reconocida a nivel mundial, donde se cultiva y aprovecha desde tiempos prehispánicos. Es también conocido, que actualmente las plantaciones de cacaoe pueden presentar baja productividad debido a limitantes edáficas y de nutrición. El objetivo de este trabajo consistió en diagnosticar la fertilidad edáfica y contenido nutrimental de las plantaciones de cacao, en los principales grupos de suelos cultivados en La Chontalpa, principal zona productora cacaotera de Tabasco. Mediante análisis de imágenes satelitales, se seleccionaron y geoposicionaron los sitios de muestreos en suelos representativos del área de estudio. Se describieron calicatas para clasificar los suelos de las parcelas, y se colectaron muestras de suelos a las profundidades de 0-10, 10-30 y 30-50 cm, para determinar variables indicadoras de la fertilidad del suelo. En arboles productores se colectaron muestras foliares para determinar las concentraciones de macronutrientes. Los resultados sugieren que las plantaciones se cultivan sobre Vertisoles, Cambisoles y Fluvisoles, que no presentan restricciones en la mayoría de las propiedades edáficas. Sin embargo, debido a la baja relación C/N (<12) de los suelos, hay una disminución en los contenidos de MO y N, que se suman a un déficit de K, que provocan bajas concentraciones de ambos macronutrientes en el follaje de las plantas. Los resultados sugieren que las principales restricciones edáficas que afectan al cultivo del cacao en La Chontalpa son la rápida pérdida de MO, y el déficit de N y K en el suelo, provocando bajas concentraciones de ambos nutrientes en el follaje de los árboles.

**Palabras clave:** *agrosistema, edafología, materia orgánica, nutrición foliar, agricultura tropical.*

#### INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos comerciales de exportación más importantes en las regiones tropicales, donde México ocupa el decimotercer lugar de producción de cacao a nivel mundial Bai *et al.*, 2017. Los cacaotales (plantaciones de cacao) son considerados sistemas agroforestales (SAF-cacao) que contribuyen a la conservación de una cubierta arbórea formada por árboles de cacao y de sombra Salvador-Morales *et al.*, 2019, además de ser considerados uno los recursos agrícolas y culturales más importantes del trópico húmedo mexicano Díaz-José *et al.*, 2013.

El estado de Tabasco es el principal productor de cacao a nivel nacional, la cual se produce bajo un sistema de cultivo tradicional conservacionista, generando el 73% de la producción nacional de cacao De la Cruz-Landero *et al.*, 2015, es considerado el segundo cultivo más importante del estado, con 40,923 ha, distribuidos principalmente en la subregión de La Chontalpa, en los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Cunduacán SIAP, 2021. Debido a que Tabasco es el principal productor a nivel nacional de este recurso, resulta de importancia trascendental que se genere conocimiento sobre la fertilidad y

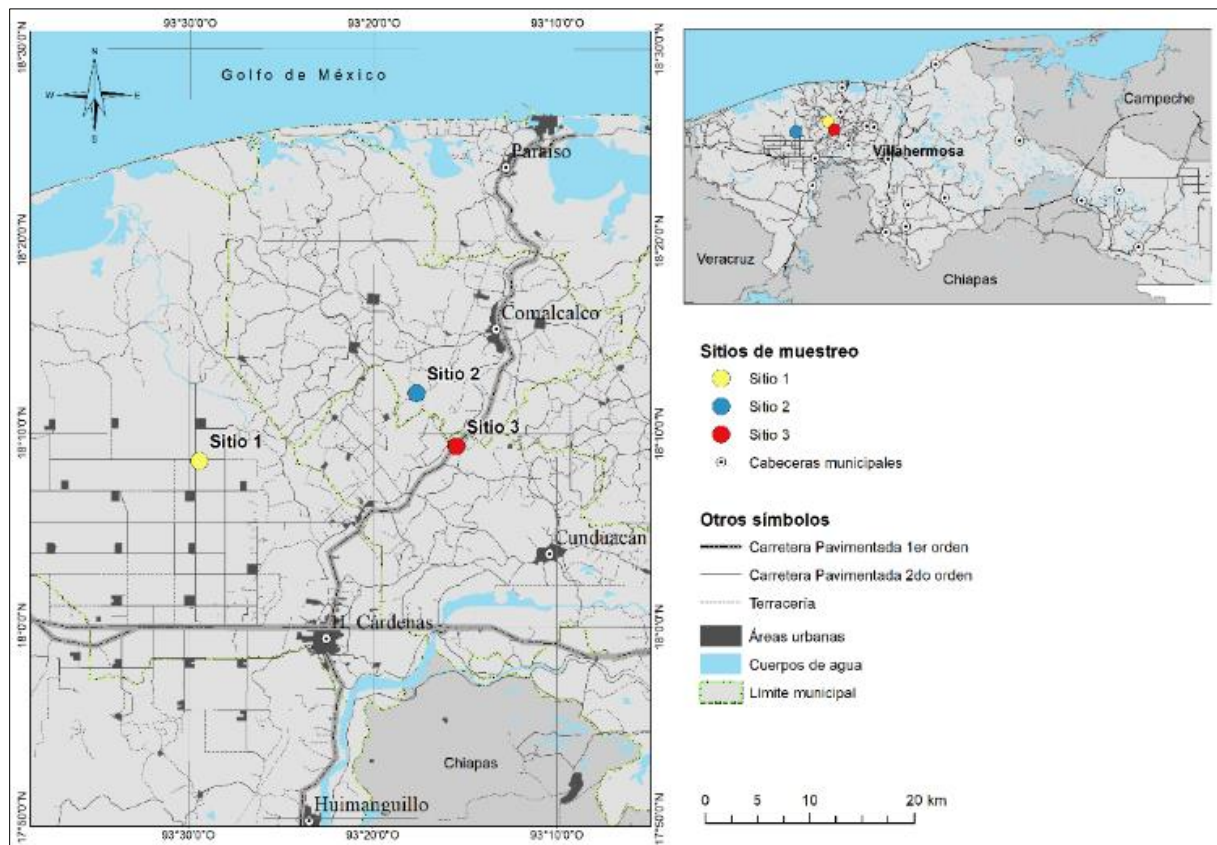


contenido nutrimental de las plantaciones de cacao establecidas, ya que por lo regular se interpreta y compara con resultados de investigaciones de otros agrosistemas en condiciones edafoclimáticas diferentes. Es por ello, que el objetivo del siguiente trabajo fue determinar la fertilidad edáfica y contenido nutrimental de las plantaciones de cacao en los tres principales grupos de suelos ubicados en La Chontalpa, Tabasco.

## MATERIALES Y MÉTODO

**Ubicación de los sitios de estudio y selección de los sitios de muestreo.** Los sitios de estudios se encuentran ubicados en los municipios de Cárdenas ubicado en las coordenadas 18°08'34.51" y 93°29'27.22", Comalcalco ubicado en las coordenadas 17°25'41.63" y 93°30'59.56" y Cunduacán ubicado en las coordenadas 18°09'21.17" y 93°15'29.02" (Figura 1). El clima predominante de la subregión es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, precipitación media anual de 2500 mm y una temperatura media anual de 26°C Pérez-Sosa y Granados-Ramírez, 2020.

Con base en la cartografía de suelos de Tabasco Palma-López *et al.* 2017, se identificaron los diferentes grupos de suelos ubicados en la subregión Chontalpa. Posteriormente se realizaron recorridos de campo, con el fin de seleccionar parcelas o sitios de estudios por grupo de suelo. Mediante barrenaciones de hasta 1.50 m de profundidad, se corroboró que las parcelas se ubicaran en unidades pedológicas diferentes. Después de confirmar lo anterior, en cada grupo de suelo se seleccionaron tres sitios de estudio, con los siguientes criterios: plantaciones de cacao Guayaquil, edad similar de 30 años, con una superficie mínima de 2 hectáreas y manejo agronómico sin fertilización y riego.



**Figura 1.** Localización de los sitios de estudio en la Chontalpa, Tabasco, México.

**Descripción taxonómica y caracterización de unidades pedológicas.** En cada sitio de estudio, se realizó una calicata de 1.50 m de profundidad y se describió. Posterior a su descripción en campo, en cada horizonte del perfil, se obtuvieron muestras de suelo, las cuales se les practicaron análisis físicos



y químicos de acuerdo con lo estipulado en la NOM-021-SEMARNAT-2000 DOF, 2002. A partir de la descripción de perfiles y de los resultados de los análisis físicos y químicos, se clasificaron en base a las reglas de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo IUSS Working Group WRB, 2015. Los análisis físicos y químicos se realizaron en el Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco dentro del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua (LASPA).

**Diagnostico nutrimental del suelo.** En cada sitio de estudio, se seleccionaron de manera aleatoria 20 árboles de cacao (unidad experimental) y con barrena holandesa se realizaron muestreos en los cuatro puntos cardinales de la zona de goteo de cada uno los árboles seleccionados. Se tomaron submuestras de suelos a tres profundidades: 0-10 cm, 10-30 cm y 30-50 cm; a partir de las submuestras se mezclaron para obtener muestras compuestas por profundidad y se les practicaron los siguientes análisis físicos y químicos: pH (potenciómetro, medido en relación suelo-agua 1:2), materia orgánica (MO; método de combustión húmeda de Walkley y Black); nitrógeno total (N; digestión en Microkjeldahl); fósforo asimilable (P; método Olsen); capacidad de intercambio catiónico (CIC; extracción en acetato de amonio pH 7) y bases intercambiables  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$  y  $\text{Na}^{+}$  (extracción en acetato de amonio pH 7 y lectura por absorción atómica) con base en lo establecido en la NOM-021-SEMARNAT-2000 DOF, 2002.

**Diagnostico nutrimental de tejidos foliares.** Para conocer el estado nutricional de los árboles de cada unidad experimental, se muestrearon 20 hojas del estrato medio de las copas, sin daños visibles (cinco por cada punto cardinal). La hoja seleccionada fue la numero cuatro (recientemente madura) obtenida contando desde la punta del ápice hacia adentro. Las hojas fueron almacenadas en bolsas de papel para posteriormente trasladarse al área de procesamiento de muestras del COLPOS Campus Tabasco, en donde las hojas se lavaron con agua destilada, se secaron al aire y se ingresaron a una estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante (72 h aproximadamente). Posteriormente, se molieron y tamizaron con un tamiz #20 malla de 1 mm. Los análisis realizados fueron N (método de Semimicro-Kjeldahl); P (colorimetría de luz visible con molibdato de amonio); potasio (K), calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Sodio (Na) por espectrofotometría de absorción atómica Álvarez-Sánchez & Marín-Campos 2011. Tanto los análisis de suelos como foliares se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos y Plantas del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

**Diseño y análisis estadísticos.** El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente al azar. Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianzas (ANOVA), tras obtener los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y Homocedasticidad (Levene), con una prueba de comparación de medias a posteriori de Tukey; todos con un nivel de significancia del  $p \leq 0.05$ , utilizando el software Statistica versión 7.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Diagnóstico de fertilidad edáfica y propiedades fisicoquímicas de los suelos.** De acuerdo a los estudios de clasificación de suelos realizados en esta investigación, los suelos cultivados con cacao en la subregión de La Chontalpa Tabasco, corresponden a los grupos Vertisol (VR), Cambisol (CM) y Fluvisol (FL), los cuales por su origen aluvial son aptos para el cultivo, ya que se tratan de suelos profundos, ricos en MO, con adecuados niveles en sus propiedades químicas, y con excepción de los VR, presentan texturas de medias a finas, adecuadas para el buen desarrollo de las plantas Palma-López *et al.*, 2017.

Una de las variables edáficas que son de particular interés para definir la fertilidad del suelo es la MO, se considera como una de las principales, dado que favorece la fertilidad física (densidad aparente, tasa de infiltración), química (suministro de nutrientes) y biológica del suelo (actividad microbiana) Cantú-Silva y Yáñez-Díaz, 2018. Como se puede observar en el Cuadro 1, en los suelos CM y FL, las mayores concentraciones de MO se encuentran en los primeros 10 cm de profundidad, a diferencia de los VR, los cuales presentan contenidos de MO similares dentro de una capa más profunda, que va desde la superficie hasta los 50 cm. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Brito-Vega *et al.* 2017, quienes señalan que los suelos cultivados con cacao, que son más arcillosos tienen mayor capacidad para proteger la MO. Otros estudios han señalado que, los suelos de los sistemas agroforestales de cacao en La Chontalpa, Tabasco, registran niveles de MO medios y altos de Nt, con valores de 2.12 y 0.18 % respectivamente entre 0-30 cm de profundidad, sin embargo, después de 30 cm, los niveles de





ambas variables bajan a 0.80 y 0.09 % de MO y Nt respectivamente, que los ubican como niveles bajos en ambos casos Pascual-Córdova *et al.* 2017. Esos niveles de MO bajos, pueden ser producto de una rápida descomposición de los residuos orgánicos que se integran al suelo a través de la hojarasca.

**Cuadro 1.** Relación C/N, y variables de fertilidad edáfica de los tres sitios de estudio con diferentes tipos de suelos, a tres profundidades en cacaotales dentro de La Chontalpa, Tabasco, México.

Sitios	Profundidad (cm)	Variables			Relación C/N
		MO (%)	CO (%)	Nt (%)	
VR	0-10	4.50±0.69a	2.61±0.40a	0.23±0.03a	11.26±0.98a
CM		4.57±0.79a	2.65±0.46a	0.23±0.03a	11.47±0.73a
FL		3.20±0.88b	1.86±0.51b	0.17±0.04b	10.65±0.76b
VR	10-30	2.81±0.58a	1.63±0.34a	0.16±0.03a	10.42±1.21a
CM		2.02±0.33b	1.17±0.19b	0.13±0.01b	9.21±0.90b
FL		1.66±0.67b	0.96±0.39bb	0.11±0.03b	8.53±2.36b
VR	30-50	1.60±0.44a	0.93±0.25a	0.10±0.04a	9.53±1.42a
CM		1.18±0.20b	0.69±0.12b	0.08±0.01b	8.52±0.99b
FL		0.87±0.27c	0.51±0.15c	0.06±0.02c	8.24±1.57b

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ )

Como se observa en el Cuadro 1, las variables MO, Nt y la relación C/N guardan una estrecha relación, esto se debe a que el N junto con el C, son los principales constituyentes de la MO. Como se puede apreciar en el Cuadro 1, el suelo VR presentó contenidos altos de N en sus tres profundidades, el CM alto para la primera y medios para las dos siguientes profundidades, mientras que en el FL es medio para la primera, y bajos para la segunda y tercera profundidad respectivamente DOF, 2002. Si se toma en cuenta, que la precipitación y la temperatura son factores climáticos que aceleran la velocidad de la descomposición, es de esperarse que en ambientes cálidos y húmedos como es el caso de La Chontalpa Tabasco, la cantidad de MO disminuya drásticamente Gallardo-Lancho, 2016, y con ello una liberación de N, que al paso del tiempo es lixiviado, debido a que el N orgánico se transforma en N amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) y nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ), que son las formas asimilables para las plantas, aunque muy móviles y fácilmente lixiviadas Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011.

Justo debido a que el N es un nutriente que se pierde rápidamente, independientemente de que los suelos puedan recibir aportes importantes de MO, el uso combinado con fertilizantes beneficia la nutrición de las plantaciones de cacao, ya que los fertilizantes ponen a disposición de forma rápida N inorgánico al suelo, incrementando la velocidad de descomposición de los materiales orgánicos Dogbatse *et al.*, 2021.

Otro indicador importante para definir los niveles de fertilidad edáfica es el pH. En el Cuadro 2, se puede observar que los pH son moderadamente ácidos en todos los suelos y profundidades Cuadro 2; DOF, 2002. El pH de los suelos tropicales suele ser una de las restricciones más importantes para la producción de los cultivos, no obstante, valores por encima de 5.5 suelen ser óptimos para el buen crecimiento y desarrollo del cacao Van Vliet, Maja & Kent, 2015. Solo el FL presentó diferencias estadísticas significativas entre profundidades, resaltando que la capa de 30-50 es ligeramente más ácida que las capas superficiales; sin embargo, en ningún caso, los valores de pH se pueden considerar como restrictivos para el cultivo de cacao.

En el caso del P, las deficiencias suelen ser comunes en los suelos agrícolas Li & Whelan, 2018. Sin embargo, los niveles detectados en esta investigación se consideran altos (DOF, 2002), probablemente debido a la relación beneficiosa que existe entre el cacao y los árboles de sombra, en donde el ciclo de nutrientes se ve mejorado por los aportes de la hojarasca Isaac, Timer & Quashie-Sam 2007. Se observa





que, en todos los sitios estudiados hubo una disminución del P conforme aumentó la profundidad (Cuadro 2). De manera general, la mayor concentración de P se ubica en la capa superficial de 0-10 cm, asociados probablemente a la liberación de iones  $\text{PO}_4^-$  producto de la mineralización de la MO, en particular, en los CM y FL que presentaron contenidos más altos. Cabe mencionar, que los valores de P obtenidos en esta investigación son más altos que los encontrados en otros estudios realizados en plantaciones de cacao en la zona de estudio, que fueron de  $8.15 \text{ mg kg}^{-1}$  en la superficie, y de  $5.35 \text{ mg kg}^{-1}$  Pascual-Córdova *et al.*, 2017.

**Cuadro 2. Propiedades químicas en tres diferentes unidades de suelo, a tres profundidades en plantaciones de cacao de La Chontalpa, Tabasco, México.**

Sitios	Profundidad (cm)	Variables						
		pH	P ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	CIC ( $\text{Cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ )
VR	0-10	6.26±0.2 3a	23.97±7.36b	20.01±1.9 7a	9.00±1.4 6a	0.85±0.1 6a	0.32±0.18 a	33.28±1.8 2a
CM		6.21±0.3 3a	46.02±32.89 a	17.83±3.2 7b	5.23±0.6 4b	0.40±0.1 0b	0.24±0.11 ab	26.81±3.2 0b
FL		6.24±0.4 4a	38.38±19.89 ab	12.16±2.8 3c	3.68±0.5 7c	0.75±0.2 2a	0.20±0.12 b	19.44±3.6 6c
VR	10-30	6.19±0.2 7a	18.58±7.37b	18.69±1.7 6a	9.16±1.2 4a	0.70±0.1 6a	0.32±0.17 a	32.14±1.6 9a
CM		6.02±0.3 7a	42.85±36.18 a	15.50±3.8 3b	4.41±0.6 2b	0.36±0.1 0b	0.25±0.10 ab	23.96±3.8 0b
FL		5.87±0.5 1a	34.62±27.55 ab	9.61±2.12 c	3.46±0.6 5c	0.62±0.2 1a	0.18±0.09 b	17.68±3.8 4c
VR	30-50	6.19±0.2 6a	15.64±6.53b	18.60±1.7 0a	9.61±1.3 3a	0.64±0.1 7a	0.36±0.19 a	31.79±1.8 4a
CM		6.23±0.5 0a	38.53±31.86 a	15.32±3.9 1b	4.56±0.5 9b	0.35±0.0 9c	0.29±0.11 ab	23.01±3.4 8b
FL		5.69±0.2 7b	21.66±18.58 ab	8.44±1.49 c	3.91±0.9 3b	0.48±0.1 9b	0.18±0.11 b	17.29±3.9 3c

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ )

Los contenidos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$ , presentaron diferencias significativas en todos los suelos (Cuadro 2). De manera general, el VR fue el que presentó mayor concentración de cationes intercambiables. Para el caso del  $\text{Ca}^{2+}$ , se observan diferencias significativas entre suelos y profundidades, el orden en que se presentaron las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  en los sitios estudiados fue, Vertisol>Cambisol>Fluvisol. De acuerdo con DOF 2002, en todas las profundidades se encontraron valores altos de  $\text{Ca}^{2+}$  con excepción de la profundidad de 30-50 cm del CM y FL que mostraron contenidos medios. El  $\text{Ca}^{2+}$  es un elemento que se encuentra comúnmente en concentraciones altas y medias en los suelos con plantaciones de cacao Pascual-Córdova *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2019, las razones pueden ser diversas, los suelos estudiados son aluviales de origen, con contenidos importantes de Ca y las otras bases de intercambio Palma-López *et al.*, 2017, además el  $\text{Ca}^{2+}$  es un nutriente que no se exporta en altas cantidades en el rendimiento de cacao.

La CIC de los tres estratos de profundidad se diferencian estadísticamente entre los sitios de estudio, observándose una disminución de los valores conforme el aumento de la profundidad. Para el suelo VR, los niveles de CIC fueron altos ( $>30 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ ) en todas las profundidades; para el CM, la primera profundidad se clasificó como alta y media para la segunda y tercera profundidad. En el FL las tres profundidades se clasificaron como medias Cuadro 2; DOF, 2002. El sistema agroforestal cacao favorece la acumulación de residuos, los cuales, al mineralizarse gradualmente favorecen el incremento



de la CIC, parámetro que se relaciona fuertemente con la retención de las bases de intercambio Salvador-Morales *et al.*, 2017.

**Diagnostico nutrimental de tejidos foliares.** Los resultados de los análisis foliares indican que en todos los suelos evaluados, los árboles presentan limitaciones en cuanto a los contenidos de N y K (Cuadro 3), ya que de acuerdo con Jones, Wolf & Mills 1991 los niveles óptimos de estos nutrientes foliares, son superiores a 2.5 y 2.2 %, para N y K respectivamente.

**Cuadro 3. Concentraciones de nutrientes en el follaje de árboles cultivados en suelos de la Chontalpa, Tabasco.**

Sitios	N	P	K	Ca	Mg	Na
	(%)					
VR	1.90±0.26a	0.24±0.01b	2.64±0.16a	1.02±0.19b	0.73±0.11a	0.11±0.01c
CM	1.72±0.13b	0.24±0.03b	1.20±0.19c	1.15±0.17a	0.67±0.06a	0.20±0.03ab
FL	1.74±0.13b	0.33±0.05a	1.43±0.15b	1.01±0.17b	0.45±0.06b	0.18±0.03b

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ )

Las razones por las cuales se observan estos déficits, es que ambos elementos son los que más requieren los árboles de cacao para producir Salgado-García *et al.* 2013, una situación que se combina con la susceptibilidad de que el N mineral, proveniente de la mineralización de la MO se lixivie, mientras que, en el caso del K, se trata del elemento que más se exporta a través de la cosecha, en particular a través de las acumulaciones de nutrientes que ocurren en la cascara de la baya o mazorca. En el caso de Tabasco, en la mayoría de los casos las plantaciones de cacao registran bajos rendimientos debido a que se trata de plantaciones longevas, bajos niveles de conocimiento técnico por parte de los productores, aunado a que la baja capacidad de reinversión en el sistema de producción impide que los productores apliquen programas de fertilización y fitosanitarios orientados a mejorar los rendimientos de cosecha Méndez-Sánchez *et al.* 2019.

## CONCLUSIÓN

El cultivo de cacao en La Chontalpa Tabasco se establece principalmente sobre suelos Vermisoles, Cambisoles y Fluvisoles, que generalmente no presentan restricciones edáficas para su desarrollo. Estos suelos presentan relaciones relativamente bajas de C/N hasta los 50 cm de profundidad, lo que conduce a una posible pérdida acelerada de MO y N, que hacen de este elemento junto con el K, los dos macronutrientes más limitantes para el desarrollo de las plantaciones. Dichos resultados se reflejan en los contenidos foliares de las plantas, ya que son estos mismos nutrientes, los que se presentan en concentraciones deficitarias. Por lo anterior, se sugiere planificar e implementar programas de abonamiento orgánico a partir de residuos de difícil degradación, con relaciones C/N entre 25-60, con la finalidad de restituir la MO que se mineraliza, así como suministrar fuentes fertilizantes orgánicas o minerales de N y K, para restaurar los déficits de estos elementos tanto en suelos como foliares.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Sánchez, M.E. & Marín-Campos, A. 2011. Manual de procedimientos analíticos para suelo y planta. Laboratorio de Química, Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 65p.
- Bai, S.H., Trueman, S.J., Nevenimo, T., Hannel, G., Bapiwai, P., Poienou, M. and Wallace, H.M. 2017. Effects of shade-tree species and spacing on soil and leaf nutrient concentrations in cocoa plantations at 8 years after establishment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 246: 134-143.
- Brito-Vega, H., Salaya-Domínguez, J.M., Gómez-Méndez, E., Gómez-Vázquez, A. & Antele-Gómez, J.B. 2018. Physico-chemical Properties of Soil and Pods (*Theobroma cacao* L.) in Cocoa Agroforestry Systems. *Journal of Agronomy*, 17(1): 48-55.



- Cantú-Silva, I. & Yáñez-Díaz, M.I. 2018. Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45): 122-151.
- Celaya-Michel, H. & Castellanos-Villegas, A.E. 2011. Mineralización del nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3): 343-356.
- De la Cruz-Landero, E., Córdova-Avalos, V., García-López, E., Bucio-Galindo, A. & Jaramillo-Villanueva, J.L. 2015. Manejo agronómico y caracterización socioeconómica del cacao en Comalcalco, Tabasco. *Foresta Veracruzana*, 17: 33-40.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. México, D. F., 31/12/2002. 61 p.
- Dogbatse, J. A., Arthur, A., Awudzi, G.K, Quaye, A.K., Konlan, S. & Amaning, A.A. 2021. Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Growth and Nutrient Uptake by Young Cacao (*Theobroma cacao* L.). *International Journal of Agronomy*, Volume 2021: 1-10.
- IUSS Working Group WRB. 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma.
- Gallardo-Lancho, J.F. 2016. La Materia orgánica del suelo: residuos orgánicos, humus, compostaje y captura de carbono. SiFyQA. Salamanca, España. 388 pp.
- Jones, B.J., Wolf, B. & Mills, H.A. 1991. Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Publishing, Inc. USA. 357 pp.
- Martínez, E., Fuentes, J.P. & Acevedo, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8: 68-96.
- Méndez-Sánchez, J.A., López-Hernández, E.S., López-Martínez, S. 2019. Deficiencia Productiva Del Sistema Cacao, A Causa De PEMEX: Percepción o Realidad. *Journal of Basic Sciences*, 5(15): 124-133.
- Palma-López, D. J., Jiménez-Ramírez, R., Zavala-Cruz, J., Bautista-Zuñiga, F, Gavi-Reyes, F. & Palma-Cancino, D.Y. 2017. Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. *Agroproductividad*, 10(12): 29-35.
- Pascual-Córdova, G., Obrador-Ólan, J.J., García-López, E., Carrillo-Ávila, E., Sánchez-Soto, S., Guerrero-Peña, A. & Ortiz-García, C.F. 2017. Evaluación del sistema agroforestal cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante indicadores de calidad de suelo en Tabasco, México. *Agroproductividad*, 10(12): 36-42.
- Pérez-Sosa E. & Granados-Ramírez, G.R. 2020. Posibles efectos del cambio climático en la región productora de cacao en Tabasco, México. *Revista de Investigación en Geografía*, 3: 39-67.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Castelán-Estrada, M., Lagunes-Espinoza, L.C. & Ortiz-Laurel, H. 2013. Manual para muestreos de suelos, platas y agua e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. 101 pp.
- Salvador-Morales, P., Sánchez-Hernández, R., Sánchez-Gómez, D., López-Noverola, U., Alejo-Santiago, G., Valdés-Velarde, E. & Gallardo-Lancho, J.F. 2017. Evolution of soil organic carbon during a chronosequence of transformation from cacao (*Theobroma cacao* L.) plantation to grassland. *Acta Agronómica*, 66(4): 525-530.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2023). Consulta en línea: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx). Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2023.
- Singh, K., Sanderson, T., Field, D., Fidelis C. & Yinil D. 2019. Soil security for developing and sustaining cocoa production in Papua New Guinea. *Geoderma Regional*, 17: e00212
- Van Vliet, J.A., Maja, S. & Ken, E.G. 2015. Mineral Nutrition of Cocoa. A Review. 57 pp. Wageningen University and Research Centre, Wageningen. 57 pp.



## EL SISTEMA AGROFORESTAL *Theobroma cacao* L. COMO FUENTE DE DIVERSIDAD VEGETAL

### THE AGROFORESTRY SYSTEM *Theobroma cacao* L. AS A SOURCE OF PLANT DIVERSITY

<sup>1</sup>Sumano-López, D.; <sup>1</sup>Ramírez-Guillermo MA, <sup>1</sup>Rodríguez-Cuevas M, <sup>2</sup>Perez-Flores J.

<sup>1</sup>INIFAP-CEHUI, Tabasco, km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.

\*Autor para correspondencia: [dante.sumano87@gmail.com](mailto:dante.sumano87@gmail.com)

#### RESUMEN

El sistema agroforestal cacao es parte del paisaje en los tropicos. La biodiversidad en este tipo de sistemas es alta y permite la interacción de especies mantenido un cierto grado de equilibrio natural. El objetivo fue conocer y cuantificar la diversidad intra-especifica e inter-especifica en el sistema agroforestal cacao. La investigación se realizó en tres plantaciones de 20-40 años de edad ubicadas en la región de la Chontalpa. Para la diversidad intra-especifica; se tomaron las siguientes variables: diámetro de copa, altura total, numero de frutos sanos, numero de frutos enfermos y numero de flores. Se caracterizaron morfológicamente frutos y semillas de acuerdo a los descriptores propuestos por Phillips et al., (2012) y Ramírez et al., (2018). Se realizó un análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) con el paquete estadístico SAS. Para la diversidad inter-especifica; en cada plantación se realizó un recorrido observando y anotando las especies vegetales presentes (riqueza) y cuantificando el número de plantas por especie (equidad). Con la información se calculó el índice de Riqueza Especifica de Menhinick (Menhinick 1964) y el índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver 1949). Los resultados obtenidos mostraron que existe variabilidad entre los árboles que se encuentran establecidos el cultivo de cacao de acuerdo a cada plantación. Se notó la diversidad de morfotipos de mazorcas en las plantaciones.

Entre mayor número de especies e individuo de la misma especie es mayor la riqueza y la diversidad, notándose para la plantación del Pob- C-26, índice de Riqueza = 1.98 y el índice de Diversidad= 6.462; para la plantación uno el índice de Riqueza = 0.95 y el índice de Diversidad= 3.65, a diferencia de la plantación dos de 3500 m<sup>2</sup>, el índice de Riqueza = 0.54 y el índice de Diversidad= 1.96 indicando riqueza baja y alta diversidad respectivamente.

**Palabras clave:** cacao, trópico, húmedo,

#### INTRODUCCIÓN

En Tabasco persiste una variada flora con alto valor comercial, que aporta numerosos bienes y servicios: productos artesanales, alimenticios, forrajes, medicinales, biocombustibles y la fijación de carbono atmosférico. Entre ellos el sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* L., debido a que es una planta umbrofila que permite la acumulación de materia orgánica en el suelo proporcionando nutrientes a la planta. De acuerdo con Elliot y Cole (1989) un agroecosistema puede entenderse como un ecosistema conformado por una comunidad biótica y un ambiente físico con el que esta comunidad interactúa. El cacao es un cultivo perenne que permite compartir el espacio físico con otras especies (Young, 1994; Rice y Greenberg, 2000; Ibarra y Estrada, 2001) en donde pueden ocupar diferentes estratos biológicos dentro del sistema agroforestal, este cultivo establecido bajo sombra permite el desarrollo de un sistema sostenible (Krishnamurthy y Ávila, 1999). Alonso (1986) recomienda establecer sombra permanente de preferencia plantas de leguminosas ya que ayudan a fijar nitrógeno en el suelo. Recorridos realizados en Tabasco en el año de 1887 por Roviroso (2006) encontró que el cacao se cultivaba junto a árboles de *Erythrina* spp. y *Robinia* spp., que le proporcionaban sombra, tales plantaciones se encontraban cerca de los ríos Tujilá, Michol, en San Diego. En Yucatán el cacao se plantaba cerca de fuentes de agua de rejollas o cenotes, para regar las plantas cuando fuera necesario, donde también plantaban árboles frutales, un sistema agroforestal (Gallareta, 2007; Gómez-Pompa y Kaus 1990). Durante la domesticación de la planta en lugares poco potenciales para su establecimiento se contemplaba un sistema de irrigación antiguo y la forma de establecimiento de la sombra, detallado en el código Azoyú



1 del siglo XVI, se nota una compuerta que controla el caudal de un río o de una presa, junto a éste hay planta de cacao y dos de palmeras, indicando posiblemente que esta obra hidráulica se hizo con el objetivo de controlar el riego (Jiménez, 1995). Actualmente los sistemas agroforestales, son formas de uso y manejo de los recursos naturales (Ferrera y Alarcón, 2001).

El árbol de cacao, es de origen neotropical de gran importancia, nativa de Sudamérica que se extendió en Centroamérica hasta el sur de México (Cuatrecasas 1964; Motamayor *et al.*, 2008). Los Olmecas consumieron el cacao desde hace casi 4000 años (1800-1000 a C.) (Powis *et al.*, 2011).

El ambiente agroforestal cacao alberga una notable biodiversidad (García 1983, Ramos R. 2001, Ramírez M. 2009). Esta diversidad es inter-específica e intra-específica. Intra-específica porque en una misma plantación de cacao pueden encontrarse varios morfotipos. El objetivo fue conocer y cuantificar la diversidad intra-específica e inter-específica en el sistema agroforestal cacao.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en tres plantaciones de cacao con una edad de 25 a 40 años aproximadamente; una de ellas con una superficie de dos hectáreas y otra de 3,500 m<sup>2</sup>, ubicado en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados campus Tabasco, kilómetro 21 de la carreta Cárdenas-La Venta y una en el poblado C-26 Gral. Pedro C. Colorado. La fisiografía corresponde a la llanura costera del golfo sur, con un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, temperatura de 24-28°C y precipitación de 2000 a 2500 mm (INEGI, 2010). Para la diversidad intra-específica; se tomaron las siguientes variables: diámetro de copa, altura total, número de frutos sanos, número de frutos enfermos y número de flores. Se caracterizaron morfológicamente frutos y semillas de acuerdo a los descriptores propuestos por Phillips *et al.* (2012) y Ramírez *et al.* (2018). Se realizó un análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) con el paquete estadístico SAS. Para la diversidad inter-específica; en cada plantación se realizó un recorrido observando y anotando las especies vegetales presentes (riqueza) y cuantificando el número de plantas por especie (equidad). Con la información se calculó el índice de Riqueza Específica de Menhinick (Menhinick 1964) y el índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver 1949).

El índice de Menhinick (1964) mide la riqueza de especies, de manera independiente al tamaño de la muestra. Relaciona el número total de especies (S) y el número total de individuos observados (n) que se incrementa con el tamaño de la muestra, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

El índice de la diversidad de Shannon-Wiener (H') se basa en la abundancia proporcional de las especies (Magurran 1989), de acuerdo a la ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^s (P_i \times \log_2 P_i)$$

Dónde: P<sub>i</sub> es la proporción del total de la muestra encontrada para la especie i y log es el logaritmo base 2, que también puede ser el logaritmo natural.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

Para la diversidad intra-específica se encontró lo siguiente: en relación al diámetro de la copa del árbol de cacao, de acuerdo al análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas entre plantaciones, representado en el análisis de medias (Fig. 1).

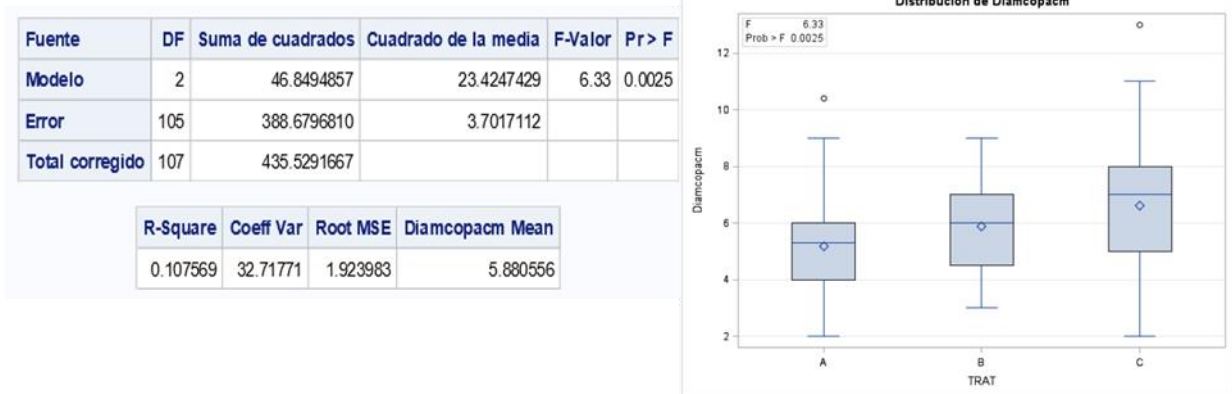


Figura 1. Análisis de varianza, distribución de los datos y pruebas de medias para la variable diámetro de copa.

En la prueba de medias se encontró diferencia entre plantaciones, donde la plantación 1 y 2 son estadísticamente iguales, pero diferentes a la plantación 3, indicando que el diámetro de copa es mayor en el lote 3 (Fig. 2). Esto se puede atribuir a diferentes factores entre ellos, manejo, edad, época del año.

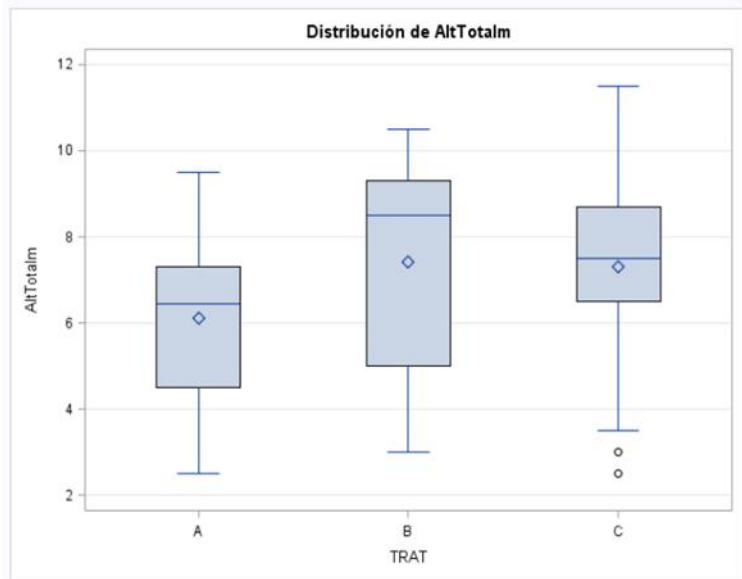
Means with the same letter are not significantly different				
Tukey Grouping	Mean	N	TRAT	
	A	6.6279	43	C
	A			
B	A	5.8947	19	B
B				
B		5.1761	46	A

Figura 2. Prueba de media en relación a la copa del árbol de cacao. Para la variable altura total de los arboles; el análisis de varianza indica que hay diferencias estadísticas entre las plantaciones, al igual indicado por la prueba de medias de Tukey (Fig. 3).





Means with the same letter are not significantly different				
Tukey Grouping	Mean	N	TRAT	
A	7.4211	19	B	
A				
B	7.3070	43	C	
B				
B	6.1087	46	A	



Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	40.3339923	20.1669962	4.90	0.0092
Error	105	431.8360077	4.1127239		
Total corregido	107	472.1700000			

Figura 3. Análisis de varianza, distribución de los datos y pruebas de medias para la variable altura total.

El análisis de varianza indica que hay evidencia estadística entre las plantaciones son diferentes entre ellas, por lo que se realizó la prueba de medias respectiva. La plantación 1 y 2, son completamente diferentes, y la plantación 3 es similar a la 1 y 2. Lo anterior se puede inferir que es debido a la edad de la plantación presentado más desarrollo que las otras plantaciones, la cantidad de sombra también influye, ya que un exceso de sombra reduce el crecimiento vertical de las plantas. El estado fenológico pudiera ser un factor importante, ya que este puede indicar un crecimiento vegetativo de las plantas a diferencia de las demás.

En cuanto a la variable número de frutos; el análisis de varianza indica diferencia entre los tratamientos, que en este caso son las plantaciones, para la cantidad de frutos contabilizados (Fig. 4).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	2769.47115	1384.73557	7.07	0.0013
Error	105	20579.71404	195.99728		
Total corregido	107	23349.18519			

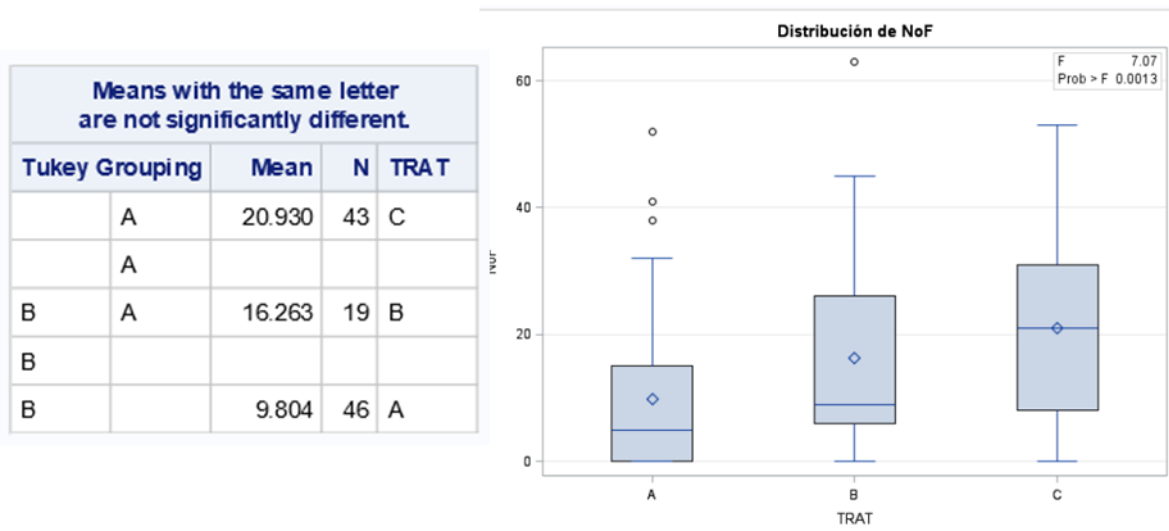


Figura 4. Análisis de varianza, distribución de los datos y pruebas de medias para la numero de frutos.

El análisis de varianza indica que existen diferencias estadísticas de que los tratamientos, en este caso las plantaciones son diferentes para el caso de la variable número de frutos, por lo que se hizo uso de una prueba de medias, indica que la plantación 3 presenta mayor cantidad de frutos, siendo muy diferente a la plantación 1, pero a su vez similar a la 2. Lo anterior puede tener diferentes causas, que pueden ser atribuidas a la edad de la plantación, siendo que alguna de ellas se encuentre en etapa reproductiva, fructificación. Otro factor que puede influir en la cantidad de frutos contabilizados es la especie de cacao, que pudiera ser diferente entre las plantaciones. Esto a su vez es influenciado en el manejo agronómico, presencia de plagas y enfermedades.

La descripción de los morfotipos de frutos presente en las plantaciones, indica la presencia de las siguientes formas: angoleta, amelonado y cundeamor (Fig. 5, Cuadro 1)



Figura 5. Morfotipos de cacao presente en las plantaciones estudiadas.



Cuadro 1. Características de los morfotipos mazorcas.

Fruto	Forma	Color del fruto	Forma del ápice	Rugosidad
<b>Plantación 2 ha</b>				
Mazorca 1	Angoleta	Amarillo	Obtuso	Suave
Mazorca 2*	Amelonado	Verde	Redondeado	Suave
Mazorca 3*	Amelonado	Verde	Redondeado	Suave
Mazorca 4	Cundeamor	Amarillo/verde	Agudo	Intermedia
<b>Plantación 3500m<sup>2</sup></b>				
Mazorca 1	Cundeamor	Amarillo/verde	Caudado	Intermedia

\*Frutos aún no se encontraban en madurez fisiológica.

Las características descritas en el cuadro anterior obedecen a especies de cacaos trinitarios los cuales han sido el producto entre criollos y forasteros, mas con los frutos recolectados no es posible especificar a qué especie pertenecen ya que solo se caracterizaron un menor número de mazorcas por planta, siendo insuficiente para determinar la especie. El peso de los frutos osciló entre los 300 y 870 g. las medidas de largo y ancho también fueron diferentes, las características cuantitativas de la semilla se pueden observar en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características cuantitativas de las mazorcas.

Plantaciones	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso mazorca (g)	No. granos mazorca	de por fresco (g)	Peso grano seco (g)
<b>Plantación 2 ha</b>						
Mazorca 1	12.79	7.81	340	39	75	35
Mazorca 2	17.05	10.42	870	*	*	*
Mazorca 3	16.75	10.08	845	*	*	*
Mazorca 4	16.01	7.88	395	39	120	50
<b>Plantación 3500m<sup>2</sup></b>						
Mazorca 1	18.69	7.73	400	16	80	40

\*No se pudo extraer los granos de la mazorca ya que no se encontraban maduras fisiológicamente.

El peso de los granos en seco, es una de las principales características para estimar la producción y el rendimiento. Esto se debe a que el tamaño esta inversamente relacionado con la cantidad de nutrientes que pueden acumularse para su posterior aprovechamiento (Aguilar 2016).

Según los estándares de calidad de los granos, los pesos de estos deben oscilar entre 0.9 y más de 1.0 gr de peso seco. Para el caso de los granos extraídos de los frutos colectados los pesos oscilan entre 0.89 a 2.5 gramos, por lo que se pueden catalogar como de buena calidad. Esto puede atribuirse a la calidad genética de las especies colectadas, a pesar de que la edad de la plantación supera los 45 años de edad.

Para el estudio de la diversidad inter-especifica por plantación, se encontró lo siguiente para la plantación 1, se contabilizo un total de 22 especies incluidas cacao, el cual es el cultivo principal. No se tomaron en cuenta para el cálculo de riqueza las especies animales, solo se observaron y se mencionan como ardillas, arañas y hormigas.

El índice de riqueza fue de 535 individuos de las diferentes especies en dónde:  $S = 22$ ,  $n = 535$  y  $R=0.95$ . La riqueza de una plantación se puede clasificar en baja media y alta riqueza, y entre más alto y alejado sea el índice de la unidad (1), mayor será la riqueza de la plantación o zona de muestreo. Por lo que se puede clasificar como riqueza alta. Algunos autores toman como referencia de riqueza alta un índice



más bajo, como lo es el caso de un estudio realizado en Argentina, donde se evaluó la riqueza de especies y tomándolo como un índice alto en cuanto a riqueza (Campo y Duval 2014).

El índice de diversidad, se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo (plantas, animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, etc.) existentes en una determinada área. Para ello se obtuvieron los datos de  $P_i$ ,  $\log P_i$ , así como el valor de Diversidad (H) (Cuadro 3).

Este índice se representa normalmente como  $H'$  y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. (Somarriba 1999).

**Cuadro 3.** Datos obtenidos en la aplicación del índice de Shannon para la plantación 1.

Numero especie	Nombre común	Número de especies	$p_i$	$\log p_i$	$P_i \log p_i$
1	Lengua de vaca	35	0.065	-3.934	-0.257
2	Bromelias	47	0.088	-3.509	-0.308
3	Helechos	67	0.125	-2.997	-0.375
4	Hoja de to	24	0.045	-4.478	-0.201
5	Palma camedor	120	0.224	-2.157	-0.484
6	Cedro	18	0.034	-4.893	-0.165
7	Teca	12	0.022	-5.478	-0.123
8	Caoba	7	0.013	-6.256	-0.082
9	Melina	9	0.017	-5.893	-0.099
10	Mango	4	0.007	-7.063	-0.053
11	Oreja de mico	8	0.015	-6.063	-0.091
12	Pitahaya	19	0.036	-4.815	-0.171
13	Hule	8	0.015	-6.063	-0.091
14	orquideas	13	0.024	-5.363	-0.130
15	Orquidea huevo de toro	2	0.004	-8.063	-0.030
16	orquidea oreja de burro	2	0.004	-8.063	-0.030
17	Orquideas terrestres	15	0.028	-5.157	-0.145
18	Chipilcohte	5	0.009	-6.741	-0.063
19	Guarumo	11	0.021	-5.604	-0.115
20	Platanillo	7	0.013	-6.256	-0.082
21	Araceas	12	0.022	-5.478	-0.123
22	cacao	90	0.168	-2.572	-0.433
<b>Total (N)</b>		<b>535</b>			<b>-3.65</b>
				H=	<b>3.65</b>

En la aplicación de la fórmula, esta indica sumatoria negativa por lo que, al tener dos números negativos, estos se vuelven positivos, por lo tanto, el índice obtenido es positivo. Al interpretar este número indica que existe un índice de diversidad alto, en la plantación.



En la plantación 2 se encontraron los siguientes, se contabilizo un total de cinco especies con un total de 85 individuos. El índice de riqueza fue de  $R=0.54$  en este caso la riqueza se clasifica como baja. Para el índice de diversidad fue  $H= 1.9678$  (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índice de Shannon para la plantación 2.

Numero especie	Nombre común	Número de especies	pi	Log pi	Pi log pi
1	cacao	42	0.494	-1.017	-0.503
2	Platanillo	9	0.106	-3.239	-0.343
3	mote	16	0.188	-2.409	-0.454
4	melina	6	0.071	-3.824	-0.270
5	plátano cuadrado	12	0.141	-2.824	-0.399
<b>Total (N)</b>		<b>85</b>			<b>-1.9678</b>
				<b>H=</b>	<b>1.9678</b>

Para la plantación ubicada en el Pob C-26 con una superficie 3.5 ha, se encontró un total de 60 especies. Para el índice de riqueza de esta esta plantación se contabilizaron 535 individuos de las diferentes especies. Por lo tanto, el índice fue  $R=1.98$  y el índice de Shannon, o de Shannon-Wiener fue de  $H = 6.462$  (Cuadro 5). El índice de diversidad se considera muy alto.

Cuadro 5. Datos obtenidos en la aplicación del índice de Shannon para la plantación del Pob. C-26.

Numero especie	Nombre común	Número de especies	de pi	Log pi	Pi log pi
1	castaña de indias (jaca)	30	0.033	-4.931	-0.162
2	Tepejilote	20	0.022	-5.516	-0.121
3	Platano datil	8	0.009	-6.838	-0.060
4	Cocotero	8	0.009	-6.838	-0.060
5	Chile amashito	13	0.014	-6.137	-0.087
6	Naranja	10	0.011	-6.516	-0.071
7	Limoncillo de montaña	1	0.001	-9.838	-0.011
8	Cedro	63	0.118	-3.086	-0.363
9	Tatuan	40	0.075	-3.741	-0.280
10	Limon mexicano	27	0.050	-4.309	-0.217
11	Jicara	5	0.009	-6.741	-0.063
12	Mandarina cajera	30	0.056	-4.157	-0.233
13	Chinin	8	0.015	-6.063	-0.091
14	Palma real	20	0.037	-4.741	-0.177
15	Oreja de mico	9	0.017	-5.893	-0.099
16	Cacao lagarto	10	0.019	-5.741	-0.107
17	Bromelias	17	0.032	-4.976	-0.158



18	Chayote	5	0.009	-6.741	-0.063
19	Arbol espino	13	0.024	-5.363	-0.130
20	Guaya	16	0.030	-5.063	-0.151
21	Cuna de moises	6	0.011	-6.478	-0.073
22	Matali	5	0.009	-6.741	-0.063
23	Hoja armadillo	3	0.006	-7.478	-0.042
24	Gogo	1	0.002	-9.063	-0.017
25	Limon persa	5	0.009	-6.741	-0.063
26	Pimienta	9	0.017	-5.893	-0.099
27	Cesniche	8	0.015	-6.063	-0.091
28	cacao verde	3	0.006	-7.478	-0.042
29	Platano macho	11	0.021	-5.604	-0.115
30	Platano valeri	10	0.019	-5.741	-0.107
31	Piñuela	1	0.002	-9.063	-0.017
32	Mango oro	4	0.007	-7.063	-0.053
33	Café	23	0.043	-4.540	-0.195
34	Carambola	3	0.006	-7.478	-0.042
35	Palo mulato	1	0.002	-9.063	-0.017
36	Moté	97	0.181	-2.463	-0.447
37	Chaya	5	0.009	-6.741	-0.063
38	Palo de hule	3	0.006	-7.478	-0.042
39	Eritrina	4	0.007	-7.063	-0.053
40	Guanabana	9	0.017	-5.893	-0.099
41	Tamarindo	3	0.006	-7.478	-0.042
42	Camote blanco	1	0.002	-9.063	-0.017
43	Ñame	1	0.002	-9.063	-0.017
44	Nance verde	4	0.007	-7.063	-0.053
45	Naranja agria	3	0.006	-7.478	-0.042
46	Malanga	15	0.028	-5.157	-0.145
47	Castaña	3	0.006	-7.478	-0.042
48	Yuca	100	0.187	-2.420	-0.452
49	Naranja criolla	3	0.006	-7.478	-0.042
50	Sangrino	4	0.007	-7.063	-0.053
51	Jujo melon	1	0.002	-9.063	-0.017
52	Aguacate	40	0.075	-3.741	-0.280
53	Papaya	1	0.002	-9.063	-0.017
54	Mamey	4	0.007	-7.063	-0.053
55	Momo	5	0.009	-6.741	-0.063
56	Bugambilia	1	0.002	-9.063	-0.017
57	Cacao	150	0.280	-1.835	-0.514





58	Bambu	3	0.006	-7.478	-0.042
59	Hierbamora	7	0.013	-6.256	-0.082
60	Floripondio	2	0.004	-8.063	-0.030
<b>Total (N)</b>		<b>915</b>			<b>-6.462</b>
				H=	<b>6.462</b>

## CONCLUSIONES

Existe variabilidad entre los árboles que se encuentran establecidos el cultivo de cacao de acuerdo a cada plantación. Se notó la diversidad de morfotipos de mazorcas en las plantaciones.

Entre mayor número de especies e individuo de la misma especie es mayor la riqueza y la diversidad, notándose para la plantación del Pob- C-26, índice de Riqueza = 1.98 y el índice de Diversidad= 6.462; para la plantación uno el índice de Riqueza = 0.95 y el índice de Diversidad= 3.65, a diferencia de la plantación dos de 3500 m<sup>2</sup>, el índice de Riqueza = 0.54 y el índice de Diversidad= 1.96 indicando riqueza baja y alta diversidad respectivamente.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, Héctor. Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao. La lima FHIA, Honduras: I.A. Editorial, 2016.
- Alonso, V. R. 1986. Manual de producción del cultivo del cacao en el Estado de Tabasco. INIFAP-CIAGOC. Folleto para productores Núm.1. 12p.
- Arvelo Sánchez, Miguel Angel , Diego González León, Steven Maroto Arce, Tanya Delgado López, y Paola Montoya Rodríguez. Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas. San José Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, 2017.
- Campo, Alicia María, y Valeria Soledad Duval. «Diversidad y Valor de importancia para la conservación de la vegetación natural Parque Nacional Lihué Calel (Argentina).» *Anales de Geografía* 34, nº 2 (2014): 25-42.
- CESVESTAB. Comité Estatal de Sanidad Vegetal . noviembre de 2010.
- Cuatrecasas, J. 1964. Cacao and its allies: A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contributions to the U.S. Natural Herbarium* 35(6): 379-614.
- Ferrera, C.R. y Alarcón, A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum* 8(2):175-183
- García, I.J.L. Los árboles utilizados como sombra de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Comalcalco, Tabasco. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, 1983.
- Elliot, E.T. y Cole, C.V. 1989. A perspective on agroecosystem science. *Ecology* 70 (6): 1597-1602
- Gallareta N., T. 2007. Cenotes y asentamientos humanos en Yucatán, Cenotes en el área maya. *Arqueología mexicana* 14(83):36- 43.
- Ibarra, M. A. y Estrada, M. 2001. Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 17(34):101-112.
- INEGI, 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010, Cárdenas, Tabasco. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/27/27002.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/27/27002.pdf)
- Jiménez, G. E. 1995. Imágenes rituales en el código Azoyú 1. *ECN*. 20:307-318.
- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. 1999. Agroforestería básica. PNUMA-FAO. Red de Información Ambiental. México.
- Magurran, E.A. *Diversidad ecológica y su medición* . (A.M. Cirer, Trad). Barcelona, España: Vendra, 1989.
- Menhinick, E.F. «A comparison of some Species-Individuals Diversity Indices Applied to Samples of Fields Insects.» *Ecology* 45, nº 4 (1964): 859-861.
- Motamayor, J.C., P. Lachenaud, J. Wallace, G. Loor, D. N. Kuhn, J. S. Brown, and R. J. Schnell. 2008. Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree. *PLoS One* 3: e3311.doi:10.1007/s12042-008-9011-4.



- Phillips-Mora, W., A. Arciniegas L., A. Mata Q. y J. C. Motamayor A. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Manual técnico 105 CATIE. Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- Powis, T. G., Cypher, A., Gaikwad, N. W., Grivetti, L. y Cheong, K. 2011. Cacao use and the San Lorenzo Olmec. PNAS 108(21): 8595-8600.
- Ramírez Guillermo, Miguel Ángel, Luz del Carmen Lagunes Espinoza, Carlos Fredy Ortiz García, Osman A. Gutierrez, y Roberto de la Rosa-Santamaría. «VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE FRUTOS Y SEMILLAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE PLANTACIONES EN TABASCO, MÉXICO.» Revista Fitotecnia Mexicana 41, nº 2 (2018): 117-125.
- Ramírez M., A. Diversidad Florística y Macrofauna Edáfica en Plantaciones Agroforestales de cacao en Cardenas, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias . Colegio de Postgraduados., 2009.
- Ramos R., R. Análisis Sustentable de los Suelos con Plantaciones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México Aplicando Sistemas de Información Geográfica. Tesis de Maestría en Ciencia. Colegio de Postgraduados., 2001.
- Rice, R., Greenberg, R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio*. 29(3):167-173.
- Rovirosa, A.J.N. 2006. Estudios científicos. Gobierno del Estado de Tabasco. 144 p
- Shannon, C.E., y W. Weaver. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, IL.: University Illinois Press., 1949.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. noviembre de 2010.
- Somarriba, Eduardo. «Diversidad Shannon.» *Agroforestería en las Américas*. 6, nº 23 (1999): 72-74.
- Young, M.A. 1994. El Retorno del cacao al bosque tropical húmedo. *Agrofor Am*. 6(22):28.



## SITUACIÓN DEL HLB Y SU VECTOR EN LA ZONA CITRÍCOLA DE HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO

### HLB STATUS AND ITS VECTOR IN THE CITRUS REGION OF HUIMANGUILLO, TABASCO, MEXICO

<sup>1</sup>Yzquierdo-Alvarez ME, <sup>1\*</sup>Ortiz-García CF, <sup>2</sup>Izquierdo-Castillo I

<sup>1</sup>Colegio de postgraduados campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km. 3.5. H. Cárdenas, Tabasco. <sup>2</sup>Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco. Pról. Josefa Ortiz de Domínguez, No. 418, Esquina Periférico, Col. SARH, Cárdenas, Tabasco, C.P. 86550

\*Autor para correspondencia: [cfortiz@colpos.mx](mailto:cfortiz@colpos.mx)

#### RESUMEN

La citricultura global enfrenta amenazas significativas debido al Huanglongbing (HLB), una enfermedad que ha devastado millones de árboles de cítricos en todo el mundo. Esta enfermedad es causada por bacterias del género *Candidatus Liberibacter* y se propaga principalmente a través del insecto vector *Diaphorina citri*. En México, el HLB se detectó por primera vez en 2009 y actualmente afecta a 24 estados productores de cítricos. El manejo se aborda mediante Áreas Regionales de Control (ARCOs), que incluyen la vigilancia epidemiológica y control del vector. Este estudio busca comprender la dispersión del HLB entre 2012 y 2020, así como la dinámica poblacional de *D. citri* en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, en el período 2015-2019. Se analizaron bases de datos proporcionadas por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco que contenían informes de diagnósticos de HLB en plantas e insecto, datos de monitoreo de *D. citri* y registros de productores. Se realizaron análisis espaciales y se tomaron muestras de plantas con síntomas sospechosos de HLB. Se identificaron patrones de dispersión aleatoria y secundaria mediados por *D. citri*. Las densidades de *D. citri* mostraron variaciones estacionales, con picos en verano, que superaron el umbral económico. Este estudio aporta información clave sobre la propagación del HLB y la dinámica de *D. citri* en Huimanguillo. Los hallazgos subrayan la necesidad de estrategias de manejo más efectivas para proteger la citricultura local. La consideración de la estacionalidad es vital para abordar la dinámica poblacional y desarrollar estrategias de monitoreo y prevención adecuadas.

**Palabras clave:** HLB, *D. citri*, Dinámica poblacional

#### INTRODUCCIÓN

La citricultura, abarca una extensión de 12 millones de hectáreas a nivel mundial y genera más de 174 millones de toneladas de fruta fresca anualmente (FAOSTAT, 2018). Sin embargo, enfrenta una amenaza constante debido a enfermedades cuarentenarias, entre las cuales el Huanglongbing (HLB) destaca como la más devastadora (DGSV, Dirección General de Sanidad Vegetal. <http://sinavef.senasica.gob.mx/MDF/>). El HLB ha dejado un rastro de destrucción de más de 600 millones de árboles citrícolos en todo el mundo (Wang et al., 2016), con 200 millones de ellos ya afectados hasta el año 2009 en 40 países de Asia, África y América (García-Darderes, 2009). El HLB puede ser causado por cuatro especies de bacterias del género *Candidatus Liberibacter* (Bové, 2006; Keremane et al., 2015); asimismo, es transmitida principalmente por el insecto adulto del psílidos (*Diaphorina citri*) (Aubert, 1987). En México, la primera detección del HLB se reportó en el año 2009, en el estado de Yucatán, asociado a la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (SENASICA, 2010). Actualmente, esta enfermedad se encuentra presente en 24 estados del país (SENASICA, 2019). El comportamiento epidémico del HLB en México ha permitido definir dos escenarios nacionales: la región del Pacífico, con una alta intensidad epidémica, asociados con la producción de limón mexicano, y las regiones Península de Yucatán y Centro-Golfo, con una baja intensidad epidémica, asociados con las producciones de limón persa (Mora-Aguilera et al., 2014; De la Rosa-Anaya., 2016). El manejo del HLB en México se lleva a cabo mediante la implementación de las Áreas Regionales de Control (ARCOs), que incluyen actividades como la vigilancia epidemiológica en huertos comerciales y traspatios, la



eliminación de plantas infectadas, el monitoreo sistemático catorcenal del insecto vector *Diaphorina citri* y recomendaciones de control principalmente con aplicaciones químicas y recuperación de áreas dañadas con el uso de plantas certificadas (Yzquierdo-Alvarez et al., 2021). En Tabasco, se cuenta con un ARCOs implementado desde el 2015, pero a ocho años de la llegada del patógeno y cinco años del manejo del HLB con los criterios del ARCOs, no se han evaluado las diferentes prácticas de manejo implementadas en la zona citrícola de Huimanguillo para ratificar o rectificar las estrategias adoptadas. Por lo que el objetivo de este estudio fue conocer la dispersión del HLB de 2012 a 2020 y determinar la dinámica poblacional de *D. citri* en el ARCOs de la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, en el periodo 2015-2019.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron tres bases de datos de las actividades realizadas por la “campaña contra Huanglongbing de los cítricos” que fueron proporcionadas por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco (CESVETAB) de los años 2015 a 2019. La primera base incluyó los informes de diagnósticos oficiales de plantas e insectos positivos y negativos a CLas desde 2012 hasta 2019, la segunda base consistió en los datos del monitoreo catorcenal de *D. citri* en trampas pegajosas amarillas de 141 sitios del municipio de Huimanguillo, entre 2015 y 2019. La tercera base de datos incluyó el padrón de productores de cítricos en Tabasco, con georreferenciación de huertos y otras características relevantes. Además, se georreferenciaron las plantas detectadas positivas a CLas registradas en la primera base de datos, identificando la especie de cítrico y edad. Esto permitió determinar el avance del HLB las comunidades citrícolas a partir de la primera detección del HLB en la región de estudio.

Se realizó un análisis espacial exploratorio de la zona citrícola del municipio de Huimanguillo para analizar los factores conocidos del HLB y las características de las huertas citrícolas, que consistió en la visualización satelital de toda el área citrícola y sus colindancias Para determinar la presencia de CLas el año 2020, se tomaron muestras de hojas de plantas de limón Persa con síntomas sospechosos a HLB en huertos comerciales. La metodología utilizada para la toma de muestras fue la recomendada por el SENASICA (2018), que consiste en seleccionar 20 plantas para formar una “T”. las plantas deben estar intercaladas una sí una no. Se seleccionan 10 plantas del bordo del huerto y 10 hacia el interior del huerto, ubicando la “T” en el centro del bordo del huerto por la parte de ingreso del viento dominante. Se utilizó la prueba qPCR para confirmar la presencia o ausencia de la bacteria. La detección y cuantificación de CLas se realizó mediante la prueba qPCR con sondas Taqman siguiendo la metodología descrita por Li et al., (2006). Dichos análisis fueron realizados en el laboratorio del INIFAP en Mocochoá, Yucatán. Se generaron siete bases de datos de las detecciones positivas georreferenciadas para cada año de estudio que se ingresaron al Software QGIS. Durante el procesamiento de la información se analizaron las acciones realizadas ante cada detección positiva a CLas para determinar los sitios importantes en el transcurso de las detecciones, teniendo en cuenta que, por cada detección positiva se recomendaba la eliminación de la planta.

El análisis fue complementado con información del área citrícola, para lo cual, se realizó la delimitación de la zona mediante los polígonos de huertos citrícolas generados por el CESVETAB, para generar los documentos cartográficos.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las poblaciones de *D. citri* entre los años y las diferentes estaciones del año utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Technologies, USA) y posteriormente se comparó con las temperaturas medias registradas en el municipio de Huimanguillo en las diferentes estaciones del año. Los datos de temperatura fueron obtenidos del del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desde el año 2015 hasta el 2019.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis reveló que las primeras detecciones de plantas positivas a CLas ocurrieron en dos huertos comerciales en la colonia Gilberto Flores Muñoz 2a sección (Figura 1a), en la parte sur de la zona citrícola, y pese de la erradicación de las plantas positivas, un mes después se encontraron 13 plantas en el mismo huerto, además de otras plantas en localidades. Entre 2013 y 2014, se detectaron nuevas plantas positivas en huertos cercanos (Figura 1 b y c), indicando una dispersión secundaria mediada por *D. citri*. Se observó que la huerta inicial (Col. Gilberto Flores Muñoz 2a) se comportó como fuente



de inóculo, lo que sugiere una propagación continua del HLB en la región. Hasta el 2015 el desplazamiento del HLB mediado por *D. citri* se estableció en un cuadrante, afectando a 9 de 78 comunidades citrícolas. Las detecciones de plantas positivas que se presentaron en la zona citrícola desde el 2012 hasta el 2015 mostraron un patrón de dispersión aleatorio (Figura 1d), lo cual coincide con lo que encontraron Gottwald et al., (1991), en niveles bajos de incidencia del HLB predomina una distribución espacial aleatoria de árboles enfermos. En 2016, se detectaron nuevos casos de plantas positivas (Figura 1e), algunos asociados a introducciones de CLas de plantas de vivero o nuevas poblaciones infectivas de *D. citri*. En el 2019 se detectaron siete casos positivos nuevos en la parte sur de la zona citrícola (Figura 1 f), específicamente en las localidades de Pedregal Moctezuma y Estación Zanapa, estas plantas enfermas se encontraron en seis huertos citrícolas, a una distancia de 4 km de la primera detección.

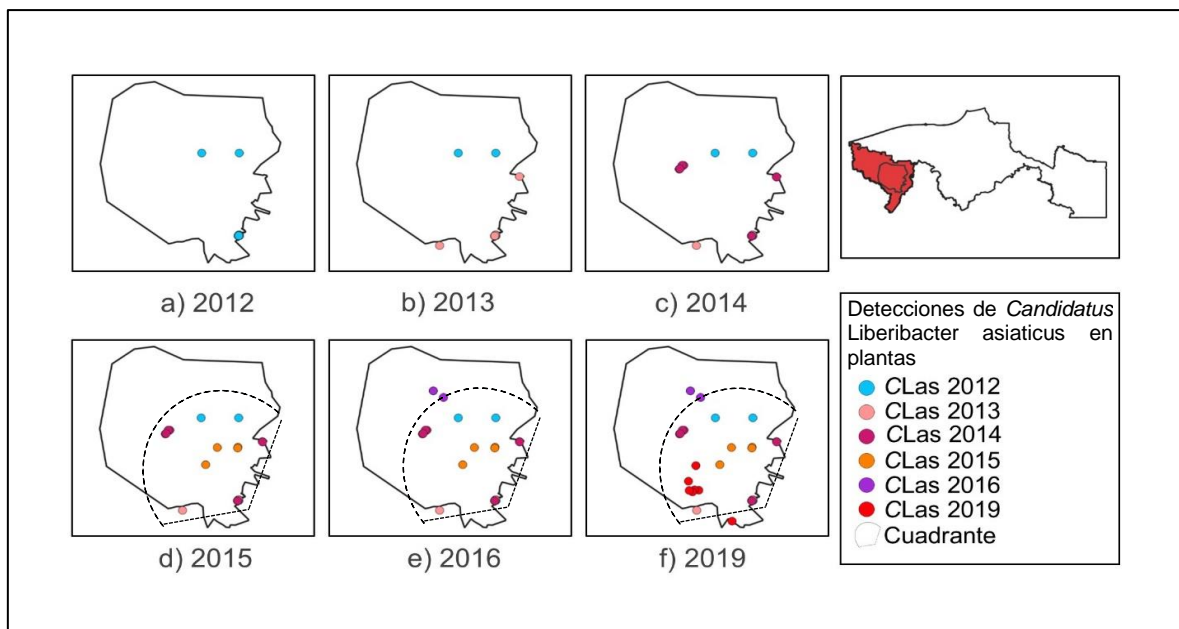


Figura 1. Distribución espacio-temporal de plantas positivas a CLas en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco del 2012 al 2019.

Esto muestra que CLas continúa propagándose dentro del cuadrante original. A pesar de los esfuerzos realizados en la eliminación de las plantas positivas una situación importante en la propagación fue que algunas detecciones no pudieron ser eliminadas, lo que ha favorecido la velocidad de avance de la enfermedad (Bassanezi et al., 2005). En el 2020, siete de ocho plantas con síntomas de HLB resultaron positivas a CLas en un huerto comercial de la ranchería Tierra Nueva 4a. En esta comunidad ya se habían reportado casos positivos de insectos entre 2012 y 2013, y plantas positivas en 2014-2015. Estos resultados confirman que CLas se está arraigando lentamente en la zona citrícola de Huimanguillo, desde las plantaciones de limón persa de la primera detección. Hasta 2020 el avance máximo del HLB, ha sido de 22 km en un cuadrante con vértice en la huerta citrícola de la primera detección, dicha dispersión ha sido al azar, contrario a los vientos dominantes en la zona.

En la zona citrícola de Huimanguillo, el análisis de comparación de las densidades poblacionales agrupadas por estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno) durante los cinco años de monitoreo, evidenció diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ , prueba de Kruskal-Wallis). Específicamente, las densidades observadas durante el verano (Mediana = 0.26), que comprende los meses de junio a septiembre, fueron considerablemente más elevadas en comparación con las estaciones de primavera, otoño e invierno, que presentaron comportamientos similares (Figura 2).

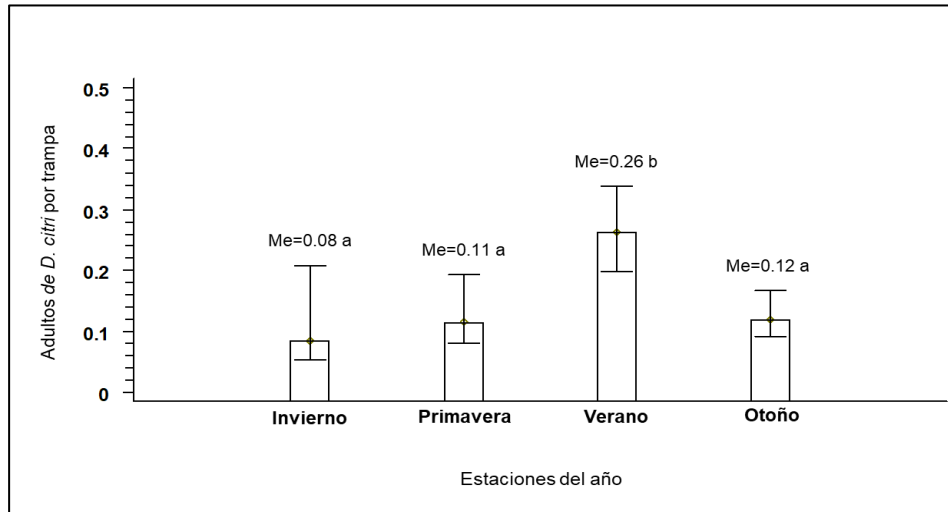


Figura 2. Gráfico de medianas poblacionales de *D. citri* en las estaciones de primavera, verano, otoño e invierno a nivel regional de 2015 a 2019. Medianas identificadas con letras minúsculas diferente indica que la diferencia observada entre ellas es estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ).

Se observa un patrón estacional en las densidades poblacionales de *D. citri*, caracterizado por un aumento progresivo a partir de la primavera, alcanzando su punto máximo en el verano, lo cual coincide con las temperaturas medias más altas ocurridas en el municipio de Huimanguillo (Figura 3) que van desde 28.4°C hasta los 29 °C, condiciones altamente favorables para el desarrollo de *D. citri* (Nava et al., 2007). Posteriormente, se produce una disminución en las densidades poblacionales a partir del otoño. En el invierno se registran las densidades más bajas.

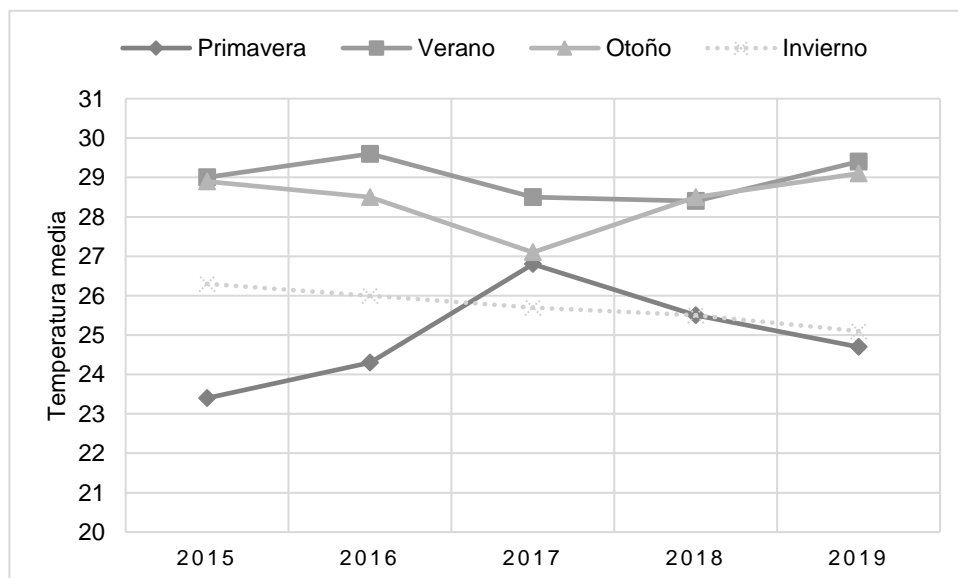


Figura 3. Temperaturas medias de las estaciones del año ocurridas en el municipio de Huimanguillo, Tabasco en los años 2015 a 2019.





Estos resultados concuerdan con investigaciones previas Yzquierdo-Alvarez et al., 2021; Hernández-Landa et al. (2013) y Beloti et al. (2013), que también encontraron picos poblacionales de *D. citri* en verano y primavera en diferentes regiones y cultivos de cítricos. Es relevante señalar que, durante el verano, las densidades poblacionales superaron el umbral económico establecido en 0.2 insectos por trampa por muestreo, previamente definido para la región de América (Monzó et al., 2015).

### CONCLUSIONES

Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la estacionalidad al abordar la dinámica poblacional de *D. citri* y sus implicaciones en el manejo y control, ya que son de relevancia para el desarrollo de estrategias efectivas de monitoreo y prevención, buscando mitigar los efectos negativos que *D. citri* y el HLB, pueden tener en la producción de cítricos en la zona estudiada.

### LITERATURA CITADA

- Aubert, B. 1987. *Trioza erytrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. *Fruits*, 42(3), 149-162.
- Bassanezi, R. B., Busato, L. A., Amorim, L., and T. R. Gottwald. 2005. Preliminary spatial pattern analysis of Huanglongbing in São Paulo, Brazil. In International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010) (Vol. 16, No. 16).
- Beloti, V. H., Rugno, G. R., Felipe, M. R., Do Carmo-Uehara, A., Garbim, L. F., Godoy, W. A., and P. T. Yamamoto. 2013. Population dynamics of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in orchards of 'Valencia'orange, 'Ponkan'mandarin and 'Murcott'Tangor trees. *Florida Entomologist*, 96(1), 173-179. <https://doi.org/10.1653/024.096.0123>
- Bové, M. J. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88: 7-37.
- De la Rosa-Anaya, A. 2016. Distribución de la carga de inóculo regional de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en *Diaphorina citri* en tres escenarios citrícolas de México. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 87p.
- FAOSTAT, (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). 2018. Datos sobre alimentación y agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> consultado: 22-05-2020
- García-Darderes, C. 2009. Distribución del Huanglongbing (HLB-Greening) en el Mundo. Ministerio de la Producción Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Buenos Aires, AR, 1-13.
- Gottwald, T. R., Aubert, B., and K. L. Huang. 1991. Spatial pattern analysis of citrus greening in Shantou, China. In International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010) (Vol. 11, No. 11).
- Hernández-Landa, L., López-Collado, J., García-García, C. G., Osorio-Acosta, F., y M. E. Nava-Tablada. 2013. Dinámica espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (hemiptera: psyllidae) en *Murraya paniculata* (L.) Jack en Cuitlahuac, Veracruz. *Acta zoológica mexicana*, 29(2), 334-345.
- Keremane, M. L., Ramadugu, C., Castaneda, A., Diaz, J. E., Peñaranda, E. A., Chen, J. and R. F. Lee. 2015. Report of *Candidatus Liberibacter caribbeanus*, a new citrus-and psyllid-associated *Liberibacter* from Colombia, South America. In *phytopathology* (Vol. 105, No. 11, pp. 71-71).
- Li, W., Hartung, J. S., and L. Levy. 2006. Quantitative real-time PCR for detection and identification of *Candidatus Liberibacter* species associated with citrus huanglongbing. *Journal of microbiological methods*, 66(1), 104-115. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2005.10.018>
- Monzó, C., Arevalo, H. A., Jones, M. M., Vanaclcha, P., Croxton, S. D., Qureshi, J. A., and P. A. Stansly. 2015. Sampling methods for detection and monitoring of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Environmental entomology*, 44(3), 780-788. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv032>



- Mora-Aguilera, G., Robles-García, P., López-Arroyo, J. L., Flores-Sánchez, J., Acevedo- Sánchez, G., Domínguez-Monge, D. y R. González-Gómez. 2014. Situación Actual y Perspectivas del Manejo del HLB de los Cítricos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32: 108-119.
- Nava, D. E., Torres, M. L. G., Rodrigues, M. D. L., Bento, J. M. S. y J. R. P. Parra. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 131(9-10), 709-715. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01230.x>
- SENASICA, (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2010. Protocolo de actuación ante la emergencia por la detección del Huanglongbing. 2ª edición. México, D. F. <http://publico.senasica.gob.mx/?doc=9364> Fecha de consulta 20 de junio de 2020
- SENASICA, (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2019. Séptimo Informe Mensual Nacional Campaña contra Plagas reglamentadas de los cítricos. Disponible [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/490090/S\\_ptimo\\_informe\\_mensual\\_PRC\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/490090/S_ptimo_informe_mensual_PRC_2019.pdf) Fecha de consulta 20 de junio de 2020
- SENASICA, (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2018b. Documentos. Programas de Trabajo. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/huanglongbing-2018?state=published>
- Wang, Y., Zhou, L., Yu, X., Stover, E., Luo, F. and Y. Duan. 2016. Transcriptome profiling of Huanglongbing (HLB) tolerant and susceptible citrus plants reveals the role of basal resistance in HLB tolerance. *Frontiers in plant science*, 7, 933. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00933>
- Yzquierdo-Alvarez, M. E., Rincón-Ramírez, J. A., Loeza-Kuk, E., López-Olguín, J. F., Aceves-Navarro, L. A., & Ortiz-García, C. F. (2021). Fluctuación espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en limón Persa (*Citrus latifolia*) en la zona cítrica de Huimanguillo, Tabasco. *Acta zoológica mexicana*, 37.



## NUEVO HIBRIDO CLONAL DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TLÁLOC F1, DE ALTO RENDIMIENTO

### NEW CLONAL COCOA HYBRID (*Theobroma cacao* L.) TLALOC F1, HIGH YIELD

<sup>1</sup>\*Azpeitia Morales A.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, México.

\*Autor para correspondencia: [azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx](mailto:azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

El rendimiento de grano de cacao es bajo asociado a la incidencia de la moniliasis y la falta de genotipos de mayor rendimiento. Los resultados obtenidos con la validación del clon Tlaloc, cacao regional y criollo C1, permitió mostrar que el clon "Tlálloc" tiene un índice de mazorca de 15 superando al cacao regional el cual presentó un índice de mazorca de 25. El genotipo Tlálloc supera en 168 % su producción de mazorcas con 42, mientras que el cacao regional presentó 25. El clon Tlálloc adicionalmente es un genotipo auto compatible el cual permite una fructificación abundante en comparación al cacao regional. El clon Tlálloc, con su resistencia del 70% a la moniliasis y alto rendimiento, ofrece una alternativa prometedora para mejorar la producción de cacao en México, particularmente en las extensas áreas de cultivo de Tabasco y Chiapas, donde la moniliasis ha afectado significativamente el rendimiento. Esta estrategia tiene el potencial de impulsar la industria del cacao en México, generando beneficios económicos y sostenibilidad a largo plazo para los productores de cacao en la región.

**Palabras clave:** *Cacao, rendimiento, moniliasis.*

#### INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) en México, se cultiva en una superficie de 52,993.90 hectáreas, produciendo 28,105.84 toneladas en el año 2021 (SIAP, 2022). En Tabasco, hay 34,260.50 ha, con una producción de 17,409.92 t. El Segundo estado corresponde a Chiapas con 18,475.90 ha y con una producción de 10,404.21 t (SIAP, 2022). El uso de semillas para propagar el cacao genera alta heterogeneidad genética y este método de propagación es muy común en México (Azpeitia, 2009). En México los estudios de mejoramiento genético se han dirigido a la búsqueda de resistencia a la mancha negra y moniliasis. Es importante hoy en día el desarrollo de híbridos que permitan mejorar en rendimiento, la resistencia a la moniliasis, mancha negra y calidad organoléptica. En cacao, el proceso de mejoramiento genético ha consistido en realizar polinizaciones manuales, lo que permite obtener semillas híbridas de calidad cruzando los mejores árboles padre y madre (Somarriba *et al.*, 2010). Sin embargo, las semillas híbridas no garantizaron un alto rendimiento y resistencia a las enfermedades debido a la alta heterogeneidad que ocurre (Lopez *et al.* 2023). Debido a la alta heterogeneidad que se ha reportado en semillas híbridas, lo mas conveniente es seleccionar genotipos híbridos individuales F1 y sobresalientes por su rendimiento, resistencia a enfermedades para su posterior clonación por injerto. En casi 60 años de investigación, se han identificado clones resistentes a la "moniliasis" con distinto origen genético y/o geográfico. Estos clones fueron cruzados para obtener variedades con niveles crecientes de resistencia en Costa Rica, México, Honduras, Nicaragua, Brasil, Ecuador, Colombia y Perú principalmente aprovechando de esta forma el carácter aditivo que tiene el cacao. Estos estudios han sido muy importantes por ser la "moniliasis" una de las amenazas más graves para el fruto del cacao (Phillips-Mora *et al.*, 2012). De acuerdo con Debouck *et al.*, (2008) se ha encontrado sólo una resistencia a la moniliasis de un tercio del 1 %, es decir, 0.3 % de 600 accesiones realizadas en el programa de mejoramiento genético del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Actualmente se han seleccionado seis clones trinitarios (CATIE-R1, CATIE R-4, CATIE R-6, CC-137, ICS-95 y el PMCT-58) de buena producción y tolerancia a la moniliasis (Phillips-Mora *et al.*, 2012).

En México los estudios de mejoramiento genético han sido dirigido hacia la búsqueda de resistencia a la mancha negra, moniliasis y rendimiento. Con base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue



validar el rendimiento del híbrido clonal de cacao Tlaloc (RIM 75 X POUND 7) el cual procede de un genotipo autóctono mexicano con un genotipo del Perú. Con base a lo anterior se plantea la hipótesis que el genotipo clonal de cacao Tlaloc es de mayor rendimiento y resistencia a moniliasis en comparación al cacao regional y al criollo C1.

## MATERIALES Y METODOS

**SITIO DE LA VALIDACIÓN.** Fue seleccionada la plantación del productor Elías González ubicada en la Ranchería Caobanal 2da Sección, de Huimanguillo, Tabasco. Esta plantación fue establecida en el año 2014 y cuenta con cerca de 12 genotipos diferentes.

### Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con tres tratamientos y 10 árboles como repetición de acuerdo con el protocolo de la Unión Internacional Para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas (UPOV, 2011). Los tratamientos, correspondientes a las variedades fueron: a) Clon Tlaloc, b) cacao regional y c) Criollo C1. La validación fue realizada de 2021 al año 2023. Las variables que fueron medidas son: a) Número de mazorcas sanas por árbol. Las mazorcas fueron cosechadas y contabilizadas. b) índice de mazorca. Este se obtuvo al contabilizar el número de mazorcas que se necesitan para hacer un kg considerando el peso seco de las semillas de una mazorca y c) Rendimiento potencial por hectárea. Para hacer este cálculo, fue necesario conocer el promedio de mazorcas/árbol y su peso en Kg multiplicado por 1,111 árboles/ha., y d) Resistencia a la moniliasis. Esta fue evaluada con base a porcentaje de mazorcas sanas considerando 100 mazorcas por año en condiciones de campo. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSION

a) Número de mazorcas por árbol. El genotipo Tlaloc supera en 168 % su producción de mazorcas con 42 con respecto al testigo cacao regional, con 25 mazorcas. El clon Tlaloc es un genotipo auto compatible el cual permite una fructificación abundante en comparación al cacao regional.

Cuadro 1. Promedio del número de mazorcas/árbol y porcentaje de incremento sanas cosechadas de 2021 a 2023 (Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

Genotipo	Número de mazorcas/árbol	Porcentaje de incremento en relación con el testigo (%)
Cacao regional (Testigo)	25 c	100
Criollo C1	33 b	132
Clon Tlaloc	42 a	168

b) índice de mazorca. El clon "Tlaloc" tiene un índice de mazorca de 15 superando al cacao regional el cual presentó un índice de mazorca de 25 y de 23 el cacao criollo C1. Esto significa que, con el clon Tlaloc, podemos obtener un Kg de cacao seco con 15 mazorcas (Cuadro 2).

Cuadro 2. índice de mazorca, rendimiento y resistencia a moniliasis. Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

Genotipo	índice de mazorca	Rendimiento estimado Kg/Ha	Porcentaje de resistencia a moniliasis
Cacao regional (Testigo)	25 c	350	50 %
Criollo C1	23 b	715	50%
Clon Tlaloc	15 a	2300	70%



c) Rendimiento estimado por hectárea. Las estimaciones del rendimiento de cacao regional son de aproximadamente 350 kg/ha, del clon “Tlaloc” es de 2,300 kg/ha considerando 1,111 árboles. Esto significa que con el uso de este clon mejorado permitirá incrementar el rendimiento en al menos 657%.

d) Resistencia a la moniliasis. Los resultados mostraron un promedio de 70% de resistencia a moniliasis en condiciones de campo (30% con incidencia de moniliasis) contra un 50% de incidencia con respecto al cacao regional (50% mazorcas sanas, Figura 2). En la Figura 3 se muestran los genotipos cacao regional y Tlaloc.



Figura 2. Mazorcas del genotipo cacao regional infectadas con moniliasis (A) y clon Tlaloc (B) sin presencia de esta enfermedad.

De acuerdo con Somarriba *et al.*, (2009), al realizar polinizaciones manuales en cacao, se tiene la ventaja de poder escoger los árboles que serán el padre y la madre de las semillas, del cual se obtienen semillas híbridas de calidad cruzando los mejores árboles padre y madre. Estos resultados mostrados en la presente investigación han permitido observar que el híbrido clonal Tlaloc presenta vigor híbrido manifestándose en mayor rendimiento y resistencia en comparación con los genotipos cacao regional y criollo C1.

La expresión de resistencia en el genotipo Tlaloc es relevante debido a que la “moniliasis” es una de las amenazas más graves para los productores de cacao en el mundo (Phillips-Mora *et al.*, 2012).

El clon Tlaloc, con su resistencia del 70% a la moniliasis y alto rendimiento, ofrece una solución prometedora para mejorar la producción de cacao en México, particularmente en las extensas áreas de cultivo de Tabasco y Chiapas, donde la moniliasis ha afectado significativamente el rendimiento. Esta estrategia tiene el potencial de impulsar la industria del cacao en México, generando beneficios económicos y sostenibilidad a largo plazo para los productores de cacao en la región.

## CONCLUSIONES

El clon “Tlaloc” tiene un índice de mazorca de 15 superando al cacao regional el cual presentó un índice de mazorca de 25. El genotipo Tlaloc supera en 168 % su producción de mazorcas con 42, mientras que el cacao regional presentó 25. El clon Tlaloc adicionalmente es un genotipo auto compatible el cual permite una fructificación abundante en comparación al cacao regional.



#### LITERATURA CITADA

- Azpeitia, Morales A., Mirafuentes Hernández F., López Andrade P. A. y Castillo, G. R. 2009. Evaluación de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) resistentes a “moniliasis” en el estado de Tabasco, México. Memoria del PCCMCA. Campeche, México. 128 p.
- Debouck, D. Ebert A. Peralta, Barandiarán E., M. A. y Ramírez, M. 2008. La importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal en los programas de investigación agrícola en América Latina. Recursos Naturales y Ambiente. 53, 46-53.
- López Hernández V., Chuc López Francisco, Fernández J. López Evelyn, Azpeitia Morales A. 2023. Selección de híbridos F1 de cacao para resistencia a enfermedades y alto rendimiento. IVXXX. Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria, Tabasco 2023, En prensa.
- Phillips-Mora, W. Arciniegas-Leal, y Mata-Quirós A. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Costa Rica: CATIE. 70 p.
- SIAP. (31 de Julio de 2022). SAGARPA. Obtenido de [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- Somarriva, Chávez E.; Cerda Bustillos, R.; Astorga Domian, C.; Quesada Chaverri, F.; Vásquez Morera, N. 2010. Reproducción sexual del cacao. Costa Rica: CATIE. 48 p.
- UPOV (International union for the protection of new varieties of plants). 2011. Cacao UPOV Code: THEOB\_CAC *Theobroma cacao* L. 29 p.





# **Socioeconómico Desarrollo Rural**



## INCIDENCIA DE LA POBREZA EN COMUNIDADES PRODUCTORAS DE AGAVE EN EL ESTADO DE OAXACA INCIDENCE OF POVERTY IN AGAVE PRODUCING COMMUNITIES IN THE STATE OF OAXACA

<sup>1</sup>\*Contreras Hinojosa JR, <sup>1</sup>Castellanos Bolaños JF, <sup>1</sup>Hernández Hernández A, y<sup>1</sup> Rodríguez Hernández FR.

<sup>1</sup>Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPAS) del INIFAP. Melchor Ocampo No. 7. Santo Domingo Barrio Bajo, C.P. 68200. Villa de Etla Oaxaca, México.

\*Autor para correspondencia: [contreras.jose@inifap.gob.mx](mailto:contreras.jose@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Se realizó un estudio con el fin de comparar los ingresos obtenidos por la venta de material vegetativo de agave y de mezcal, asociados a las cifras que proporciona el Instituto Nacional de Estadística y Geografía sobre la persistencia de la pobreza, bajo un comparativo de 13,133 pesos como Línea de Pobreza. Con los escenarios de venta de material vegetativo y de mezcal, considerando una superficie promedio, de una hectárea se obtuvo que en ambos escenarios se supera la Línea de Pobreza, sin embargo, contrasta con la persistencia de la pobreza reportada en los años 2015 y 2020, Lo anterior indica, que la riqueza derivada por la venta de agave y mezcal no se distribuye equitativamente en la población de siete municipios con tradición en la producción de mezcal y que hay personas que viven en pobreza crónica.

**Palabras clave:** *mezcal, población, hijuelos, balance.*

### INTRODUCCIÓN

La pobreza se define como la falta de ingresos económicos para solventar necesidades, ya sea alimentos, bienes o servicios, aunado a falta de espacios de vivienda, seguridad social, educación y salud, entre otras. En las sociedades agrícolas, las malas cosechas debidas a sequías, inundaciones o guerras causaron hambre y pobreza. Se indica que la pobreza no es solo cuestión de ingresos para adquirir alimentos, sino de muchos otros factores que afectan el bienestar humano, como son los servicios. El problema de la pobreza no es nuevo, en todos los países se presenta y en todos se han aplicado estrategias para subsanarla. En la época medieval en Inglaterra se integró la “Ley de los Pobres” donde se categorizaba a la población en niños, enfermos y personas sin discapacidad, estos últimos con la obligatoriedad de trabajar y sujetos a la máxima de “quien no trabaje, que no coma”. En el período premoderno, la pobreza era sinónimo de hambre y con el surgimiento de la economía de mercado, donde domina el uso del dinero para intercambiarlo por bienes, surgió el tipo de pobreza que reconocemos hoy.

La incidencia o tasa de pobreza se define como el número de personas que viven en pobreza sobre el tamaño de la población y en México es el Consejo Nacional para la Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) el responsable de indicarla. En el año 2020 esta condición social para el país fue de 43.9% de la población, afectando a 55.7 millones de personas, sin embargo, el 32.3% del total de la población en situación de pobreza residía en el ámbito rural (CONEVAL).

En el estado de Oaxaca la tendencia es superior, el 61.7% de su población se encontraba en situación de pobreza y de esta, el 21.7% bajo pobreza extrema (CONEVAL), situación que se considera grave, considerando que el 51% de la población habita en áreas rurales. La diferencia entre estas categorías para los criterios del país, radica en que la situación es de pobreza cuando hay una carencia y los ingresos son insuficientes para adquirir los bienes y servicios necesarios, mientras que la pobreza es extrema cuando los ingresos son insuficientes y hay tres o más carencias.

Hay dos métodos para el estudio de la pobreza y por lo tanto poder clasificarla; por un lado, está el método de Necesidades Básicas Insatisfechas, que consiste en comparar la situación de cada hogar en materia de un grupo de necesidades específicas con una serie de normas que expresan para cada una de ellas el nivel mínimo debajo del cual se considera insatisfecha la necesidad, entre otras, está la disponibilidad de agua, drenaje, electricidad, vivienda, mobiliario y artículos del hogar. El método tiene



la limitante que entre más rubros de necesidades se consideren mayor será la incidencia de la pobreza (Boltvinik, 1992). El otro método considera una “Línea de Pobreza”, definida como el costo monetario para una persona dada, en un lugar y momento determinados y de un nivel de bienestar de referencia (Revallion, 1998), refleja el costo de cubrir las necesidades básicas, incluidos los alimentos en una familia de cuatro elementos durante un mes y consiste en comparar el ingreso o el consumo per capita asignándoles un valor, así los hogares con ingresos menores que la asignada a la línea se consideran pobres y la misma característica se atribuye a los hogares que en ellos habitan (Boltvinik, 1992). La Línea de Pobreza Extrema (canasta de alimentos) refleja el costo estimado para cubrir las necesidades alimenticias.

En los estudios sobre la pobreza, el ingreso es utilizado como una medida de bienestar, sin embargo, el consumo de bienes es más importante, ya que algunas personas no declaran sus ingresos verdídicamente, por lo tanto, es mejor considerar la nutrición de manera más amplia y tomar en cuenta el costo anual de una dieta básica que permita a los adultos ser trabajadores productivos y que los niños crezcan a tasas normales.

En 1992 el Banco Mundial propuso una Línea de Pobreza de 370 dólares al año (Boltvinik, 1994), sin embargo, con base en un estudio en 75 países para el año 2005 se propuso que fuera de 1.25 dólares por persona (Ravallion et al., 2007) y para el año 2015 se indicó que es 1.90 dólares (Farreira et al., 2015). Para México, bajo el criterio del CONEVAL para una familia con cuatro integrantes en el año 2020 la Línea de Pobreza por ingresos fue de 13,133.30 pesos, mientras que para el Banco Mundial fue de 4,845.18 pesos (CONEVAL), que bajo un enfoque simplista, cualquier persona que no alcance a cubrir esas cantidades, sencillamente, es pobre. Estas Líneas de Pobreza no distinguen entre personas de comunidades rurales y urbanas, para el CONEVAL los poblados rurales son aquellos que cuentan con una población menor de 2,500 habitantes. A nivel nacional, en el año 2018 los niveles de pobreza en estas localidades comprendieron el 56.7% de sus habitantes, mientras que en el estado de Oaxaca abarcó al 73.8% (CONEVAL, s/f). A pesar de que se han reducido en el país los niveles de pobreza para ambas categorías, no debe pasar desapercibido que en México una cuarta parte de la población vive en áreas rurales, sin embargo, dos terceras partes de esta vive en pobreza extrema. Así como las personas caen en pobreza o pobreza extrema, sin embargo, por su extendida duración también están los pobres crónicos, que son aquellos que han permanecido más de cinco años en pobreza y que pueden heredar esta característica, de tal modo, que desde su nacimiento ya nace con la categoría de pobre. Estas tasas de pobreza crónica son más altas en las zonas rurales que en las urbanas, pero considerando el número absoluto de personas, las áreas urbanas en muchos países tienen un mayor número de pobres crónicos, sin embargo, los pobres crónicos rurales tienden en promedio a vivir en peores condiciones que los pobres crónicos urbanos. Debido a infortunios climáticos en la producción agrícola, como sequías o heladas, imprevistos en la salud de los miembros de la familia, así como la pérdida del empleo, puede ocasionar que la familia caiga en la categoría de pobres transitorios, o sea, aquellos que en el tiempo caen temporalmente en la pobreza. En las áreas rurales, los recursos económicos generados por la actividad agrícola, por lo general son insuficientes, motivo por el cual las alternativas no agrícolas pueden subsanar el déficit económico. Haggblade et al. (2010) indican que las alternativas no agrícolas representan entre el 35% y el 50% de los ingresos en hogares rurales del mundo en desarrollo y no están basados en la producción, sino en la transformación de los productos en bruto, como puede ser la molienda, envasado, transporte y comercialización. Se indica que adicionar valor agregado a los productos agrícolas es una estrategia para solventar el impacto de la pobreza, sin embargo, debe de ir acompañada de estrategias que faciliten su comercialización, como son los productos considerados más saludables, los no tradicionales y los orgánicos. Además de esto, se indica que se requiere de algún esquema de organización y apoyo gubernamental para poder hacer en forma segura el cambio de cultivos alimenticios por cultivos de dinero, como puede ser la agricultura por contrato. El agave o maguey (*Agave spp.*) es un cultivo cuyo ciclo de producción oscila desde cinco hasta nueve años, su producto (piña) puede comercializarse en fresco y al ser procesados sus jugos se obtiene el mezcal, bebida alcohólica que se comercializa a nivel mundial. El maguey es una planta con Metabolismo del Ácido de las Crasuláceas (MAC), plantas que tienen la propiedad de que durante el día realizan la actividad lumínica y en la noche realizan el intercambio de gases (Nobel, 1988), motivo por el cual tolera la sequía. El género *Agave* se integra aproximadamente de 210 especies, de las cuales



el 75% se encuentra en México (García-Mendoza et al., 2019), sin embargo, son escasas 10 especies las que se cultivan y explotan comercialmente, bajo diferentes condiciones de clima, orografía y manejo en el estado de Oaxaca. Su aprovechamiento como bebida alcohólica se remonta a antes de la colonia y actualmente se tienen tres tipos de mezcal, según el cambio de los procesos con el tiempo y así obtener el mezcal de forma ancestral, tradicional y moderna.

El maguey es una especie que se cultiva en Oaxaca y otros ocho estados inscritos en la denominación de origen y es el estado donde se produce la mayor cantidad de mezcal (COMERCAM, 2023), contribuyendo en el año 2022 con el 91% de la producción nacional de mezcal envasado de 45° que fue de 14,165,505 litros, de esta cantidad, el 95.3% cae en la categoría de mezcal artesanal, correspondiendo el 98.7 % a mezcal blanco o joven. Del mezcal envasado, el 44% va al mercado nacional y 56% para exportación a 81 países (COMERCAM, 2023). La superficie establecida para el año 2022 es de 11,140 hectáreas (SIAP, 2023). De la cantidad total de mezcal, el 81.08% corresponde al maguey espadín (*Agave angustifolia*) y el resto a otras especies, como el maguey tobalá (*Agave potatorum*), maguey cuishe (*A.karwinskii*) y el maguey cenizo (*A. duranguensis*). Estas son especies silvestres, que actualmente se reproducen y cultivan (COMERCAM, 2023). Por lo general la materia prima que producen es de menor tamaño y que algunos consumidores consideran que su mezcal es de mejor calidad y por lo tanto, su precio es mayor. No todos los productores de maguey tienen un sitio para hacer la destilación (palenque), en estos casos se paga un precio por facilitar las instalaciones y realizar el proceso. Del maguey espadín hay varios cultivares, algunos producen piñas que pueden pesar en fresco hasta 60 kilogramos (arroqueño) y otros 20 kilogramos, según el manejo y las condiciones ecológicas, sin embargo, es común que haya variabilidad en el tiempo de maduración y tamaños dentro de la parcela. En esta especie es característico que las plantas produzcan vástagos (hijuelos) alrededor de la planta madre, oscilando el número de 3 a 9, los cuales se pueden comercializar hasta en 20 pesos cuando alcanzan una altura de 40 centímetros. La parte desconocida de la producción de mezcal radica en aquellos productores que comercializan tanto la materia prima (piña) como el mezcal en forma directa. Derivado de que al tequila se le puede adicionar destilados de otros agaves hasta en 49% (CRT, 2019) y al auge que tiene el tequila, es común encontrar en el estado de Oaxaca vehículos transportando materia prima. Según la oferta y la demanda, el precio alcanzó en el 2020 los 13 pesos por kilogramo, a la fecha por sobreoferta de materia prima en Jalisco, el precio en Oaxaca es cercano a los 10 pesos. La cantidad comercializada de mezcal a granel se desconoce porque no hay un organismo que la registre, sin embargo, se considera que es mayor que la que se envasa. Su comercialización se realiza, tanto en grandes cantidades como en forma unitaria. De este modo, a mayor precio el litro de mezcal espadín se puede comercializar a 100 pesos, en forma unitaria a 150 pesos y en forma unitaria en envase de vidrio usado 200 pesos. El mezcal diferente del espadín puede alcanzar a granel precios cercanos a los 1000 pesos por litro.

En el estado de Oaxaca hay infinidad de pueblos con estanquillos que comercializan a granel sus productos, también hay productores que entregan en forma directa el mezcal a restaurantes y cantinas, sin embargo, es de recalcar que a pesar que el estado de Oaxaca es el principal productor de mezcal y que existen cientos de marcas de mezcal, en los comercios pertenecientes a la Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales solo se distribuyen dos o tres marcas, por lo general asociados a empresas internacionales. La cadena de valor mezcal tiene en el estado de Oaxaca todos los eslabones, desde la simiente, los insumos y los servicios para el cultivo, así como la destilación, envasado y comercialización, sin embargo, existen envasadoras en algunos estados que no pertenecen a los de la denominación de origen que comercializan mezcal a nivel nacional e internacional (Casa Cuervo).

La diversificación de la comercialización del mezcal se asocia a su mezcla con otros productos, que por lo general alcanzan una menor concentración de alcohol que el mezcal puro y por lo tanto, tienen un menor precio, de este modo, surgen las “cremas” y los “curados”, los cuales impregnan al mezcal un sabor dulce de frutas diversas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para evaluar la situación de pobreza en que se encuentra la población de municipios con tradición e importancia por superficie de cultivo, se consideraron los reportes emitidos por la Secretaría de



Bienestar derivados de la información generada por el INEGI en los años 2015 y 2020. Estos municipios son San Carlos Yautepec, Tlacolula de Matamoros, Ejutla de Crespo, Miahuatlán de Porfirio Díaz y Santiago Matatlán, esta última considerada como la “Capital Mundial del Mezcal”.

Para estimar los recursos generados por la venta de “piña” se consideró un ciclo de cultivo de seis años, producción uniforme de agave, con un peso unitario de 40 kilogramos por pieza, bajo un arreglo topológico de siembra de 1.5 X 2.0 metros entre plantas, para una densidad de población de 3,333 plantas por hectárea, considerando una superficie promedio de 1.0 hectáreas por productor. Se consideraron dos escenarios, por un lado, la venta de “piña” considerando un precio de 10 pesos el kilogramo, adicionando el precio de tres hijuelos por planta madre con precio unitario de 15 pesos.

El segundo escenario considera la obtención de mezcal, considerando que el peso de la “piña” es uniforme en 40 kilogramos, que el factor de conversión de materia prima a mezcal es de 10 kilogramos por litro y que el precio de venta a mayoreo es de 100 pesos por litro. Se asumió que los compradores cortan, acarrear y trasladan la materia prima, así mismo, se restringieron los costos de horneado, molienda y destilación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El escenario que considera la venta de material vegetal dispone de 3,333 “piñas”, para un total de 133.32 toneladas y un total por venta por 1,333,200 pesos más la cantidad de 149,985 pesos por los hijuelos y totaliza en 1,483,185 pesos, para un total anual de 247,199 pesos. En el escenario por la venta de mezcal más lo derivado del aprovechamiento de los “hijuelos” se tiene un promedio anual de 247,190 pesos.

Bajo estos dos escenarios, las cifras obtenidas superan la cantidad propuesta por el CONEVAL como Línea de Pobreza, sin embargo, contrastan con las cifras de pobreza para los años 2015 y 2020 reportadas por la Secretaría de Bienestar (Cuadro 1), donde se observa que, en todos los municipios bajo la pobreza moderada, pero en algunos casos aumentó la pobreza extrema.

**Cuadro 1.- Persistencia de la pbreza en municipios productores de agave.**

Municipio	Población	Año 2015		Población	Año 2020	
		Pobreza moderada	Pobreza extrema		Pobreza moderada	Pobreza extrema
San Carlos Yautepec	12,562	49.1	41.0	11,662	56.0	20.6
Tlacolula de Matamoros	24,027	39.7	10.9	30,254	30.08	9.9
Ejutla de Crespo	21,913	57.9	16.2	23,148	46.3	19.8
Miahuatkán de Porfirio Díaz	45,679	51.7	14.5	50,375	41.0	24.1
Villa Sola de Vega	12,703	46.6	36.6	12,350	42.1	44.4
Santiago Matatlán	10,252	63.7	25.0	10,345	58.3	30.5

Lo anterior es indicativo que la riqueza generada por el comercio del agave y del mezcal se está quedando en pocas manos y estos dejan de ser pobres.

Con base en la persistencia de las cifras de pobreza de los años 2015 y 2020, se considera que parte de la población son pobres crónicos.

## LITERATURA CITADA

Boltvinik, J. 1992. El método de medición integrada de la pobreza. Una propuesta para su desarrollo. Comercio Exterior 42(4):354-365.



- Boltvinik, J. 1994. La pobreza en América Latina. Análisis crítico de tres estudios. Frontera Norte. Número especial: Pobreza. pp:31-60
- COMERCAM Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal. 2023. Informe Estadístico 2023. Oaxaca. 20 p.
- CONEVAL, 2016. Medición de la pobreza. Estados Unidos Mexicanos. 2016. Revisado en [www.coneval.gob.mx](http://www.coneval.gob.mx), el 25 de junio del 2018.
- CRT. Consejo Regulador del Tequila 2019. Categorías. Revisado el 24/07/2023 en <https://www.crt.org.mx/index.php/es/el-tequila-3/clasificacion>
- Farreira, F.H.G., S. Chen, A. Dabalen, Y. Dikhanov, N. Hamadeh, D. Jolliffe, A. Narayan, E.B. Prydz, A. Revenga, P. Sangraula, U. Serajuddin and N. Yoshida. 2015. A Global Count of the Extreme Poor in 2012. Policy Research Working Paper 7432. World Bank Group. 65 p.
- García-Mendoza, A. J., I. S. Franco Martínez y D. Sandoval Gutiérrez. 2019. Cuatro especies nuevas de *Agave* (*Asparagaceae*, *Agavoideae*) del sur de México. *Acta Botanica Mexicana* 126: e1461. DOI: 10.21829/abm126.2019.1461. 18 p.
- Nobel, P. S. 1988. *Environmental Biology of Agaves y Cacti*. Cambridge University Press. New York. 270 p.
- Ravallion, M., S. Chen and P. Sangraula. 2007. Dollar a day revisited. *The World Bank Economic Review* 23(2):163-184.
- SIAP. 2023. Avance de siembra y cosecha 2022. Revisado en: [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)





# **Tecnología de Alimentos**



## ACEPTACIÓN SENSORIAL DE UN EMBUTIDO TIPO CHORIZO ENRIQUECIDO CON EXTRACTOS DE HOJAS DE *Pimenta dioica* L.

### SENSORY ACCEPTANCE OF A CHORIZO-TYPE SAUSAGE ENRICHED WITH LEAVE EXTRACTS OF *Pimenta dioica* L.

<sup>1</sup>Sánchez Cerino AL, <sup>1</sup>Camarillo Peña S, <sup>2</sup>Hernández Becerra JA, <sup>1</sup>Chay Canul AJ, <sup>1\*</sup>Ochoa Flores AA.

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, Km 25. C.P. 86280. Villahermosa Tabasco, México.

<sup>2</sup>División de Procesos Industriales, Universidad Tecnológica de Tabasco, Carretera Villahermosa-Teapa, Km 14.6. C.P. 86280. Villahermosa Tabasco, México.

\*Autor para correspondencia: [angelica.ochoa@ujat.mx](mailto:angelica.ochoa@ujat.mx)

#### RESUMEN

El crecimiento microbiano y la oxidación lipídica son las principales causas del deterioro de la carne y de los productos cárnicos. La industria cárnica emplea para su control agentes antimicrobianos y antioxidantes sintéticos, pero los consumidores demandan cada vez más productos inocuos, conservados con aditivos naturales. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue determinar la aceptación sensorial de un embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero y enriquecido con extractos de hojas de *Pimenta dioica* L. La hojas de pimienta fueron colectadas y sus extractos acuosos obtenidos por el método de extracción asistida por ultrasonificación. Se estableció en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos, con la adición de 0, 1000, 3000 y 5000 ppm de extracto en el embutido. Los valores medios obtenidos para el nivel de agrado de los atributos considerados, aroma, textura, sabor, succulencia y aceptación global, para cada una de las formulaciones evaluadas, sin y con extracto, alcanzaron valores medios de aceptación de entre 8 y 9, correspondientes a niveles de agrado definidos entre “Me gusta mucho” y “Me gusta muchísimo”, lo que los sitúa como productos con un alto potencial de consumo entre la población.

**Palabras clave:** *Aceptación sensorial, nivel de agrado, embutido, chorizo, Pimenta dioica L.*

#### INTRODUCCIÓN

En México, el consumo de productos embutidos ha aumentado debido a su rápida preparación, precio y sabor. Estos productos son elaborados a partir de la carne de porcino, aves y bovino, adicionada de grasas comestibles, condimentos, especias, y aditivos alimentarios (Jiménez-Colmenero et al., 2013; Cruz-Bacab et al., 2017). La incorporación de aditivos sintéticos es una práctica común en la industria de los alimentos, por muchos años se han utilizado compuestos antimicrobianos y antioxidantes obtenidos por síntesis química, para el control del deterioro causado por microorganismos o por la oxidación de las grasas en productos cárnicos como embutidos (Aguilar-Astudillo et al., 2019; Begic et al., 2020). Sin embargo, el uso de estos compuestos químicos se ha restringido debido a sus efectos negativos, tóxicos, carcinogénicos y de contaminación ambiental (López et al., 2021). A pesar de esto los aditivos son necesarios para mantener la producción de alimentos a nivel industrial, por lo que se tiene la necesidad de buscar otras alternativas naturales, menos dañinas a la salud y al medio ambiente (Figuroa-Chico y Lucio-Suárez, 2018).

En la actualidad, existe un interés considerable en la industria alimentaria por encontrar antioxidantes y antimicrobianos vegetales que reemplacen a los de origen sintético, ya que se asume que son seguros si provienen de plantas de uso alimentario (Ramírez-Rojo et al., 2018). En este sentido, Murali et al. (2021), mostraron que la pimienta (*Pimenta dioica* L.) contiene compuestos fenólicos tales como el eugenol, metileugenol y  $\beta$ -Cariofileno; compuestos que de acuerdo con Marchese et al. (2017) presentan actividades antioxidante y antimicrobiana in-vitro. Sin embargo, aún cuando a nivel internacional la información existente ha demostrado que los extractos obtenidos de fuentes vegetales como las hojas de pimienta presentan actividad antimicrobiana y antioxidante, que pueden ser



incorporados en la industria de alimentos como agentes conservantes, en México aún son consideradas como residuos agroindustriales, sin un uso aparente (Sánchez-Zárate et al., 2020).

Es por lo anterior que el presente estudio se enfocó en la utilización de los extractos de las hojas de *Pimenta dioica* L. para la elaboración de un embutido tipo chorizo a base de carne de cordero y en la evaluación de su aceptación sensorial por los posibles consumidores del producto, de manera que los resultados puedan ser de beneficio para la industria de alimentos y para el consumidor.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La colecta de las hojas de pimienta se realizó en la hacienda cacaotera “Jesús María”, ubicada en la Carretera Camino Vecinal Ranchería Sur, quinta sección, del municipio de Comalcalco, Tabasco, en los meses de junio a agosto del 2022. El acondicionamiento de la hojas, lavado, secado, molido y tamizado, se realizó en la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y, la obtención y caracterización de los extractos se llevó a cabo en las instalaciones de la División de Procesos Industriales de la Universidad Tecnológica de Tabasco. La evaluación sensorial del embutido elaborado y enriquecido con los extractos de hojas de pimienta se realizó en un supermercado de una cadena comercial nacional, ubicado en el municipio de Comalcalco, Tabasco.

Los extractos de hoja de pimienta se obtuvieron por el método de extracción asistida por ultrasonificación, con ayuda de un equipo ultrasónico Cole-parmer, modelo cpx-956-217r, utilizando agua destilada como solvente. 5 g de hoja previamente molida y tamizada se mezclaron con 100 mL de agua destilada, la mezcla se dejó reposar por 24 horas, se ultrasonificó a 80°C por 10 min, se llevó a temperatura ambiente, se filtró y centrifugó en una centrifuga Solbat J-40 a 4500 rpm por 20 min para recuperar el sobrenadante.

El embutido tipo chorizo se elaboró a partir de carne de cordero (600 g), grasa de cordero (300 g), paprika (15 g), sal (7 g), ajo (6 g), chile guajillo (1g) y chile color (1g). La carne se molió en un molino para carne Torrey® y se mezcló con la grasa, se incorporaron las especias en polvo, la mezcla de los chiles cocidos y licuados. La mezcla se homogenizó manualmente por 5 min, se dejó reposar durante 24 horas a 18 °C y se dividió en cuatro porciones iguales para la adición, en cada caso, de la dosis del extracto de hoja de pimienta a evaluar (0, 1000, 3000 y 5000 ppm). El chorizo se sometió entonces al proceso de ahumado a 65°C por 3 horas.

El nivel de agrado del producto elaborado se evaluó con una prueba hedónica de aceptación de consumidor, utilizando para ello una escala hedónica de 9 puntos, desde 1 “me disgusta muchísimo” hasta 9 “me gusta muchísimo”. Para ello, se solicitó la opinión individualizada de un total de 110 posibles consumidores, los cuales fueron elegidos al azar en un supermercado perteneciente a una cadena comercial nacional. Los atributos evaluados en los embutidos adicionados con los extractos fueron aroma, textura, sabor, succulencia y calidad global. Lo anterior nos permitió determinar la dosis de extracto más aceptada por los consumidores, como fue propuesto por Meilgaard et al. (2016) y Sánchez et al. (2019). Las muestras se cocinaron en una parrilla eléctrica de inducción Royal Prestige a 180°C hasta que la temperatura interna del embutido fue de 72 °C, posteriormente, se envolvieron en papel aluminio y se colocaron a baño maría a una temperatura máxima de 60°C por no más de 30 min. Para la degustación, las cuatro muestras se sirvieron en porciones de 5 g, en platos desechables de plástico, codificadas con tres dígitos para ser entregadas a los participantes, los jueces no entrenados eliminaban el sabor residual de cada producto degustado con agua y totopos de maíz (Durán-Mendoza et al., 2018).

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar, con un total de cuatro tratamientos. Un tratamiento testigo, sin adición de extracto de hoja de pimienta, más tres tratamientos con la adición del extracto de hoja de pimienta a las dosis de 1000, 3000 y 5000 ppm de extracto en el embutido. Los resultados se analizaron por medio de un análisis de varianza con posterior análisis de comparación de medias, empleando una prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0.05, con el paquete estadístico Minitab.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizaron 5 kg de hojas frescas de pimienta, que una vez secas y tamizadas, permitieron un rendimiento en extracto acuoso del  $5.23 \pm 0.21$  % (p/p seco de muestra), con un contenido de fenoles totales de  $39,257 \pm 1,580$  mg eq de ácido gálico por cada 100 g de extracto seco y una actividad antioxidante por DPPH de  $125.03 \pm 10.6$  mmoles de Trolox por cada 100 g extracto seco.

En la Figura 1 se muestran los histogramas de frecuencia de las respuestas aportadas por los 110 jueces no entrenados y posibles consumidores, para el nivel de agrado en cada uno de los atributos sensoriales considerados (aroma, textura, sabor, succulencia y aceptación global), para cada una de las formulaciones evaluadas: (a) tratamiento testigo, sin la adición de extracto, (b) embutido elaborado con 1000 ppm de extracto acuoso de hoja de pimienta, (c) embutido elaborado con 3000 ppm de extracto y (d) producto elaborado con 5000 ppm de extracto. En dicha Figura puede verse que las respuestas obtenidas para el nivel de agrado en los tratamientos testigo (a) y con 1000 ppm de extracto (b), se concentran en el valor de 9, para todos los atributos evaluados, que de acuerdo con la escala hedónica de 9 puntos utilizada correspondería a la respuesta de “Me gusta muchísimo”, excepto para la succulencia, cuyas respuestas para el tratamiento testigo se concentran en el valor de ocho “Me gusta mucho”, en comparación con el tratamiento adicinado con 1000 ppm de extracto, en cuyo caso se obtiene un mayor nivel de agrado. En tanto que las respuestas obtenidas para el nivel de agrado de los tratamientos adicionados con 3000 (c) y 5000 ppm del extracto de hoja de pimienta (d), se concentran en el valor de 8, para todos los atributos evaluados, esto es “Me gusta mucho”.

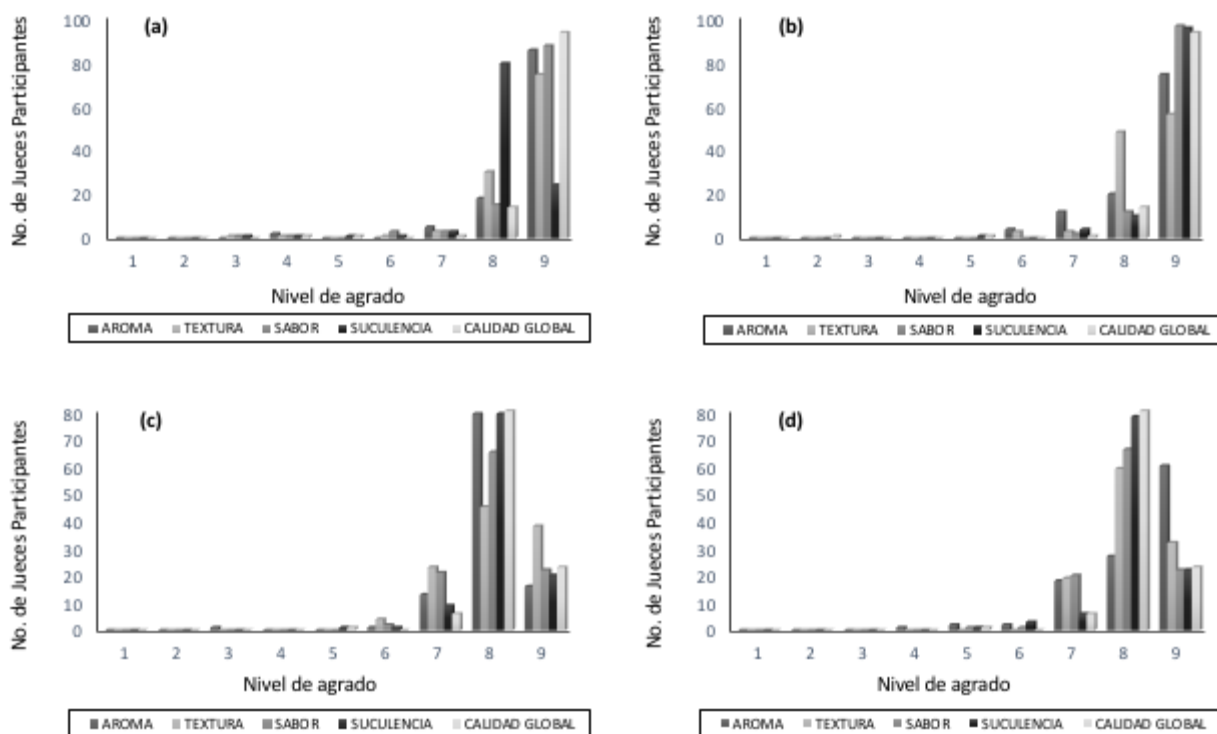


Figura 1. Histogramas de frecuencia de las respuestas aportadas por los 110 jueces no entrenados para el nivel de agrado en cada uno de los atributos sensoriales considerados, para cada una de las formulaciones evaluadas. (a) Tratamiento testigo, sin la adición de extracto, (b) embutido elaborado con 1000 ppm de extracto acuoso de hoja de pimienta, (c) embutido elaborado con 3000 ppm de extracto y (d) producto elaborado con 5000 ppm de extracto.



Del análisis estadístico de los resultados obtenidos para el nivel de agrado de los atributos sensoriales considerados (aroma, textura, sabor, succulencia y aceptación global), para cada una de las formulaciones evaluadas (tratamiento testigo y embutidos adicionados con 1000, 3000 y 5000 ppm de extracto acuoso de hoja de pimienta), se encontró que todos los atributos sensoriales mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el nivel de agrado, lo anterior se muestra en la Tabla 1. En dicha tabla puede verse que la adición de 1000 ppm de extracto de hoja al embutido de cordero, mejora la succulencia del mismo, el comparación con el tratamiento testigo, mientras que los demás atributos sensoriales permanecen sin cambios en su nivel de agrado. Sin embargo, también en esta Tabla se observa que la adición de una mayor cantidad de extracto (3000 y 5000 ppm) si disminuye el nivel de agrado en todos los atributos sensoriales evaluados, en comparación con los tratamientos testigo y adicionado con 1000 ppm; no encontrándose diferencias significativas para el nivel de agrado entre los tratamientos de 3000 y 5000 ppm de extracto añadido, en ninguno de los atributos evaluados.

Al observar en la Tabla 1 los valores medios obtenidos para el nivel de agrado de los atributos considerados, para cada una de las formulaciones evaluadas, podemos ver que, no obstante las diferencias significativas entre los tratamientos, todos los productos elaborados sin y con extracto, alcanzaron valores medios de aceptación de entre 8 y 9, correspondientes a niveles de agrado definidos entre “Me gusta mucho” y “Me gusta muchísimo”, lo que los sitúa como productos con un alto potencial de consumo entre la población, por lo que podemos decir que las tres formulaciones elaboradas con la adición de extracto de hojas de pimienta fueron gratamente aceptadas entre los consumidores. Estos resultados sugieren la factibilidad de adicionar de 1 hasta 5 g de extracto de hojas de Pimenta dioica L. a los embutidos, sin causar un efecto negativo en la aceptación por parte de los posibles consumidores del producto.

**Tabla 1. Valores medios obtenidos para el nivel de agrado de los embutidos a elaborados a diferentes concentraciones de extracto de hoja de *Pimenta dioica* L.**

Atributos	Tratamientos			
	Testigo*	Extracto hoja de <i>Pimenta dioica</i> L.		
		1000 ppm	3000 ppm	5000 ppm
Aroma	8.65 <sup>a</sup>	8.49 <sup>ab</sup>	7.96 <sup>c</sup>	8.25 <sup>bc</sup>
Textura	8.55 <sup>a</sup>	8.43 <sup>a</sup>	8.06 <sup>b</sup>	8.12 <sup>b</sup>
Sabor	8.63 <sup>a</sup>	8.85 <sup>a</sup>	7.97 <sup>b</sup>	7.97 <sup>b</sup>
Suculencia	8.06 <sup>b</sup>	8.80 <sup>a</sup>	8.05 <sup>b</sup>	8.06 <sup>b</sup>
Aceptación global	8.77 <sup>a</sup>	8.75 <sup>a</sup>	8.13 <sup>b</sup>	8.13 <sup>b</sup>

Cada valor representa la media de 110 determinaciones; dentro de la misma fila letras distintas representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). \*Tratamiento testigo, preparado con carne y grasa de cordero, sin extracto.

Sánchez-Zárate et al. (2020) evaluaron también el nivel de agrado de la adición de extractos acuosos de hojas de pimienta (250, 500 y 1000 ppm) en hamburguesas de carne de cordero por consumidores potenciales del producto; encontrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las concentraciones estudiadas y el tratamiento testigo, sin extracto. De manera que su adición, mejoró los atributos de sabor, aroma, textura, succulencia y aceptación global, en comparación con el producto elaborado sin la adición de extracto; siendo además la concentración de 1000 ppm la que obtuvo las mayores calificaciones en todos los atributos, con valores superiores a 7 y que corresponden a un “Me gusta moderadamente” en la escala utilizada. Estos resultados son concordantes con los obtenidos por nuestro grupo de trabajo, al utilizar 1000 ppm de extracto acuoso de Pimenta dioica L. en los embutidos tipo chorizo.

#### CONCLUSIONES

Aún cuando los resultados de la evaluación sensorial muestran que únicamente el embutido elaborado con 1000 ppm del extracto de hoja de Pimenta dioica L. fue similar al testigo, elaborado sin extracto, las



concentraciones más altas de 3000 y 5000 ppm fueron también del agrado de los consumidores, siendo calificados con me gusta mucho. Por lo que se puede concluir entonces que adicionar el extracto de hoja de pimienta como conservador de origen natural a los embutidos tipo chorizo elaborados a base de carne de cordero, es factible al no tener efectos negativos en la aceptación del producto.

#### Agradecimientos y Fuente Financiadora

Al CONACYT, por los recursos otorgados a la IA. Ana Lidia Sánchez Cerino como becaria de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, así como a la Universidad Tecnológica de Tabasco por su colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

#### LITERATURA CITADA

- Aguilar-Astudillo, E., Rodríguez Hernández, C., Bravo Mojica, H., Soto Hernández, R. M., Bautista Martínez, N., and Guevara Hernández, F. 2019. Efecto insectistático de extractos etanólicos de clavo y pimienta en *Trialeurodes vaporariorum* West. (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 35(Nueva serie).
- Begic, S., Horozic, E., Alibasic, H., Bjelic, E., Seferovic, S., Kozarevic, E. C., and Softic, M. 2020. Antioxidant capacity and total phenolic and flavonoid contents of methanolic extracts of *Urtica dioica* L. by different extraction techniques. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 21: 207-214.
- Cruz-Bacab, L., Baeza-Mendoza, L., Pérez-Robles, L., and Martínez-Molina, I. 2017. Sensorial assessment of "chorizo" as a type of sausage based on rabbit meat. *Abanico Veterinario* ISSN 2448-6132, Vol. 8, No. 1. 7. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.81.10>.
- Figueroa-Chico, Y. T., and Lucio-Suárez, N. 2018. Aplicación de pasta de pimiento rojo (*Capsicum Annuum*) como aditivo antioxidante en la elaboración de un chorizo parrillero.
- Jiménez-Colmenero, F., Triki, M., Herrero, A.M., Rodríguez-Salas, L., and Ruiz-Capillas, C. 2013. Healthy oil combination stabilized in a konjac matrix as pork fat replacement in lowfat, PUFA-enriched, dry fermented sausages. *LWT-Food Science and Technology*. 51:158-163. ISSN: 0023-6438 DOI:10.1016/j.lwt.2012.10.016.
- López, L., Herrera, P., Cordero, V.D., Arias, Z.A., and Ramirez, E. 2021. ¿El Jamón de pavo es tan saludable como pensamos?: NOM-051-SCFI/SSA-2010. *Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo*, 9: 126-128.
- Marchese, A., Barbieri, R., Coppo, E., Orhan, I.E., Daglia, M., Nabavi, S.F., Izadi, M., Abdollahi, M., Nabavi, S.M., and Ajami, M. 2017. Antimicrobial activity of eugenol and essential oils containing eugenol: A mechanistic viewpoint. *Critical reviews in microbiology*, 43: 668-689.
- Murali, V.S., Devi, V.M., Parvathy, P., and Murugan, M. 2021. Phytochemical screening, FTIR spectral analysis, antioxidant and antibacterial activity of leaf extract of *Pimenta dioica* Linn. *Materials Today: Proceedings*, 45: 2166-2170.
- Ramírez-Rojo, M.I., Vargas-Sánchez, R.D., del Mar Torres-Martínez, B., Torrescano-Urrutia, G.R., and Sánchez-Escalante, A. 2018. Extractos de hojas de plantas para conservar la calidad de la carne y los productos cárnicos frescos. *Revisión. Biotecnia*, 20: 155-164.
- Sánchez-Zarate, A., Hernández-Gallegos, M. A., Carrera-Lanestosa, A., López-Martínez, S., Chay-Canul, A. J., Esparza-Rivera, J. R., and Velázquez-Martínez, J. R. 2020. Antioxidant and antibacterial activity of aqueous, ethanolic and acetonic extracts of *Pimenta dioica* L. leaves. *International Food Research Journal*, 27.





## EFFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DEL TOSTADO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y SENSORIALES DEL CHOCOLATE

### EFFECT OF TIME AND TEMPERATURE OF ROASTING COCOA (*Theobroma cacao* L.) ON THE CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF CHOCOLATE

<sup>2</sup>López Meléndez XW, <sup>1\*</sup>Caballero Pérez JF, <sup>1</sup>Perez Pérez BR, <sup>1</sup>Martínez Valencia BB

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán. C.P. 30870.Tuxtla Chico, Chiapas, México. C.P. 30870.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Tapachula, Carretera a Puerto Madero Km. 2, Centro, 30700 Tapachula de Córdoba y Ordoñez, Chiapas. México.

\*Autor para correspondencia: [seneka95@hotmail.com](mailto:seneka95@hotmail.com)

#### RESUMEN

El tostado es una operación muy importante en el procesado del cacao, ya que determina en gran medida el color, aroma y sabor del chocolate. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del tiempo y temperatura de tostado del cacao en las características químicas y sensoriales del chocolate. Las temperaturas y tiempos de tostado del grano para la elaboración del chocolate fueron: a) 115 °C por 35 minutos (T1), b) 125°C por 35 minutos (T2), c) 130 °C por 35 minutos (T3), d) 115°C por 40 minutos (T4), e) 125°C por 40 minutos (T5), f) 130 °C por 40 minutos (T6), g) 115 °C por 50 minutos (T7), h) 125°C por 50 minutos (T8) e i) 130 °C por 50 minutos (T9). Las variables evaluadas fueron porcentaje de acidez y grasa. En el análisis de la información se usó un diseño completamente al azar (DCA) de dos factores en estudio: Factor A: tiempo de tostado con diferentes niveles y el Factor B: temperatura de tostado a diferentes intensidades. Además, se realizó una evaluación sensorial mediante una prueba de hedónica con escala de nueve puntos. En el análisis de contenido de acidez se encontraron diferencias significativas, por lo que la temperatura y tiempo de tostado influyen ligeramente en la variable acidez, mientras que en la variable grasa no se observaron diferencias estadísticamente significativas, por lo que la temperatura y tiempo de tostado no influyen en el contenido de grasa. Según la evaluación sensorial el tratamiento de tostado a 130 °C por 50 minutos se considera el tratamiento con más aceptación mientras el tratamiento de tostado a 115 °C por 35 minutos mostro ser el menos aceptado.

**Palabras clave:** *Temperatura, tiempo, tostado, chocolate.*

#### INTRODUCCIÓN

El cacao es un árbol nativo de América tropical. Se estima que una población de *Theobroma cacao* L. se extiende naturalmente a lo largo de la parte central, en el oeste y norte de las Guayanas, en Amazonas y el sur de México. De estos lugares se dispersaron los dos tipos principales de cacao, el criollo y el forastero (Unodoc, 2014). El cacao se ha cultivado en el sureste de México desde épocas prehispánicas, siendo los olmecas (1500 a. C.) los primeros en domesticarlo y utilizarlo. Los olmecas lo heredaron a los mayas (1000 a. C. a 1540 d. C.) y estos lo dieron a conocer a los aztecas (500 a 1500 d. C.). Los mayas y los aztecas utilizaron el grano de cacao en la preparación de bebidas y como moneda de intercambio (Coe et al., 2007). El cacao fino de aroma, tipo criollo o trinitario, y algunos tipos de forastero, presentan características específicas de sabor, aroma y color que son ideales para la elaboración de chocolates finos, coberturas, bebidas y diversos chocolates gourmet (ICCO, 2011). Los granos de cacao son la materia prima básica en la elaboración de chocolates y otros productos de fabricación de chocolatería. Uno de los procesos más importantes es el de someter a los granos de cacao al tostado, el cual dependerá del tipo de grano, el tiempo de cosecha y la ubicación, el tratamiento después de la cosecha y el tipo de sabor deseado en el producto acabado (Zyzelewicz et al., 2014). Los precursores del sabor se desarrollan durante la fermentación y secado de granos de cacao, que incluyen aminoácidos libres, los péptidos y el azúcar reductor, contribuyendo al desarrollo del aroma específico de cacao (Misnawi y Teguh, 2010). Los precursores de aromas desarrollados durante la fermentación interactúan en el proceso de tostado para producir el deseado sabor a chocolate (Sánchez, 2007); por



ello, el tostado es considerado como la operación tecnológica más importante en el procesamiento de los granos de cacao (Zapata et al., 2015). El optimizar las condiciones de tostado de cacao significa desarrollar al máximo el potencial aromático de los granos (Krysiak, 2005; Lares et al., 2012) y es una operación de procesamiento del cacao muy importante que determina, en gran medida, el color, aroma y sabor de los derivados del cacao. Durante el tostado el color del cacao sufre un oscurecimiento adicional al observado durante las etapas previas de fermentación y secado. En este pardeamiento participan múltiples reacciones, como oxidaciones y polimerizaciones de polifenoles, degradación de proteínas y reacciones de Maillard. En cambio, en el aroma y sabor tienen especial influencia las diferentes temperaturas y tiempos de tostado (Ramli et al., 2006). El estudio de los polifenoles en el grano de cacao, como catequinas y antocianinas, han adquirido notoriedad pública a raíz de su actividad biológica que, consumidos a través de vegetales o derivados como el chocolate, ejercen funciones antiinflamatorias y antioxidante (Tuckmantel et al., 1999; Schramm et al., 2001). Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la temperatura y tiempo de tostado de los granos de cacao en las características químicas y sensoriales del chocolate para estandarizar la etapa de procesamiento del grano.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Muestras de cacao tipo forastero fermentado y secado con humedad de 7% fueron procesadas en el laboratorio de postcosecha del Campo Experimental Rosario Izapa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las mazorcas de cacao fueron lavadas manualmente para evitar la presencia de contaminación previo al procesamiento. Después del fermentado y secado del cacao, se llevó a cabo el tostado de los granos bajo las diferentes condiciones. Después se procedió a eliminar la cascarilla de los granos tostados y se elaboró el chocolate bajo un proceso artesanal. Las temperaturas y tiempos de tostado del grano para la elaboración del chocolate fueron: a) 115 °C por 35 minutos (T1), b) 125°C por 35 minutos (T2), c) 130 °C por 35 minutos (T3), d) 115°C por 40 minutos (T4), e) 125°C por 40 minutos (T5), f) 130 °C por 40 minutos (T6), g) 115 °C por 50 minutos (T7), h) 125°C por 50 minutos (T8) e i) 130 °C por 50 minutos (T9).

Determinación de la acidez titulable: Se pesaron 10 g de muestra y se licuaron con 50 ml de agua desionizada o destilada. Se filtró el licuado a través de tela delgada, con una probeta se midieron 20 ml de alícuota y se depositó en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, luego se agregaron 4 gotas de fenoltaleína al 1%. Se llenó la bureta con la solución de NaOH al 0.1 N y se empezó la titulación hasta que la muestra tomó una coloración rosada por 30 segundos, si el color no era perceptible se tomó como referencia un pH 8.0 A 9.0.

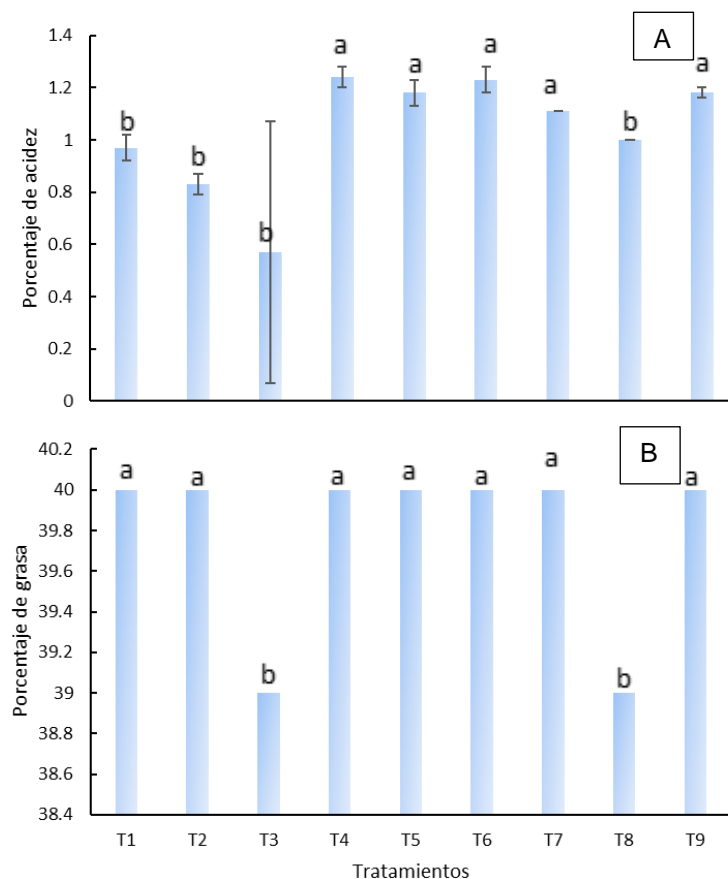
Determinación del contenido de grasa por el método Soxhlet: Se utilizaron 2.0 g de muestra finamente dividida en el cartucho o dedal y se cubrió con una porción de algodón para colocarlo dentro del extractor Soxhlet. En la parte inferior se ajustó un matraz con cuerpos de ebullición (llevados previamente a peso constante por calentamiento en rango de 100 a 110°C). En seguida, se colocó el refrigerante y se añadió éter por el extremo superior del refrigerante (alrededor de 80 ml). Se hizo circular el agua por el refrigerante y calentó hasta obtener una frecuencia de 2 gotas por segundo. La extracción se efectuó aproximadamente durante 4 a 6 h. Al finalizar el ciclo se retiró el extractor del matraz y se procedió a evaporar suavemente el éter del matraz, finalmente se llevó el matraz a peso constante a 100°C.

Análisis de la información. Los datos de las variables químicas fueron graficados y se calculó la desviación estándar. Se utilizó un diseño en arreglo de A x B de nueve tratamientos con un diseño completamente al azar (DCA) y cinco repeticiones para cada uno; para la comparación de las medidas de los tratamientos se usó la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ). Los datos de la evaluación sensorial fueron graficados y se determinó el valor promedio. Además, se realizó una evaluación sensorial donde se evaluaron atributos como el color, olor, sabor y textura del chocolate mediante el uso de una prueba de aceptación con una escala hedónica de nueve puntos.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la gráfica 1A, se observó que, el T4 obtuvo un contenido de acidez de 1.2451 y en los tratamientos se observaron diferencias significativas. Los resultados de este estudio son similares a los reportados por Guzmán (2007) quien reportó diferencias en la acidez titulable en muestras de cacao proveniente de Venezuela. El autor atribuyó estas diferencias a la metodología poscosecha usada durante los procesos de secado y tostado, la cual contribuye a que la remoción de ácidos volátiles sea más o menos eficiente. Saltini (2013), indicó que las reacciones químicas sufridas por los granos en el proceso de tostado afectan el color, el volumen, masa, forma, agrietamiento del grano, pH, densidad y especialmente compuestos volátiles y aroma. Rejas (2021), reporta que el contenido de acidez del chocolate depende principalmente de la etapa de tostado y del contenido de humedad de los granos de cacao y menciona que, con un tiempo prolongado de tostado, se obtendrán chocolates con un menor contenido de acidez.



**Figura 1.** Porcentajes de acidez y grasa en los diferentes tratamientos de chocolate. *Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Duncan a una  $P \leq 0.05$ .*

En la Figura 1B, se observó que el porcentaje de grasa en los nueve tratamientos se encuentran en un rango entre 39 y 40% por lo que según la prueba de Duncan mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el contenido de grasa, dando como resultado que los factores en este estudio (tiempo y temperatura) influyen de manera significativa en la variable grasa del chocolate. Los resultados de este trabajo son similares a los reportados por Lares et al., (2012), quien obtuvo porcentajes de grasa de 45.42 a 46.27 en chocolate amargo, en donde la temperatura y tiempo de tostado fueron de 120 °C por 50 minutos. Sin embargo, estos resultados difieren a los obtenidos en otros estudios. Por ejemplo, Sánchez et al. (2016), indicó que sus resultados variaron desde 23.49 a 48.19%. Según Zyzelewicz et



al. (2014), la temperatura, la humedad y la velocidad del flujo de aire de tostado afectan la composición de ácidos grasos, índice de peróxidos y el contenido de dienos conjugados y trienos en la manteca de cacao. En cambio, Cros (2004) señala que las condiciones de tostado, tipo de grano, tiempo y lugar de cosecha (ubicación geográfica), influyen en el tipo de sabor del chocolate.

Los resultados obtenidos en la prueba sensorial con respecto a la variable olor (Figura 2) destaca el T9 como el más aceptado con un promedio de 7.7, en contraste el T8 con un promedio de 7.3. Los tratamientos T7 y T5 obtuvieron una calificación promedio de 6.9, mientras que el tratamiento menos aceptado fue el T1 con un valor promedio de 5.2. Con respecto a la variable olor, el T9 presentó valor promedio de 7.8. El T8 y el menos aceptado fue el T1 con un promedio de 6.1. En cuanto a la textura (Figura 2), los resultados mostraron que el mejor tratamiento fue el T9 con un valor de 7.8. y el menos aceptado fue el T1 con una media de 5.5. Finalmente, los resultados para la variable sabor se obtuvo como mejor tratamiento al T9 con una media de 7.9, el T8 con una media 7.3. Los tratamientos T7 y T5 tienen valores de 6.9. El tratamiento menos aceptado por los panelistas es fue el T1 con un promedio de 4.4. Estos resultados se atribuyen a los obtenidos para la variable acidez, observándose que los tratamientos 1, 2 y 3 que presentan menor índice de acidez son también los menos aceptados por los panelistas. Aldave (2016), al estudiar las variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 e ICS-6, en Perú, sometió los granos de cacao a temperaturas: 120 y 130 °C por 40 y 50 minutos, durante el tostado; los nibs de cacao (granos de cacao tostados y pelados) y después de la evaluación sensorial concluyó que el tratamiento de tostado óptimo es 130 °C por 50 minutos, para las dos variedades; respecto a los caracteres de sabor y aroma a chocolate: frutales, florales, nuez, presentaron mayor puntaje, seguido de los atributos: acidez, amargor y astringencia.

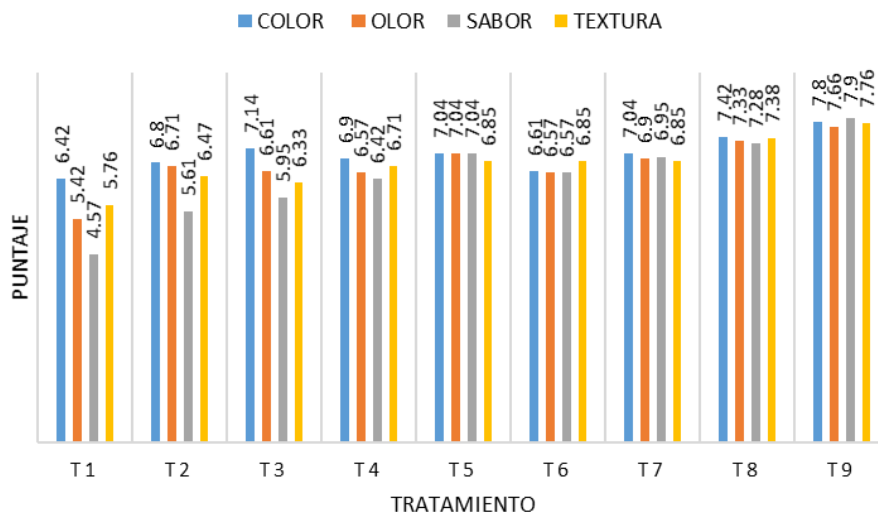


Figura 2. Atributos evaluados durante la prueba sensorial de cada uno de los tratamientos de chocolate. Cada punto representa el promedio de 20 observaciones.

## CONCLUSIONES

La variable acidez se ve afectada durante el tostado de los granos de cacao, al aplicar más grados de temperatura y mayor tiempo el índice de acidez del chocolate tiende a aumentar, por lo que el sabor del chocolate es menos ácido. La variable grasa demuestra que la temperatura y tiempo de tostado influyen de manera significativa en el contenido de grasa de los chocolates. El mejor tratamiento fue el T9 (50 minutos y 130 °C), con lo cual se asume que con esta temperatura y tiempo de tostado se formen sabores y aroma más intensos en el chocolate, lo cual permitió obtener mejor aceptabilidad sensorial.



## LITERATURA CITADA

- Aldave, G. J. 2016. Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIBS.
- Alegría, E. A. 2015. Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao (*Theobroma cacao* L.), 160.
- Awua, P. K. 2002. Cocoa Processing and Chocolate Manufacture in Ghana. Essex, UK: David Jamieson and Associates Press Inc.
- Coe, S.D.; Coe, M.D. 2007. The true history of chocolate. Hudson Ta (Ed.), 2nd ed. p. 208. New York.
- Cross, E. 2004. Factores que afectan el desarrollo del sabor a cacao, bases bioquímicas del perfil aromático, Taller Internacional de Calidad Integral de Cacao. Noviembre 15-17, Quevedo EC. 20 p.
- International Cocoa Organization (ICCO). 2011. Latest quarterly bulletin of cocoa statistics. Julio 2023.
- Kleinert, J. 1994. Limpieza, tostado y aventamiento. En fabricación y uso de chocolate industrial. Springer, Boston, MA. (pp. 55-69).
- Krysiak, W. 2005. Influence of roasting conditions on coloration of roasted cocoa beans. Journal of food engineering, 77: 449-453.
- Lares, M.; Gutiérrez, E.; Álvarez, C. 2012. Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado de Miranda, Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola. 12 (2) 439-446.
- Misnawi and Teguh, W. 2010. Cocoa Chemistry and Technology Roles of Polyphenols and enzymes reactivation in flavour development of under-fermented cocoa beans. Lambert Academic Publishing, 66-69.
- Ramli, N.; Hassan, O.; Said, M.; Samsudin, W.; Idris, N.A. 2006. Influencia de las condiciones de tostado en el sabor volátil de tostar los granos de cacao de Malasia. Diario de procesamiento y conservación de alimentos, 30: 280-298.
- Rejas, H. V. 2021. Cambios fisicoquímicos y organolépticos en el tostado del cacao. Ingeniería y sus alcances, 5(11), 39-58.
- Sánchez, Á.; Naranjo, J.; Córdoba, V.; Dora, Á.; Zaldívar, J. 2016. Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2817-2830.
- Schramm, D.D.; Wang, J.F.; Holt, R.R.; Ensunsa, J.L.; Gonsalves, J.L.; Lazarus, S.A.; Schmitz, H.H.; German, J.B.; Keen, C.L. 2001. Chocolate procyanidins decrease the leukotriene-prostacyclin ratio in humans and human aortic endothelial cells. Am J Clin Nutr, 73 (1): 36-40.
- Saltini, R.; Akkerman, R.; Frosch, S. 2013. Optimizing chocolate production through traceability: a review of the influence of farming practices on cocoa bean quality. Food Control. Vol. 29 (1): 167–187.
- Sánchez, V. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.) para la selección de árboles con perfil de sabor de interés comercial". Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad en Ciencias Agrarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador.
- Unodoc. 2014. Paquete tecnológico del cacao fino de aroma. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito para el Perú y el Ecuador. Lima.
- Zapata, B.; Tamayo, T.; Alberto, R. 2015. Efecto del tostado sobre los metabolitos secundarios y la actividad antioxidante de clones de cacao colombiano. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 68 (1): 7497-7507.
- Zyzelewicz, D.; Budryn, G.; Krysiak, W.; Oracz, J.; Nebesny, E.; Bojczuk, M. 2014. Influence of roasting conditions on fatty acid composition and oxidative changes of cocoa butter extracted from cocoa bean of Forastero variety cultivated in Tongo. Food Research International, 63: 3



## EFFECTO DEL TIPO DE EDULCORANTE EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y SENSORIALES DE UNA JALEA ELABORADA CON MUCÍLAGO DE CACAO

### EFFECT OF THE TYPE OF SWEETENER ON THE CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF A JELLY MADE WITH COCOA MUCILAGE

<sup>2</sup>Pérez Pérez AJ, <sup>1\*</sup>Caballero Pérez JF, <sup>1</sup>Perez Pérez BR, <sup>1</sup>Martínez Valencia BB

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán. C.P. 30870. Tuxtla Chico, Chiapas, México. C.P. 30870.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Tapachula, Carretera a Puerto Madero Km. 2, Centro, 30700 Tapachula de Córdova y Ordoñez, Chiapas. México.

\*Autor para correspondencia: [seneka95@hotmail.com](mailto:seneka95@hotmail.com)

#### RESUMEN

En el proceso de beneficiado del cacao se generan residuos entre los que se encuentra el grano, la cáscara y el mucílago, éste último, es una materia prima que fermenta muy rápido y llega a ser parte de la contaminación del medio ambiente, ya que se desecha en fresco. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tipo de edulcorante en las características químicas y sensoriales de una jalea elaborada a base de mucílago de cacao. Para la elaboración de la jalea se establecieron tres tratamientos de mucílago con estevia en porcentajes de 5 (MS1), 10 (MS2) y 15 (MS3). Tres tratamientos más incluyeron mucílago y miel de abeja en porcentajes de 5 (MM1), 10 (MM2) y 15 (MM3); se elaboró otro tratamiento donde se usó mucílago con 30% de azúcar comercial (MA1). En las jaleas elaboradas se determinaron variables químicas como: sólidos solubles totales (°Bx), pH y acidez, así como contenido de cenizas, fibra y proteína. Los atributos sensoriales evaluados fueron sabor, aroma, color y textura. Las jaleas de los tratamientos MA1, MS3 y MM2 presentaron un contenido de sólidos solubles totales mayores a 65.2°Bx. El pH de las jaleas con tratamientos MS3, MM2 y MM3 fue significativamente similar con valores de 3.5. El contenido de acidez en las jaleas elaboradas presentó diferencias significativas. En el tratamiento MM1 los valores de la acidez y fibra fueron significativamente mayores con valores de 0.8 y 0.84% respectivamente. El contenido de cenizas, fibra y proteína fueron significativamente mayores en el tratamiento MS3 con valores de 6.3, 0.82 y 0.43% respectivamente, con respecto al resto de los tratamientos. La evaluación sensorial de las jaleas elaboradas mostró que el tratamiento MM3 fue el más aceptado en cuanto a sus características de sabor, aroma, color, textura y aceptabilidad.

**Palabras clave:** *cacao, mucílago, calidad sensorial.*

#### INTRODUCCIÓN

El cacao se cultiva principalmente en África, América Central y del Sur, Asia y Oceanía. Aproximadamente el 68% de la producción mundial de cacao se produce en África, siendo el país líder Costa de Marfil, seguido de Ghana, Nigeria y Camerún. Los países de América Central y del Sur representan un 15% de la producción mundial de cacao, siendo los principales proveedores Brasil y Ecuador. El resto se cultiva en Asia y Oceanía, donde Indonesia y Malasia ocupan los primeros lugares como productores en esta región (Quintero y Díaz 2004). La semilla del cacao está recubierta por una pulpa mucilaginososa de color blanco, sabor dulce y ácido; sin embargo, es un subproducto que se obtiene durante la fermentación de los granos de cacao (Artega, 2013). En países como Brasil usan el mucílago para la elaboración de jaleas, en Costa Rica el mucílago se destina a la elaboración de bebidas, mermeladas, jaleas, vinos y vinagres. Colombia destina el mucílago del cacao a la industria de la belleza y también al rubro alimenticio, en Perú es usado como edulcorante natural y también para la elaboración de bebidas fermentadas y jaleas (Braudeau, 2001; Rivera 2019). Según Braudeau (2001), el mucílago de cacao está compuesto por el 80% de agua, de 10 a 15% de glucosa y fructuosa, hasta el 0.5% de ácidos no volátiles, en su mayor parte cítricos y cantidades pequeñas de almidón, ácidos volátiles y sales, por lo que puede ser aprovechado para la producción y elaboración de diversos productos como: mermeladas, jaleas, vino de mucílago de cacao, extracción de pectina, etc. Por lo anterior el objetivo





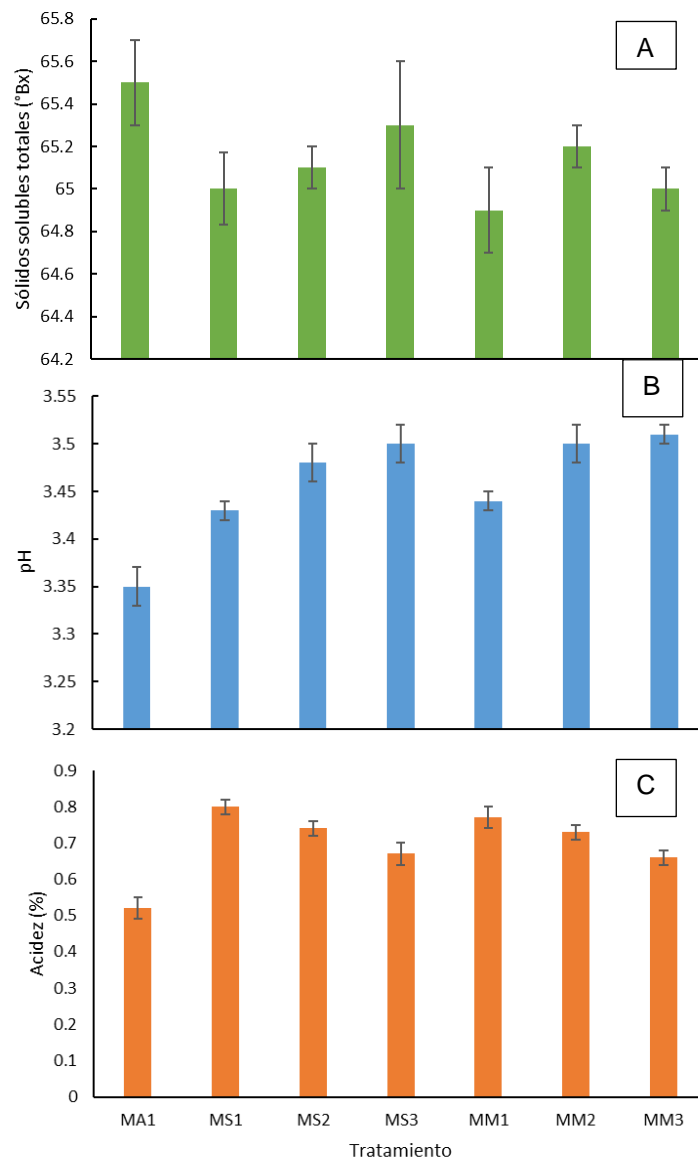
del presente trabajo fue evaluar el efecto del tipo de edulcorante en las características químicas y sensoriales de una jalea elaborada a base de mucílago de cacao.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se seleccionaron mazorcas de cacao tipo Forastero en madurez óptima y libres de daños por plagas y enfermedades. Después, se lavaron las mazorcas de cacao para eliminar impurezas y evitar contaminación de los granos de cacao. Las mazorcas se fueron partidas para extraer los granos de cacao, los cuales fueron separados de la vena central y colocados por separado en recipientes de plástico, esto tomando en cuenta las buenas prácticas de higiene. Después el mucílago de cacao fue trasladado al laboratorio postcosecha del Campo Experimental Rosario Izapa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y colocado en refrigeración para evitar fermentación y conservar sus propiedades físicas. Previo a la elaboración de la jalea, el mucílago fue sometido a un proceso de pasteurización a 72 °C durante 4 minutos para asegurar la inocuidad del producto. Después, la estabilización del mucílago se realizó mediante la aplicación de un tratamiento con metabisulfito de sodio. Durante el proceso de cocción, se establecieron los siguientes tratamientos: a) mucílago con estevia en porcentajes de 5 (MS1), 10 (MS2) y 15 (MS3), b) mucílago con miel de abeja en porcentajes de 5 (MM1), 10 (MM2) y 15 (MM3); en un tratamiento adicional se usó mucílago con 30% de azúcar comercial (MA1). En esta etapa se adicionó 0.5 % benzoato de sodio como conservador. Para tener mejores características organolépticas, la jalea fue colocada en envases de vidrio, cerrados herméticamente a una temperatura de 75 °C. Finalmente se realizó el enfriado de la jalea y se dejó en reposo a temperatura ambiente. Las variables químicas evaluadas fueron: sólidos solubles totales (°Bx), pH, acidez, cenizas, contenido de proteína y Fibra. Después se realizó un análisis microbiológico de la jalea y se procedió a realizar una prueba sensorial con panelistas no entrenados mediante una escala hedónica de nueve puntos. Los resultados de las variables químicas fueron graficados y se calculó la media y desviación estándar con el software Excel. Los resultados de la evaluación sensorial fueron graficados con base en la puntuación promedio.

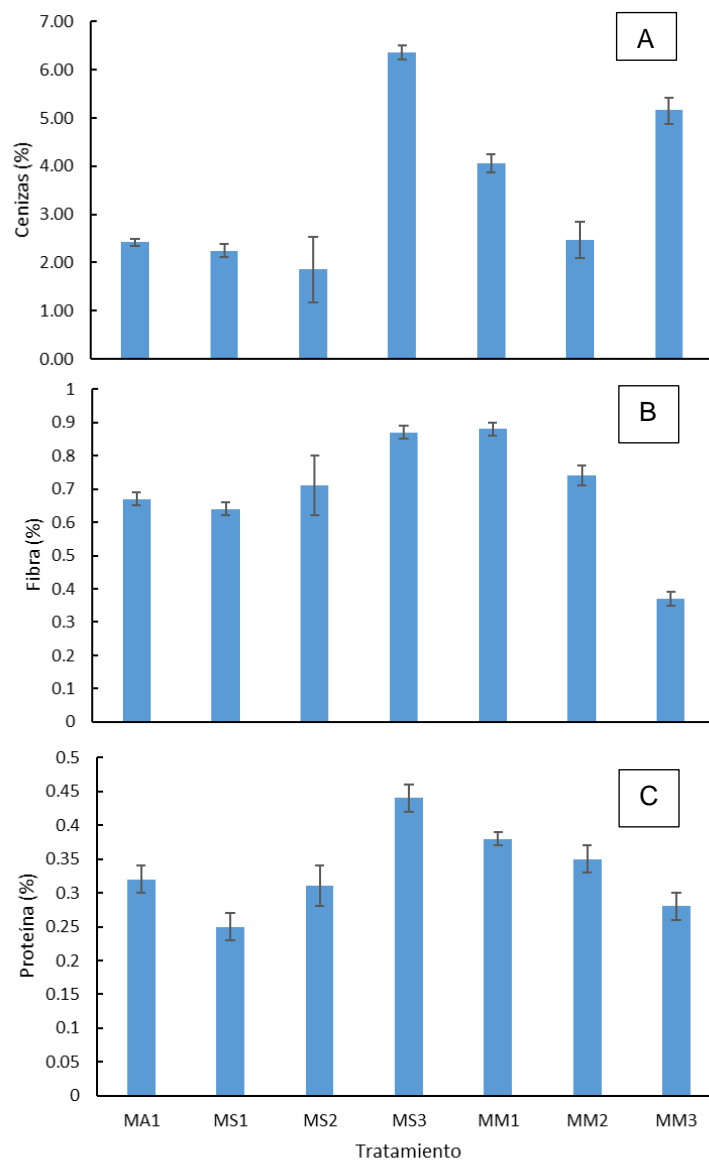
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la figura 1A, se observa que el mayor valor obtenido en °Brix es de 65.5 del tratamiento MA1, mientras que, el valor más bajo significativamente fue de 64.9 °Brix. Sin embargo, se registraron 2 tratamientos con 65 °Brix los cuales fueron el MS1 y MM3. Las jaleas de los tratamientos MA1, MS3 y MM2 presentaron un contenido de sólidos solubles totales mayores a 65.2°Bx. El pH de las jaleas con tratamientos MS3, MM2 y MM3 fue similar con valores de 3.5. El tratamiento MA1 presentó el valor de pH más bajo, el cual es 3.35 y el tratamiento con pH más alto fue el MM3 con valor de 3.51 (Figura 1B). Según Parrales (2013), los requisitos de calidad que deben presentar las jaleas de frutas pH: entre 3.25 a 3.75. El contenido de acidez en las jaleas elaboradas presentó diferencias notables. En el tratamiento MM1 el valor de acidez fue mayor con valor de 0.8. El menor valor de acidez lo registró el tratamiento MA1 con 0.52 (Figura 1C). Vallejo et al. (2016), en su trabajo de investigación usó formulaciones de azúcar con pectina (35, 40, 45% azúcar + 0.5% pectina) y el pH de la jalea no presentó diferencias, en contraste la jalea elaborada presentó diferencias en el contenido de acidez y sólidos solubles totales (°Bx). Según Braudeau (2001), el pH ácido del mucílago de cacao es debido a la presencia de ácido cítrico, constituye un medio favorable para las levaduras, su contaminación por numerosos microorganismos se inicia rápidamente una vez que los granos son extraídos de las mazorcas, ya sea por el simple contacto con las manos de los trabajadores o con el material utilizado para el transporte y el tratamiento del cacao, esto debido a los insectos atraídos por el mucílago azucarado.



**Figura 1.** Comportamiento de los sólidos solubles totales (°Bx), pH y acidez en los diferentes tratamientos de la jalea. Cada punto representa la media de 5 observaciones  $\pm$  desviación estándar.

El tratamiento MS3 presentó el mayor contenido de cenizas (Figura 2A). Al respecto, Cedeño (2013) menciona que la reducción de los niveles de cenizas se da por la densidad de las muestras al momento de ser analizadas, el peso utilizado para la determinación de ceniza es el mismo, pero su volumen cambia, debido que a medida que se incrementa el azúcar la densidad de las jaleas varía y existe diferencia significativa entre tratamientos. El contenido más alto de fibra lo presentó el tratamiento MM1 y el de menor fibra fue el tratamiento MM3 (Figura 2B). El tratamiento MS3 fue el que presentó más contenido de proteína. El contenido de cenizas, fibra y proteína fueron significativamente mayores en el tratamiento MS3 con valores de 6.3, 0.82 y 0.43% respectivamente, con respecto al resto de los tratamientos (Figura 2C). Según Villavicencio (2018), en un estudio realizado por el INIAP-Quito, muestra las propiedades y valor nutricional del mucilago de cacao clon CC-51 en las cuales posee 5.41% de proteína, extracto etéreo 0.36% (ácido graso, esteroides, lecitina y ácidos grasos libres), fibra 8.22%, azúcares totales 62.95%, y azúcares reductores 11.98%.

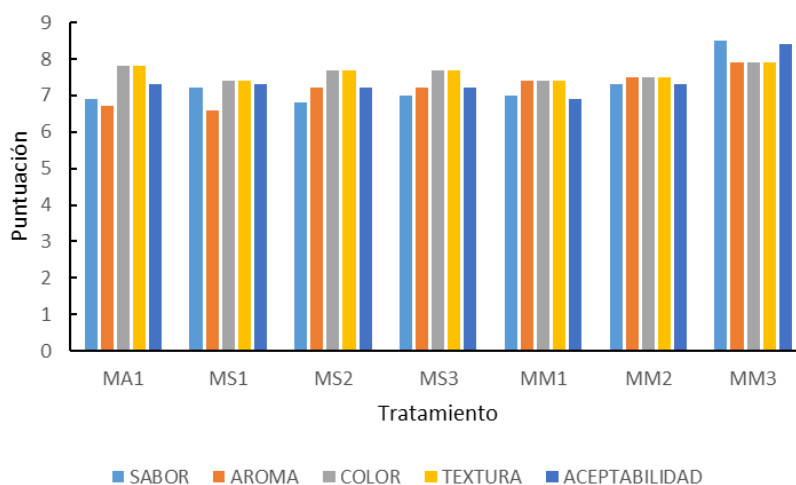


**Figura 2.** Comportamiento del contenido de cenizas, fibra y proteína en los diferentes tratamientos de la jalea. Cada punto representa la media de 5 observaciones  $\pm$  desviación estándar.

Los resultados del estudio microbiológico de la jalea mostraron que todos los tratamientos tienen ausencia de mohos y levaduras. Los resultados de la prueba sensorial mostraron que el tratamiento MM3 fue el tratamiento con más aceptación en cuanto a sus características sensoriales sabor, aroma, color, textura con un 8.4 de aceptabilidad (Figura 3). Este tratamiento presentó un pH de 3.51 y contenido de sólidos solubles totales de 65 °Brix, lo cual es importante en la obtención de la jalea. En este tratamiento es probable que el sabor estuvo influenciado por las propiedades de la miel de abeja. Los tratamientos MA1, MS1 y MM2 presentaron una aceptabilidad promedio de 7.3. De manera similar en los tratamientos MS2 y MS3 se observó una aceptabilidad promedio de mostro 7.2. El tratamiento MM1 tuvo una aceptabilidad promedio de 6.9. Cedeño (2013), al trabajar el mucílago de cacao CCN-51 con diferentes formulaciones de azúcar con pectina (35, 40, 45% azúcar + 0.5% pectina), concluyó que



la jalea más aceptada por los panelistas fue el tratamiento con mucílago + 40% de azúcar + 0.5% de pectina), indicando que éste tuvo aromas característicos del ácido cítrico que posee el mucílago, además de presentar una coloración ámbar muy agradable en la jalea. Según Garcés y Ortiz (1998) mencionan que, las jaleas no deben ser oscuras, con baja nitidez de la pulpa y formando una estructura firme. Uno de los principales defectos que se nota en el producto terminado en jaleas es la consistencia poco firme, esto debido a que se sometió a exceso de cocción, lo cual causa una hidrólisis en la pectina.



**Figura 3.** Resultados de la prueba sensorial realizada a cada uno de los tratamientos usados en la elaboración de la jalea. Cada punto representa el promedio de 20 observaciones.

## CONCLUSIONES

Las formulaciones usadas en la elaboración de la jalea influyeron en los parámetros de acidez, sólidos solubles totales ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) y contenido de proteína. Después de la evaluación sensorial, el tratamiento con mayor aceptación fue el MM3 en donde se usó miel de abeja, lo cual afectó su sabor. El tratamiento MM2 fue similar en el porcentaje de aceptabilidad con los tratamientos MA1 y MS1, pero con diferencias en el contenido de fibra, proteína y cenizas. Aun así, la jalea con más aceptación fue la elaborada en el tratamiento MM3 con un 8.4 de aceptabilidad.

## LITERATURA CITADA

- Artega, Y. 2013. Estudio del desperdicio del mucílago de cacao en el cantón naranjal (provincia del Guayas) mucílago Waste Research in el Naranjal City. Revista Eca sinergia. Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas. U.T.M. 4(4): 49–59.
- Braudeau. 2001. El cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, España. Editorial Blumé. 297 p.
- Cedeño, C. 2013. Utilización del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.), tipo nacional y CCN-51 en la obtención de dos jaleas a partir de tres formulaciones, Quevedo, Ecuador 2013. Tesis Ingeniero en Alimentos. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 1–132.
- Garcés, P.; Ortiz, C. 1998. Elaboración de néctar y jalea de naranja. Tesis Ingeniero en Alimentos. Abanto, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. 1–93.
- Parrales, P. 2013. Evaluación del proceso de conservación de banano (*Musa paradisiaca*), mediante la elaboración de mermelada en el cantón Santo Domingo de los Colorados. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 1–150.
- Quintero, M.; Díza, K. 2004. El mercado mundial del cacao. Agroalimentaria. Scielo. 9(18).
- Rivera, S. 2019. Propuesta de aplicación del mucílago de cacao para la aplicación de bebidas y postres bajo técnicas de vanguardia. Tesis Licenciada en Gastronomía, servicio de alimentos y bebidas. Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca. 1–127.



- Vallejo, C.; Díaz, R.; Morales, W.; Soria, R.; Vera, J.; Baren, C. 2016. Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea. *Revista Espamciencia*. 7(1): 51–58.
- Villavicencio, D. 2018. Desarrollo de helado mantecado a partir de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L. - CCN-51). Tesis Ingeniero Agroindustrial. Guayaquil, Ecuador. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 1–87.



## SEMBLANZA DE LOS EDITORES

### **Dra. Carolina Hernández Hernández**



Es **Ingeniera Agroindustrial**, graduada en el año 2004 por la Universidad Autónoma Chapingo, obtuvo su maestría en ciencias en la especialidad de **Fruticultura** por el Colegio de Postgraduados (2008) y doctorado en ciencias en el programa de **Ingeniería agraria, alimentaria, forestal y del desarrollo rural sostenible** por la Universidad de Sevilla (España) en el año 2019 y es investigadora adscrita al C.E. Huimanguillo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desde 2008 en el programa de Investigación de **Cultivos Industriales Perennes**.

Cuenta con experiencia en el área de manejo poscosecha de frutos tropicales, especialmente en pitahaya y chirimoya. Ha participado como responsable y colaboradora en diversos proyectos relacionados con el mejoramiento y optimización de las etapas de fermentación y el secado del cacao, así como calidad final del grano. De dichos proyectos se han derivado diversas publicaciones como folletos para productores, catálogos, memorias de eventos científicos, artículos científicos. También ha participado en actividades y proyectos de transferencia de tecnología y divulgación de la ciencia impartiendo talleres y pláticas y brindando asesoría técnica a productores, técnicos y estudiantes en los temas de su especialidad. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores desde el 2020 y del Sistema Estatal de Investigadores del Estado de Tabasco. Desde el año 2019 ha participado en la coordinación de la Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Tabasco y Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria y desde el 2021 es la **Directora Estatal** del INIFAP en el Estado de Tabasco.





### **Dr. Dante Sumano López**



Es **Ingeniero Agrónomo** por la Universidad Popular de la Chontalpa, Tabasco. Obtuvo el grado de maestría en **Producción agroalimentaria en el Trópico** en el Colegio de Postgraduados, y el grado de Doctor en **Ciencias Agrícolas en el Trópico** por el Colegio de Postgraduados.

Se inició como inspector federal en la Procuraría Federal de Protección al Ambiente, adscrito a la Delegación del estado de Oaxaca, en la subdelegación de Recursos Naturales, realizando actividades de inspección y vigilancia, para hacer cumplir la legislación ambiental, además de participar activamente en el programa de protección a la tortuga marina.

Actualmente es Investigador Titular C, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, adscrito al Campo Experimental Huimanguillo. Trabaja principalmente en el programa de cítricos, en plagas tropicales, y agricultura orgánica en el trópico, además del sistema producto yuca. Ha escrito diversos trabajos sobre comportamiento de insectos en cultivos de importancia económica, ha dirigido y colaborado en diversos proyectos de investigación, validación y transferencia de tecnología de ámbito regional, estatal y nacional. Colabora también con investigadores del Colegio de Postgraduados en diferentes áreas y con la Universidad Popular de la Chontalpa impartiendo las materias en la carrera de ingeniera en Agronomía. Cuenta con varios cursos de actualización, entre los cuales destaca, Sufficiency Economy Philosophy, por Maejo University of Thailand.



**inifap**



**AGRICULTURA**

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL