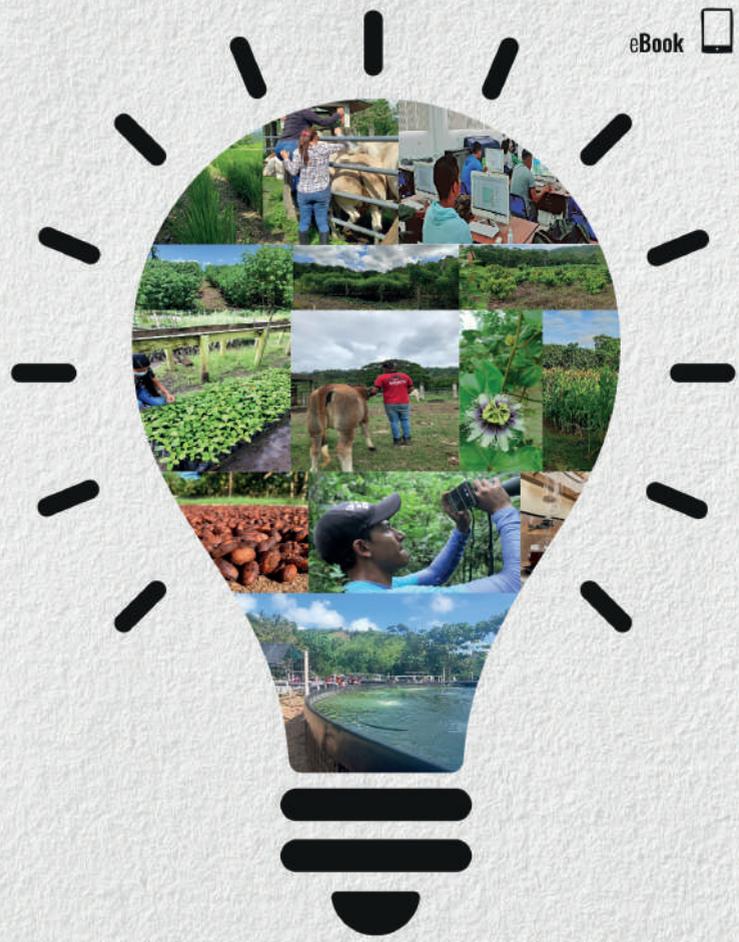




**FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**



# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático [UTLVTE]

*Organizado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACAP) de la Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas*



# FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

André Martins de Souza  
Angela Poveda Parra  
Angélica María Vela Castro  
Carlos Corozo Cortez  
Daira Roció Loor Mendoza  
Digmar Alfredo Lajones Bone  
Edhison Nicolás Suárez Soledispa  
Edson Fabian De La Cruz De La Cruz  
Francisco Rosero Ibarra  
Jean Paul Hidalgo Penninger  
Joel Velasco Quiñónez  
Leidy Laura Gracia Vela  
Lorena E. Ona Yanez  
Luis Chicaiza  
Luis Enrique Montes Loor  
Luis Rafael Angulo Graterol  
Marwin Josua Quiñónez Guerron  
Miguel Antonio Lara Calderon  
Milton José Bolaños Ortega  
Pablo Aníbal Minda Batallas  
Paúl Márquez Tobar  
Ramón Moreira Obando  
Valter Harry Bumbieris Junior  
Víctor Hugo Reynel Chila  
Wilmer Tezara  
Zenaida Lozano Pérez

**AUTORES INVESTIGADORES**



# FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## AUTORES INVESTIGADORES

### **André Martins de Souza**

Universidade Estadual de Londrina;  
Londrina, Brasil

✉ andrems\_92@hotmail.com

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-0091-7885>

### **Angela Poveda Parra**

Universidade Estadual de Londrina;  
Londrina, Brasil

✉ angelapovedaparra@hotmail.com

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-7224-4747>

### **Angélica María Vela Castro**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ angelica.vela@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0003-3100-0057>

### **Carlos Corozo Cortez**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-3051-5406>

**Daira Roció Loor Mendoza**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ dairaloorz1518@gmail.com

🆔 <https://orcid.org/0009-0004-8466-9568>

**Digmar Alfredo Lajones Bone**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ alfredo.lajones@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-8143-8578>

**Edhison Nicolás Suárez Soledispa**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ edhison.suarez.soledispa@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0005-2369-0539>

**Edson Fabian De La Cruz De La Cruz**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ edson.delacruz@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0000-9411-4348>

**Francisco Rosero Ibarra**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ francisco.rosero@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-2711-2323>

**Jean Paul Hidalgo Penninger**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ jean.hidalgo@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-8075-2557>

**Joel Velasco Quiñónez**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ joel.velasco@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-8864-9557>

**Leidy Laura Gracia Vela**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ leidy.gracia@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-2666-0571>

**Lorena E. Oña Yanez**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ lorena.ona@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-5958-9057>

**Luis Chicaiza**

Ministerio de Agricultura y Ganadería, Agencia Técnica;  
Puerto Quito, Ecuador

✉ lchicaiza@mag.gob.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0005-6397-558X>

**Luis Enrique Montes Loor**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ montesloorluisenrique@gmail.com

🆔 <https://orcid.org/0009-0005-8241-3654>

**Luis Rafael Angulo Graterol**

Universidad Central de Venezuela;  
Caracas, Venezuela

✉ anguloluis2009@gmail.com

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-0749-5750>

**Marwin Josua Quiñonez Guerron**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ marwin.quinonez.guerron@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0008-1368-2406>

**Miguel Antonio Lara Calderon**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ miguel.lara.calderon@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-2236-5014>

**Milton José Bolaños Ortega**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ miltonjose.bolanos@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-5747-634X>

**Pablo Aníbal Minda Batallas**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ pablo.minda@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0003-1833-225X>

**Paúl Márquez Tobar**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ paul.marquez@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-8145-276X>

**Ramón Moreira Obando**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ ramon.moreira.obando@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0000-5338-0105>

**Valter Harry Bumbieris Junior**

Universidade Estadual de Londrina;  
Londrina, Brasil

✉ jrbumbieris@uel.br

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-7255-4887>

**Víctor Hugo Reynel Chila**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

✉ victor.reynel@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-8282-8121>

**Wilmer Tezara**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;  
Esmeraldas, Ecuador

Universidad Central de Venezuela; Caracas, Venezuela

✉ wilmer.tezara@utelvt.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0006-3061-3037>

**Zenaida Lozano Pérez**

Facultad de Agronomía,  
Universidad Central de Venezuela,  
Maracay, Venezuela

✉ zenaida.lozano@ucv.ve

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-7628-2647>

# FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## REVISORES ACADÉMICOS

### **Alfredo Jimenez González**

Ingeniero Agrónomo;  
Dr. C. (Doctor en Ciencias Forestales), Ph. D.;  
Universidad Estatal del Sur de Manabí

✉ alfredo.jimenez@unesum.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-1768-5566>

### **Aldo José Loqui Sánchez**

Magister en Riego y Drenaje;  
Ingeniero Agrónomo;  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,  
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador;

✉ aldo\_loqui@hotmail.com

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-8953-5105>

### **Egon Horts**

Londrina State University, LongPing High-Tech,  
Midwestern Parana State University, Pioneer Seeds,  
Syngenta Proteção de Cultivos Ltda,  
Universidad de León,

Universidade Estadual do Centro-Oeste

✉ egonhh@yahoo.com.br

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-4380-8486>

**Juan Avellaneda**

Universidad Nacional de Colombia  
Bogota, Bogota, CO

 <https://orcid.org/0000-0002-3113-2511>

**René Garruña Hernández**

Instituto Tecnológico de Conkal: Conkal, Yucatán, MX

 [rene.garruna@itconkal.edu.mx](mailto:rene.garruna@itconkal.edu.mx)

 <https://orcid.org/0000-0003-2787-0914>

**Rosana Sánchez Robleda**

CNTQ- Venezuela

 [rosana.sanchezr@gmail.com](mailto:rosana.sanchezr@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-1087-7477>

**Ramon E. Jaimez**

Universidad Técnica de Manabí;  
Portoviejo, Ecuador;

 [ramon.jaimez@utm.edu.ec](mailto:ramon.jaimez@utm.edu.ec)

 <https://orcid.org/0000-0001-8415-0775>

**Zenaida Lozano Pérez**

Facultad de Agronomía,  
Universidad Central de Venezuela,  
Maracay, Venezuela

 [zenaida.lozano@ucv.ve](mailto:zenaida.lozano@ucv.ve)

 <https://orcid.org/0000-0001-7628-2647>

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## **Editores de la Publicación**

**Wilmer Tezara**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas

**Lorena Oña**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas

**Sabrina Ortega**

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas

# CATALOGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

## AUTORES:

André Martins de Souza  
Angela Poveda Parra  
Angélica María Vela Castro  
Carlos Corozo Cortez  
Daira Roció Loor Mendoza  
Digmar Alfredo Lajones Bone  
Edhison Nicolás Suárez Soledispa  
Edson Fabian De La Cruz De La Cruz  
Francisco Rosero Ibarra  
Jean Paul Hidalgo Penninger

Joel Velasco Quiñónez  
Leidy Laura Gracia Vela  
Lorena E. Oña Yanez  
Luis Chicaiza  
Luis Enrique Montes Loor  
Luis Rafael Angulo Graterol  
Marwin Josua Quiñonez Guerron  
Miguel Antonio Lara Calderon  
Milton José Bolaños Ortega  
Pablo Anibal Minda Batallas

Paúl Márquez Tobar  
Ramón Moreira Obando  
Valter Harry Bumbieris Junior  
Víctor Hugo Reynel Chila  
Wilmer Tezara  
Zenaida Lozano Pérez

**Título:** Factores esenciales y estratégicos para el desarrollo sostenible

**Evento:** I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

**Descriptor:** Desarrollo sostenible; Desarrollo económico y social; Investigación estratégica

**Código UNESCO:** 31 Ciencias Agrarias

**Clasificación Decimal Dewey/Cutter:** 333.72/M386

**Área:** Ciencias Agropecuarias

**Edición:** 1ª

**ISBN:** 978-9942-654-22-9

**Editorial:** Mawil Publicaciones de Ecuador, 2024

**Ciudad, País:** Quito, Ecuador

**Formato:** 148 x 210 mm.

**Páginas:** 206

**DOI:** <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9>

**URL:** <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/131>

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico: **Factores esenciales y estratégicos para el desarrollo sostenible**, es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada bajo la modalidad de pares académicos y por el equipo profesional de la editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.



Usted es libre de:  
**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.  
**Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

**Director Académico:** Lcdo. Alejandro Plúa Argoti

**Dirección Central MAWIL:** Of. ce 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

**Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador:** Mg. Vanessa Pamela Quishpe Morocho

**Dirección de corrección:** Mg. Yamara Galanton.

**Editor de Arte y Diseño:** Lic. Eduardo Flores, Arq. Alfredo Díaz

**Corrector de estilo:** Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## *Índices*

**Contenidos**



Introducción ----- 22

Prólogo ----- 32

**Unidad I.**

**Ecología y biodiversidad** ----- 35

**Capítulo 1.** Artropofauna edáfica presente en el bosque húmedo y una zona en recuperación de la estación experimental “Mutile” ----- 36  
*Edhison Nicolás Suárez Soledispa, Jean Paul Hidalgo Penninge*

**Capítulo 2.** Fenología de cinco especies forestales nativas del parque Nacional Cotacachi Cayapas ----- 53  
*Angélica María Vela Castro, Digmar Alfredo Lajones Bone, Joel Velasco Quiñónez, Carlos Corozo Cortez*

**Unidad II.**

**Innovación y desarrollo agropecuario** ----- 71

**Capítulo 3.** Presencia de perforadores de mazorcas del cacao en Ecuador ----- 72  
*Milton José Bolaños Ortega, Daira Roció Loor Mendoza, Luis Enrique Montes Loor, Luis Chicaiza*

**Capítulo 4.** Agricultura sostenible en suelos venezolanos ----- 85  
*Zenaida Lozano Pérez*

**Capítulo 5.** Impactos económicos y ambientales de la producción camaronera en Ecuador y Esmeraldas ----- 103  
*Pablo Aníbal Minda Batallas*

**Unidad III.**

**Ecofisiología de cultivos tropicales** ----- 126

**Capítulo 6.** Efecto de la aspersión foliar de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> sobre la fisiología de cinco híbridos de cacao ----- 127  
*Edson Fabian De La Cruz De La Cruz, Francisco Rosero Ibarra, Leidy Laura Gracia Vela, Wilmer Tezara*

**Capítulo 7.** Caracterización morfológica e intercambio gaseoso de clones de cacao del norte y sur de Esmeraldas, Ecuador - 147  
*Wilmer Tezara, Luis Rafael Angulo Graterol, Víctor Hugo Reynel Chila*

**Unidad IV.**

Alimentación pecuaria ----- 170

**Capítulo 8.** Potencial uso de gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus (jacq.)* Como silaje en el trópico----- 171  
*André Martins de Souza, Miguel Antonio Lara Calderón, Angela Poveda Parra, Valter Harry Bumbieris Junior*

**Capítulo 9.** Bioestimulación de forraje verde hidropónico de maíz con ácido giberélico y ácido acetilsalicílico----- 190  
*Marwin Quiñonez Guerrón, Paúl Márquez Tobar, Ramón Moreira Obando, Lorena E. Oña Yanez*

Conclusiones ----- 204

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## *Índices*

**Tablas**



<b>Tabla 1.</b> Materiales y equipos para la realización del trabajo de estudio. -----	39
<b>Tabla 2.</b> Índices de similitud. -----	42
<b>Tabla 3.</b> Individuos clasificados taxonómicamente e identificados en las zonas de muestreo. -----	43
<b>Tabla 4.</b> Resultados obtenidos con el software de biodiversidad Past4. -----	46
<b>Tabla 5.</b> Número de individuos clasificados por gremios según los órdenes presentes en el suelo del bosque húmedo.-----	49
<b>Tabla 6.</b> Número de individuos clasificados por gremios según los órdenes presentes en la zona de recuperación. -----	49
<b>Tabla 7.</b> Individuos seleccionados en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas distrito San Miguel según la categoría diamétricas. -----	58
<b>Tabla 8.</b> Total de individuos que presentaron fenofases en las cinco especies estudiadas en Parque Nacional Cotacachi Cayapas distrito San Miguel, periodo agosto 2019 a agosto 2020.-----	60
<b>Tabla 9.</b> Resultado de laboratorio de Entomología del INIAP, Estación Pichilingue -----	79
<b>Tabla 10.</b> Habitantes del área de investigación -----	109
<b>Tabla 11.</b> Evolución de la tala del manglar y expansión de las camaroneras-----	111
<b>Tabla 12.</b> Amenazas al manglar en función de sus causas y problemas priorizados -----	117
<b>Tabla 13.</b> Flujo de captura de concha en San Lorenzo -----	119
<b>Tabla 14.</b> Concheros por edad y por género en San Lorenzo año 2020 -----	119
<b>Tabla 15.</b> Pobreza por NBI 2001 en el área de estudio -----	120
<b>Tabla 16.</b> Pobreza por NBI 2010 en el área de estudio -----	120
<b>Tabla 17.</b> Genotipos de las plantas adultas donde se colectaron las mazorcas provenientes de libre polinización (PMA12, EET-P800, EET-P801, APROCANE y CCN51). -----	132
<b>Tabla 18.</b> Potencial hídrico en la mañana ( $\Psi$ , MPa) en hojas de híbridos de cacao: testigos, sin NPs (T) y asperjadas durante tres meses con nanofertilización foliar con NFs-SiO <sub>2</sub> , NPs-SiO <sub>2</sub> y NFs-SiO <sub>2</sub> -Fe en condiciones de viveros. Los valores son las medias $\pm$ error estándar (n = 6). -----	137

<b>Tabla 19.</b> Estadístico F y valores p, para los 3 experimentos con nanofertilización foliar (NFs-SiO <sub>2</sub> , NPs-SiO <sub>2</sub> y NFs-SiO <sub>2</sub> -Fe) en condiciones de viveros, que indican el efecto de los factores sobre los parámetros de intercambio gaseoso mediante un ANOVA de dos vías (híbridos × nanofertilización). Números en rojos indican diferencias significativas para ese factor de variación (p <0,05)-----	138
<b>Tabla 20.</b> Unidades SPAD en hojas de híbridos de cacao: testigos, sin NPs (T) y asperjadas durante tres meses con nanofertilización foliar con NFs-SiO <sub>2</sub> , NPs-SiO <sub>2</sub> y NFs-SiO <sub>2</sub> -Fe en condiciones de viveros. Los valores son las medias ± error estándar (n = 12).-----	142
<b>Tabla 21.</b> Clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) seleccionados en el Norte y Sur de Esmeraldas-----	152
<b>Tabla 22.</b> Caracterización morfológica de 16 descriptores (hojas, flor, frutos y semillas) de los 32 árboles parentales seleccionados en el Norte y Sur de Esmeraldas: Se muestra el promedio del largo de hoja (LH), ancho de hoja (AH), largo ovario (LO), largo estilo (LE), número óvulos/ovario (NO/O), peso del fruto (PF), largo del fruto (LF), ancho fruto (AF), índice de mazorca (IM), peso fresco de semillas (PFS), numero de semillas (NS), Numero de semillas vanas (N° vanas), largo semillas (LS), ancho semillas (AS), espesor de semillas (ES) e índice de almendra (IA). -----	156
<b>Tabla 23.</b> Producción de biomasa seca de diferentes gramíneas destinadas a la producción de silajes -----	181
<b>Tabla 24.</b> Composición química del silaje de diferentes gramíneas. ----	182
<b>Tabla 25.</b> Resultados emitidos por AGROLAB del análisis bromatológico de muestras de los tratamientos. Se reportan porcentajes de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, ceniza, fibra y extracto libre de nitrógeno-----	199

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## *Índices*

**Figuras**



<b>Figura 1.</b> Diseño de muestreo para la zona de recuperación y la zona del bosque respectivamente.-----	40
<b>Figura 2.</b> Número de individuos presentes por familias de la zona del bosque.-----	45
<b>Figura 3.</b> Número de individuos presentes por familias de la zona de recuperación.-----	46
<b>Figura 4.</b> Dendrograma de Jaccard para similitud entre especies. -----	48
<b>Figura 5.</b> Fenología de <i>Brosimum utile</i> . Desarrollo del proceso fenológico para la especie <i>Brosimum utile</i> durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación. -----	61
<b>Figura 6.</b> Fenología de <i>Humiriastrum procerum</i> . Desarrollo del proceso fenológico para la especie <i>Humiriastrum procerum</i> durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación-----	62
<b>Figura 7.</b> Fenología de <i>Lecythis ampla</i> . Desarrollo del proceso fenológico para la especie <i>Lecythis ampla</i> durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación-----	64
<b>Figura 8.</b> Fenología de <i>Nectandra guararipo</i> . Desarrollo del proceso fenológico para la especie <i>Nectandra guararipo</i> durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación -----	65
<b>Figura 9.</b> Fenología de <i>Trattinnickia barbouri</i> . Desarrollo del proceso fenológico para la especie <i>Trattinnickia barbouri</i> durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación. -----	66
<b>Figura 10.</b> Daños y estados de desarrollo de <i>Gymnandrosama sp.</i> -----	80
<b>Figura 11.</b> Bruchidae adulto. A) Vista Dorsal; B) Vista ventral y C) Vista Lateral-----	80
<b>Figura 12.</b> Efecto de los tratamientos de labranza sobre algunos parámetros de suelo y cultivo en el suelo Agua Blanca, en los llanos Occidentales venezolanos.-----	90
<b>Figura 13.</b> Efecto de los tratamientos de labranza y rotación de cultivos sobre el C y N orgánico total (COT, NOT), C y N de la biomasa microbiana (CBM, NBM), la Longitud de raíces (LDR) y el Área ocupada por raíces (ADR), en el suelo Turén, en los llanos Occidentales venezolanos.-----	92

<b>Figura 14.</b> Efecto de los tratamientos de fertilización y control de plagas y enfermedades sobre algunas propiedades químicas y biológicas del suelo Colonia Tovar, en la Cordillera de la Costa Central de Venezuela -----	94
<b>Figura 15.</b> Efecto de los tratamientos de cobertura y fertilización sobre el contenido de fósforo en un el suelo Santa María de Ipire, en las sabanas bien drenadas de Venezuela. ARF: Alta dosis de P (100% roca fosfórica); ARF+FD: Alta dosis de P (50% roca fosfórica + 50% Fosfato diamónico). -----	97
<b>Figura 16.</b> Efecto de los tratamientos de cobertura y fertilización sobre la distribución de raíces del maíz en un el suelo Santa María de Ipire, en las sabanas bien drenadas de Venezuela. Control: Sin fertilización; BRF+M: Baja dosis de P (roca fosfórica) + inoculación con micorrizas; Pa: Porosidad de aireación; Pr: Porosidad de retención -----	98
<b>Figura 17.</b> Abundancia relativa (%) de los órdenes de macrofauna del suelo por profundidad (0–5, 5–15 y 15–30 cm) y por cobertura vegetal: sabana natural, cultivo de maíz asociado con <i>Brachiaria dictyoneura</i> y <i>Centrosema macrocarpum</i> . Cada color indica un taxón diferente. -----	99
<b>Figura 18.</b> Contribución de la industria camaronera a la generación de divisas e Ecuador en miles de millones de dólares -----	112
<b>Figura 19.</b> Destino de las exportaciones de camarón ecuatoriano -----	113
<b>Figura 20.</b> Situación socio económica de las provincias de la Costa ecuatoriana. -----	121
<b>Figura 21.</b> Densidad de flujo fotónico (DFF), temperatura aire (círculos negros), temperatura foliar (círculos abiertos) y temperatura del suelo (triángulos invertidos), evaluadas en condiciones de vivero donde se realizaron los experimentos con los 5 híbridos de cacao. Los valores representan la media ± error estándar (n = 6). -----	136
<b>Figura 22.</b> Tasa de Fotosíntesis (A) y transpiración (E) en hojas en las plántulas de híbridos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.), testigos, sin NPs (barras oscuras) y asperjadas durante tres meses con nanofertilización foliar con NFs-SiO <sub>2</sub> (barras grises), NPs-SiO <sub>2</sub> (celestes) y NFs-SiO <sub>2</sub> -Fe (verde claro) en condiciones de viveros. Los valores son las medias ± error estándar (n = 6). Letras diferentes en cada barra dentro de cada grafica muestran diferencias significativas, p<0,05. -----	139

.....

<b>Figura 23.</b> Conductancia estomática ( $g_s$ ) y eficiencia de usos de agua (EUA) en hojas en las plántulas de híbridos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.), testigos, sin NPs (barras oscuras) y asperjadas durante tres meses con nanofertilización foliar con NFs-SiO <sub>2</sub> (barras grises), NPs-SiO <sub>2</sub> (celestes) y NFs-SiO <sub>2</sub> -Fe (verde claro) en condiciones de viveros. Los valores son las medias $\pm$ error estándar ( $n = 6$ ). Letras diferentes en cada barra dentro de cada grafica muestran diferencias significativas, $p < 0,05$ . -----	140
<b>Figura 24.</b> Agrupamiento de 16 descriptores morfológicos de los arboles parentales seleccionados en el norte y sur de Esmeralda -----	155
<b>Figura 25.</b> Agrupamiento de 32 árboles parentales de cacao complejo (N x C) seleccionados en el norte y sur de Esmeralda. El clúster fue determinado con los 16 descriptores morfológicos utilizados-----	157
<b>Figura 26.</b> Tasa de fotosíntesis neta (A), tasa de transpiración (B), y conductancia estomática (C), de treinta dos clones de cacao provenientes del norte (barras blancas) y del sur (barras negras) de la provincia de Esmeraldas. Los valores $p$ de la significancia del efecto de cada factor (clon, zona e interacción (clon x zona) sobre las variables de respuesta se indican dentro de cada panel. Cada barra muestra la media $\pm$ error estándar. -----	160
<b>Figura 27.</b> Eficiencia de uso de agua intrínseca (A) y Eficiencia e uso de agua instantánea (B), de treinta dos clones de cacao provenientes del norte (barras blancas) y del sur (barras negras) de la provincia de Esmeraldas, Los valores $p$ de la significancia del efecto de cada factor sobre las variables de respuesta se indican dentro de cada panel. Cada barra muestra la media $\pm$ error estándar. -----	161
<b>Figura 28.</b> Relación entre la tasa fotosintética neta y la conductancia estomática de hojas intactas de 32 clones de cacao provenientes del norte (círculos blancos) y del sur (círculos negros) de la provincia de Esmeraldas. La regresión lineal para cada zona está representada por la línea punteada (norte) y sólida (sur). Ambas fueron significativas a $p < 0.05$ . Los valores representan la media $\pm$ error estándar.-----	162

<b>Figura 29.</b> Análisis de componentes principales para las características fisiológicas y morfológicas evaluadas (Fotosíntesis, A; Transpiración, E; conductancia estomática, $g_s$ ; Déficit de presión de vapor, VPD; eficiencia de uso de agua intrínseca, A/ $g_s$ ; eficiencia de uso de agua instantánea, EUA; concentración intercelular de $CO_2$ , $C_i$ ; longitud de Ovulo, LO; longitud de estilo, LE; Número de óvulos, NO/O; peso del fruto, PF; número de semillas, NS; índice del almendra, IA e índice de mazorca , IM), en los 32 clones de cacao. Las elipses representan los clones de cacaos agrupados en los diferentes grupos. -----	164
<b>Figura 30.</b> Imagen representativa de una planta de <i>Megathyrsus maximus</i> -----	176
<b>Figura 32.</b> Resultados del porcentaje de semilla no germinada utilizando riego con agua potable (T1), solución de ácido acetilsalicílico (T2) y solución de ácido giberélico (T3). Se muestra la distribución de los datos dentro de cada tratamiento (n = 6). -----	200

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## *Introducción*



Este libro es un compendio de trabajos presentados en el I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático organizado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACAP) de la Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas (UTLVTE), como acto conmemorativo por su 55<sup>vo</sup> Aniversario de Creación. El Congreso fue un proyecto que se trabajó con el afán de convertirse en una vitrina que catapulte la investigación que hacen nuestros estudiantes y docentes, que muestran los esfuerzos por sacar adelante la academia, a pesar de circunstancias poco favorables, pero con el ferviente compromiso de los actores universitarios. El evento contó con la participación de varios expositores internacionales que compartieron muy generosamente el resultado de sus investigaciones y su amplia experiencia en el campo de las ciencias agropecuarias, fueron siete conferencias magistrales dictadas desde diferentes puntos de Latinoamérica gracias al avance en las telecomunicaciones. El otro formato para expositores fue el de ponencias cortas, donde se presentaron 44 exposiciones distribuidas en los diferentes ejes temáticos, donde el 67% de las presentaciones fueron facilitadas por profesionales graduados de nuestra facultad, quienes desarrollaron investigaciones relevantes en las temáticas abordadas dentro del evento. Por otro lado, el 18% de las exposiciones cortas fueron presentadas por funcionarios de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (AGROCALIDAD) y miembros de la Corporación de Ganaderos de Esmeraldas (CORPOGAN), aprovechamos este espacio para agradecer a quienes aportaron desde la empresa pública y privada para vincular la academia al sector laboral y productivo. Entre los profesionales de AGROCALIDAD nos acompañaron el Ing. Carlos Párraga, Ing. Billy Zúñiga, Ing. David Robles, Ing. Priscila Bautista, Ing. Antonio Márquez e Ing. Frixon Angulo; por parte de CORPOGAN se presentaron la Ing. Patricia Mendoza (Presidente de CORPOGAN) y el Ing. David Pacheco.

El presente trabajo reúne cuatro secciones, una por cada eje temático presentado en el congreso que incluyen Ecología y Biodiversidad, Innovación y Desarrollo Agropecuario, Ecofisiología de Cultivos Tropicales y Alimentación Pecuaria. Con total de 9 capítulos distribuidos en las mencionadas secciones, la FACAP desea difundir una amplia gama de trabajos que cumplen con altos estándares de calidad en cuanto a metodologías aplicadas y resultados encontrados, siendo este un pequeño aporte en la solución a problemáticas actuales de nuestro territorio que podrían contribuir a disminuir el impacto de los efectos negativos del cambio climático y un aporte a mejorar las condiciones en las que pequeños y medianos productores desarrollan sus actividades.

Abriendo este libro, se encuentra el eje de Ecología y Biodiversidad, durante el evento se presentaron diez ponencias donde estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Forestal y Agronomía presentaron sus trabajos de investigación. Aquí se recogen dos capítulos sobre este eje temático que resaltaron en sus exposiciones la interconexión entre la conservación de la biodiversidad, la importancia de los estudios ecológicos, fenológicos, y la gestión sostenible de los recursos naturales en Ecuador, enfatizando en la urgencia de proteger la biodiversidad frente a las amenazas antropogénicas, mediante la investigación y la aplicación de prácticas de manejo que respeten y fomenten la diversidad de especies y sus funciones ecológicas.

Se abordan estudios en bosques tropicales de la provincia de Esmeraldas dentro del Parque Nacional Cotacachi-Cayapas destacando la necesidad de investigaciones para la conservación de la biodiversidad en el mismo, con la aplicación de inventarios florísticos y el establecimiento de transectos para planificar la conservación y el uso sostenible del ecosistema, resaltando la riqueza biodiversa del área. También se destaca la importancia de seleccionar y evaluar fuentes semilleras para conservar la variabilidad genética de las especies nativas, crucial para desarrollar estrategias de manejo, conservación y adaptación al cambio climático.

En este contexto, se introduce el estudio realizado por Vela *et. al* titulado: “*Fenología de cinco especies forestales nativas del Parque Nacional Cotacachi Cayapas*”, que enfatiza que la continua disminución de los bosques en Ecuador tiene un impacto indirecto en la preservación, gestión y reproducción de especies arbóreas nativas, vitales tanto desde el punto de vista socioeconómico como ecológico. Apoyando esa perspectiva los autores destacan que es crucial tener un entendimiento de los ciclos fenológicos. Sin embargo, los estudios existentes sobre fenología de especies forestales en el país son escasos y raramente se centran en especies autóctonas, lo que ha resultado en la falta de un protocolo estandarizado para la recolección de semillas, así como en la ausencia de un calendario que indique el momento óptimo para su recolección. Este estudio detalló las fases fenológicas de las especies: *Brosimum utile*, *Trattinnickia barbouri*, *Humiriastrum procerum*, *Lecythis ampla* y *Nectandra guadaripo*, a través de observaciones directas en el terreno para apoyar la conservación *in situ* del germoplasma.

Posteriormente el trabajo de Suárez y Hidalgo titulado: “*Artrópofauna edáfica presente en el bosque húmedo y una zona en recuperación de la estación experimental Mutile*”, estima la diversidad y abundancia de artrópodos en estas áreas, evaluadas mediante índices de diversidad y similitud, recalcando

cómo la actividad humana afecta su composición. El estudio busca comprender el impacto de la alteración ecológica en la macrofauna del suelo, crucial para procesos como la descomposición de materia orgánica y la fertilidad del suelo.

Ampliando la discusión, el análisis de Suárez y Hidalgo introduce la idea de que comparar la artrópodo-fauna del suelo en estas dos zonas proveerá una visión clara del estado de los artrópodos que constituyen la macrofauna del suelo. Esta comparación es crucial dado que la presencia o la falta de ciertos artrópodos es determinante para la productividad del suelo. Estos organismos juegan un rol vital en la descomposición de la materia orgánica, la aceleración del ciclo de nutrientes y la fertilidad del suelo, y son indicativos de alteraciones del suelo causadas por la fragmentación, la degradación o la deforestación.

Dentro del Eje de Innovación y Desarrollo Agropecuario, se presentaron ocho exposiciones a lo largo del congreso, cuatro de ellas fueron presentadas por expositores internacionales, entre los cuales cabe mencionar y agradecer a la Dr. Zenaida Lozano (VEN), Dr. Catalina Ramis (VEN), el Dr. Nelson Rodríguez (COL) y el Dr. René Garruña (MEX). Adicionalmente, en este eje estudiantes y docentes de la carrera de Agronomía y de Ingeniería Forestal expusieron sus trabajos de investigación y funcionarios de AGROCALIDAD difundieron los proyectos que esta entidad se encuentra desarrollando.

Iniciando este eje, se presenta a Bolaños, Loor, Montes y Chicaiza, quienes en su capítulo "***Presencia de perforadores de mazorcas del cacao en Ecuador***", reportan por primera vez en el Ecuador la existencia de perforadores del cacao, por lo que se considera este artículo de importancia, no solo para los productores de cacao, sino para las agencias gubernamentales, ya que el perforador podría representar una creciente preocupación en la reducción de la producción de este importante cultivo. Además, servirá para que los entes gubernamentales tomen medidas en el control de estos lepidópteros y propongan medidas correctivas a esta alerta. En el año 2019 se detectó la presencia de daños por perforadores de mazorcas en algunas zonas cacaoteras de la provincia de Esmeraldas (Recinto San Vicente en Rioverde, Cuquiva en la Parroquia Majua, San Agustín en la Parroquia Maldonado, Recinto Vilsa en la Parroquia San Gregorio, Timbre en la Parroquia San Mateo, San Antonio en la Parroquia Malimpia), y el Negrito en el cantón Puerto Quito de la provincia de Pichincha sin conocerse el agente causal. Los autores señalan que luego de evaluar 96 fincas, se detectó la presencia del perforador, sospechándose que eran causados por *Carmenta theobromae* y *Carmenta foraseminis*.

Sin embargo, con este estudio y con la identificación de los insectos por el Departamento de Entomología del INIAP en Pichilingue, se concluyó que la especie correspondía a *Gymnandrosoma* sp y adultos de coleópteros de la familia *Bruchidae*, descartándose hasta ahora la presencia de *C. theobromae* y *C. foraseminis*. El reporte de esta plaga es importante ya que en el futuro podría causar pérdidas importantes en producción del cacao, en caso de no contar con una estrategia para enfrentar y controlar de manera adecuada esta plaga. Deben realizarse más estudios en esta dirección, así como evaluar la dinámica, biología y ecología de estos perforadores y el impacto en la producción cacaotera. Es importante señalar que, en uno de los escenarios del cambio climático, es una menor cantidad de tierra disponible para el cultivo del cacao, con menor disponibilidad hídrica (zonas secas), y altas temperaturas, que probablemente reduzcan el impacto negativo de hongos, pero que favorezca el aumento de las poblaciones de estos insectos y por tanto su ataque al cultivo de cacao.

Por otro lado, la doctora Zenaida Lozano, en su conferencia magistral titulada “*Agricultura sostenible en suelos venezolanos*” propone a los sistemas de producción basados en principios agroecológicos con un enfoque integral, para mejorar la eficiencia y una producción sostenibles y, así desacelerar o evitar la pérdida de biodiversidad, degradación y contaminación del suelo, y pérdida de los recursos hídricos, producto de la agricultura convencional, caracterizada por un uso de cantidades inmensa de fertilizantes químicos, así como herbicidas y fungicidas y que se agrava cada vez más producto de la problemática ambiental actual determinada por tres ejes fundamentales interrelacionados entre sí que son: la sobrepoblación, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. El desafío para los agrónomos y zootecnistas cada vez es más grande en búsqueda de sistemas de producción de alimentos para cubrir la demanda poblacional, sin ocasionar graves cambios en los ecosistemas y evitar la pérdida de diversidad biológica y por tanto disminuir el impacto ambiental. Lozano, mostró resultados de prácticas alternativas al manejo convencional en tres diferentes zonas agroecológicas en Venezuela: Llanos occidentales, Cordillera de la costa central y Sabanas bien drenadas orientales. En los Llanos occidentales se evaluaron diferentes sistemas de labranza y rotaciones en el cultivo de maíz como alternativas a la labranza intensiva y monocultivo. En la Cordillera de la costa central se evaluaron manejos alternativos de fertilización y control de competidores bióticos para el cultivo de duraznero, en comparación con el manejo tradicional con altas dosis de insumos químicos. Mientras que para las Sabanas bien drenadas orientales se planteó la introducción de especies forrajeras (gramíneas o leguminosas)

de mayor calidad nutricional, como cultivos de cobertura, con diferentes tipos de fertilización fosforada y posterior pastoreo con ganado bovino, como alternativa a la quema de vegetación y ganadería extensiva. Los sistemas de producción y manejo propuestos por Lozano afectaron en gran medida las propiedades fisicoquímicas, y biológicas del suelo, y esta afectación estuvo relacionados con la intensidad de labranza, la cantidad y calidad de los residuos incorporados o dejados en superficie y la fuente de fertilización utilizada (inorgánica, orgánica o microorganismos). Muchas de las variables evaluadas fueron dinámicas y estuvieron sujetas a la época de medición y a las condiciones climáticas.

Para cerrar este eje, se presenta el trabajo del doctor Minda, docente de la Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas (UTLVTE), titulado como *“Impactos económicos y ambientales de la producción camaronesa en Ecuador y Esmeraldas”* en el que se presentan evidencias de los efectos negativos de la industria camaronesa en la zona costera de la provincia de Esmeraldas, donde se ha producido un cambio en el ecosistema manglar que de manera ilegal y desmedida fue convertido en camaroneeras. Este trabajo expone de manera clara las caras opuestas del negocio del camarón en nuestra provincia donde se desarrolla ésta, la segunda industria más importante para la economía ecuatoriana, pero que sume en la más extrema pobreza a poblaciones costeras de Esmeraldas. Las cifras hablan de una reducción del 85% del manglar, reduciendo drásticamente los ingresos de los comuneros de estas zonas que viven de la recolección y comercialización de cangrejo y concha, dos especies propias del manglar. Adicional al factor económico, el doctor Minda, expone la afectación ambiental de la eliminación del manglar que funciona como una barrera natural que protege a las zonas habitadas del impacto de oleajes, tsunamis, inundaciones y otros fenómenos naturales, algunos de ellos resultan una seria amenaza frente al fenómeno de El Niño del 2024.

Se presentaron algunos trabajos enmarcados en el eje temático de Ecofisiología de Cultivos Tropicales en este congreso, con el objetivo de discutir los avances y productos de investigación de la FACAP con un enfoque integral en el área de Ecofisiología de Cultivos Tropicales, en especial el cultivo de cacao, de interés nacional para el desarrollo agrícola sostenible del país. Estudiantes y docentes de la Carrera de Agronomía presentaron cinco exposiciones presentadas y en este libro se recogen dos capítulos.

En el primer capítulo De la Cruz y colaboradores presentan *“Efecto de la aspersión foliar de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> sobre la fisiología de cinco híbridos*

*de cacao*", este trabajo estudió nanofertilizantes (NFs) de dióxido de sílice (NFs-SiO<sub>2</sub>), Nanopartículas de SiO<sub>2</sub> (NPs-SiO<sub>2</sub>) y NFs de SiO<sub>2</sub>-hierro (NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe), sobre características fisiológicas de plántulas de 5 híbridos de cacao. Un trabajo que contó con el aporte invaluable del Dr. Jimmy Castillo de la Universidad Central de Venezuela en donde se produjeron las nanopartículas empleadas en esta investigación. Los datos obtenidos reflejan que cada nanofertilizante tiene efectos diferentes y que no todos los híbridos de cacao reaccionan de la misma manera ante la aspersión de estos innovadores fertilizantes. Los resultados apoyan el hecho que los NFs tienen un papel importante en los procesos fisiológicos y bioquímicos de los cultivos al aumentar la disponibilidad de nutrientes, lo que ayuda a mejorar los procesos metabólicos (mejora la fotosíntesis) y a su vez el crecimiento. Las cifras indican que NFs-SiO<sub>2</sub> pueden ser un agroinsumo atractivo para los agricultores y productores de cacao, ya que pueden mejorar el crecimiento y en el futuro se debería evaluar su efecto sobre el rendimiento productivo del cacao. Estos resultados apoyan lo demostrado en otros cultivos donde se ha demostrado que las NFs son una alternativa atractiva para la fabricación de NFs, los cuales son compuestos nutrientes de formulaciones nanoestructuradas que pueden ser aplicados a las plantas, permitiendo una absorción eficiente o liberación lenta de micronutrientes, macronutrientes y por lo tanto son más efectivos y eficientes que los fertilizantes tradicionales debido a su mayor impacto en la calidad nutricional y la tolerancia al estrés de los cultivos.

En el segundo capítulo, Tezara y colaboradores muestran los resultados de la *"Caracterización morfológica e intercambio gaseoso de clones de cacao provenientes del norte y sur de Esmeraldas"* donde se muestran las diferencias morfológicas y fotosintéticas del cacao de la provincia Esmeraldas, de clones de cacao provenientes de 32 árboles parentales, del complejo "Nacional x Criollo (N x C); seleccionados en la zona norte (alta precipitación) y zona sur (menor precipitación) de Esmeraldas. Es importante seleccionar y caracterizar fisiológicamente nuevos materiales promisorios de cacao con características de criollos (N x C); generando información importante que podrá ser utilizada en la selección de nuevos clones con características con un buen desempeño fotosintético y productivo. Las diferencias agroclimáticas más relevantes de donde se seleccionaron los árboles parentales para obtener los clones de cacao fue la existencia de un gradiente natural en cantidad de precipitación en cada zona. Actualmente en el Ecuador no existe una variedad Nacional genéticamente pura del cacao, son muy pocos los árboles con esta característica, lo que se encuentra es una mezcla de híbridos naturales que se agrupan en el complejo "Nacional x Trinitario" (N x T), algunas poblaciones de cacao

Criollo ubicados al norte de Esmeraldas y, más recientemente, una amplia distribución del cacao CCN 51 en una gran parte del país. En esta investigación se reportan diferencias significativas en los descriptores morfológicos, sugiriendo una alta variabilidad fenotípica entre los árboles parentales en ambas zonas estudiadas; logrando un buen agrupamiento por origen geográfico. Los indicadores de variación y mayor explicación de la variabilidad del cacao fueron: índice de almendra, longitud de estilo y ovario, índice de mazorca, ancho y grosor de semillas, ancho de frutos y ancho de hojas. Adicionalmente, se encontraron diferencias significativas en fotosíntesis y conductancia estomática; los clones del Sur mostraron las menores conductancias estomáticas y, por lo tanto, una mayor eficiencia de uso de agua intrínseca (A/g<sub>s</sub>). Los autores concluyeron que los árboles de cacao mostraron una gran variabilidad morfológica y algunas variables fisiológicas indicando un mejor desempeño en la A/g<sub>s</sub> en los clones provenientes de la zona de menor precipitación (sur), lo cual es importante en el contexto del cambio climático, donde unos de sus escenarios es la menor cantidad de zonas aptas para la siembra del cacao por una menor disponibilidad hídrica. En principio los clones del sur podrían ser tomados en cuenta en los planes de manejo y mejoramiento vegetal, dada su alta eficiencia de uso de agua. Sin embargo, es necesario y se requiere realizar más investigación en esta dirección.

Con respecto al Eje de Alimentación Pecuaria, durante el congreso se presentaron ocho trabajos de investigación. Dos de ellos correspondieron a conferencias magistrales dictadas por el doctor Valter Bumbieris (BRA) y el doctor Javier Moreno (COL), las otras seis presentaciones exhibieron los resultados del trabajo de investigación de docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Zootecnia. En esta sección, se han incluido dos investigaciones como capítulos de este libro. La alimentación pecuaria es un área que aún tiene mucho potencial por desarrollar en búsqueda de alternativas sostenibles que permitan maximizar los rendimientos de los sistemas de producción de alimento tanto convencionales como alternativos. El objetivo final siempre será mejorar la calidad nutricional del alimento que se le entrega al ganado y de esa manera aumentar los índices de producción de carne y leche.

En el primer capítulo De Souza Martins y colaboradores muestran su trabajo titulado "*Potencial uso de gramíneas del género *Megathyrsus maximus* como silaje en los trópicos*" donde hablan sobre las alternativas para la conservación de pasto obtenido de la especie *Megathyrsus maximus* en Brasil, este pasto está bien adaptado a climas tropicales y tiene periodos de crecimiento específico por lo que una cantidad importante de pasto deber ser

conservado de alguna manera para ser utilizado en las temporadas de baja producción. La alternativa que presenta este equipo de investigación es el ensilaje convencional y el ensilaje pre seco y compilan datos y resultados de sin número de investigaciones que evidencian la viabilidad del uso de estas técnicas de conservación de forrajes a través de indicadores de la calidad química y bromatológica del pasto ensilado. El ensilaje consiste en mezclar pasto triturado con azúcares y favorecer la fermentación anaeróbica microbiana de estos para convertirlas en ácido láctico, como consecuencia el pH de la mezcla disminuye a niveles donde otros microorganismos no pueden desarrollarse y de esa manera se evita la descomposición del forraje. La fase adicional que involucra en ensilaje pre seco es la disminución del contenido de humedad del forraje para anular la posibilidad de que otros microorganismos afecten la calidad del pasto ensilado. Además, se resalta la importancia del uso de aditivos con varios objetivos como: favorecer las fermentaciones deseables y reducir al máximo las fermentaciones desfavorables, aumentar el contenido nutricional del pasto y el nivel de carbohidratos solubles.

En el segundo capítulo Quiñonez y su equipo muestran los resultados del uso de bioestimuladores, específicamente el ácido giberélico y el ácido acetil salicílico, sobre el crecimiento de forraje verde hidropónico. Esta investigación tiene varios impactos no solo por el uso del forraje verde hidropónico y por el uso de bioestimuladores, sino además porque muestran que es posible montar un sistema de cultivo hidropónico de baja tecnología. El forraje verde hidropónico es una alternativa sustentable a la producción de forrajes convencionales para la alimentación de ganado y la alta demanda de recursos que este tipo de forrajes demanda; en cuanto a espacios físicos, agua y tiempo y la dependencia de condiciones climáticas favorables para un buen desarrollo. El forraje verde hidropónico puede crecer en sistemas verticales con un mínimo consumo de agua, durante todo el año, siendo una fuente de alimento de buena calidad para ganado de todo tipo. En cuanto al uso de bioestimuladores, esta investigación muestra un efecto positivo del ácido giberélico en ciertos aspectos del desarrollo del forraje verde hidropónico por lo que abre las puertas a indagar más profundamente sobre los efectos de ese regulador de crecimiento vegetal en este tipo de cultivo. Por otro lado, es importante resaltar que en la metodología de esta investigación se detallan las condiciones que debe tener un sistema de cultivo hidropónico de baja tecnología y bajo presupuesto que podría ser usado por pequeños, medianos y grandes productores, haciendo uso de espacios pequeños dentro de sus fincas o haciendas productoras para puedan explotar este sistema de producción de alimento para su ganado y evidencien todos los beneficios que se pueden obtener.

Finalmente, se hace un reconocimiento al doctor Leonardo Martin (BRA) quien dictó una conferencia magistral dentro del eje de Manejo Pecuario durante el evento, este eje además incluyó nueve presentaciones cortas que correspondieron a resultados de investigaciones de los estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería en Zootecnia, empleados de AGROCALIDAD y los miembros de CORPOGAN.

El grupo de editores espera que a través de esta introducción se pueda llamar la atención de personas dentro y fuera de la academia que estén directamente relacionados a actividades agropecuarias, no solo en Esmeraldas sino en todo el país, y de quienes estén interesados en trabajar para contrarrestar las consecuencias de un fenómeno de origen netamente antropogénico, como es el cambio climático.

**Ing. Lorena Oña**

Máster en Biología Molecular

Docente Titular de la Carrera de Ingeniería Forestal

**Ing. Sabrina Ortega**

Técnico Docente Titular de la Carrera de Ingeniería Forestal

**Dr. Wilmer Tezara**

Docente Titular de la Carrera de Agronomía

Facultad de Ciencias Agropecuarias de la

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas

**Marzo, 2024**

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## *Prólogo*



Factores esenciales y estratégicos para el desarrollo sostenible de una nación constituyen la ciencia y la innovación. En las últimas décadas, el cambio climático ha generado diversos impactos en América Latina y el Caribe. Estos están asociados con cambios en los ecosistemas y en los usos del suelo. Asimismo, se espera que en el futuro estos impactos sean considerables dada la dependencia económica actual en la agricultura y en el uso insostenible de los recursos naturales, la baja capacidad adaptativa de importantes segmentos de la población y la ubicación geográfica de algunos países.

La adaptación del sector agropecuario a los cambios abruptos del clima de las últimas décadas requiere de intervenciones planificadas que permitan evitar y/o reducir daños de gran envergadura, ayudando así a garantizar la seguridad de la población y de sus bienes, incluyendo los ecosistemas y sus servicios.

La Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas, fue creada por la Ley 70-16, expedida el 4 de mayo de 1970 por el Congreso Nacional y publicada por disposición del doctor José María Velasco Ibarra (Abogado), Presidente de la República en el Registro Oficial del 18 de mayo de 1970. Es una entidad autónoma de derecho público sin fines de lucro, financiada por el Estado, que se rige por la Constitución Política, la Ley Orgánica de Educación Superior, demás leyes de la República, Reglamentos Generales del CES y CEAACES, el Estatuto vigente y sus reglamentos. Formaban parte de la institución las Escuelas de Ingeniería Forestal e Ingeniería Zootécnica de la Extensión de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central del Ecuador que venía funcionando desde el 6 de julio de 1968.

Al cumplir en el mes de septiembre del 2023 los 55 años de creación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias se organizó el Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para del desarrollo agropecuario sostenible y el cambio climático que se desarrolló del 18 al 19 de septiembre del 2023 y cuyo objetivo fue discutir los avances y productos de investigación con un enfoque holístico-integral, los aportes técnico-académicos de temas relacionados con la Investigación e Innovación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible, y su aplicación en las áreas de las ciencias agropecuarias, para el desarrollo agrícola, forestal y pecuario sustentable en el país, a través de conferencias magistrales y ponencias que contribuyan a la formación profesional de la comunidad universitaria.

El Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para del Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático y este libro que presenta

una parte de los trabajos presentados es, por un lado producto de las acciones enmarcadas por el cumplimiento de la Misión y Visión de la FACAP, y al mismo tiempo es una muestra del gran trabajo que vienen realizando los docentes y estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, profesionales nacionales y extranjeros, así como de empresas públicas y privadas relacionadas con el sector agropecuario con el afán de aportar con datos empíricos y teóricos a la discusión y el debate de múltiples problemas que aquejan a nuestras comunidades.

Este libro presenta 9 capítulos, cada uno correspondiente a un trabajo de investigación diferente, distribuidos y organizados en cuatro de los ejes presentados en el congreso para facilitar su búsqueda y lectura en función de los temas de interés de los lectores

**Ing. Marcos Ortega Ojeda, Mtr.**

Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas

Febrero, 2024

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## **Unidad I**

### **Ecología y biodiversidad**



# I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

Páginas: 36-52

Código DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9-cap1>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/113>

## Artropofauna edáfica presente en el bosque húmedo y una zona en recuperación de la estación experimental “Mutile”

Soil arthropofauna present in the humid forest and an area under recovery at the “Mutile” experimental station

Edhison Nicolás Suárez Soledispa<sup>1\*</sup>, Jean Paul Hidalgo Penninger<sup>1</sup>

### Resumen

La investigación se realizó en dos zonas del bosque “Mutile”, el suelo bosque húmedo y en el de recuperación, los objetivos están planteados con el fin de comparar la artropofauna presente en el área de estudio. La metodología utilizada se basó en el método conocido como “malla cernidora”, para muestrear los artrópodos sobre la hojarasca del suelo. El diseño de muestreo fue aleatorio sistemático para las parcelas rectangulares y los puntos de muestreo, en cada parcela se distribuyeron 10 puntos de muestreo separados a 10 metros. Las muestras obtenidas fueron trasladadas y conservadas para luego realizar la correspondiente identificación, utilizándose como referencia libros y guías nacionales e internacionales, lo que permitió la identificación a nivel de género y especies. Se procedió al cálculo de abundancia usando los índices de Simpson y Shannon mediante el software Past4. Se determinaron los índices de similitud (Jaccard

1. Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas; Esmeraldas, Ecuador



Edhison Nicolás Suárez Soledispa  <https://orcid.org/0009-0005-2369-0539>  
Jean Paul Hidalgo Penninger  <https://orcid.org/0000-0002-8075-2557>

Correspondencia: [edhison.suarez.soledispa@utelvt.edu.ec](mailto:edhison.suarez.soledispa@utelvt.edu.ec)

y Sorensen) para determinar las semejanzas entre las áreas de estudios seleccionadas. Como resultado de la investigación se constató la presencia de 3.407 individuos en ambas áreas; 1.025 individuos en el área de recuperación y 2.382 individuos en el suelo del bosque húmedo. Se identificaron un total de 12 órdenes, 31 familias, 40 géneros y 20 especies.

**Palabras claves:** Artrópofauna, suelo, familias, géneros, especies.

### Abstract

The research was carried out in two areas of the “Mutile” forest, the humid forest floor and the recovery area, the objectives are set in order to compare the arthropofauna present in the study area. The methodology used was based on the method known as “sifting mesh”, to sample arthropods on the ground litter. The sampling design was systematic random for the rectangular plots and the sampling points, in each plot 10 sampling points separated by 10 meters were distributed. The samples obtained were transferred and preserved to later carry out the corresponding identification, using national and international books and guides as reference, which allowed the identification at the genus and species level. Abundance was calculated using the Simpson and Shannon indices using the Past4 software. Similarity indices (Jaccard and Sorensen) were determined to determine the similarities between the selected study areas. As a result of the investigation, the presence of 3,407 individuals in both areas was verified; 1,025 individuals in the recovery area and 2,382 individuals on the humid forest floor. A total of 12 orders, 31 families, 40 genera and 20 species were identified.

**Keywords:** Arthropofauna, soil, families, genera, species.

### Introducción

La importancia que ocupan los artrópodos en el ecosistema es sumamente amplia, puesto que sus roles principales en el entorno van desde: polinizadores, descomponedores, depredadores, parasitarios y fitófagos. Sin embargo, por mucho tiempo e incluso en la actualidad esta área que involucra a los artrópodos no es reconocida como es debido, y en muchos casos la importancia que se les llega a dar es escasa o prácticamente nula.

El trabajo se realizó en el bosque “Mutile” donde se obtuvo información de manera general sobre los artrópodos en dos áreas, el suelo del bosque húmedo y la zona de recuperación, las cuales se ven afectas por diversas acciones antrópicas. La abundancia y composición de los artrópodos se obtuvo a través de los índices de diversidad (Shannon y Simpson) mediante el

software Past4, y la ausencia/presencia de especies, por medio de los índices de similitud (Jaccard y Sorensen).

La metodología usada fue mixta, cualitativa por describir las áreas estudiadas, como el suelo del bosque húmedo que posee una diversidad elevada de flora, lo que ha generado una mayor actividad de la artropofauna del suelo gracias a sus condiciones y la zona de recuperación por ser un área con bastante actividad antrópica, ha generado varios claros en distintos puntos, lo que resulta en la presencia de pocos gremios de artrópodos, además de realizar la descripción de los individuos y su respectiva ubicación taxonómica y cuantitativa por tratarse de la abundancia de los artrópodos que involucra cantidad. Los tipos de investigación usados fueron descriptivos, exploratorio y no experimental.

Bajo este concepto el estudio fue realizado en dos zonas del bosque “Mutile”, el suelo del bosque húmedo y la zona de recuperación. El área del bosque presenta problemas, relacionados con la tala ilegal de madera, las actividades estudiantiles que por lo general involucra establecimiento de parcelas, inventarios forestal y demás prácticas que traen como resultado la creación de nuevos linderos o trochas, zonas despejadas y nuevos puntos de actividades o aglomeración de personas, a más de la contaminación que generan estas actividades. La zona de recuperación presenta alteraciones por procesos de corta de madera y plantaciones que han sido realizadas con el de cursar del tiempo, siendo un área en la que se percibe una marcada intervención antrópica.

Por ello, una comparación de la artropofauna presente en el suelo de la zona del bosque y la zona de recuperación permitirá conocer la situación de los artrópodos que componen macrofauna presentes en estas dos zonas, debido a que la presencia o ausencia de grupos de artrópodos constituye un proceso decisivo para la productividad del suelo, la descomposición de materia orgánica, la aceleración de reciclaje de nutrientes y la fertilidad de los suelos por ser sensibles a cambios edáficos por fragmentación así como la degradación o deforestación de los bosques (Carrasco & Guzmán, 2011).

Los estudios en relacionados con este tema son escasos, o en su mayoría se encuentran en vías de desarrollo, en especial en la ciudad de Esmeraldas donde no se encontraron reportes previos sobre esta investigación. Conocer la diversidad de la artropofauna del suelo en las zonas de estudio, permitirá entender las diferencias existentes entre la macrofauna de las zonas, que mejoran la calidad de las áreas.

## Materiales y método

Los materiales usados para este trabajo fueron los siguientes:

**Tabla 1.**

*Materiales y equipos para la realización del trabajo de estudio.*

Materiales	Equipos
Libreta de campo	Computadora
Cuerda	Impresora
Alcohol	GPS
Malla de plástico	Cámara Fotográfica
Recipientes para recolección	Microscopio Digital
Fundas herméticas	Brújula
Etiquetas	Cinta métrica
Detergente	Pinzas entomológicas
Jeringa	Botas y Guantes
Formol	Pala
Materiales de oficina	Machete y rastrillo

Para el diseño de muestreo, se utilizó la fórmula de población finita, tomando como datos de población el área de las zonas de estudio. El resultado obtenido para ambas zonas fue el siguiente:

- Para la zona de recuperación: 30 Parcelas de muestreo
- Para la zona de bosque: 30 Parcelas de muestreo.

Debido a la gran cantidad de parcelas de muestreo, estas se realizaron por conglomerado.

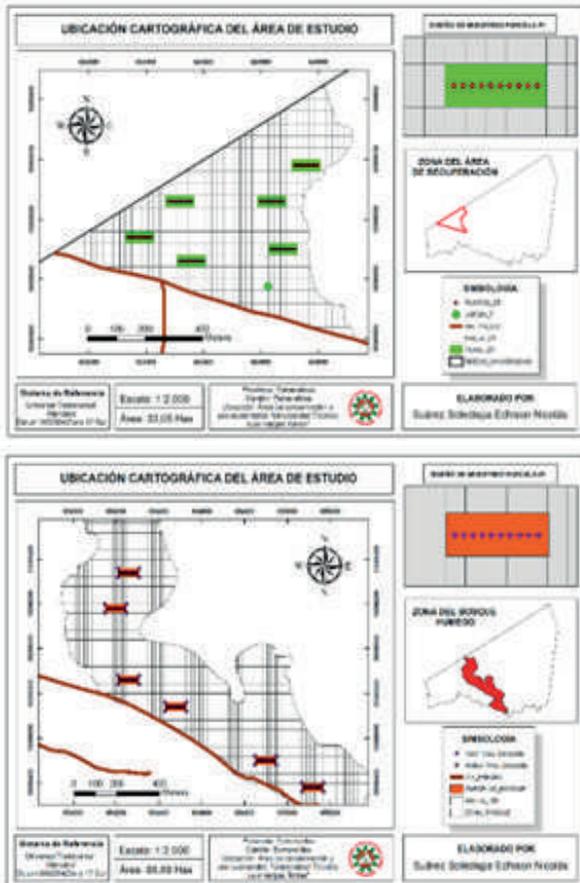
### Diseño de muestreo para las zonas de estudio

El diseño de muestreo se basó en el trabajo de Díaz (2014) y Uribe (2010). Se escogieron parcelas rectangulares, debido a que estas captan mejor la variación de la población (Jolitz *et al.*, 2001). El método fue aleatorio sistemático para el establecimiento de las parcelas y los puntos de muestreo. Las parcelas tienen dimensiones de 20x40m individualmente, por conglomerado se agruparon 5 parcelas para diseñar las fajas de 100x40m. Los puntos de muestreo están separados cada 10 metros en una sola línea. Este diseño de muestreo se aplicó para ambas zonas muestreadas (*Figura 1*).

- Cantidad de parcelas individuales: 30 Parcelas.
- Área de parcelas individuales: 20x40m.
- Parcelas por conglomerado: 100x40m
- Área de parcelas por conglomerado: 5 (0,4 Has)
- Área de muestreo: 2,4 Has.
- Cantidad de puntos de muestreo: 60.

**Figura 1.**

*Diseño de muestreo para la zona de recuperación y la zona del bosque respectivamente.*



Cabe señalar, que para la zona del bosque húmedo se utilizaron los parámetros de clasificación de los pisos altitudinales propuesta por el SENPLADES. Este indica que, para tierras bajas, son inferiores a los 300 msnm., y para el caso de las cordilleras en el norte no está definido (Galeas & Guevara, 2012).

Según Gallardo (2019) el área de estudio corresponde al Bosque siempreverde de tierras bajas, por lo tanto, solo se trabajó en los pisos inferiores a los 300 msnm., el área del bosque húmedo.

### **Tipo de investigación**

Debido al enfoque de investigación, el presente trabajo se clasifica como mixto, cuantitativo y cualitativo. El trabajo fue realizado con una temporalidad transversal, correspondiente a los meses de Julio a septiembre. La investigación fue del tipo exploratoria y descriptiva, tal es el caso de la abundancia y composición de la fauna artrópoda.

### **Técnicas de recolección de datos**

Para la recolección de muestras se utilizó un método conocido como “Malla Cernidora”, para separar macrofauna y mesofauna de artrópodos en la hojarasca (Zúñiga *et al.*, 2004). La recolección de las muestras se llevó a cabo sobre la hojarasca del suelo, alrededor de 5 cm por encima del suelo y por debajo del suelo hasta 3 cm de profundidad.

### **Análisis estadístico de la información**

Se utilizó el software PAST4 para obtener los índices de biodiversidad de Shannon y Simpson usados como variables de abundancia y composición. Los índices de similitud o de ausencia/presencia se interpretaron mediante las siguientes formulas.

**Tabla 2.**

*Índices de similitud.*

Fórmula de Jaccard:	Formula de Sorensen:
$ISJ = \frac{C}{a + b - c} + 100$	$ISS = \frac{2C}{(A + B)} + 100$
ISJ = Índice de Semejanza de Jaccard.	ISS = Índice de semejanza de Sorensen.
a: Número de especies exclusivas de la comunidad A.	C = Número de especies comunes en ambas comunidades.
b: Número de especies exclusivas de la comunidad B.	A = Número total de especies presentes en la comunidad A.
C: Número de especies comunes para ambas comunidades.	B = Número total de especies presentes en la comunidad B.

**Resultados**

**Composición de la artropofauna presente en el suelo del bosque húmedo y de la zona en recuperación**

El trabajo se hizo en los meses correspondientes a julio, agosto y septiembre (verano), para lo cual se realizó una visita preliminar para identificar el área y luego delimitar las parcelas y ubicar el punto de partida de cada línea de muestreo. Como resultado se obtuvieron un total de 3.407 individuos muestreados, 1.025 para la zona de recuperación y 2.382 para la zona del bosque húmedo. Se identificaron 12 órdenes y 30 familias. La zona de recuperación obtuvo 17 familias y la zona de bosque 26 familias. Se identificaron 40 géneros en total, 22 que corresponde a la zona de recuperación (19 identificados) y 33 de la zona de bosque (24 identificados), mientras que a nivel de especie se identificaron 20 individuos.

**Tabla 3.**

*Individuos clasificados taxonómicamente e identificados en las zonas de muestreo.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Zona R	Zona B			
Artrópoda	Insecta	Himenóptera	Formicidae	Eciton	<i>Eciton bucherlii</i>	340	438			
				Atta	<i>Atta Cepalothos</i>	432	321			
				Paraponera	<i>Paraponera clavata</i>	0	184			
				Neoponera	<i>Neoponera apicalis</i>	0	230			
				Pachycondyla	<i>Pachycondyla crassinoda</i>	0	342			
	Artrópoda	Hemiptera	Pentatomidae	Zicrona	<i>Zicrona caerulea</i>	7	0			
				Steirodon	<i>Steirodon dentiferoides</i>	1	0			
		Ortóptera	Tettigoniidae	Phyllopetera	<i>Phyllopetera Ovalifolia</i>	2	0			
				Neoconocephalus	<i>Neoconocephalus triops</i>	1	0			
		Artrópoda	Coleóptera	Passalidae	Passalus	<i>Trinesidis</i>	0	4		
					Tenebrionidae	Mylaris	<i>Mylaris gigas</i>	0	2	
			Artrópoda	Coleóptera	Tenebrionidae	Zophobas	<i>Zophobas morio</i>	0	1	
						Scarabaeidae	Deltochilum	<i>Deltochilum gibbosum</i>	0	3
							Strategus	<i>Strategus mormon</i>	0	2
						Curculionidae	Compsus	<i>Compsus viridivittatus</i>	0	2
						Chrysomelidae	Myochrous	<i>Myochrous cyphus-denticollis</i>	0	2
Artrópoda	Dermáptera	Anisolabididae	Philonthus	<i>Philonthus caeruleipennis</i>	5	7				
			Carcinófora	<i>Carcinophora americana</i>	7	0				
Artrópoda	Arachnida	Aráneae	Therapsidae	Pamphobeteus	<i>Pamphobeteus machala</i>	11	26			
				Chilopoda	Scolopendromorpha	Scolopendriidae	Scolopendra	<i>Scolopendra cingulata</i>	0	2

**Nota:** Las iniciales R y B corresponden a zona de recuperación y zona de bosque húmedo respectivamente.

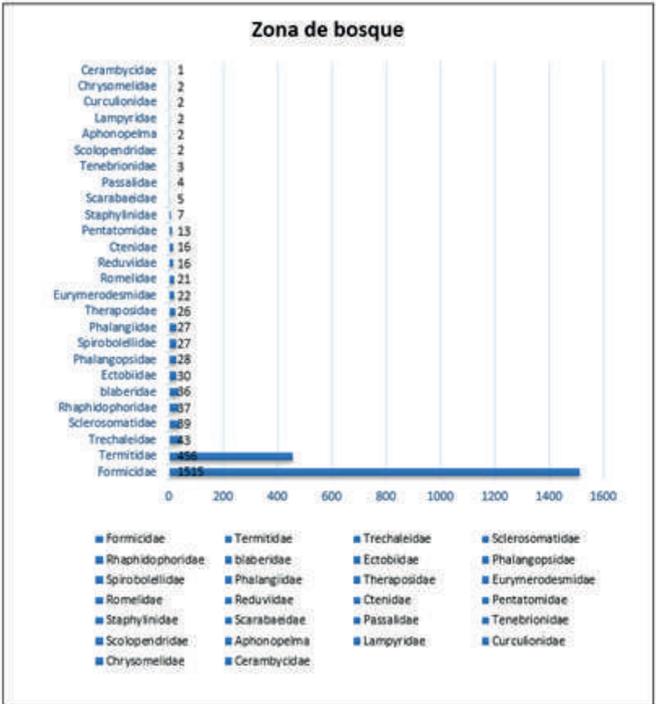
## Familias presentes en la zona del bosque

Contando con un total de 2.382 individuos, la primera familia más abundante es Formicidae (Himenópteros), con 1.515 (63,60%) individuos del total de la población. Seguido de la familia Termitidae (Blattodea) con 456 individuos (19,14%) y la familia Trechelinae (Aráneae) con 39 individuos (1,64%). Los últimos lugares corresponden a las familias Chrysomelidae y Cerambycidae (Coleóptera), con 2 individuos (0.08%) y con 1 individuos (0,04%), respectivamente (*Figura 2*).

La zona del bosque a pesar de estar intervenida, es superior en ciertos aspectos al área de recuperación, debido a que se encuentra dentro de la región biogeográfica del Chocó y es considerada como uno de los puntos calientes del planeta (hotspots) (Araujo *et al.*, 2005). Pero esta diversidad está ligada a la misma cantidad de ecosistemas presentes, es decir que mientras más ecosistemas estén presentes, habrá una mayor riqueza, por ello los esfuerzos deben centrarse en la conservación, debido a que los artrópodos, en general funcionan como bioindicadores de las condiciones en las que se encuentra cada área, según Giménez *et al.* (2011) este debería ser considerado como un parámetro más para medir el efecto de un factor sobre el ecosistema.

**Figura 2.**

*Número de individuos presentes por familias de la zona del bosque.*



**Nota:** Las familias se nombran de menor a mayor, leyéndose de arriba hacia abajo, primero la familia Cerambycidae y al último la familia Formicidae

**Familias presentes en la zona de recuperación**

La zona de recuperación presentó un total de 1.025 individuos, los cuales estuvieron repartidos en 11 órdenes y conformados por 17 familias. La familia Formicidae (Himenópteros) es la más abundante con 772 individuos, representando el 75,32% del total de la población, seguido de la familia Cicadellidae (Hemíptera), con el 3,71%. En último lugar se encuentra la familia Tettigonidae (Ortóptera), con 4 (0.39%) individuos (*Figura 3*).

Hay que tener en cuenta que las épocas de recolección se efectuaron entre los meses de julio a septiembre, por lo tanto, la abundancia de los mismos será relativamente baja. Según Molina y Arias (2018) en los bosques secos existe una mayor riqueza durante la época de lluvia, la cual empieza desde

los meses de noviembre a mayo, lo que justifica el hecho de que no exista una diversidad abundante para las especies muestreadas.

**Figura 3.**

*Número de individuos presentes por familias de la zona de recuperación.*



**Nota:** Las familias se nombran de menor a mayor, leyéndose de arriba hacia abajo, primero la familia Tettigonidae y al final la familia Formicidae.

### Índice de Shannon y Simpson

Los resultados arrojados por el Software Past4 fueron los siguientes:

**Tabla 4.**

*Resultados obtenidos con el software de biodiversidad Past4.*

Descripción	ZR	ZB
Géneros	22	33
Individuos	1025	2382
Dominancia	0,2917	0,1262
Índice Simpson	0,7083	0,8738
Índice Shannon	1,756	2,401

En el caso del índice Shannon, según Mora *et al.* (2017) los resultados varían entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3, los valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. Por lo tanto, el índice de

Shannon para la zona de recuperación es de 1,75, teniendo una diversidad muy baja. Para la zona del bosque se presenta una biodiversidad medianamente alta con 2,40; no es superior a 3 para considerarse una diversidad alta.

El índice de Simpson muestra valores entre 0 y 1. Según Depetris (2016), si el valor es cercano a 0, la diversidad no es equitativa, y 1 si es equitativo. En caso del inverso de dominancia de la comunidad, mientras el valor es más cercano a 1, significa que hay especies que destacan en abundancia por sobre las otras.

Para la zona de recuperación los resultados de dominancia son de 0,708 y 0,873 para la zona del bosque. Por lo tanto, las zonas pertenecientes al área de conservación presentan un alto grado de dominancia; ligado a una diversidad baja, que puede verse influenciado por la época de recolección.

### **Índice de Sorensen**

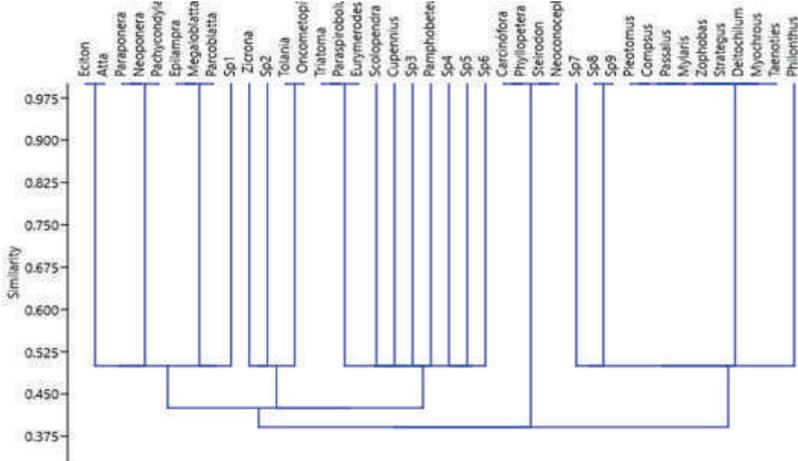
Según los resultados obtenidos existe un 54,55% de similitud entre las dos zonas muestreadas, según Araujo (2005), mientras más distantes estén las comunidades entre sí, menos similitud existirá por parte de los mismos. Estos resultados coinciden por lo anterior mencionado, debido a la distancia entre las comunidades la similitud se mantiene cercana al 50%.

### **Índice de Jaccard**

Según Moreno (2001) El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. La similitud de Jaccard fue de 37,5%, (0,375) demostrando que existe una baja semejanza entre individuos alejados de las zonas, pero alta entre comunidades cercanas y según el dendrograma de Jaccard llega hasta el 0.975 (*Figura 4*).

**Figura 4.**

*Dendrograma de Jaccard para similitud entre especies.*



**Nota:** El dendrograma de Jaccard demuestra la similitud entre especies conformando grupos, mientras más lejos se encuentren existe menos similitud entre las mismas.

### Gremios presentes en las áreas de estudio

Los resultados demostraron que para la zona del bosque húmedo no existe una diferencia amplia en cuanto a depredadores y detritívoros, esto también se ve afectado por la cantidad de individuos en cada orden y la dificultad de captura siempre varía. A pesar de ello, los detritívoros están muy presentes en la zona del bosque, lo que contribuye a que exista una mayor cantidad de depredadores que evitan que ciertos ordenes se conviertan en plagas. A diferencia de la zona de recuperación donde los depredadores son el gremio con mayor presencia, debido a que no existen las condiciones necesarias para el desarrollo de otros gremios que contribuyen a las actividades de desarrollo en el ecosistema. Según Brown *et al.* (2001) algunas especies como las larvas de la subfamilia Melolonthidae, los mismos coleópteros, así como hormigas y heterópteros que son considerados como fitófagos o detritívoros pueden causar una considerable disminución en la biomasa subterránea o área de las plantas, lo que generaría un declive en el crecimiento y transporte de nutrientes a las plantas si no es controlada por depredadores naturales (Brown *et al.*, 2001).

**Tabla 5.**

*Número de individuos clasificados por gremios según los órdenes presentes en el suelo del bosque húmedo.*

Órdenes	Gremios en la zona de bosque				
	Fitófagos	Depredadores	Detritívoros	Parásitos	
Himenóptera	0	1194	321	0	
Blattodea	0	0	522	0	
Hemiptera	13	0	0	0	
Heteróptera	16	0	0	0	
Sipirobolida	0	0	27	0	
Polidésmda	0	0	22	0	
Scolopendromorpha	0	2	0	0	
Aráneae	0	87	0	0	
Opiliones	0	66	0	0	
Dermáptera	0	0	0	0	
Ortóptera	0	0	86	0	
Coleóptera	26	0	0	0	
Total	55	1349	978	0	2.382
Porcentaje	2,31%	56,63%	41,06%	0	100%

**Tabla 6.**

*Número de individuos clasificados por gremios según los órdenes presentes en la zona de recuperación.*

Órdenes	Gremios en la zona de bosque				
	Fitófagos	Depredadores	Detritívoros	Parásitos	
Himenóptera	0	772	0	0	
Blattodea	0	0	53	0	
Hemiptera	72	0	0	0	
Heteróptera	12	0	0	0	
Sipirobolida	0	0	19	0	
Polidésmda	0	0	17	0	
Scolopendromorpha	0	0	0	0	
Aráneae	0	29	0	0	
Opiliones	0	13	0	0	
Dermáptera	0	0	7	0	
Ortóptera	0	0	26	0	
Coleóptera	5	0	0	0	
Total	89	814	122	0	1025
Porcentaje	8,68%	79,41%	11,90%	0	100%

## Conclusiones

En el estudio se registraron un total de 3.407 individuos, siendo 1.025 de la zona de recuperación y 2.382 de la zona de bosque. Estos individuos se distribuyeron en 12 órdenes, 30 familias y 40 géneros, con 9 especímenes no identificados y 20 identificados con su nombre científico. Los resultados indican que la zona de bosque húmedo presenta una mayor diversidad en términos de cantidad y abundancia en comparación con la zona de recuperación. Además, el análisis del índice de Shannon muestra que la zona de recuperación posee una diversidad de 1,75, considerándose muy baja y la zona del bosque muestra valores de 2,40 siendo medianamente alta. El índice de Simpson muestra valores de 0,70 para la zona de recuperación y 0,87 para la zona del bosque, demostrando que ciertos órdenes poseen dominancia por encima de otros. Los índices de similitud de Sorensen y Jaccard muestran una similitud del 54,55% y 37,5% respectivamente entre las zonas muestreadas, destacando que, a mayor distancia entre las áreas, menor similitud se observa. Por último, se encontró que los depredadores fueron el gremio más presente en ambas zonas, especialmente en la zona de recuperación donde las condiciones para el desarrollo de detritívoros, importantes para la fertilidad del suelo, son bajas. En contraste, el suelo del bosque húmedo ofrece condiciones favorables para el desarrollo de órdenes que contribuyen a la recuperación y mantenimiento del ecosistema.

## Referencias Bibliográficas

- Araujo, P., Carranco, R., Granda, V., Guerra, P., Rosero, P., y Ortega, A. M. (2005). *Evaluación preliminar de la diversidad de escarabajos (Insecta: Coleoptera) del Chocó ecuatoriano*. [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3852/1/icbio\\_evaluacion\\_coleoptera\\_choco\\_ecuador.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3852/1/icbio_evaluacion_coleoptera_choco_ecuador.pdf)
- Brown, G. G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J. C., Bueno, J., y Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta zoológica mexicana (nueva serie)*, (Es1), 79-110.
- Carrasco Merchán, S. M., y Guzmán Cárdenas, S. V. (2011). *Influencia del uso del suelo, en la pedofauna y flora de los páramos de la zona del Iruis Azuay-Ecuador* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay). <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/170>
- Depetris Nicolás, F. A. (2016). *Diversidad de artrópodos en viñas con manejo fitosanitario convencional y con feromonas de confusión sexual para *Loebesia botrana** (D. y S.). <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151008>

- Díaz Porres, M., Rionda, M. H., Duhour, A. E., y Momo, F. R. (2014). Artrópodos del suelo: Relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria. *Ecología austral*, 24(3), 327-334. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2014000300008&lng=es&nr=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2014000300008&lng=es&nr=iso). ISSN 1667-782X.
- Galeas, R., y Guevara, R. (2012). Metodología para la representación cartográfica de los ecosistemas del Ecuador continental. **Quito**: MAE.
- Gallardo, P., (2019) Informe Técnico para el Área de Conservación y Uso Sustentable “Universidad Técnica Luis Vargas Torres”. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Esmeraldas - GADPE. Dirección de Gestión Ambiental, Unidad de Patrimonio Natural. **Esmeraldas**, Ecuador.
- Jiménez, A. M., Hernández, P., Figueroa, M. E., y Barrionuevo, I. (2011). Diversidad del estrato arbóreo en los bosques del Chaco Semiárido. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 19(1), 24-37. <https://www.redalyc.org/pdf/481/48122207003.pdf>
- Jolitz, T., Kleinn, C., y Palacios, W. A. (2001). Manual para estudios científicos en forestería, agricultura y ecología. Fundación Jatun Sacha.
- Molina, N. y Arias, M. (2019). Inventario Preliminar de la Clase Insecta en la Reserva Ecológica Arenillas, Ecuador. *INVESTIGATIO*, (12), 13-48. <http://orcid.org/0000-0002-8197-1137>
- Mora-Donjuán, C. A., Burbano-Vargas, O. N., Méndez-Osorio, C., y Castro-Rojas, D. F. (2017). Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(35), 68-75. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v14i35.3154>
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. MyT-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. **Zaragoza**, 84 pp. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Uribe-Hernández, R., Juárez-Méndez, C. H., Montes de Oca, M. A., Palacios-Vargas, J. G., Cutz-Pool, L., y Mejía-Recarmier, B. E. (2010). Colémbolos (Hexapoda) como bioindicadores de la calidad de suelos contaminados con hidrocarburos en el sureste de México. *Revista Mexicana*. 81(1), 153-162.

Zúñiga F. Prieto J. González H. Bistrain R. Jiménez E. y Carranza M. (2004).  
*Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México. Impreso en México

# I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

Páginas: 53-70

Código DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9-cap2>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/113>

## Fenología de cinco especies forestales nativas del Parque Nacional Cotacachi Cayapas

### Phenology of five native forest species of the Cotacachi Cayapas National Park

Angélica María Vela Castro<sup>1\*</sup>, Digmar Alfredo Lajones Bone<sup>1</sup>,  
Joel Velasco Quiñónez<sup>1</sup>, Carlos Corozo Cortez<sup>1</sup>

#### Resumen

Se identificaron procesos fenofásicos de las especies forestales nativas *Brosimum utile*, *Trattinnickia barburi*, *Humiriastrum procerum*, *Lecythis ampla*, *Nectandra guararipo*, encontradas en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas, para contribuir a la conservación *in situ* del germoplasma; para ello se eligió 25 árboles, distribuidos en 5 especies y cada especie representada por 5 individuos con características de árbol plus para fuentes semilleras, en las etapas de desarrollo juvenil y maduro, donde se condicionó el registró los árboles muestrales en función de los rangos diamétricos, características fisionómicas deseables y variable fenológica mensual por un periodo de 12 meses. El método de análisis del seguimiento fenológico fue una variante de Fournier, es de carácter cuantitativo. Se evidenció el amplio rango de distribución para 4 de 5 especies, la especie *Nectandra guararipo* no evidenció individuos en la categoría 1 (20-29,9) y la

1. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador

Angélica María Vela Castro  <https://orcid.org/0000-0003-3100-0057>

Digmar Alfredo Lajones Bone  <https://orcid.org/0000-0002-8143-8578>

Joel Velasco Quiñónez  <https://orcid.org/0000-0001-8864-9557>

Carlos Corozo Cortez  <https://orcid.org/0000-0002-3051-5406>



especie *Lecythis ampla* presentó escasez en 3 de las categorías inferiores (20 -49,9); el seguimiento fenológico logró confirmar que los eventos de floración y fructificación se desarrollan en 10 meses  $\pm$  1 mes: el *Brosimum utile* florece y fructifica de abril a noviembre, el *Humiriastrum procerum* florece y fructifica de mayo a enero, *Lecythis ampla* florece y fructifica de marzo a diciembre, *Nectandra guararipo* florece y fructifica de septiembre a junio, *Tractinnickia barbouri* florece y fructifica de marzo a noviembre; en cuanto la foliación se evidenció que el proceso es distinto para cada especie y solo se da dicho proceso para renovación de hojas. Los datos obtenidos permitieron la elaboración del calendario fenológico.

**Palabras Claves:** árboles semillero, características fisiológicas, fenología, fenofases.

### Abstract

Phenophasic processes of the native forest species *Brosimum utile*, *Tractinnickia barbouri*, *Humiriastrum procerum*, *Lecythis ampla*, *Nectandra guararipo*, found in the Cotacachi Cayapas National Park, were identified to contribute to the *in situ* conservation of germplasm; To this end, 25 trees were chosen, distributed in 5 species and each species represented by 5 individuals with characteristics of a plus tree for seed sources, in the stages of juvenile and mature development, where the growth of the trees was conditioned. The method of analysis of phenological follow-up was a variant of Fournier, being quantitative in nature. The wide distribution range was evidenced for 4 of 5 species, the species *Nectandra guararipo* did not show individuals in category 1 (20-29.9) and the species *Lecythis ampla* presented scarcity in 3 of the lower categories (20 -49.9); phenological monitoring managed to confirm that flowering and fruiting events take place in 10 months  $\pm$  1 month: *Brosimum utile* flowers and fruits from April to November, *Humiriastrum procerum* flowers and fruits from May to January, *Lecythis ampla* flowers and fruits from March to December, *Nectandra guararipo* flowers and fruits from September to June, *Tractinnickia barbouri* blooms and fruits from March to November; As for the foliation, it was evident that the process is different for each species and this process only occurs for leaf renewal. The data obtained allowed the elaboration of the phenological calendar.

**Key words:** phenology, phenophases, physiognomic characteristics, seed trees.

## Introducción

En la actualidad, la mayor pérdida de hábitats forestales se está registrando en las zonas tropicales; el aprovechamiento no regulado, el cambio de uso de suelo y el manejo inadecuado de los recursos son el principal causante de la degradación de la vegetación que conlleva a la destrucción de los bosques. Según Quiroga *et al.* (2021), en los años 90 la superficie boscosa a nivel mundial era de 1.070 millones de hectáreas y en el año 2020 de 932 millones, reduciéndose 138 millones de hectáreas en los últimos 30 años.

A nivel Nacional, la destrucción de los bosques influye indirectamente a los semilleros forestales, limitados por escasos conocimiento de criterios para la selección de fuentes semilleras, técnicas de producción, procesamiento y almacenamiento de semillas, por lo que la pérdida de la riqueza genética es inminente en el transcurso del tiempo debido a la falta de incentivos para su conservación y uso sostenible. Progresivamente en la Provincia de Esmeraldas, especialmente en la zona norte se ha ido perdiendo la cobertura vegetal, mediante la transformación de los bosques a causa de la sobre explotación de especies forestales. Palacios & Jaramillo (2016) afirman que estos cambios “traerá consigo importantes impactos ecológicos (polinización, dispersión de diásporas) y socioeconómicos (disminución de los ingresos y migración para la gente local, pérdida del valor el bosque con el consecuente cambio de uso de bosque natural a sistemas agropecuarios)”. El riesgo de desaparición de los árboles forestales nativos es apremiante; es de suma importancia seleccionar y evaluar fuentes semilleras de especies forestales nativas, para poder rescatar, proteger y conservar su variabilidad genética, y así contribuir a desarrollar estrategias para su manejo, conservación y adaptación al cambio climático evitando su extinción (Puertas, 2017).

Aunque ninguna especie está en riesgo inminente de extinción, podría estar ocurriendo una drástica degradación genética debido a que en aprovechamientos forestales convencionales e irresponsables, solo los mejores árboles se cosechan, lo cual, puede limitar la cantidad y calidad de la regeneración. Es urgente profundizar los estudios del comportamiento ecológico, y de la silvicultura (germinación, crecimiento, mortalidad) de las especies para encontrar opciones para la recuperación y manejo de las poblaciones (Palacios & Jaramillo, 2016).

La reducción de los ecosistemas forestales en Ecuador es constante, lo que influye indirectamente en la conservación, manejo y propagación de especies forestales nativas de alto interés socioeconómico y ambiental. Para ello

es necesario conocer los eventos fenológicos, pese a ello las investigaciones fenológicas de especies forestales en Ecuador son ambiguas y en su mayoría no están relacionadas a especies forestales nativas, por ende, no existe un protocolo de recolección de las semillas y mucho menos un calendario que nos permita conocer con exactitud la fecha adecuada para su colección. El objetivo fue describir los procesos fenofásicos del *Brosimum utile*, *Trattinnickia barbouri*, *Humiriastrum procerum*, *Lecythis ampla* y *Nectandra guararipo*, mediante observaciones de campo para contribuir a la conservación *in situ* de germoplasma.

## Materiales y Métodos

### Localización y duración del experimento

Se identificaron los procesos fenofásicos en las especies *Brosimum utile*, *Trattinnickia barbouri*, *Humiriastrum procerum*, *Lecythis ampla* y *Nectandra guararipo*, encontradas dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas, distrito San Miguel ubicadas en Eloy Alfaro (N 00°41'38.9'', W 078° 52'37.6''), la zona es un bosque siempre verde de tierras bajas del Chocó con precipitaciones anual de 2000 a 4000 mm, temperatura media anual 18 a 24 °C, altitudinalmente está situado desde los 38 hasta los 407 msnm.

### Diseño experimental

El diseño está comprendido de 25 árboles, distribuidos en 5 especies y cada especie representada por 5 individuos con características de árbol plus, en las etapas de desarrollo juvenil y maduro. Además, se registraron los árboles muestrales en función de los rangos diamétricos, características fisiológicas deseables y variable fenológica mensual desde agosto 2019 hasta agosto 2020.

### Manejo del experimento

La metodología de selección de los árboles fue tomada de Lombardi & Nalvarte (2000) que establece un tamaño de muestra entre cinco individuos seleccionados por el orden de aparición en el bosque y de la Dirección de Desarrollo Forestal (2016) para la selección de los árboles semilleros con características fisiológicas deseables, incluidas las categorías diamétricas 20-29.9 cm; 30-39.9 cm; 40-49.9 cm; 50-59.9 cm y > 60 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP). Para el análisis de los datos de estadios fenológicos se considera la metodología establecida por Fournier (1976); Villasana & Suarez (1997); Vilchez *et al.*, (2004), en la cual se considera que la información fenológica debe tener carácter cuantitativo y cubrir todo el período de manifestación

de la característica, tanto el inicio, la plenitud, así como la declinación. Estos datos se registraron en formularios de características fenológicas, lo que posteriormente permitió establecer un cuadro de observaciones fenológicas o calendario fenológico para las especies en estudio.

Se utilizó un GPS Garmin 64, Binoculares Canon BK4, rótulos con información geográfica y hojas de registros. La investigación estuvo dividida en dos fases, una de gabinete y otra de campo. La de gabinete que contempló, conocer la vegetación presente según el plan de manejo, la selección de las especies forestales interés y la obtención de la autorización de investigación al área. La fase de campo consistió en la identificación y selección de árboles semilleros con características de árboles plus, identificación del DAP, altura, tipo de fuste, forma y diámetro de copa. Posteriormente la rotulación y seguimiento fenológico con una variable mensual durante 12 meses de agosto 2019 a agosto 2020; el seguimiento fenológico consistió en observar la presencia o ausencia de los criterios fenológicos.

Esta información deriva en la elaboración de un calendario fenológico con información necesaria para el manejo silvicultural de las especies objeto de estudio.

### **Variables evaluar**

Las variables a evaluar fueron de tipo cualitativa, evidencian cada etapa del proceso fenológico cuyas características son el indicador del proceso, y para efectos de registro se codificó con un número cada indicador. Los criterios e indicadores fenológicos se establecieron de la siguiente manera:

- Botones florales apareciendo (1),
- Floración avanzada (2),
- Floración por terminar o terminada (3),
- Frutos nuevos apareciendo (4),
- Frutos maduros presentes (5),
- Frutos maduros cayendo y/o dispersión de semillas (6),
- Árbol con pocas hojas (7),
- Hojas nuevas apareciendo (8),
- Mayoría de hojas nuevas (9),
- Copa completamente con hojas viejas (10).

**Análisis estadístico**

El porcentaje de fenofases se tomó como la cantidad de árboles con floración/fructificación/diseminación expresada en porcentaje, según la cantidad de árboles totales considerados en el estudio.

**Resultados**

La Tabla 7 evidencia los resultados obtenidos de la selección de especies, con relación a las categorías diamétricas se halló el 100% de individuos en las especies *Brosimun utile*, *Humiriastrum procerum*, *Trattinnickia barbouri*, la especie *Nectandra guararipo* presentó el 80% a partir de la categoría 2 hasta la 5, mientras que la especie *Lecythis ampla* mostró el 40% a partir de las categorías 4 y 5. Para efectos del seguimiento fenológico se reemplazó las categorías faltantes con categorías superiores.

**Tabla 7.**

*Individuos seleccionados en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas distrito San Miguel según la categoría diamétricas.*

Especie	Categorías					Total
	1	2	3	4	5	
<i>Brosimun Utile</i>	1	1	1	1	1	5 (100%)
<i>Humiriastrum procerun</i>	1	1	1	1	1	5 (100%)
<i>Lecythis ampla</i>	0	0	0	1	1	2 (40%)
<i>Nectandra guararipo</i>	0	1	1	1	1	4 (80%)
<i>Trattinnickia barbouri</i>	1	1	1	1	1	5 (100%)
Total	3	4	4	5	5	

Se evidencia escasos de individuos en las categorías 1 (20-29,9 cm de DAP), 2 (30-39,9 cm DAP) y 3 (40-49 cm DAP) para la especie *Lecythis ampla* concordando con Liziano (2016) que la especie cuenta con una regeneración escasa; mientras que la especie *Nectandra guararipo* en la categoría 1 (20-29,9 cm DAP) muestra escasos coincidiendo con Palacios & Jaramillo (2016) que establecen baja abundancia (5.5 individuos >10 cm de DAP /ha).

La presencia de un individuo para categoría diamétrica de la especie *Brosimun utile* con relación a lo establecido por Palacios & Jaramillo (2016) ratifica que la especie es mayormente abundante. La especie *Humiriastrum procerum* a pesar de que Palacios & Jaramillo (2016) consideran que la especie es de baja abundancia, mencionan que suelen desarrollarse poblaciones importantes en sitios con buen drenaje, coincidiendo con los resultados y las

características del sitio de investigación; así mismo, mencionan que la especie *Trattinnickia barbouri* es de baja abundancia, contrario a los datos obtenidos en el área de investigación.

Las especies *Brosimum utile*, *Humiriastrum procerum*, *Trattinnickia barbouri*, no presentan fragmentación con relación a las categorías diamétricas, posiblemente relacionados con dependencias mutualistas con especies frugívoras, características de sitio y por ser un área protegida. Por otra parte, la especie *Nectandra guaripó* presenta ausencia en la categoría de 20-29,9 cm DAP, concordando con Palacios & Jaramillo (2016), quienes señalan que existe escases en las categorías diamétricas inferiores y la regeneración natural. De igual manera, la especie *Lecythis ampla* muestra escases en las categorías diamétricas inferiores a 50-59,9 cm diámetro a la altura de pecho (DAP), y su desarrollo es en zonas mayormente inundables coincidiendo con lo expuesto por Lizano (2016).

Según Braun-Blanquet (1979), la competencia existente en comunidades vegetales naturales permite que una o pocas especies resulten favorecidas, es decir; la carencia de individuos de la especie *Nectandra guaripó* y *Lecythis ampla* en esta investigación no fundamenta la desaparición de la especie en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas. Por lo tanto, la persistencia en la regeneración natural está ligada a la dinámica del bosque (reclutamiento, crecimiento y mortalidad), y al mutualismo de especies frugívoras, lo que posiblemente genera fragmentos debido a una alta demanda de sus frutos/semillas influyendo en su baja regeneración.

En la Tabla 8 se puede observar la cantidad total de individuos seleccionados, el porcentaje de árboles florecidos, fructificados, foliados y defoliados para las cinco especies seleccionadas.

**Tabla 8.**

*Total de individuos que presentaron fenofases en las cinco especies estudiadas en Parque Nacional Cotacachi Cayapas distrito San Miguel, periodo agosto 2019 a agosto 2020.*

	Total	Flo	Fru	Fol/Def
<i>Brosimun Utile</i>	5	4 (80%)	4 (80%)	5 (100%)
<i>Humiriastrum procerun</i>	5	5 (100%)	5 (100%)	5 (100%)
<i>Lecythis ampla</i>	5	5 (100%)	5 (100%)	5 (100%)
<i>Nectandra guararipo</i>	5	5 (100%)	5 (100%)	5 (100%)
<i>Trattinnickia barbouri</i>	5	3 (60%)	3 (60%)	5 (100%)
Total	5	22	22	25

*Flo: Floración; Fru: Fructificación; la ausencia del proceso de Flo (floración) y Fru (fructificación) se evidenciaron en individuos en la categoría 1 y 2 por debajo de 39,9 cm de DAP considerados estadios juveniles.*

Se encontró que el 80% de los individuos seleccionados de la especie *B. utile* florecieron y fructificaron, mientras que el 100% presentó foliación y defoliación. En el caso de la especie *H. procerum* y *L. ampla* y *N. guararipo*, el 100% de los individuos seleccionados evidenciaron floración, fructificación y foliación/defoliación. Mientras que la especie *T. barbouri* evidencio el 60 % de floración y fructificación y el 100% de foliación y defoliación. El seguimiento fenológico desde agosto 2019 a agosto 2020 evidenció la siguiente información:

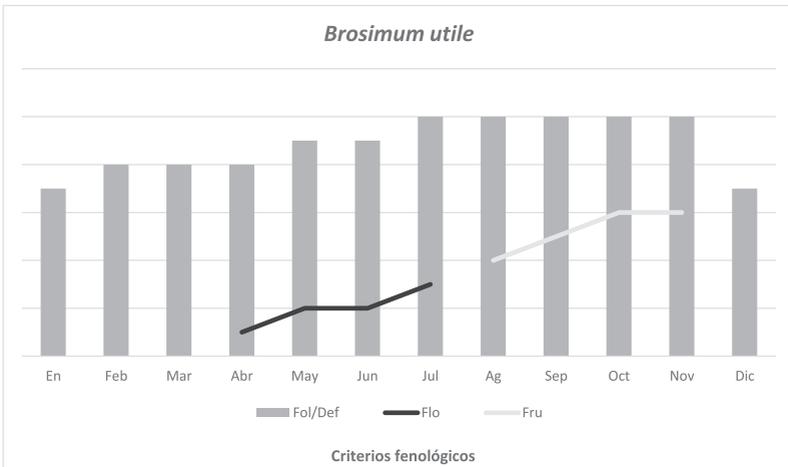
***Brosimun utile* (Kunth)**

La figura 5 indica el inicio el proceso de fructificación desde agosto a noviembre del 2019, con un periodo de tiempo de 4 meses, evidenciando gran cantidad de frutos con la única diferencia en el estado del tegumento que cambió de rígido a blando. De igual manera, la cantidad de frugívoros con mayor intensidad durante el mes de octubre del 2020, que establece una estrecha relación del consumo de la fruta, permite inferir que, dentro de los 4 meses, la fructificación en el mes de octubre del 2019, dicha fruta se encuentra en un estado pleno de maduración. Brevemente, el inicio del proceso de fructificación se produce de agosto del 2019 y su mayor pico de producción es en octubre del 2019, terminando el proceso en noviembre, coincidiendo con Tapia (2014), dando a conocer que dicho proceso se desarrolla de 4 a 5 meses; además, es una fruta apetecida para aves, mamíferos y roedores, concordando con lo expresado por Parrado (2007).

El proceso de defoliación y foliación, fue evidente desde diciembre 2019 hasta mayo del 2020, donde se desarrolla la renovación del follaje, sin desprender por completo sus hojas de la copa. La observación de la floración fue difícil debido a la altura de los árboles y competencia de individuos dentro del dosel forestal, aunque no se evidenció la aparición de frutos vinculado a la floración durante todo el año, tal y como indican López y Montero (2005) (Figura 5).

**Figura 5.**

*Fenología de Brosimum utile. Desarrollo del proceso fenológico para la especie Brosimum utile durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación.*



Castaño *et al.* (2007), establecen que el proceso de floración dura de 4 a 5 meses, ratificando el período de floración en la presente investigación, mismo evento que tuvo lugar de abril a julio del 2020, se debe agregar que los primeros meses de presencia de la floración estuvieron condicionados por la lluvia y por la poca viabilidad (polinización y fecundación) de la flor para su maduración, solo alcanzando la maduración las flores presentes en el mes de junio continuando su desarrollo y alcanzando su maduración en julio (Figura 5).

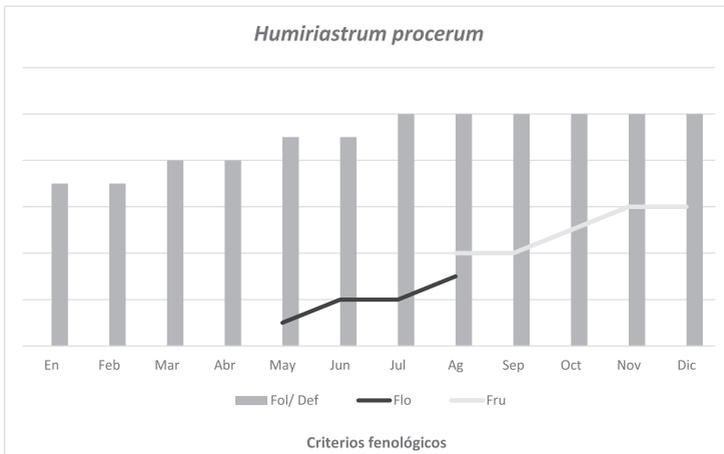
**Humiriastrum procerum (Little)**

La figura 6 muestra el proceso de fructificación de esta especie que se desarrolló de agosto a diciembre del 2019 y enero del 2020 en un periodo de seis meses, donde el mes de agosto 2019 evidenció la transición de flor a frutos, la gran cantidad de frutos se diferenció de un mes a otro por el color

y textura del fruto. De la misma manera, Benavides (2012) establece que la producción de frutos estuvo dada desde noviembre del 2008 a marzo del 2009. Debido a los años transcurridos se nota una variación de 2 meses, entre lo expuesto por Benavides (2012) y los datos obtenidos en esta investigación (2019-2020), coinciden en que los primeros 3 meses del proceso, la fruta presenta características de estado inmaduros no apto para la germinación y al mismo tiempo demuestra el tiempo de desarrollo de la fruta es de uno a cinco meses considerando que en el mes de agosto se observaron mayormente floración. En concreto, el proceso de fructificación del *Humiriastrum procerum* se desarrolla de agosto a diciembre del 2019 y en enero del 2020, siendo agosto el mes donde se observan los primeros frutos en estadio verde, noviembre y diciembre el mes con mayor producción de frutos maduros y enero el mes donde la fructificación es escasa.

**Figura 6.**

*Fenología de Humiriastrum procerum. Desarrollo del proceso fenológico para la especie Humiriastrum procerum durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación.*



La floración se propicia de manera paulatina desde mayo a julio 2020, donde en mayo se observa flores nuevas, julio evidencia floración por terminar, pese a ello en agosto del 2019 se pudo observar minoritariamente vestigios florales en relación con la aparición de frutos nuevos. Se debe agregar que en Ecuador no hay estudios de fenología que permitan planificar su manejo, conservación y propagación. El proceso de floración ha variado con respecto a Little & Dixon (1969), esta variación se puede atribuir al periodo que

ha transcurrido desde la investigación de Little & Dixón (1969), el proceso de floración de la especie *Humiriastrum procerum* en la provincia de Esmeraldas y especialmente en la zona de estudio se originó de agosto 2019, mayo-julio 2020 con una duración intermedia de 1-5 meses, reafirmando así lo expuesto por López & Montero (2005) (*Figura 6*).

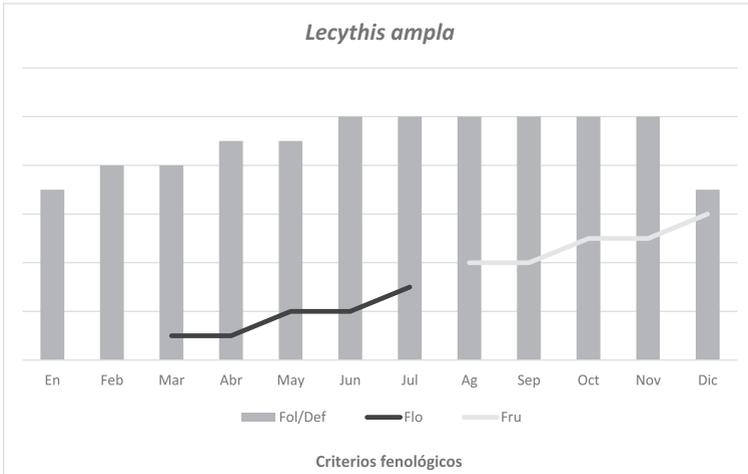
El proceso de foliación y defoliación para la especie *Humiriastrum procerum* (*Figura 6*), se desarrolla durante los meses de enero-febrero 2020 se presenta el inicio de caída de hojas de manera gradual, entre marzo-abril 2020 se propicia el apareamiento de hojas nuevas, en mayo-junio del 2020 se da la aparición total de hojas nuevas en la copa de color verde lustroso, en julio del 2020 se observa que la hojas se encontraban completamente renovadas, durante todo el año la copa del árbol mantuvo hojas perennes. López & Montero (2005), indican que la especie presenta el proceso de noviembre a marzo, es decir difiere en dos meses con los datos obtenidos, lo que demuestra un leve cambio en la periodicidad del proceso debido al año en que se realizó la investigación y el sitio en donde se realizó dicha investigación (Pacífico y Amazonia Colombiana).

### *Lecythis ampla* Miers

La fructificación de agosto a diciembre del 2019 evidenció los últimos meses características de haber sido fuente de alimentación de Guacamayo, ya que los frutos presentaban extracción de sus semillas aun estando en el árbol. En base a los datos obtenidos y con relación a la literatura (Salazar & Soihet, 2001; Parrado, 2007; Gómez, 2010), se infiere que el proceso de fructificación está dado desde el inicio de floración con una duración de 10 meses, es decir, de uno a cinco para la fructificación. Contrastando con los datos de López & Montero (2005), donde el inicio de la aparición de frutos nuevos o la transición de flor a fruto se produce de septiembre a octubre. Finalmente, y en relación con lo señalado por López & Montero (2005) y Gómez (2010), se determina que los meses de fructificación para la especie *Lecythis ampla* en la zona de investigación está dada desde agosto a diciembre, siendo los meses noviembre a diciembre donde se presentan frutos maduros (*Figura 7*).

**Figura 7.**

*Fenología de Lecythis ampla. Desarrollo del proceso fenológico para la especie Lecythis ampla durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación.*



Teniendo en cuenta las disertaciones de Salazar & Soihet (2001) y López & Montero (2005), los datos obtenidos en el seguimiento fenológico de este estudio se asemeja a los obtenidos por los autores, ya que los meses de floración se desarrollaron de marzo a julio del 2020, discrepando por un mes la aparición de botones florales (*Figura 7*).

La copa del árbol se mantiene perenne durante todo el año, parcialmente se evidenció la caída de hojas durante los meses de diciembre 2019 y enero del 2020; posteriormente inicia la aparición de hojas nuevas en febrero y marzo 2020; por último, en abril y mayo 2020 se evidencia hojas completamente nuevas. Los datos obtenidos del presente trabajo coinciden con los de Gómez (2010) debido a que la especie no pierde su follaje masivamente; en definitiva, la foliación se manifestó primero de diciembre de 2019 y de enero a mayo 2020 de manera constante, con características de hojas semidecíduas con la finalidad de renovación de sus hojas, y de enero a diciembre de forma armónica con características de árbol perenne (*Figura 7*).

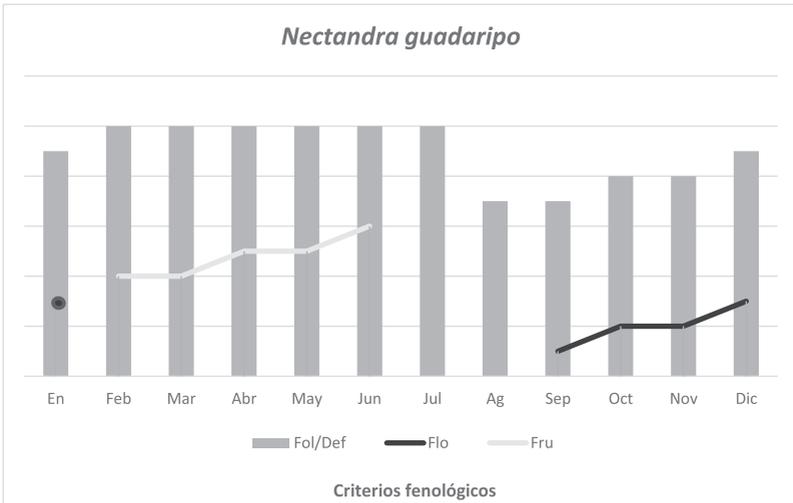
***Nectandra guaripo* (Rohwer)**

La figura 8 muestra el inicio de foliación de agosto-septiembre 2019 con la caída de hojas, en octubre-noviembre 2019 con la aparición de hojas nuevas, en diciembre 2019 y enero 2020 con hojas totalmente nuevas, de febrero

a julio 2020 se observó una copa totalmente con hojas viejas. Acorde con lo expuesto anteriormente el proceso de caída de hojas se desarrolla de manera constante con la finalidad de renovación de sus hojas. Congruente a lo establecido por Urbina (2002), la defoliación inicia en agosto 2019 y las primeras evidencias de flores se dan en septiembre del 2019. Por ello se establece que la especie *Nectandra guaripó* desarrolla la caída de hojas desde agosto 2019 a enero 2020 con la finalidad de renovación de las mismas y con las características hojas perennes durante todo el año.

**Figura 8.**

*Fenología de Nectandra guaripó. Desarrollo del proceso fenológico para la especie Nectandra guaripó durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación.*



El proceso de floración se presenta de septiembre a diciembre 2019 y enero 2020 se evidenció residuos de floración en el suelo e inicio de desarrollo del fruto o cuaje. Con relación a lo establecido por Parrado (2007) y Salazar & Soihet (2001), quienes interpretan que la aparición de la floración se presenta durante 5 meses (septiembre a diciembre 2019 y enero 2020), y concordando con Braun-Blanquet (1979) al aumentar el follaje disminuye la profusión de flores y disminuye también la posibilidad de polinización por insectos, es decir; la floración y su fecundación comenzó a disminuir en diciembre, generando las posibles semillas viables a partir de diciembre 2019 y enero 2020, es por ello que a finales de enero aún se observa floración, la caída de la misma y el inicio del cuajo (Figura 8).

El proceso de fructificación parte en febrero a junio-julio 2020 asemejándose a los datos obtenidos de Tapia (2014) donde su mayor mes de producción (frutos maduros) es en agosto, esto en relación a los resultados obtenidos, con una desigualdad de un mes (*Figura 8*).

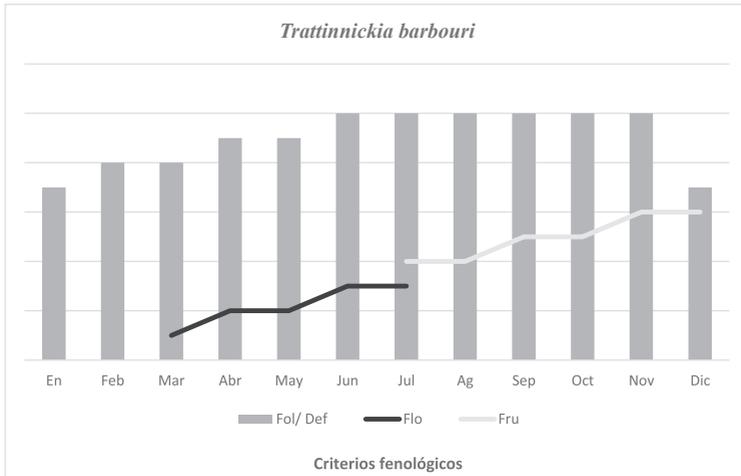
### *Trattinnickia barbouri* (Little)

El proceso de fructificación está dado por el cuaje de las flores a finales de julio dando comienzo de la fructificación, octubre es el mes con mayor producción de frutos maduros y en diciembre es la época de dispersión y desaparición del fruto finalizando así el proceso. En base a los trabajos de Salazar & Soihet (2001); Parrado (2007) y a la información de la comunidad y a los datos obtenidos en los meses de observación se determina que el proceso de fructificación en la zona de investigación se desarrolla de 1 a 5 meses iniciando en agosto hasta diciembre.

La figura 9, indica que la floración inicia de marzo a julio 2020, comenzando en marzo con la aparición del botón floral, donde mayo es el mes con mayor cantidad de floración avanzada y julio es el mes con escasas total de la floración dando paso a la aparición del cuaje del fruto, afirmando que el período de fructificación se desarrolló de 1-5 meses establecido previamente por Salazar & Soihet (2001) y Parrado (2007). La especie en estudio no cuenta con investigaciones en relación con la fenología, germinación o relación ecológica con frugívoros, pese a lo antes mencionado según los habitantes de la comunidad aledaña al área de estudio y los guardaparques confirmaron que el inicio de la floración está dado en épocas de lluvias iniciando durante los meses de marzo y abril.

**Figura 9.**

*Fenología de Trattinnickia barbouri. Desarrollo del proceso fenológico para la especie Trattinnickia barbouri durante doce meses, agosto 2019 a agosto 2020. Def: defoliación, Fol: foliación, Flo: floración, Fru: fructificación.*



Por el hecho de que la especie *Trattinnickia barbouri* carece de información fenológica previa no se puede hacer comparaciones, pese a ello se estable en base a los resultados de los cinco individuos observados que, la foliación presentó su proceso natural de renovación de hojas con la transición desde la aparición de brotes de yemas vegetativas hasta el desarrollo de las mismas con una relación (2:6) de diciembre 2019 y de enero a mayo 2020, que se refiere a la caída y renovación de hojas, mientras que de agosto a noviembre 2019 y junio a julio 2020 la copa se mantiene frondosa durante seis meses sin presentar caída de hojas.

**Conclusiones**

Las especies *Nectandra guararipo* no presentó individuos en la categoría 1 (20-29,9 cm DAP), mientras que el *Lecythis ampla* presentó para la categoría 1 (20-29,9), 2 (30-39,9) y 3 (40-49,9) lo que genera preocupación en relación a la fragmentación. Pese a ello no se asevera la desaparición de las especies en dicho sector porque se desconoce la información la existencia de regeneración natural.

Para el seguimiento fenológico se pueden establecer una cronología entre eventos suscitados desde la floración y fructificación, debido a que ambos procesos se desarrollan en 10 meses ± 1 mes, estableciendo un mes de transición.

Las especies *Brosimum utile*, *Trattinnickia barbouri*, *Humiriastrum procerum*, *Lecythis ampla*, fructificaron en época de verano o de menores lluvias (agosto-diciembre 2019) y la floración se desarrolló en épocas mayormente lluviosa (de marzo-julio 2020), donde la fecundación de los embriones es viable posterior a la última lluvia. Mientras que la especie *Nectandra guararipo* florece de (septiembre a diciembre 2019 y enero 2020) y fructifica de (febrero a junio 2020).

El evento de foliación es poco evidente debido que el sitio de estudio es un bosque siempre verde, las especies evaluadas evidenciaron la caída de hojas para el ahorro energético en relación a la época más seca y con el único objetivo de renovación de hojas. En la especie *Lecythis ampla* fue más evidente el proceso de caída y renovación de hojas, esto en relación a la gran cantidad de hojas maduras contenidas en su copa.

El comportamiento fenológico entre especies forestales es variante, cada especie tiene requerimientos climáticas diferentes, donde los meses con estas tipologías optimizan el desarrollo de las fenofases, cuatro de las cinco especies coinciden con un clima precipitado para iniciar la floración lo que indica que son especies que se desarrollan su fenología en espacios y temporadas de mayor humedad, mientras que una de la especies estudiadas tiene requerimientos de temperaturas cálidas y meses de menor humedad.

## Referencias Bibliográficas

- Benavides, N. (2012). Estudio de tratamientos pre germinativos en dos tipos de semilla de *Chanul Humiriastrum Procerum (little)* cuatr. en el sector de la comunidad Capulí, provincia de Esmeraldas – Ecuador [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/796>
- Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume Ediciones. Rosario, Madrid.
- Castaño, N., Cárdenas, D y Otavo, E. (2007). *Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas, generadoras de productos maderables y no maderables. Instituto de Investigaciones Científicas SICHU y la Fundación Chemonics-Colombia*. CORPOAMAZONIA.
- Dirección de Desarrollo Forestal. (2016). *Manual Procedimiento Fuentes Semilleras y Árboles Plus*. MAGAP. [Archivo PDF]. <https://es.scribd.com/document/413540361/manual-procedimiento-fuentes-semilleras-arboles-plus-pdf>

- Fournier, M. (1976). *Observaciones fenológicas en el bosque húmedo premontano de San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica*. Turrialba: IICA.
- Gómez, M. (2010). *Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia: un paso hacia su conservación v.2*. Corantioquia.
- Little, E., y Dixon, R. (1969). *Estudio Preinversión Para el Desarrollo Forestal de la Región Noroeste / Ecuador, Árboles comunes de la provincia Ecuador*. Roma: Programas las Naciones Unidad.
- Lombardi, I., y Nalvarte, W. (2000). *Estudio fenológico de 28 especies maderables del bosque húmedo tropical de Honduras*. Lancetilla: OIMIT. <http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD8%2092/pd%208-92-6%20rev%20%20%28F%29%20.pdf>
- Lizano, M. (2016). *Distribución y estructura horizontal de seis especies de árboles maderables en los bosques de la zona norte de Costa Rica* [Tesis de Grado]. Instituto Tecnológico de Costa Rica [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7043/Distribucion\\_estructura\\_horizontal\\_seis\\_especies\\_arboles\\_maderables\\_bosques\\_zona\\_norte\\_Costa\\_Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7043/Distribucion_estructura_horizontal_seis_especies_arboles_maderables_bosques_zona_norte_Costa_Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, R., y Montero, M. (2005). *Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades. Instituto de Investigaciones Científicas SICH y la Fundación Chemonics-Colombia*. [https://www.researchgate.net/publication/326811461\\_Manual\\_de\\_identificacion\\_de\\_](https://www.researchgate.net/publication/326811461_Manual_de_identificacion_de_)
- Palacios, W. A., y Jaramillo, N. (2016). Árboles amenazados del Chocó ecuatoriano. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 8(14), 51-60 <https://doi.org/10.18272/aci.v8i1.508>
- Parrado, A. (2007). Distribución espacial de semillas y plántulas de dos especies de árboles tropicales: ¿Hay correspondencia entre los patrones? *Revista Colombia Forestal*, 10(20) <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/2975/4357>
- Puertas, M. (2017). *Ecuador, el árbol amenazado por la tala que busca su salvación en el turismo*. MONGABAY, Periodismo Ambiental Independiente en Latinoamérica. <http://es.mongabay.com/2017/02/ecuador-arbol-amenazado-la-tala-busca-salvacion-turismo/>

- Quiroga, R., Malmierca, A., Villar, S., y Ocampo, R. (Eds.). (2021). *Temas estadísticos de la CEPAL* (Vol. 2). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). [http://extencion://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47151/1/S2100266\\_es.pdf](http://extencion://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47151/1/S2100266_es.pdf)
- Salazar, R. y Soihet, C., (2001). *Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina*. (48 ed., Vol. 2) (Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas (CATIE).<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2960>
- Tapia, A. (2014). *Estudio piloto sobre la ecología alimentaria del Mono Araña de Cabeza Marrón (ateles Fusciceps) en el Chocó Ecuatoriano* [Tesis Licenciatura]. Universidad San Francisco de Quito. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2720/1/108886.pdf>
- Urbina, V. (2002). *La fructificación de los frutales*. Monografías de Fruticultura : N° 6. Paperkite Editorial <https://recercat.cat/handle/10459.1/47020>
- Vílchez, B., Chazdón, R. L., y Redondo, Á. (2004). Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(2), 1–10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123195>
- Villasana, R., y Suárez, A. (1997). Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la Reserva Forestal Imataca Estado Bolívar - Venezuela. *Revista forestal venezolana*, 31(41–1), 13–21. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-forestal-venezolana/articulo/estudio-fenologico-de-dieciseis-especies-forestales-presentes-en-la-reserva-forestal-imataca-estado-bolivar-venezuela>

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## **Unidad II**

### **Innovación y desarrollo agropecuario**



# I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

Páginas: 72-84

Código DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9-cap3>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/113>

## Presencia de perforadores de mazorcas del cacao en Ecuador

### Presence of cocoa pod borers in Ecuador

Milton José Bolaños Ortega<sup>1\*</sup>, Daira Roció Loor Mendoza<sup>1</sup>,  
Luis Enrique Montes Loor<sup>1</sup>, Luis Chicaiza<sup>2</sup>

#### Resumen

En la literatura científica hoy se reconoce como pasadores de cacao un grupo numeroso especies de polillas del orden lepidópteros familias entre ellas Sesiidae, Sinantedunae, Gracillariidae, reconociéndose las especies *Sinantedun theobromal*, *Carmenta foraseminis*, *C. cramerella*. En Ecuador no existen reportes de la presencia de perforadores de mazorcas, a partir de investigaciones sistemáticas por entes encargados de investigaciones agrícolas. En el año 2019 se detecta la presencia de daños por perforadores de mazorcas en algunas zonas cacaoteras de la provincia de Esmeraldas, desconociendo el agente causal, incidencia, y área de afectación, se reporta la presencia de perforadores de mazorcas de cacao, en el Recinto San Vicente en Rioverde, Cuquiva en la Parroquia Majua, San Agustín en la Parroquia Maldonado, Recinto Vilsa

1. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas; Esmeraldas, Ecuador
2. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Agencia técnica Puerto Quito, Ecuador.

Milton José Bolaños Ortega  <https://orcid.org/0000-0001-5747-634X>

Daira Roció Loor Mendoza  <https://orcid.org/0009-0004-8466-9568>

Luis Enrique Montes Loor  <https://orcid.org/0009-0005-8241-3654>

Luis Chicaiza  <https://orcid.org/0009-0005-6397-558X>



Correspondencia: [miltonjose.bolanos@utelvt.edu.ec](mailto:miltonjose.bolanos@utelvt.edu.ec)

en la Parroquia San Gregorio, Timbre en la Parroquia San Mateo, San Antonio en la Parroquia Malimpia y el Negrito en el cantón Puerto Quito de la provincia de Pichincha. Se realizó un muestreo en 96 fincas donde se detectó la presencia del perforador, sospechándose que eran causados por *Carmenta theobromae* y *Carmenta foraseminis*. Para confirmar la evaluación se envió las muestras de mazorcas con daños al Departamento de Entomología del INIAP en Pichilingue donde se obtuvieron 23 larvas, 18 pupas y 15 adultos de *Gymnandrosoma* sp y adultos de coleópteros de la familia Bruchidae, por lo cual se determina el primer reporte de *Gymnandrosoma* sp en cacao en el Ecuador descartándose momentáneamente la presencia de *Carmenta theobromae* y *Carmenta foraseminis*, por lo cual la investigación continua.

**Palabras claves:** Perforador, daños, economía, lepidópteros, entomología.

### Abstract

In the scientific literature, a large group of moth species of the order Lepidoptera families among them Sesiidae, Sinantedunae, Gracillariidae, including the species *Sinantedun theobromal*, *Carmenta foraseminis*, *C. cramerella*, are recognized as cocoa berry borers. In Ecuador, there are no reports of the presence of cob borers, based on systematic investigations by agricultural research organizations. In 2019, the presence of damage by cocoa pod borers was detected in some cocoa-growing areas of the province of Esmeraldas, although the causal agent, incidence, and area of affectation are unknown, the presence of cocoa pod borers was reported, The presence of cocoa pod borers was reported in San Vicente in Rioverde, Cuquiva in Majua Parish, San Agustín in Maldonado Parish, Vilsa in San Gregorio Parish, Timbre in San Mateo Parish, San Antonio in Malimpia Parish and El Negrito in Puerto Quito canton in Pichincha province. Sampling was carried out in 96 farms where the presence of the borer was detected, suspecting that they were caused by *Carmenta theobromae* and *Carmenta foraseminis*. To confirm the evaluation, samples of damaged ears were sent to the Department of Entomology of INIAP in Pichilingue where 23 larvae, 18 pupae and 15 adults of *Gymnandrosoma* sp and adults of coleoptera of the family Bruchidae were obtained, which determines the first report of *Gymnandrosoma* sp in cocoa in Ecuador momentarily ruling out the presence of *Carmenta theobromae* and *Carmenta foraseminis*, so the research continues.

**Keywords:** Perforator, damage, economy, lepidoptera, entomology.

## Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es considerado uno de los cultivos perennes más importantes a nivel mundial, este cultivo tiene plagas insectiles que atacan diferentes tejidos en sus fases fenológicas. El conocimiento de los diversos grupos taxonómicos y funcionales en el ecosistema del cacaotal, permite entender mejor el funcionamiento de la comunidad de estos organismos, dentro de los cuales, los grupos de artrópodos principalmente insectos, arácnidos y caracoles, son los que, con mayor posibilidad, los productores o estudiosos de la ecología del cacaotal, pueden encontrar y observar fácilmente a nivel de campo (Sermeño Chicas *et al.*, 2022).

El cacao se cultiva bajo sombra en ambientes de bosque tropical, lo que ha promovido una estrecha relación entre el cultivo, los árboles de sombra y la entomofauna asociada. En el cultivo de cacao existe una entomofauna diversa, algunas especies de insectos son benéficas, otras constituyen una plaga para el cultivo (Lecaro Dávila, 2015).

La investigación sobre la entomología asociada al dosel del cacao en el Ecuador es incipiente. Se ha trabajado de una manera reactiva: cuando una particular especie de insecto se ha vuelto un problema en una particular zona de cultivo, los investigadores, principalmente por parte del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), han procedido a realizar estudios sobre la plaga en mención y se ha logrado un nivel de control sobre la mismo (Lecaro Dávila, 2015).

El entendimiento al que se debe hacer énfasis, es aquel orientado no solo a destacar aspectos posiblemente dañinos al cultivo, sino también los aspectos beneficiosos al mismo, para considerar un balance de justas valoraciones de presencia– ausencia, abundancia–frecuencia; así como de incidencia biológica, económica y ambiental, para posibilitar un manejo integral del agroecosistema (Sermeño Chicas *et al.*, 2022).

Las plantaciones de *Theobroma cacao* L. son infestadas por plagas de insectos en variada intensidad y la infestación depende de algunos factores, entre estos la humedad, la época del año (lluviosa o seca), la temperatura, las condiciones de manejo de la plantación, entre otras. Muchas de las plagas del cacao no constituyen un problema grave o no se conoce exactamente que gravedad pueden alcanzar, pero un descuido en su combate puede motivar que lleguen a constituir un problema muy serio (Lecaro, 2015)

En Colombia, el “Perforador de la Mazorca del Cacao” fue reportado en el Occidente del departamento de Antioquia por el Ingeniero Enrique Mon-

cayo (1957) quien lo mencionó como una especie de polilla. Eichlin (1995), describió la especie a partir de especímenes criados en semillas de *Gustavia angustifolia* Benth, *Gustavia superba* y *Eschweilera* sp. de Panamá y en frutos de cacao de Colombia (Harms y Aiello, 1995) y la denominó *Carmenta foraseminis* (Busck) Eichlin; este taxónomo afirmó que la especie se encuentra presente en Panamá, Venezuela y Colombia y que, además del cacao, tiene otros hospederos alternos pertenecientes a la familia *Lecythidaceae* (Cubillos, 2013).

En Colombia, el insecto fue reportado primero como *Conopia* sp.; posteriormente, Gallego y Vélez (1979) lo reportaron como *Synanthedon theobromae*. Más tarde, Leal y Hernández (1990), mediante muestras remitidas al Dr. Gaden Robinson del Museo Británico su identificación quedó establecida como *Synanthedon theobromae* Busck. Sin embargo, Delgado (2007) al estudiar el ciclo de vida de un Perforador que apareció haciendo daño en algunos municipios de Norte de Santander, presumiblemente procedente de Venezuela, lo identificó como *Carmenta foraseminis* (Busck) Eichlin, (Cubillos, 2013).

En Venezuela, existe poca información en relación a los insectos perforadores del fruto del cacao (*Theobroma cacao* L.), pero se ha detectado la presencia de las siguientes especies: *Carmenta theobromae* (Busck 1910) (Sesiidae) (=Aegeriidae) y *Anadasmus porinodes* Meyrick (Oecophoridae) (Puchi, 2005).

En el año 2019 se detecta la presencia de daños por perforadores de mazorcas en algunas zonas cacaoteras de la provincia de Esmeraldas, desconociendo el agente causal, incidencia, y área de afectación, se reporta la presencia de perforadores de mazorcas de cacao, en el Recinto San Vicente en Rioverde, Cuquiva en la Parroquia Majua, San Agustín en la Parroquia Maldonado, Recinto Vilsa en la Parroquia San Gregorio, Timbre en la Parroquia San Mateo, San Antonio en la Parroquia Malimpia y el Negrito en el cantón Puerto Quito de la provincia de Pichincha (Bolaños, 2021).

El género *Gymnandrosoma* spp. es polífaga y se alimenta de diversas especies vegetales. En Colombia la especie *Gymnandrosoma aurantium* se registró por primera vez en el 2018, en el departamento Meta del municipio Cubarral, este tortricidae junto a dos especies de *Carmenta* spp. son considerados barrenadores de la mazorca del cacao.

En Ecuador se realizó el primer registro de *G. aurantium* en diciembre del 2018, afectando plantaciones de mandarinas en la localidad Perucho de la provincia de Pichincha (Noboa *et al.*, 2018).

En Brasil se reporta el ataque de *Gymnandrosoma aurantium* en nuez de pecan *Carya illinoinesis* (Nava *et al.*, 2020), En Guatemala se reporta el ataque de *Gymnandrosoma aurantium* en nuez de macadamia (*Macadamia integrifolia*) (López-Guillén *et al.*, 2021),

Se reporta una lista de huéspedes: *Annona cherimola*, *Annona squamosa*, *Averrhoa carambola*, *Byrsonima crassifolia*, *Carya illinoensis*, *Citrus aurantiifolia*, *Citrus limon*, *Citrus paradisi*, *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis*, *Citrus*, *Cojoba arborea*, *Cupania vernalis*, *Eriobotrya japonica*, *Litchi chinensis*, *Macadamia integrifolia*, *Mangifera indica*, *Melicoccus bijugatus*, *Persea americana*, *Pithecellobium dulce*, *Plukenetia volubilis*, *Prunus persica*, *Psidium guajava*, *Punica granatum*, *Sapindus saponaria*, *Theobroma cacao* (European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), 2022).

En el Perú se reporta la presencia de *Carmenta theobromae* y *Carmenta foraseminis* en diversas regiones productoras de cacao (Luna, 2019; Alomía *et al.*, 2021; Cabezas, 2017; Yeison *et al.*, 2015; Mezones, 2019; Crispin, 2022)

Las larvas de estos insectos fitófagos perforan los frutos del cacao y otros frutos, ocasionando galerías al interior de los frutos, galerías que pueden ser superficiales sin mayor importancia o internas, trayendo como consecuencia la pérdida del valor comercial de los granos por consumo de los mismos y la invasión posterior de microorganismos patógenos secundarios e insectos oportunistas que se alimentan de los tejidos en descomposición. Esto constituye una problemática para el sector cacaotero y frutal ya que el daño ocasionado por estos insectos puede llegar a reducir la producción significativamente y adicionalmente en cacao cuando se mezcla intencionalmente o no granos sobre fermentados y fermentados y se procesan para licor de cacao daría sabores posiblemente indeseables.

En vista de todo lo expuesto, y debido a la escasa información que existe en Ecuador sobre los perforadores del fruto del cacao, este trabajo tuvo como objetivos, actualizar el registro de los Sesiidae perforadores del fruto presentes en la región costera del Ecuador

## Materiales y Métodos

La investigación es exploratoria, ya que el área es extensa y se realizó en 100 fincas cacaoteras, que estén con la presencia de mazorcas de 4 meses de edad y mazorcas maduras donde existe la posibilidad de determinar la sintomatología característica de perforadores de mazorcas y sus daños, la provincia de Esmeraldas tiene diversas zonas de producción de cacao en función de las condiciones climáticas, lo cual determina que se tiene producción

de mazorcas en fechas diferentes en cada zona y esto está relacionada con la presencia del perforador de frutos.

### **Localización y duración del experimento**

Para confirmar la presencia de los perforadores, se realizaron las determinaciones en las plantaciones de cacao que tenían mazorcas a término de maduración, en diversos sitios de la provincia de Esmeraldas, en que se tenía la información de la presencia de perforadores de mazorcas. La investigación tuvo una duración de 6 meses y aun continua.

### **Material vegetal**

La verificación del daño de los perforadores se realizó en mazorcas del cacao nacional y CCN 51.

### **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño no experimental exploratorio explicativo.

### **Manejo del experimento**

Manejo del experimento.

En esta investigación se realizó las siguientes actividades.

- Visita a fincas cacaoteras de la zona.
- Ubicación de las fincas con GPS.
- Aplicación de las encuestas a productores de cacao.
- Verificación en las plantaciones de afectaciones de mazorcas de cacao.
- Colección de mazorcas afectadas.
- Enmallado de mazorcas afectadas *in situ*.
- Traslado de mazorcas afectadas a laboratorio.
- Toma y sistematización de datos

### **Variables evaluar**

#### *Presencia del insecto*

La presencia del insecto se determinó por medio del daño en las mazorcas en las fincas.

### *Incidencia del insecto*

Se determinó aplicando la fórmula de Fernández *et al.* (2004).

$$\% \text{ I. Mazorquero} = \frac{\text{NFc/M}}{\text{NFC}} \times 100$$

NFc/M = Número de frutos con mazorquero.

NFC = Número de frutos cosechados.

### *Diseminación del insecto*

La diseminación de la presencia del insecto se determinó por medio del número de fincas infectadas en el sitio evaluado.

### *Daño económico del insecto*

El daño económico de presencia del insecto se determinó por medio del daño interno en las mazorcas es decir contando los granos afectados y extrapolando el número de mazorcas afectadas y transformando cacao baba afectado a cacao seco multiplicando por índice de transformación que es 0,4.

### **Análisis estadístico**

El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico Infostat 2000, que permitió evaluar las variables de esta investigación.

### **Resultados**

En países productores de cacao la presencia de perforadores del fruto de cacao (*Carmenta theobromae* y *Carmenta foraseminis*) ha sido reportado en Colombia (Cubillos, 2013; Muñoz *et al.*, 2017), Venezuela (*Carmenta theobromae* y *Carmenta foraseminis*) (Sánchez *et al.*, 2011; Puchi, 2005), mientras en Perú la APPCACAO lo reporto (*Carmenta theobromae* y *Carmenta foraseminis*), (Crispin, 2022; Mezones, 2019), en Ecuador, este es el primer reporte de la presencia sistemática de perforadores de la mazorca de cacao en el Ecuador (Bolaños, 2019), se reportan otras especies de insectos (Ortiz, 2022; Caldas Azu, 2022). Sin embargo en Esmeraldas desde el año 2019, no se ha logrado determinar el género ni la especie de perforadores que están interactuando en la Micro cuenca del río Cuquiva y Vilsa y otras zonas de producción de cacao en la Provincia de Esmeraldas (Montes, 2021).

En la zona de Muisne en la variables de incidencia del perforador, se determinó que el perforador de la mazorca está afectando en un 100% de las fincas evaluadas, a las plantaciones de cacao, la inspección visual de las

mazorcas determino que un 20.8% los perforadores están atacando la parte interna de la mazorca causando daños severos en las semillas y el 79.2% están dañando el epicarpio de las mazorcas del cacao CCN 51 (Montes, 2021).

La evaluación en la zona de Majua en el cantón Esmeraldas se encontraron en todas las fincas evaluadas, el índice de afectación se determina que existe una alta incidencia de perforadores de mazorcas del 71,94%, De acuerdo al análisis estadístico aplicado se concluye que existe un alto porcentaje de afectación económica potencial por perforadores en la producción con el 62,16%. De la misma manera se concluye que las pérdidas económicas potenciales por perforadores son del 34,42% en mazorcas del cacao variedad CCN 51 (Loor, 2021).

En la Granja La Nacional, municipio de Támesis (Antioquia), la Compañía Nacional de Chocolates registró pérdidas del 23% del grano en el período 2008-2010 (Cubillos, 2013).

En San Agustín en el Cantón Eloy Alfaro, se detectó la presencia de perforadores en una menor proporción en cacao criollo y nacional, mientras que la mayor afectación se da en CCN 51, Similares resultados se tiene en San Antonio en el Cantón Quinindé (Bolaños, 2021).

Resultados de Alomia - Lucero y Carmona - Rojas (2021), determina que en Perú existen pérdidas económicas del 30%, sin embargo, en estudio realizado en la Micro cuenca del rio Cuquiva se registran pérdidas del económicas del 62,16% (Loor, 2021). Para determinar el perforador de mazorcas se enviaron muestras de mazorcas de cacao CCN 51 al laboratorio de entomología del INIAP, estación Pichilingue determinándose que en las muestras la presencia de *Gymnandrosoma* sp, descartándose por el momento de (*Carmenta theobromae* y *Carmenta foraseminis*).

**Tabla 9.**

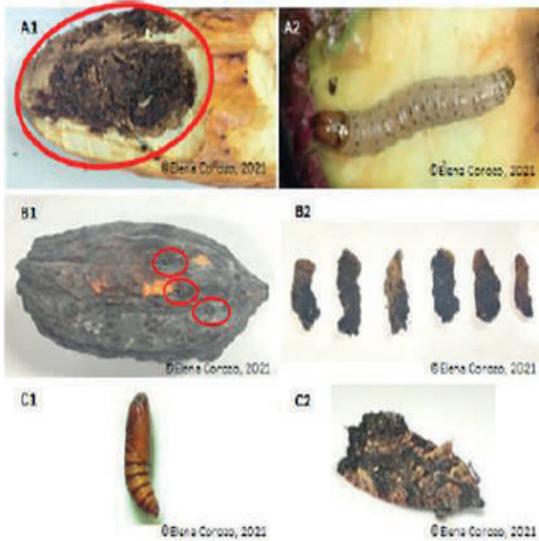
*Resultado de laboratorio de Entomología del INIAP, Estación Pichilingue.*

Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Insecta	Lepidoptera	Tortricidae	<i>Gymnandrosoma</i>	spp.

Presencia de insectos perforadores en la mazorca y sus daños son considerables Se obtuvieron 23 larvas, 18 pupas y 15 adultos de *Gymnandrosoma* sp. (detalle de cada estadio en la Figura 10. Adicionalmente, se colectaron de mazorcas maduras 9 adultos de coleópteros de la familia Bruchidae (Figura 11), probablemente saprofitos.

**Figura 10.**

*Daños y estados de desarrollo de *Gymnandrosama* sp.*



**Nota.** A1) Galerías Internas en mazorca de cacao, círculo indica el daño realizado por larvas; A2) Larva de de *Gymnandrosama* sp.; B1) Mazorca don daños interno y externos, círculos indica aperturas de lasidas de las pupas; B2) Pupas de de *Gymnandrosama* sp. Retiradas del interior de la corteza del cacao; C1) Pupa de de *Gymnandrosama* sp. (pupó fuera de la mazorca); C2) Adulto de de *Gymnandrosama* sp.

**Figura 11.**

*Bruchidae* adulto. A) Vista Dorsal; B) Vista ventral y C) Vista Lateral.



## Conclusiones

- A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación realizado en las 48 fincas en el recinto Vilsa Parroquia San Gregorio y en Cuquiva en la parroquia Majua, San Antonio, San Agustín y Puerto Quito donde se ha evaluado la presencia de perforadores de la mazorca de cacao podemos concluir que si existe la presencia de perforadores en las plantaciones de cultivo de cacao.
- Existe una gran incidencia de daños de perforadores de las mazorcas de cacao en el cual un 79,2% están dañando el epicarpio de la mazorca de cacao, mientras que en un 20,9% están dañando la parte interna de la mazorca y por ello el grano comercial, de manera que estos perforadores están causando grandes pérdidas económicas a los productores de cacao.
- De la misma manera se concluye que la pérdida económica potencial por perforadores fue del 32,9%.
- El análisis en el laboratorio de entomología del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de la Estación Pichilingue, determino que el perforador de mazorcas de cacao en Esmeraldas es la larva de un lepidóptero *Gymnandrosoma* sp que es el barrenador de los cítricos y de la macadamia, además que constituye el primer reporte de esta plaga atacando las mazorcas del cacao en el Ecuador.

## Referencias Bibliográficas

- Alomia - Lucero, J. manuel, y Carmona - Rojas, E. (2021). Daños y hábitos de la polilla *Carmenta foraseminis* Eichlin en frutos de *Theobroma cacao* en la zona de Satipo - Perú. *Revista Investigación Agraria*, 3(3), 8–20. <https://doi.org/10.47840/reina.3.3.1175>
- Alomía, J., Alomía, C., y Vega, B. (2021). *Carmenta foraseminis* Eichlin and *Phytophthora palmivora* on fruits of *Theobroma cacao* L. in Satipo, Peru. *Manglar*, 18(3), 283–288. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.037>
- Bolaños, M. (2021). *Informe entomológico del INIAP*. Figura 2, 3–5.
- Cabezas, O. E. (2017). Estado Fitosanitario en la Producción de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Región de Huánuco (Perú): Incremento del Impacto de *Carmenta foraseminis* Eichlin. ( Iscr ), November, 13–17.
- Caldas Azu, K. (2022). Identificación de los principales insectos plagas y enfermedades en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) En el cantón

- Milagro. Tesis, 1–89. [http://www.uagraria.edu.ec/carrera\\_medicina\\_veterinaria.php](http://www.uagraria.edu.ec/carrera_medicina_veterinaria.php)
- Crispin, B. (2022). Control de *Carmenta* sp. en el cultivo de *Theobroma cacao* L. clon CCN-51, con el uso de diferentes atrayentes en la zona de Sa-tipo.
- Cubillos, G. (2013). Manual del Perforador de la Mazorca del Cacao *Carmen-ta foraseminis* (Busck) Eichlin. <https://www.chocolates.com.co/wp-content/uploads/2018/05/manual-del-perforador-de-la-mazorca-del-cacao.pdf>
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). (2022). *Gymnandrosoma aurantianum*. 13–21.
- Fernández, P. S., Pértegas, D. S., y Valdés, C. F. (2004). Medidas de frecuencia de enfermedad - Fisterra. 101–105. <https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/medidas-frecuencia-enfermedad/>
- Lecaro Dávila, J. J. (2015). Entomología Asociada al Dosel de *Theobroma cacao*. In Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Vol. 151).
- Loor M, D. (2021). Evaluación de la presencia de perforadores de frutos de cacao (*Theobroma cacao* L) en la micro cuenca del río Cuquiva.
- López-Guillén, G., Ruiz, J. G., Brown, J. W., Cruz-López, L., Metz, M. A., y Alma Solís, M. (2021). First Records of Lepidoptera Damaging *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) Fruits in Guatemala. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 123(2), 341–349. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.123.2.341>
- Luna, H. (2019). Afectación de los mazorqueros *Carmenta theobromae* Busck y *Carmenta foraseminis* Eichlin. en plantaciones de cacao en el Perú. 1–145. [http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/135/Cueva\\_Mallqui\\_tesis\\_maestría\\_2014.pdf?sequence=5&isAllowed=y](http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/135/Cueva_Mallqui_tesis_maestría_2014.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Mezones, I. (2019). Evaluación de *Carmenta foraseminis* (busck) eichlin, y algunas enfermedades de frutos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres localidades de Leoncio Prado, Huánuco.
- Montes, L. (2021). Evaluación de la presencia de perforadores de frutos de cacao (*Theobroma cacao* L) en Muisne en la Provincia de Esmeraldas. 72.
- Muñoz, J., Vásquez, Y., y Muriel, S. (2017). Estimación de pérdida generados por *Carmenta foraseminis* (Busck) Eichlin (Lepidoptera: Sesiidae) en el

grano comercial de cacao (*Theobroma cacao*) y registro de controladores biológicos en la Granja “Rafael Rivera”, San Jerónimo (Antioquia - Colombia). Boletín Del Museo de Entomología de La Universidad Del Vallen, 17(2), 29–36. <http://entomologia.univalle.edu.co/boletin/4Munoz-Gutierrez.pdf>

Nava, D. E., Sturza, V. S., y Martins, C. R. (2020). First report of *Gymnandrosoma aurantianum* (Lepidoptera: Tortricidae) in pecan in Brazil. Florida Entomologist, 103(1), 130–131. <https://doi.org/10.1653/024.103.0422>

Noboa, M., Medina, L., y Viera, W. (2018). First Report of *Gymnandrosoma aurantianum* (Lepidoptera: Tortricidae) in Mandarin (*Citrus reticulata*) in the Inter-Andean Valleys of Ecuador. Florida Entomologist, 101(4), 699–701. <https://doi.org/10.1653/024.101.0411>

Ortiz, J. B. (2022). Incidencia y severidad de daños de insectos plaga del cacao (*theobroma cacao* L.) En la finca “ El Gran Chaparral ” Cone-Yaguachi.

Puchi, N. D. (2005). Caracterización morfológica de los Sesiidae (Insecta: Lepidoptera) perforadores del fruto del cacao (*Theobroma cacao* L.), presentes en la región costera del Estado Aragua, Venezuela. Entomotropica, 20(2), 97–111.

Sánchez, M. del C., Navarro, R., Marín, C., Caseres, R., y Fuentes., V. (2011). Duración de la fase adulta y emergencia de machos y hembras del perforador del fruto de cacao en Chorón y Maracay, Estado Aragua. Agronomía Tropical, 61 (3-4), 241–251. [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomía Tropical/at613-4/pdf/at613-4\\_sanchez\\_m.pdf](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at613-4/pdf/at613-4_sanchez_m.pdf)

Sermeno Chicas, J. M., Pérez, D., Serrano-Cervantes, L., Parada-Jaco, M. E., Joyce, A. L., Maldonado-Santos, E. J., Alvanes-Leiva, Y. D. L. Á., Rodríguez-Sibrían, F. M., Girón-Segovia, C. D., García-Sánchez, D. A., Hernández-León, C. E., Rivas-Nieto, F., Rivera-Mejía, F. A., Parada-Berríos, F. A., Rodríguez-Urrutia, E. A., Vásquez-Osegueda, E. A., y Lovo-Lara, L. M. (2022). Insectos como plagas potenciales del cacao (*Theobroma cacao* L.) en El Salvador. *Revista Minerva*, 2(2), 117–134. <https://doi.org/10.5377/revminerva.v2i2.12498>

Yeison, V., Muñoz, J., Sandra, M., y Hernandez, F. (2015). Ocurrencia de los barrenadores *Carmenta Foraminis Eichilin* y *Carmenta Theobromae* (Busk) (Lepidoptera: Sesiidae) en *Theobroma cacao* L., en el departamento de Antioquia-Colombia. Boletín Del Museo de Entomología de



La Universidad Del Valle 16(1):34-38, 2015 35, Busk 1910, 34–38. <http://entomologia.univalle.edu.co/boletin/6Murieletal.pdf>

# I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

Páginas: 85-

Código DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9-cap4>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/113>

## Agricultura sostenible en suelos venezolanos

### Sustainable agriculture on venezuelan soils

Zenaida Lozano Pérez<sup>1\*</sup>

#### Resumen

La agricultura convencional ha producido: pérdida de biodiversidad, degradación acelerada del suelo, contaminación de suelos y agua, pérdida de los recursos hídricos, entre otros. Como alternativa se han propuesto sistemas de producción integrales basados en el conocimiento del agroecosistema, que permitan mejorar la eficiencia y mantener los niveles de producción a través de prácticas y principios agroecológicos. Para evaluar alternativas al manejo convencional, se seleccionaron tres zonas agroecológicas de Venezuela: Llanos occidentales (LLO), Cordillera de la costa central (CCC) y Sabanas bien drenadas orientales (SDO). En LLO se evaluaron sistemas de labranza y rotaciones con maíz (*Zea mays* L.); en CCC se evaluaron manejos alternativos de fertilización y control de competidores bióticos para el cultivo de duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch), y en SDO se planteó la introducción de especies forrajeras de mayor calidad bioquímica como cultivos de cobertura para la siembra directa de maíz, con diferentes fuentes de fertilización fosforada y posterior pastoreo con ganado bovino. Los sistemas de manejo propuestos afectaron gran parte de las propiedades físicas, químicas, biológicas y bioquímicas del suelo, especialmente a nivel superficial. Los efectos observados se relacionaron con la intensidad de labranza, la cantidad y calidad de los residuos incorporados o dejados en superficie y la fuente de fertilización

1. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.



Zenaida Lozano Pérez  <https://orcid.org/0000-0001-7628-2647>

Correspondencia: [zenaida.lozano@ucv.ve](mailto:zenaida.lozano@ucv.ve)

utilizada (inorgánica, orgánica o microorganismos). Muchas de las propiedades evaluadas son dinámicas y estuvieron sujetas a la época de medición y las condiciones climáticas, pero pudieran ser usadas como indicadores del cambio en el suelo debido las prácticas de manejo.

**Palabras claves:** agroecología, cultivos de cobertura, labranza, rotación de cultivos, fertilización.

### Abstract

Conventional agriculture has produced: loss of biodiversity, accelerated soil degradation, soil and water contamination, loss of water resources, among others. As an alternative, comprehensive production systems based on knowledge of the agroecosystem have been proposed, which allow improving efficiency and maintaining production levels through agroecological practices and principles. To evaluate alternatives to conventional management, three agroecological zones of Venezuela were selected: Western Plains (WP), Central Coastal Cordillera (CCC) and Eastern Well-Drained Savannahs (WDS). In WP, tillage systems and rotations with corn (*Zea mays* L.) were evaluated; In CCC, alternative fertilization management and control of biotic competitors were evaluated for peach cultivation (*Prunus persica* (L.) Batsch), and in WDS, the introduction of forage species of higher biochemical quality as cover crops for direct sowing was proposed of corn, with different sources of phosphorus fertilization and subsequent grazing with cattle. The proposed management systems affected a large part of the physical, chemical, biological and biochemical properties of the soil, especially at the surface level. The observed effects were related to the intensity of tillage, the quantity and quality of the residues incorporated or left on the surface and the fertilization source used (inorganic, organic or microorganisms). Many of the properties evaluated are dynamic and were subject to the time of measurement and climatic conditions, but could be used as indicators of change in the soil due to management practices.

**Keywords:** agroecology, cover crops, tillage, crop rotation, fertilization.

### Introducción

La agricultura convencional, como medio de producción de alimentos, ha sido una actividad básica para garantizar la vida de las sociedades humanas, pero también la causante de importantes impactos sobre los ecosistemas

naturales e intervenidos, mientras que la “agricultura sostenible” se propone como un sistema de producción basado en el conocimiento profundo del agroecosistema, sus equilibrios y la conservación del medio ambiente, con un enfoque holístico (integral), que aplica técnicas de gestión e información para reducir costos, mejorar la eficiencia y mantener los niveles de producción a través de prácticas y principios agroecológicos (Parr *et al.*, 1992). En Venezuela, la agricultura se concentra principalmente al norte del Orinoco (llanos occidentales, centrales y orientales, cordillera de la costa central y zonas áridas de Lara-Falcón). El manejo convencional o intensivo en estas zonas ha producido una serie de procesos de degradación del suelo, variables según la región agroecológica considerada.

Los suelos de los llanos occidentales han sido sometidos a una agricultura básicamente dedicada a monocultivos intensivos de secano, altamente mecanizados y labrados muchas veces a contenidos de humedad no adecuados, lo que unido a las condiciones climáticas (lluvias de alta intensidad y altas temperaturas) y la presencia de suelos susceptibles, ha traído como consecuencia el deterioro progresivo de sus cualidades, evidenciado en procesos de degradación física, tales como sellado y encostrado superficial y compactación subsuperficial, lo que provoca un limitado desarrollo de las raíces, poca emergencia de plántulas, bajas tasa de infiltración, drenaje deficiente, pobre aireación y sequía frecuentes (Espinoza *et al.*, 2017).

En la cordillera de la costa central, específicamente en el municipio Tovar del estado Aragua (Colonia Tovar), se practica la agricultura intensiva de frutales y hortalizas en terrenos con topografía accidentada de pendientes moderadas a elevadas y suelos de baja fertilidad natural. Entre los principales problemas de la zona se destaca el mal manejo de la fertilización, caracterizada por la aplicación de altas dosis de fertilizantes inorgánicos, el uso de abonos orgánicos (gallinaza y cama de pollo) no compostados, y uso excesivo de pesticidas, lo que ha traído como consecuencia su degradación biológica por pérdida de la biodiversidad de microorganismos benéficos y la proliferación de especies patógenas (Aular y Casares, 2011).

En las sabanas bien drenadas orientales se desarrollan una gran variedad de agroecosistemas que van desde la ganadería doble propósito en forma extensiva y semi-intensiva sobre pastos naturales, hasta monocultivos mecanizados de secano (maíz y sorgo) con el uso de la soca para alimentar al ganado. Estos usos de la tierra involucran prácticas como la deforestación y quema de especies arbóreas, la quema anual de la vegetación herbácea para lograr rebrotes de mayor palatabilidad, la labranza y sobrepastoreo, lo cual

ha traído disminución de la productividad, principalmente por degradación química (Hernández *et al.*, 2000).

El objetivo de este estudio fue evaluar opciones de manejo sostenible para frenar los procesos de degradación, superar las limitaciones y aprovechar las potencialidades de los suelos en cada zona.

## Materiales y Métodos

Para el logro de los objetivos, se instalaron ensayos a largo plazo con diferentes opciones de manejo, según la zona: En los llanos occidentales se probaron sistemas de labranza y rotación de cultivos, como alternativa a la labranza convencional y el monocultivo. En la zona de la cordillera de la costa central se probó la disminución de dosis agroquímicos y controladores biológicos de plagas y enfermedades, así como mezcla de fertilizantes inorgánicos y abonos orgánicos compostados, en lugar del uso excesivo de agroquímicos y fertilizantes químicos. En las sabanas bien drenada orientales se evaluó el sistema de maíz en siembra directa con barbechos mejorados y diferentes fuentes de fertilización fosforada (nutriente limitante), en sustitución de la quema de pastos naturales para ganadería extensiva.

### Localización y descripción de los ensayos

En los Llanos Occidentales se evaluaron dos suelos en el estado Portuguesa: 1) Agua Blanca (ABL), un Aerico Tropaquepts, franco arcillosa fina, mixta, isohipertermica (9°37'37" N, 69°04'42" O), a 200 msnm, 1449 mm distribuidos en forma estacional, temperatura media anual de 27,1 °C. Se sembró el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en bancales funcionales de diferentes dimensiones con tres sistemas de labranza: Labranza convencional (LC), Siembra directa (SD) y Labranza reducida (LR), comparando con las condiciones naturales de Bosque; cuatro (4) tratamientos con tres (3) repeticiones. 2) Turén (TUR), un Fluventic Haplustepts, francosa gruesa, mixta, isohipertérmica (9°16'30" N, 69°57'67" O), a 215 msnm, 1432 mm distribuidos en forma estacional, temperatura media anual de 22,3 °C. Se probaron dos sistemas de labranza: Labranza convencional (LC) y Siembra directa (SD), y dos tipos de rotación: Maíz – Algodón (*Gossypium hirsutum* L.) y Maíz – frijol (*Vigna unguiculata* (L) Walp), también se comparó con la vegetación natural de Bosque; cinco (5) tratamientos con tres (3) repeticiones.

En la Cordillera de la Costa Central el ensayo se instaló en un Dystrudepts, identificado como Colonia Tovar (CTO) en el estado Aragua (10°29' N, 67°07' O), a 1790 msnm, de topografía desde quebrada hasta accidentada con pendientes entre 20 y 50 %, clima templado de montaña con amplitudes

térmicas diarias de unos de 10 °C y promedio de 16,8 °C, frecuentes nieblas, humedad relativa entre 80 y 87%, precipitación media anual de 1271 mm. Se evaluaron dos (2) tipos de fertilización (FI: Fertilización inorgánica, aplicada por el productor y FB: Fertilización balanceada orgánica e inorgánica) y dos (2) tipos de control de plagas y enfermedades (CQ: Control químico de plagas y enfermedades, aplicado por el productor y MI: Manejo integrado de plagas y enfermedades) para el cultivo de duraznero (*Prunus persicae* (L.) Batsch). La combinación de estos factores produjo (4) tratamientos con siete (7) repeticiones, comparado con las condiciones naturales de Bosque.

En las Sabanas Bien Drenadas Orientales, el ensayo se instaló en un Typic Plinthustults identificado como Santa María de Ipire (SMI), ubicado en el estado Guárico (8°25'N y 65°25'O), a 80 - 120 msnm, relieve plano, pendiente de 2%, clima Tropical seco, 1369 mm distribuidos en forma estacional, temperatura media anual de 27,5 °C. Se evaluaron dos (2) cultivos de cobertura (*Brachiaria dictyoneura* y *Centrosema macrocarpum*) como barbechos mejorados para la siembra directa de maíz, con cuatro (4) tipos de fertilización fosforada: Control (sin fertilización fosforada), BRP+M (dosis baja de P (25% del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como roca fosfórica + inoculación con micorrizas); ARF (dosis alta de P, 100% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como roca fosfórica), ARF+FD (dosis alta de P, 50% del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como roca fosfórica + 50% como fosfato diamónico).

En todos los ensayos se realizó una caracterización previa de la variabilidad espacial del suelo y se evaluaron variables de suelo (propiedades y procesos físicos, químicos, biológicos y bioquímicos); cobertura del suelo (biomasa, composición botánica, calidad nutricional, dinámica de acumulación de nutrientes y tasa de descomposición); cultivo principal (crecimiento, rendimiento, estado nutricional, patrón de distribución de raíces y colonización de raíces por simbiontes); y para el suelo SMI variables del ganado (condición corporal, ganancia de peso, dinámica de consumo y composición de las excretas). Se realizaron análisis de varianza, comparación de medias y análisis de correlación entre variables, con el Software SPSS versión 16.0.1.

## Resultados

### Llanos Occidentales

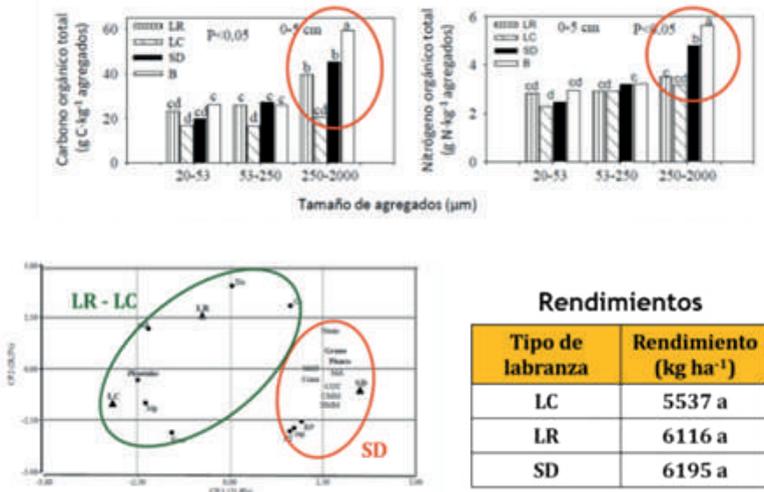
Los suelos evaluados en esta zona se caracterizan por su textura media (ABL: FA-F; TUR: F-FL) con predominio (>70 %) de partículas menores de 50 µm (limo y arcilla), lo que le confiere al suelo gran susceptibilidad a la compactación, tanto superficial como subsuperficial. En los índices estructurales, la densidad aparente (Da) de ambos suelos se encuentra por encima del límite

crítico para el grupo textural, y presentan baja infiltración básica, en ABL a nivel subsuperficial y en TUR en todo el perfil, lo que pudiera producir restricciones para el crecimiento de las raíces. Entre las propiedades químicas del suelo se destaca un pH de neutro a moderadamente alcalino, sin problemas de afectación por sales; bajos contenidos de carbono orgánico total (COT), de medios a altos en la mayoría de los nutrientes y altos de Ca intercambiable. En resumen, los suelos tienen limitaciones físicas y una mediana fertilidad química, con posibilidades de desbalances nutricionales (Lozano *et al.*, 2002).

En ABL se presentaron diferencias estadísticas significativas en algunas propiedades entre los tratamientos de labranza evaluados y con la profundidad, con una tendencia diferente entre el Bosque y los agroecosistemas. En la figura 12 se destacan aumentos en los valores de COT y nitrógeno orgánico total (NOT) en los diferentes tamaños de agregados del suelo. Los mayores valores fueron observados en el Bosque y SD en la capa superficial, principalmente en los macroagregados (250 – 2000 µm), sin diferencias estadísticas entre los otros tratamientos. Este incremento podría ser atribuido a una descomposición reducida de la hojarasca y una menor descomposición de las fracciones estables de la MOS, debido a una menor perturbación bajo SD (Espinoza *et al.*, 2017).

**Figura 12.**

*Efecto de los tratamientos de labranza sobre algunos parámetros de suelo y cultivo en el suelo Agua Blanca, en los llanos Occidentales venezolanos.*



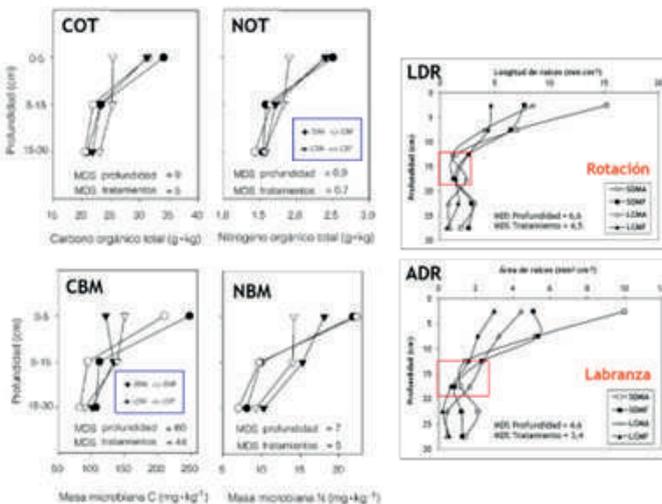
Se aprecia en la representación gráfica del análisis de componentes principales (ACP) de los parámetros estudiados utilizando los sistemas la labranza (LR, LC y SD) como variable clasificatoria, que las variables analizadas explicaron el 100% de la variación total observada para la profundidad de 0-5 cm. Los componentes CP1 y CP2 explicaron el 71,8 y 28,2% de la variación total, respectivamente. Los puntos de datos para el tratamiento SD a la profundidad superficial formaron un grupo distinto por sí mismos y, los puntos de datos para los tratamientos LC y LR se agruparon. Las variables influyentes para el CP1, fueron el carbono y nitrógeno orgánico total (COT, NOT), carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana (C-BM, N-BM), carbono y nitrógeno mineralizable (Cmin, Nmin), macroagregados (ma), altura de la planta (Planta) y rendimiento (Grano). Al parecer la SD tuvo un efecto directo sobre la fertilidad del suelo, que se reflejó en una mayor producción de biomasa de la planta y mayor rendimiento del grano de maíz. En el segundo componente la asociación entre la densidad aparente (Da), la conductividad hidráulica saturada (Ksat), la porosidad total (PT), la cohesión en seco (Cs) y la resistencia a la penetración (Rp) con LC y LR, corroboró que la labranza tuvo un efecto directo sobre los componentes estructurales del suelo que determinaron la emergencia (Plántula). El rendimiento en grano del maíz fue mayor en SD, seguido de LR y LC, pero sin diferencias estadísticas, por lo se pueden conseguir rendimientos similares con manejo conservacionista.

Como se aprecia en la figura, en TUR al comparar los tratamientos LC y SD, el mantenimiento de residuos de cultivos sobre la superficie bajo SD resultó en una mayor cantidad de COT y NOT del suelo y en la biomasa microbiana a la profundidad de 0 - 5 cm, lo que no se evidenció en las capas más profundas. En los tratamientos SDMA (rotación maíz-algodón) y SDMF (rotación maíz-frijol) se produjo una disminución de los valores de C y N con la profundidad, pero no en los tratamientos bajo LC, lo que se pudo atribuir a una homogenización por las operaciones de labranza. En SD la rotación de cultivos no varió la cantidad de COT y NOT. Sin embargo, en LC la rotación MA incrementó el COT y NOT superficial en 20 y 30%, respectivamente, comparada con MF, lo que parece estar directamente relacionado a la calidad y cantidad de residuos de planta que regresan al suelo. Bajo las condiciones del ensayo, la calidad de los residuos de frijol (baja relación C/N) parece favorecer la acumulación o la protección de la MOS más lábil cuando se utiliza LC como sistema de manejo. Por otra parte, el mantenimiento de residuos sobre la superficie del suelo, independientemente de su calidad, tiene un efecto directo sobre la población de los microorganismos del suelo. Para el caso de LC, aun cuando la población microbiana fue similar con ambas rotaciones, los residuos de frijol favorecen su actividad (Espinoza *et al.*, 2007).

En todos los tratamientos más del 70 % de las raíces se concentraron en las dos primeras capas (primeros 15 cm), disminuyendo con la profundidad. En la longitud de raíces (LDR) se aprecia una tendencia diferencial entre los tipos de rotación, para ambos sistemas de labranza. En la rotación MA se produjo una mayor concentración de raíces en las capas superficiales, ya que a partir de los 15 cm de profundidad los tratamientos tienen tendencias similares. Por su parte, en la rotación MF la distribución en el perfil de raíces fue más uniforme. Esto se pudo atribuir a que las diferencias en el sistema radical de los cultivos crean condiciones en el suelo, que afectaron las raíces del cultivo principal subsiguiente (maíz). En el área ocupada por raíces (ADR) la tendencia fue similar para el tipo de rotación, pero se evidenció mejor el efecto del sistema de labranza en SD donde las raíces tienden a ser más superficiales, mientras que en LC estuvieron distribuidas a lo largo del perfil. Es importante destacar que tanto para la LDR como para el ADR se evidenció una disminución de las raíces a la profundidad cercana a 15 cm, la cual se corresponde con la capa de permeabilidad limitada detectada en la caracterización física del suelo (Espinoza y Lozano, 2011).

**Figura 13.**

*Efecto de los tratamientos de labranza y rotación de cultivos sobre el C y N orgánico total (COT, NOT), C y N de la biomasa microbiana (CBM, NBM), la Longitud de raíces (LDR) y el Área ocupada por raíces (ADR), en el suelo Turén, en los llanos Occidentales venezolanos.*



## Cordillera de la Costa Central

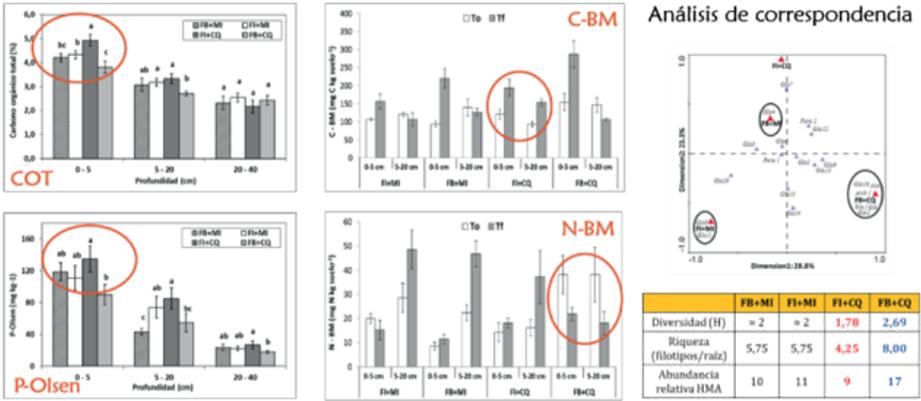
### CAPÍTULO 4

En esta zona el suelo evaluado identificado como Colonia Tovar (CTO), se caracteriza por su textura gruesa con bajos contenidos de arcilla a nivel superficial y alta proporción de partículas de tipo limo y arenas finas y muy finas (>60%), lo que le confieren una alta susceptibilidad a la degradación superficial de la estructura, lo cual sumado a las altas pendientes en la zona, sugiere riesgos de escorrentía, pérdidas de suelo y nutrientes por erosión, mitigados actualmente en parte, por los altos contenidos de materia orgánica. La presencia de >20% de esqueleto grueso en todo el perfil de suelo dificulta su trabajabilidad. En la parte química resalta la reacción fuertemente ácida y los altos contenidos de COT, P y K, atribuidos a la fertilización intensiva (orgánica e inorgánica); lo que unido a la alta aplicación de biocidas afectan los microorganismos benéficos edáficos (Lozano *et al.*, 2013).

Los tratamientos de fertilización y control de plagas y enfermedades aplicados al cultivo de duraznero no tuvieron efecto sobre las propiedades físicas, solo afectaron propiedades químicas y biológicas. De las propiedades químicas hubo efectos principalmente sobre los contenidos de COT, NOT y P, tal y como se aprecia en la figura 14. Hubo diferencias estadísticas entre tratamientos y profundidades. Los mayores valores se presentaron en la capa superficial para todos los tratamientos, disminuyendo con la profundidad. Contrario a lo esperado la tendencia del COT fue FI+CQ > FI+MI > FB+MI > FB+CQ; es decir, los menores valores se presentaron en aquellos tratamientos en los cuales se aplicó una mezcla de abono orgánico (cama de pollo) y fertilizante inorgánico. Este resultado se puede atribuir a que la aplicación de ambas fuentes estimuló la actividad microbiana en el suelo y por tanto la descomposición de la MOS tanto la incorporada, como la nativa. En el contenido de P se evidenció diferencias estadísticas entre tratamientos a las tres profundidades consideradas. Los valores fueron en su mayoría altos, especialmente a nivel superficial. Los mayores contenidos de P se presentaron en el tratamiento FI+CQ (manejo tradicional), y los menores en los tratamientos en los cuales la fertilización incluyó un componente orgánico (FB+MI y FB+CQ), atribuible a la menor disponibilidad del elemento en las fuentes orgánicas (Rodríguez, 2011; Lozano *et al.*, 2012b).

**Figura 14.**

*Efecto de los tratamientos de fertilización y control de plagas y enfermedades sobre algunas propiedades químicas y biológicas del suelo Colonia Tovar, en la Cordillera de la Costa Central de Venezuela.*



Para las propiedades biológicas evaluadas se evaluó el cambio entre las condiciones iniciales (To) y el final (Tf) del ensayo, y solo se consideraron las dos capas más superficiales. En cuanto al efecto de los tratamientos sobre el carbono de la biomasa microbiana (CBM), se encontró que los valores fueron similares entre las profundidades consideradas para To, pero con diferencias entre To y Tf, especialmente en la capa superficial. Hubo una tendencia contrastante en To entre el manejo alternativo (FB+MI) y el manejo tradicional (FI+CQ). En FB+MI el CBM aumenta con la profundidad, pero en FI+CQ éste disminuye. Este aumento fue mayor cuando el manejo del duraznero incluía el uso de abonos orgánicos como fuente de nutrientes. El orden decreciente del nivel de CBM en la superficie del suelo fue: FB+CQ > FB+MI > FI+CQ > FI+MI. Es de destacar que luego de aplicados los tratamientos (Tf), en todos los tratamientos hubo una disminución del CBM en el suelo a la profundidad de 5 - 20 cm, lo cual refuerza la hipótesis del mayor efecto de la fertilización orgánica en la superficie del suelo. Resultados un tanto distintos se encontraron en el nitrógeno de la biomasa microbiana (NBM), cuyos valores fueron menores en la superficie en ambas épocas, con excepción del tratamiento FB+CQ donde no se presentaron diferencias estadísticas entre profundidades. Comparando entre épocas (To y Tf), los incrementos en el N-BM en la capa de 5 a 20 cm fueron mayores en FI+MI y FB+MI. Por el contrario, en el tratamiento FB+CQ ocurrió una disminución en ambas profundidades (Lozano *et al.*, 2012b). Con

relación al rendimiento del cultivo se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, con mayores rendimientos en FB+MI, el cual es el manejo alternativo más agroecológico, y los menores (alrededor de 30% menos) en FI+CQ, que es el manejo tradicional que usa el productor. Estos resultados sugieren que un cambio de los esquemas tradicionales hacia opciones agroecológicas, pudieran traer beneficios en la producción, al ambiente y la salud de los trabajadores del campo, por la reducción de agroquímicos.

En este ensayo también se evaluó la biodiversidad de hongos micorrizcos arbusculares (HMA). En general se identificaron 21 filotipos de 5 familias, con una distribución diferencial en los tratamientos, como se aprecia en el análisis de correspondencia (*Figura 14*). Se consiguió que el tratamiento con menor biodiversidad de hongos micorrizcos fue el que aplica el productor (FI+CQ). Los manejos alternativos, aquellos con manejo integrado y fertilización balanceada produjeron un aumento en la biodiversidad, evidenciada en un aumento tanto de clones como de especies presentes. Se puede destacar que el tratamiento con mayor biodiversidad fue FB+CQ, el cual fue el único tratamiento donde se presentaron las especies: *Glomus indicum*, *Glomus* sp, *Archaeospora trappei*, *Acaulospora lavéis*, *Scutellospora cerradensis* y *Glomus sinuosum* y *Glomus intraradices* (Alguacil *et al.*, 2014). Para la evaluación de la diversidad de los HMA, se usó el índice de Shannon-Weaver (H), ya que combina dos componentes de la diversidad, es decir, la riqueza y la uniformidad de las especies. Las comunidades de HMA en las raíces de árboles de duraznero en el tratamiento FI+CQ tuvieron la diversidad más baja ( $H = 1,78$ ); los árboles de los tratamientos FB+MI y FI+MI tuvieron una diversidad de HMA similar ( $H < 2.0$ ); mientras que el tratamiento FB+CQ mostró el índice de diversidad más alto ( $H = 2.69$ ). El análisis factorial mostró que ambos factores: la fertilización y el manejo de plagas tuvieron un efecto significativo en la composición de la comunidad de HMA, pero su interacción no fue significativa.

### Sabanas bien drenadas orientales

El suelo de esta zona identificado como Santa María de Ipire (SMI), se caracteriza por su textura gruesa (aF), con predominio ( $> 60\%$ ) en la fracción arena de los tamaños de 100 a 500  $\mu\text{m}$  (finas y medias), las cuales por su forma laminar y baja cohesión, le confieren al suelo una gran susceptibilidad a la formación de sello superficial, que pudiera ocasionar problemas con la penetración de agua a pesar de la textura arenosa del mismo. Los contenidos de arcilla son bajos (6,83 a 10,06 %) con un ligero aumento con la profundidad. Con relación a las propiedades químicas, el suelo es ácido, con capacidad de retención y contenido de nutrientes bajos, especialmente P y Ca; además

su actividad biológica es muy baja. Por esto se planteó como una opción la fertilización con roca fosfórica, la cual al disolverse por la acidez del suelo sube el pH y aporta fósforo y calcio en forma progresiva (Morales-Márquez *et al.*, 2018).

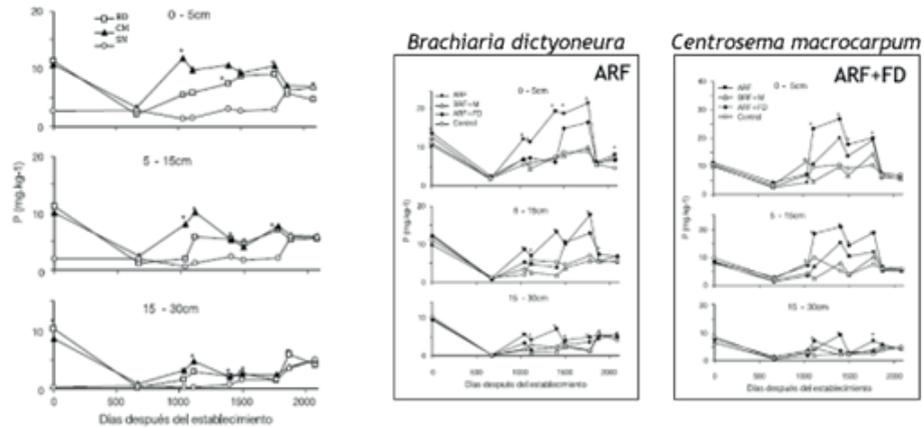
En el ensayo instalado en SMI a lo largo de tres ciclos consecutivos maíz – ganado, se evaluaron muchas propiedades y procesos del suelo, parámetros de las coberturas, del cultivo de maíz, la densidad, parámetros de la macrofauna edáfica y del ganado. En este trabajo solo se discutirán: la calidad de las coberturas, los contenidos de fósforo disponible en el suelo, el patrón de distribución de raíces del maíz y la abundancia relativa de la macrofauna edáfica.

Los residuos utilizados de la gramínea *Brachiaria dictyoneura* (BD) y la leguminosa *Centrosema macrocarpum* (CM), que se usaron como barbechos mejorados en los sistemas de manejo propuestos, tienen un mayor contenido de nutrientes que la vegetación natural característica de la sabana (SN). Se destaca que SN posee mayor contenido de lignina, celulosa y polifenoles que las coberturas introducidas (CM y BD). Según las relaciones C/N, L/N, PP/N y (L+PP)/N, los tres tipos de residuos son de mediana a baja calidad. Las coberturas introducidas a pesar de tener mayor contenido de nutrientes que SN, los residuos serían de lenta descomposición, CM por poseer mayor contenido de lignina y polifenoles y BD por poseer mayor contenido de celulosa y hemicelulosa (Rodríguez *et al.*, 2013).

Con respecto al fósforo disponible se consiguieron diferencias estadísticas por efecto del tipo de cobertura, tipo de fertilización, con la profundidad y en las diferentes épocas consideradas. Las coberturas introducidas de CM y BD produjeron un incremento en el P-Olsen con relación a la SN a todas las profundidades, con la tendencia a lo largo del periodo de evaluación: CM>BD>SN (*Figura 15*). Las diferencias entre SN y las coberturas introducidas se podrían atribuir a la aplicación de fertilizantes para el establecimiento de los cultivos de cobertura y a la descomposición de los residuos de las mismas a lo largo del periodo de evaluación. La dinámica del P evidenció diferencias por el tipo de fertilización fosforada en las tres profundidades consideradas, bajo los dos tipos de cobertura, especialmente a partir de los 1044 días de establecido el sistema de coberturas asociadas al maíz (Lozano *et al.*, 2012a).

**Figura 15.**

Efecto de los tratamientos de cobertura y fertilización sobre el contenido de fósforo en un el suelo Santa María de Ipire, en las sabanas bien drenadas de Venezuela. ARF: Alta dosis de P (100% roca fosfórica); ARF+FD: Alta dosis de P (50% roca fosfórica + 50% Fosfato diamónico).



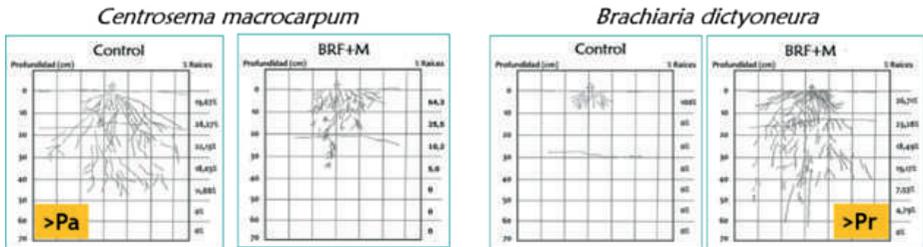
Para la cobertura BD se aprecia que los mayores valores de P se presentaron en los tratamientos donde se aplicó al cultivo altas dosis de P, como roca fosfórica (ARF) y los menores cuando se usaba una baja dosis y biofertilizantes (BRF+M). Los mayores valores en las capas superficiales se pueden asociar a la naturaleza poco móvil del elemento y a la profundidad de incorporación del fertilizante fosforado. Con la cobertura CM el uso la mezcla fertilizante fosforados de lenta y rápida solubilidad (ARF+FD), produjo los mayores valores de P-Olsen en la mayoría de las épocas y por lo menos hasta los 30 cm de profundidad, no así cuando no se fertiliza (Control) o se usa biofertilizantes (BRF+M). La tendencia del P en los tratamientos fue contraria en CM y BD. Estas diferencias en el P-Olsen entre CM y BD con relación a los tratamientos de fertilización se reflejaron en los contenidos de nutrientes en tejido y en los rendimientos promedio del maíz para tres ciclos continuos del cultivo evaluados.

En la figura 16 se presentan los diagramas del patrón de distribución de las raíces del maíz en los diferentes tipos de fertilización fosfórica para las coberturas BD y CM. Cualitativamente se presentaron grandes diferencias en el patrón de distribución de las raíces del maíz, tanto vertical como horizontalmente, en cada combinación de cobertura y fertilización fosfórica. Cuando el cultivo de cobertura fue CM, más del 50% de las raíces en el tratamiento Control se concentraron en los primeros 30 cm, mientras que el resto de los

tratamientos se concentraron en los primeros 20 cm, lo que se pudo asociar a una mayor porosidad de aireación (Pa), y el desarrollo más superficial se presentó en el tratamiento BRF+M. Cuando el cultivo de cobertura fue BD, se observó que en el tratamiento Control el 100% de las raíces se concentró en los primeros 10 cm, mientras que en los tratamientos fertilizados las raíces alcanzaron a profundizar más allá de los 50 cm, observándose una mejor distribución en el tratamiento BRF+M, lo que se pudo asociar con una mayor porosidad de retención (Pr). La mejor distribución de raíces del maíz en la cobertura de BD con relación a la cobertura CM, pudiera estar asociadas al tipo de sistema radical, fasciculado sin crecimiento secundario en BD y pivotante con ramificaciones laterales en CM (Vera *et al.*, 2012).

**Figura 16.**

*Efecto de los tratamientos de cobertura y fertilización sobre la distribución de raíces del maíz en un el suelo Santa María de Ipire, en las sabanas bien drenadas de Venezuela. Control: Sin fertilización; BRF+M: Baja dosis de P (roca fosfórica) + inoculación con micorrizas; Pa: Porosidad de aireación; Pr: Porosidad de rete*

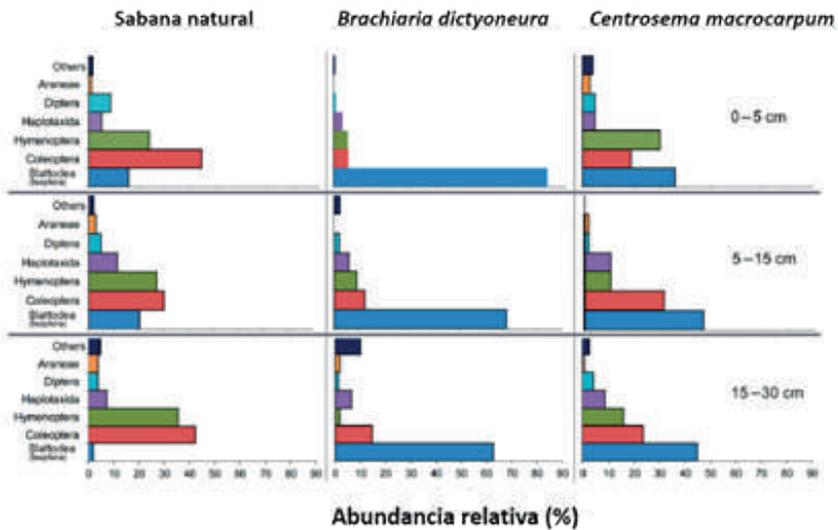


Como se aprecia en la figura 17, el manejo agrícola de la sabana afectó la estructura taxonómica de la macrofauna del suelo en el gradiente vertical. El orden de dominancia de algunos taxones se ve alterado respecto a SN e incluso la ausencia de algunos, como Araneae en las capas de suelo de 0-5 y 5-15 cm en BD, y los órdenes con densidad de menos del 1,2% en la capa de 5 a 15 cm en CM. En esta figura también se puede observar que el cultivo de maíz asociado a BD tuvo un mayor impacto, favoreciendo el aumento de seis y ocho veces la abundancia de Blattodea (Isoptera) con relación a los otros órdenes. Si bien se excluye Isoptera, el cultivo de maíz asociado con CM mostró una distribución de dominancia entre órdenes más similares a SN. Los resultados sobre la estructura taxonómica de la macrofauna del suelo por cobertura vegetal sugieren que las condiciones menos favorables para la macrofauna

estuvieron dadas por el cultivo de maíz asociado a BD, mientras que el asociado a CM presentó rasgos similares al SN. La ausencia de algunas familias de Coleoptera, Diptera y el orden Lepidoptera en BD y CM podría suponer que este grupo de insectos tienen una alta sensibilidad a los cambios en el suelo producidos por la actividad agroecológica, mientras que Termitidae se vio favorecida por esta intervención (Morales-Márquez *et al.*, 2022).

**Figura 17.**

*Abundancia relativa (%) de los órdenes de macrofauna del suelo por profundidad (0–5, 5–15 y 15–30 cm) y por cobertura vegetal: sabana natural, cultivo de maíz asociado con Brachiaria dictyoneura y Centrosema macrocarpum. Cada color indica un taxón diferente.*



**Conclusiones**

En los suelos de los Llanos occidentales (Turén y Agua Blanca) el uso agrícola afectó la mayoría de las propiedades químicas y físicas del suelo. En los agroecosistemas el efecto de la labranza (LC, LR y SD) y la rotación (MA y MF) sobre las propiedades de los suelos y desarrollo del cultivo, estuvieron relacionadas con la cantidad y calidad de los residuos de planta que regresan al suelo (incorporados o en superficie).

En el suelo de la Cordillera de la Costa Central, los manejos de fertilización y control de plagas y enfermedades para el cultivo de duraznero en el

suelo Colonia Tovar, afectaron la mayoría de los parámetros químicos y bioquímicos evaluados, principalmente en la capa superficial. Las tendencias fueron contrastantes entre el manejo utilizado por el productor con fertilización inorgánica y control químico de plagas y enfermedades (FI+CCQ) y los otros manejos propuestos para el cultivo de duraznero. La mezcla de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en los tratamientos FB aumentó la mineralización de la MOS.

El manejo propuesto para el suelo Santa María de Ipire (maíz en siembra directa y coberturas perennes de gramínea y leguminosa), combinado con el uso de diferentes fuentes de fósforo (solubles, la roca fosfórica, biofertilizantes de cepas de HMA), produjeron cambios relativamente rápidos y significativos en el funcionamiento integral del agroecosistema maíz-ganado. Muchas de estas propiedades evaluadas son dinámicas y estuvieron sujetas al momento del manejo y las condiciones climáticas, pero pueden usarse como indicadores tempranos de calidad.

### Referencias Bibliográficas

- Alguacil MdM, Torrecillas E, Lozano Z, Torres MP, Roldán A (2014) *Prunus persica* Crop Management Differentially Promotes Arbuscular Mycorrhizal Fungi Diversity in a Tropical Agro-Ecosystem. PLoS ONE 9(2): e88454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088454>
- Aular, J., & Casares, M.. (2011). Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 33(spe1), 187–198. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500022>
- Espinoza, Y.; Z. Lozano (2011) Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Caracas-Venezuela. 83 p
- Espinoza, Yusmary, Lozano, Zenaida, & Velásquez, Lorenzo. (2007). Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Interciencia*, 32(8), 554-559. R, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442007000800012&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800012&lng=es&tlng=es).
- Espinoza, Y., Lozano, Z., & Malpica, L. (2017). Efecto del sistema labranza sobre la estructura y fracciones de carbono y nitrógeno del suelo y su impacto en el desarrollo del cultivo de maíz. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 34(4), 448-476. Retrieved from <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27248>

- Hernández, RM, Florentino, A, López-Hernández, D (2000) Efecto de la siembra directa y la labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de Ultisols en el estado Guárico-Venezuela. *Agronomía Tropical (Venezuela)*, 50, 9-29.
- Lozano, Z., Hernández, R. M. H., Bravo, C., Rivero, C., & Delgado, M. (2012). Disponibilidad de fósforo en un suelo de las sabanas bien drenadas venezolanas, bajo diferentes coberturas y tipos de fertilización. *Inter-ciencia*, 37(11), 820-827.
- Lozano, Z.; D. Lobo; R.M. Hernández; G. Rodríguez; J. Saddy. 2012. Informe final del proyecto CDCH-UCV PI-0100-6772-2007. Calidad de suelos en la zona agrícola de influencia de la Estación Experimental Bajo Seco. 72 p.
- Lozano P., Z.; M. Albano; G. Rodríguez; D. Lobo; R.M. Hernández; J. Saddy; M. Delgado; R. Caballero. 2013. Cambios en la fertilidad de un suelo luego de 13 años bajo manejo con duraznero (*Prunus persica* L. Batsch). *Venezuelos* 21: 5-19
- Morales-Márquez, J. A., Jiménez-Ballesta, R., Hernández-Hernández, R. M., Sánchez, G. K., Lozano, Z., & Castro, I. (2022). Effect of Maize Conservation Crops Associated with Two Vegetal Covers on the Edaphic Macrofauna in a Well-Drained Savanna of Venezuela. *Land*, 11(4), 464.
- Morales-Márquez, J.A.; R.M. Hernández-Hernández; G.K. Sánchez; Z. Lozano; I. Castro; C. Bravo; E. Ramírez; R. Jiménez-Ballesta. 2018. Soil macroinvertebrates community and its temporal variation in a well-drained savannah of the Venezuelan Llanos. *European Journal of Soil Biology* 84: 19-26.
- Parr, J. F., Papendick, R. I., Hornick, S. B., & Meyer, R. E. (1992). Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7(1-2), 5-11.
- Rodríguez, M.A. 2011. Efecto de distintos manejos de fertilización y control de plagas sobre el C, N, P y bases cambiables (Ca, Mg y K) en el suelo y el estado nutricional de las plantas de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) en el municipio Tovar, estado Aragua. *Trabajo de Ascenso a la categoría de Asistente, Facultad de Agronomía*, UCV. 62 p.

Rodríguez, M.A.; Z. Lozano; P. González; S. Rodríguez; R. Caballero; M. Delgado. 2013. Actividad enzimática como indicador temprano de calidad en un suelo de sabana bajo manejo conservacionista. *Venesuelos* 21: 21-31. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_venes/article/view/6542](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/6542)

Vera, S., Lozano, Z., Lobo, D., Bravo, C., Hernández, R., & Delgado, M. (2014). Propiedades físicas del suelo y distribución de raíces de maíz bajo diferentes tipos de cobertura y fertilización en un sistema conservacionista cereal-ganado. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 38(2), 49-63. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_agro/article/view/5896](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/5896)

# I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

**Páginas:** 101-125

**Código DOI:** <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9-cap5>

**URL:** <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalogo/book/113>

## Impactos económicos y ambientales de la producción camaronera en Ecuador y Esmeraldas<sup>1</sup>

The environmental and economic impacts of shrimp production in Ecuador and Esmeraldas<sup>1</sup>

Pablo Aníbal Minda Batallas<sup>1\*</sup>

### Resumen

La economía de Ecuador y la provincia de Esmeraldas situada al noroccidente del país. Se han caracterizado mayormente por la explotación de la riqueza natural, ya sean del bosque o marítimos, lo que le es dado el carácter de extractivistas. El objetivo del presente trabajo es mostrar cómo la explotación intensiva del ecosistema manglar por medio de la producción extensiva camaronera para la exportación, ha destruido los medios de vida de las comunidades que son sus usuarios históricos. La metodología que se usó en el desarrollo de la investigación consistió en la revisión de información secundaria (estadísticas) y trabajo de campo en las comunidades. Los resultados más importantes que se obtuvo son: a) la actividad camaronera es el tercer y a veces el

1. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas; Esmeraldas, Ecuador.



Pablo Aníbal Minda Batallas  <https://orcid.org/0000-0003-1833-225X>

**Correspondencia:** [pablo.minda@utelvt.edu.ec](mailto:pablo.minda@utelvt.edu.ec)

<sup>1</sup>Este trabajo es original de la investigación de tesis doctoral denominada "Gacina de historia ambiental de Esmeraldas: los impactos de las economías extractivas y el medio ambiente" del Doctor en Estudios Latinoamericanos de la Universidad Andina Rómulo Frías de Bolívar y la Red de Ecuador por la Investigación Doctoral (CONCI) auspiciada por la Academia de Investigación y Kuisé Vargas Torres de Esmeraldas de la UTKVT. Es copia publicada en la revista "Revista de Gestão Social e Ambiental" <http://www.scielo.br/gsa> y en la plataforma de acceso abierto <https://www.scielo.org/br/articulo/view/doi/10.24036/gsa.v12n1.a01>

segundo producto en la generación de divisas para el país, b) esta actividad ha significado un grave impacto para el ecosistema. Desde 1960 hasta 1999 su superficie disminuyó de 206.009,30 a 149.974 ha. En Esmeraldas se redujo en el 84.5% de su superficie y el 90% de las empresas que se instalaron lo hicieron de manera ilegal. La conclusión más importante del estudio es que la destrucción del ecosistema manglar ha profundizado la pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas en las comunidades, llegando al 99.3% en Eloy Alfaro, 97.6% en Muisne y 93.5% en San Lorenzo. Así mismo, la destrucción del ecosistema manglar pone en grave riesgo de inundaciones a las comunidades ribereñas. Particularmente ahora que estamos próximos a un fenómeno climático de El Niño.

**Palabras clave:** Esmeraldas, ecosistema manglar, producción camaronera.

### Abstract

The economy of Ecuador and the province of Esmeraldas, located in the northwest of the country, have been mostly characterized by the exploitation of natural wealth, whether from forests or maritime resources, giving it the character of extractivism. The objective of this study is to demonstrate how the intensive exploitation of the mangrove ecosystem through extensive shrimp farming for export has destroyed the livelihoods of the communities that are its historical users. The methodology used in the research consisted of reviewing secondary information (statistics) and conducting fieldwork in the communities. The most important results obtained are: a) shrimp farming is the third, and sometimes the second, highest earner of foreign exchange for the country, b) this activity has had a serious impact on the ecosystem. From 1960 to 1999, its area decreased from 206,009.30 to 149,974 hectares. In Esmeraldas, it decreased by 84.5% of its area, and 90% of the companies that were established did so illegally. The most important conclusion of the study is that the destruction of the mangrove ecosystem has deepened poverty due to Unsatisfied Basic Needs in the communities, reaching 99.3% in Eloy Alfaro, 97.6% in Muisne, and 93.5% in San Lorenzo. Likewise, the destruction of the mangrove ecosystem puts riverside communities at serious risk of flooding, particularly now that we are close to an El Niño climatic phenomenon.

**Keywords:** Esmeraldas, mangrove ecosystem, shrimp production.

## Introducción

Ecuador es un país cuya economía, igual que casi todos los de América Latina, se ha sustentado a lo largo de su historia, en la explotación y exportación de productos primarios (Minda, 2020). Tendencia esta que se profundizó en los años 80 del siglo pasado, momento que coincide con el neo liberalismo. Momento en que la dependencia mutó de EE. UU (Estados Unidos) a China (Svampa y Slipak, 2015; Bolinaga y Slipak, 2015; Svampa, 2017). Como veremos, el 52% de la producción de camarón ecuatoriano tiene como destino China.

En la costa ecuatoriana los productos de exportación desde el siglo XIX han sido principalmente: maderas, cacao, banano y desde la década de 1980 del siglo pasado hasta la fecha, se incorporó el cultivo de camarón. La exportación de este producto se convirtió desde 1990 en el tercer rubro de ingresos de divisas para el país, que entre 2007 y 2012 se incrementó en el 10% y llegó a sumar 1.253 millones de dólares en 2012 (PROECUADOR, 2013).

Sin embargo, estudios realizados Bravo (2003), Larrea (2005), C-CONDEM (en MAE, 2008), Armijos, Macuy, Mayorga, Rodríguez, Clavijo (2015) y Carvajal y Santillán, (2019) señalan el severo daño que ha sufrido el ecosistema manglar, debido al desarrollo de esta actividad productiva en el país, así como de las afectaciones que han sufrido las comunidades tradicionalmente usuarias de este ecosistema.

Los objetivos de la presente investigación son: a) analizar los impactos ambientales y económicos que el desarrollo de la producción de camarón con fines de exportación ha causado en el país, principalmente en la provincia de Esmeraldas, b) cómo estos impactan en las comunidades que han sido tradicionalmente usuarias del ecosistema manglar, c) también se discuten los conflictos surgidos entre las comunidades frente al Estado y a los empresarios como forma de resistencia frente a los procesos de expropiación (Fraser, 2023) o despojo Harvey (2004). Esta conflictividad se produce debido a que los intereses de las partes contendientes son diametralmente opuestos. Las primeras se centran en la conservación del ecosistema que es su medio de vida; mientras que los segundos ponen énfasis en la acumulación de riquezas y la producción de divisas para el país.

## Materiales y métodos

La metodología que se adoptó para llevar a cabo la investigación, es la que recomienda la historia ambiental y ecológica. Esto es, el uso de distintas fuentes, ya sean históricas, documentos que nos informan acerca de la historia

económica y ambiental; documentos de la memoria oral y social de los pueblos (Gallini, 2009). Esta información se completó con trabajo de campo realizado en los años 2018, 2019 como parte de la investigación de mi tesis doctoral (Minda, 2020), la misma que ha sido actualizada en lo que va de este 2023.

La hipótesis principal de la investigación es que, si bien la exportación del camarón aparece en el momento de mayor exacerbación del neoliberalismo en Ecuador; en el caso de la provincia de Esmeraldas, se estructura en una lógica de “larga duración”, la cual está relacionada con la forma en que la provincia se articuló, tanto a la economía internacional como a la nacional desde mediados del siglo XIX. La misma que se ha dado por medio de la explotación y venta de los productos de la naturaleza: caucho, tagua, balsa, cultivo de palma africana, en la que la producción de camarón para exportación es un momento más de la larga historia del extractivismo en la provincia, acumulación por desposesión (Harvey, 2004) o de expropiación (Fraser, 2023).

Esta investigación está concebida en el marco de la historia ambiental producida en América Latina (AL). Debido a que esta tiene un fin práctico específico. Trata de “dar cuenta de la exclusión social, económica y política de los grupos humanos, y a la vez pretende responder por los abusos hacia los ecosistemas de los cuales forman parte el ser humano” (Clare, 2009, p. 186).

Entre otros, este enfoque sostiene, que los cambios en la naturaleza se producen por la forma en que las sociedades se relacionan con el ambiente, produciendo cambios mutuos, tanto en el ambiente, como en la sociedad, aunque siempre el hombre (la especie humana) tiene mayores influencias sobre la naturaleza, que la artificializa en aras del progreso y de ciertos estilos de desarrollo (Sunkel, 1981).

En este sentido, Castro Herrera (2005) plantea que “a lo largo de los últimos cuarenta años, América Latina ha venido atravesando una persistente combinación de crecimiento económico, deterioro social y degradación ambiental, en un contexto de exacerbación de lo que algunos han llamado una “economía de rapiña [...] cuyas raíces se remontan al menos al siglo XVI” (p. 3). Por lo tanto, son los resultados de esta economía de rapiña sobre el ambiente y las sociedades las que interesan estudiar y documentar, en este caso específico lo ocurrido en la provincia de Esmeraldas.

Otro planteamiento sobre la historia ambiental de AL plantea que es el estudio del impacto ambiental a partir de la vinculación de las economías del continente al sistema mundo capitalista y a los mercados mundiales como exportadoras de materia prima.

En la medida en que la historia de América Latina se estudiaba a partir de su inserción en las economías mundiales como creadora y exportadora, de materias primas y minerales y, en consecuencia, se subrayaba la sobreexplotación de sus recursos –principalmente en la época de la utilización de la teoría dependientista–, la historia de la exportación de estos recursos, con el costo energético que representa, puede ser fecunda en el estudio de las sociedades latinoamericanas. (Tortolado Villaseñor, 2006,p. 11)

El enfoque de Tortolado Villaseñor (2006), junto al planteamiento del estudio de las consecuencias ambientales de una economía de rapiña formulada por Castro Herrera (2005), tienen un enorme potencial para desarrollar investigaciones del tipo que pretende ser esta. Ya que Tortolado Villaseñor (2006), no solo enfatiza en la articulación de las sociedades de AL a los mercados mundiales derivada de la conquista española, sino que, a partir de teorías que emergieron desde América Latina y el Caribe, como fue la Teoría de la Dependencia y el marxismo negro surgido en las Antillas ( Montañez Pico, 2020) analizó en profundidad la explotación de minerales y recursos naturales y su transferencia a los países europeos y EEUU: plata, oro, cobre, petróleo, así como la exportación de productos tropicales: azúcar, café, banano y otros entre los que se estudia la trata esclavista, han generado un gran impacto sobre el medio ambiente de los países de la región.

Ecuador en general y Esmeraldas en particular no han escapado de esta condición. Es más, el proceso de cambio radical del ambiente empezó en Esmeraldas con la exportación de productos del bosque desde mediados del siglo XIX, para posteriormente en el siglo XX continuar con el cultivo del banano, palma aceitera y la destrucción del ecosistema manglar por medio del cultivo de camarón (Minda, 2020).

## Resultados

### El contexto de la investigación

La provincia de Esmeraldas se ubica en el noroccidente de Ecuador, hace parte de la frontera con Colombia. Tumaco, del Departamento de Nariño es su límite fronterizo con el vecino país.

Esmeraldas forma parte del área del Chocó Biogeográfico, ecosistema que se origina en Panamá y se extiende hasta la provincia de Manabí. En el Chocó Biogeográfico ecuatoriano, se han identificado once zonas de vida, siendo una de las diez unidades más biodiversas del Neo Trópico. Esta micro

región está ubicada en la zona de vida de Bosque Húmedo Tropical (bht) y Bosque muy húmedo tropical (bmht) (Holdridge, 1983, en Fundación Natura, 1995). Esta zona de vida de Bosque muy Húmedo Tropical, alberga entre el 50 y 90% de la biodiversidad existente en el mundo). Se estima que, en esta área el número total de especies de flora llega a las 6.300 (aproximadamente el 25% de la flora existente en el país), de las cuales 1.260 son probablemente endémicas de la zona (Dodson y Gentry, 1993), y existen 650 especies de aves de las 1.500 reportadas en todo el país (Minda, 2004; Barrantes y Chávez, 2000, p. 3.)

En lo relacionado al manglar, los bosques de este ecosistema se extienden en la provincia de norte a sur. Siendo el cantón Muisne en el sur, y los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo al norte, donde se encuentra concentrada la mayor extensión de bosques de este ecosistema. La provincia cuenta con tres áreas protegidas de manglar: la Reserva Cayapas Mataje, que se ubica en los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo y cuya extensión en la actualidad es de 47.321 Has, (MAE, 2008). “El Refugio de Vida Silvestre”, del ecosistema manglar del Estuario del río Muisne-Cojimíes, con una extensión de 3.173 hectáreas. Cuya declaratoria fue expedida mediante Acuerdo Ministerial No. 080, con Registro Oficial 113, el 27 de junio de 2003; como Área Protegida en la categoría de “Refugio de Vida Silvestre” (FUNDECOL, 2006) y el refugio de Vida Silvestre del estuario del cantón Esmeraldas, creado en 2008. En los demás cantones, este ecosistema prácticamente ha desaparecido.

En relación a la población, la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) (2010), GADPE (2015), Esmeraldas cuenta 534.092 habitantes; de los cuales, los que pertenecen a los cantones Eloy Alfaro, San Lorenzo y Muisne, viven directa e indirectamente en áreas con alta presencia de manglar. La población mayoritaria de estas zonas corresponde a: afroesmeraldeños, campesinos mestizos e indígenas Eperaara Siepidaara.

Los afroesmeraldeños por su parte llegaron a Esmeraldas a mediados del siglo XVI durante el proceso de la esclavización forzada. A partir de ese momento la población ha venido creciendo de manera sostenida hasta alcanzar en la actualidad el 43% de la provincia y el 68% en los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo (INEC, 2010).

El hábitat de las comunidades afroesmeraldeñas, fue y sigue siendo los cauces y las cabeceras de ríos, por la facilidad que prestan para la navegación para movilizarse de una a otra comunidad, o a sus lugares de trabajo.

Todas estas comunidades han desarrollado a lo largo de su historia, una forma de vida y cultura ligada al uso y aprovechamiento del manglar. De tal manera que los cambios que se producen en este ecosistema, modifica y trasforma la estructura de vida de estas poblaciones, ya sea en el aspecto económico, su organización social y sus manifestaciones culturales.

El número de habitantes del área donde se realizó la investigación, cantones Muisne al sur, San Lorenzo y Eloy Alfaro al norte de la provincia, se expone en la siguiente tabla.

**Tabla 10.**

*Habitantes del área de investigación.*

Cantón	N° de habitantes
Eloy Alfaro	39.739
Muisne	28.474
San Lorenzo del Pailón	42.486
Total	110.699

**Fuente:** INEC 2010.

### La producción camaronera en Ecuador y Esmeraldas

La producción camaronera en Ecuador se inició a partir de la década del 70 del siglo XX, en las provincias costeras del sur del país: Guayas, El Oro, Los Ríos y Manabí. Lo hizo aprovechando las áreas de playa y de manglar existentes a lo largo de la franja costera. Su desarrollo se vio favorecido por dos factores: 1) la existencia de una demanda creciente en el mercado internacional para el producto, especialmente en los Estados Unidos de norte América, Europa y Asia y 2) la existencia de tierras consideradas por el Estado y las empresas disponibles para el cultivo. Lo de “disponibles”, se debe al hecho de que estas tierras estaban ocupadas o eran de propiedad de las comunidades que ancestralmente habían venido haciendo uso de éstas para su sustento. (*Figura 18*)

De acuerdo a Bravo (2003) las comunidades han usado el manglar desde hace unos 2.500 años AC y fue la antesala del desarrollo de la agricultura. Esta autora considera que incluso la cultura Valdivia, una de las más antiguas del Ecuador y del continente americano ya conocía las bondades de su aprovechamiento. De igual forma, plantea que, en otros lugares de América del Sur, que incluye el Caribe venezolano, la costa Atlántica en Colombia, en Brasil y Panamá ya se conocían formas de consumo del manglar; en torno del

cual se desarrollaron sociedades que en base de su experiencia lograron tener un manejo sostenible de este complejo ecosistema, que se basaba en tres etapas. Recolección de mariscos, cuidado del manglar para su regeneración y nueva cosecha (Bravo, 2003).

Estas etapas pueden ser sistematizadas en las siguientes fases: a) uso de los recursos que provee el manglar, no solo recolección de marisco, sino del conjunto de productos que provee como madera y casa de animales menores, b) descanso o barbecho y c) nueva utilización. Estas fases es lo que hace que el uso tradicional del ecosistema sea intensivo en el empleo de mano de obra, baja en inversión de capital y extensivo en el aprovechamiento de determinadas especies, sin provocar su agotamiento. Claro está, en condiciones adecuadas de carga, para usar el término tradicional de la Antropología ecológica (Rappaport, 1987). Además, estas comunidades, de acuerdo a Romero (2014), han desarrollado en torno a este ecosistema un vasto conocimiento que les ha permitido utilizar.

[...] su madera para la construcción, para la fabricación de muebles, como combustible para cocinar y como fuente de energía (carbón o leña). Además, descubrieron sus efectos medicinales y generaron un sinnúmero de productos derivados del manglar: alcohol, goma, taninos, materiales de pesca, edulcorantes, aceite de cocina, vinagre, condimentos, frutos, ceras, aceites, y otros. Pero, sobre todo, el manglar es la fuente principal de su alimentación y es el sustento de su economía y de su cultura (p. 60).

Estas prácticas difieren radicalmente de las de la actividad camaronera destinada a la exportación, cuya acción se encuentra orientada por la lógica de la maximización de la ganancia propia del capitalismo. Esta es baja en intensidad en el uso de mano de obra. La cual es alta solo al inicio de la implementación de los cultivos para la exportación, una vez que se instala, el uso de mano de obra desciende de manera drástica, e intensiva en el uso de capital, para alcanzar altas cuotas de productividad y de retorno de capital.

Así, empezaron ocupando las pampas salinas o salitrales y posteriormente, se fueron ampliando a la ocupación de áreas de manglar y tierras agrícolas. De tal manera que sí, en 1969 existían cero hectáreas de camaroneras, en 1995 ya ocupaban una extensión de 178.071 Has., como se muestra en la tabla 11. Otras investigaciones, plantean que de una extensión original de 362.802 Has de manglares en Ecuador, para el año 2000 existían 108.000 Has; esto es que, durante el período de desarrollo de la producción y expor-

tación camaronera se redujo el 70% de la superficie de manglar en el país (C-CONDEM, 2007 en MAE, 2008). De acuerdo al Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Censores Remotos (CLIRSEN). La siguiente sería la evolución de áreas ocupadas por manglar, camaroneras y tierras salinas hasta 1999.

**Tabla 11.**

*Evolución de la tala del manglar y expansión de las camaroneras.*

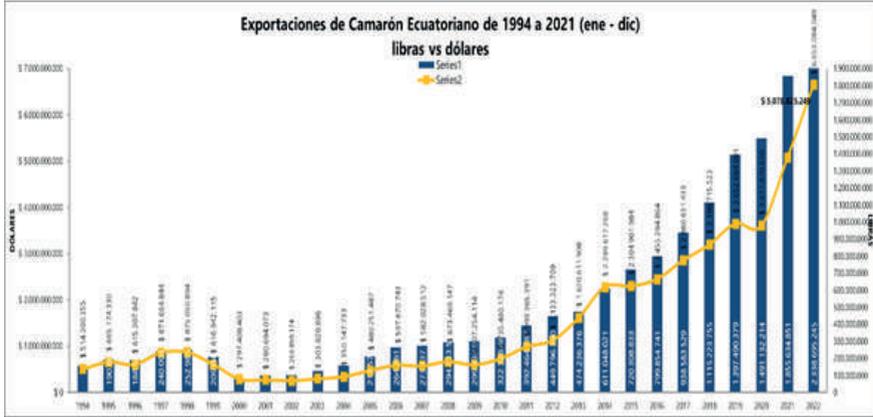
Ecosistemas	Años					
	1969	1984	1087	1991	1995	1999
Manglares	206.009,30	182.157,30	175.157,40	162.186,60	149.570,10	149.974
Camaroneras	0	89.368,30	117.728,70	145.998,30	178.071,80	175.526
Áreas Salinas	52.609,13	20.022,10	12.273,70	6.320,87	5.109,47	S/D

**Nota.** Tomado de CLIRSEN, 2001.

La producción camaronera –hay que señalarlo– se intensificó en el momento en que las políticas del Washington Consensus, impulsaron, además de la liberalización de las economías, la soberanía del mercado, la producción y exportación de materias primas con la finalidad de generar divisas para que los Estados dispongan de recursos suficientes para cubrir los compromisos de la deuda externa (Stiglitz, 2003). En Ecuador la exportación de camarón resultó funcional a tal objetivo, pues en los años 80 -90 del pasado siglo, su aporte en la generación de divisas fue significativo para la economía nacional. La figura 19 muestra el crecimiento de la exportación de este producto desde 1994 y su contribución a la economía ecuatoriana en los años 90 del pasado siglo XX hasta 2022 que logra su máxima cota en la generación de divisas para el país.

**Figura 18.**

*Contribución de la industria camaronera a la generación de divisas e Ecuador en miles de millones de dólares.*



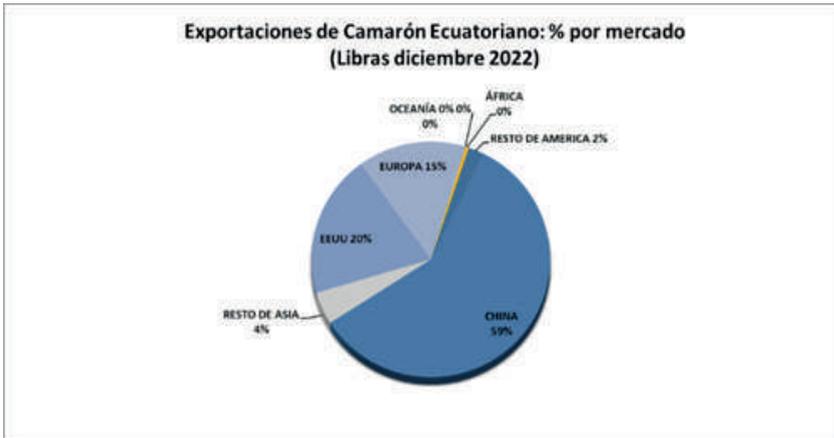
**Nota.** Tomado de Cámara Nacional de Acuicultura y Pesca, 2023.

Nótese la rapidez con la que crecen las exportaciones de este producto. Salvo en los años 2002-2004, que experimenta un descenso pronunciado. A partir de 2005 despegó y desde 2010, su expansión es mayor a la línea de tendencia hasta llegar a su máximo crecimiento en 2022.

Según el Banco Central (2016) y la Cámara Nacional de Acuicultura (2023) los países que representan los principales destinos de las exportaciones de camarón ecuatoriano (*Figura 19*) son: Estados Unidos, Europa y China. Ecuador se ha visto beneficiado ya que países competidores como Vietnam y China, han visto reducida su producción debido a la presencia de enfermedades que han atacado al crustáceo.

**Figura 19.**

*Destino de las exportaciones de camarón ecuatoriano.*



**Nota.** Tomado de Cámara Nacional de Acuicultura y Pesca, 2023.

Un aspecto que se debe resaltar en relación a la generación de divisas por parte de la exportación de camarón, es que esta se logra al costo de la destrucción de un ecosistema complejo, rico en recursos, que brinda una serie de servicios ambientales y económicos a las comunidades y al ambiente; al punto de ser considerado como uno de los más productivos del mundo MAE (Ministerio del Ambiente de Ecuador; 2008). La destrucción de este ecosistema, implicó la privación de los medios de vida de las comunidades que históricamente habían hecho uso del manglar. Esto ocasionó, el desplazamiento de los lugares de asentamiento, el empobrecimiento de éstas y una alta conflictividad entre comunidades y empresas y entre comunidades y el gobierno.

En la provincia de Esmeraldas el cultivo del camarón con fines de exportación se inició a partir de 1980. Su instalación se produjo en toda su franja costera, siendo los cantones Muisne, Eloy Alfaro y San Lorenzo los lugares donde su presencia se hizo sentir con mayor intensidad. En los cantones Atacames, Esmeraldas y Río Verde, también se instalaron camaronerías, pero no tuvo el mismo impacto que en los otros cantones.

Igual que en el resto del país, no solo se limitó a la construcción de camaronerías, para lo cual hay que talar el manglar a tabla rasa; sino que vino acompañada de la instalación de la infraestructura complementaria para la producción de larvas, destinada a la obtención de la semilla del camarón; la

que incluía laboratorios, un sistema de comercialización de la larva y una red de almacenes que proveían de los insumos necesarios para el funcionamiento del negocio.

Uno de los primeros comentarios que realizan los pobladores, ya sea de Muisne, San Lorenzo o Eloy Alfaro, es que los empresarios no cumplieron su palabra, o que a la larga la presencia de estas empresas terminó siendo perjudicial para ellos. Pues uno de los argumentos que exponían los promotores de la exportación de camarón, era la de generar fuentes de empleo bien remunerados, especialmente para los jóvenes e impulsar el progreso de la provincia y de las propias comunidades. Otro argumento que fue utilizado era que no se puede tener un recurso tan valioso sin volverlo productivo<sup>2</sup>.

En efecto, los mismos pobladores reconocen que al inicio del funcionamiento de la exportación del camarón, se notó un cierto dinamismo de la economía en las comunidades, debido al empleo que generaba mientras de tababa el manglar<sup>3</sup>, se movilizaba el suelo para la instalación de la infraestructura donde se criaría el camarón para la exportación. Esto en las comunidades, –reconocen– fue solo al inicio de esta actividad; pues con el tiempo, una vez que fue construida la infraestructura, las ofertas de trabajo disminuyeron a un mínimo, que no permitía el empleo de más de dos o tres personas al mes. Esta aumentaba solo en la época de cosechas a 20 o 25 personas por tres días, máximo cuatro.

Los que sí resultaron favorecidos fueron las personas y empresas que se vincularon al negocio en condición de proveedores de servicios: venta de insumos, los dueños de los laboratorios que proveían de larvas a las empresas e incluso, los pescadores artesanales que vendían a los dueños de camaronerías, lo que se denominaba *larvas salvajes*, que era aquella que se obtenía directamente del mar y que en ese momento se pensaba que era la más adecuada para la adaptación y crecimiento en los laboratorios.

La presencia de esta actividad productiva con toda su parafernalia, le imprimió una cierta dinámica a la economía de la provincia, que vino a sumarse de manera temporal a anteriores booms económicos de auge y caída. Igual que ocurrió con la explotación y exportación de la tagua y el caucho desde mediados del siglo XIX hasta 1930; la balsa en la década de los 40 del siglo XX y el banano entre 1950 y 1970 del mismo siglo XX (Minda, 2020). Por lo

<sup>2</sup> Este mismo discurso fue empleado por los promotores del cultivo de la palma africana. En estos argumentos se enfatizó que las oportunidades de empleo son bajas y que, al generar expectativas especialmente entre los jóvenes y en personas que dependen de la agricultura, se genera un círculo vicioso de pobreza y desempleo. En el caso de la palma africana, algunos de los pobladores que destruyeron sus propios medios de vida para seguir con el cultivo de la palma africana, se quejaron de que el gobierno no les dio el apoyo necesario para la adaptación y crecimiento en los laboratorios.

tanto, la producción camaronesa en Esmeraldas, forma parte de una cadena de sucesivos booms extractivistas, basados en el aprovechamiento de los productos naturales que han sido abundantes; ligados siempre a la demanda del mercado externo. En este sentido el cultivo de camarón para exportación se articuló a lo que ha sido definido por Minda (2020) como la historia ambiental de Esmeraldas, en el sentido que le dan a ésta Tortolado Villaseñor (2006) Castro Herrera (2005) y Sunkel (1981). Acosta y Brand (2017), Falconí (2017), le denominan una economía extractiva. Fraser (2023) una economía de apropiación y Bellamy Foster *et al.* (2020) le denominan simplemente como economía de robo.

## Los impactos de la producción camaronesa en Esmeraldas

### *Los impactos ambientales*

El cultivo de camarón para exportación empezó en Esmeraldas a partir de 1980. Hasta 1999 de acuerdo a un estudio realizado por el CLIRSEN, en el cantón Muisne se había destruido el 84.5% de las 20.093 Has de manglar existente. Otra investigación realizada posteriormente, identificó la presencia de 478 empresas camaronas y 1.518 piscinas de camarón que ocupaban un total de 8.562,17 Has (FUNDECOL, 2006).

En los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo ubicados en el norte de la provincia, la situación es similar. El cultivo de camarón empezó en 1993, la mayor parte de las empresas se instalaron de manera ilegal. Un estudio realizado por el ex Instituto Nacional de Áreas Protegidas y de Vida Silvestre (INEFAN) sostiene que el 70% de la industria camaronesa en el país era ilegal; pero en Esmeraldas esta cifra llegó al 90% (Romero, 2014).

De acuerdo a un inventario de camaronas realizado en marzo de 1998, se constató que en el interior de la Reserva Manglares Cayapas (REMACAN) se encontraban 48 propietarios. En un censo posterior realizado por el Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio (FEPP) con el apoyo de las Federaciones FEDARPON y PEDARPROBIM<sup>4</sup> en 2002, se identificaron 60 camaronas, las cuales ocupan una extensión de 3.114,51 ha. Para esa fecha se encontraban en producción 785,84 ha, en abandono 1.829,72 Has y en construcción 74,95 Has. De las 60 empresas, 17 ocuparon directamente áreas de manglares. Además, se identificaron pozos artesanales, cuya extensión variaba entre 0,21 y 3,90 Has, los mismos que en su mayoría pertenecían a personas de la co-

<sup>4</sup>SEDAQ(ENL) y SEDAQ(ENBHL) con organizaciones comunitarias dedicadas a la defensa del manglar y mientras que el SEDAQ(EN) y el MF de apoyo a las comunidades que son arias del manglar en Esmeraldas

munidad. De acuerdo a los testimonios de las personas de las comunidades, dos de estas empresas suman más de 3.000 Has cada una.

En otro estudio realizado por FUNDECOL (2008), se identificó como un grave problema la evacuación directa de las aguas servidas de las camaronas a esteros y canales de los afluentes, la cual contiene residuos de químicos y productos artificiales utilizados dentro de las piscinas de camarón; las mismas que son descargadas sin ningún tratamiento, lo que ocasiona la contaminación de los ríos, afectando directamente a las especies silvestres que habitan y se desplazan en el agua. Esto se agrava debido a la utilización en grandes cantidades de alimentos, fertilizantes y demás insumos, lo que genera una contaminación por *eutrofización*.

El mismo estudio realizado por FUNDECOL (2008) en conjunto con el MAE, confirmó la contaminación de las aguas de los ríos y esteros, que alimentan los estuarios de los ríos Muisne y Cojimíes. La contaminación de esteros, ríos y el estuario, según el estudio, deviene en graves daños ecológicos sobre los miles de variedades de especies acuáticas del mismo y de los susstratos del manglar que acogen a varias especies de moluscos y crustáceos.

Otro aspecto que fue identificado en la investigación, es que la tala del manglar tuvo un efecto inmediato sobre las poblaciones de fauna acuática que tenían su hábitat en el manglar de Muisne las que tuvieron que migrar y desaparecer del lugar. Sin embargo, a decir de los habitantes de las comunidades; más importante fue el impacto negativo sobre la población local de usuarios ancestrales del manglar. Los que vieron de forma directa, como disminuían los peces y productos que extraían del manglar, los que por largo tiempo constituyeron el sostén de la economía familiar.

Carvajal y Santillán (2019) quienes con el auspicio del Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE), Conservación Internacional Ecuador, (UNESCO) y la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Proyecto Conservación de Manglar en el Pacífico Este Tropical, elaboraron el “Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental”. Establecieron las siguientes amenazas para el manglar esmeraldeño.

**Tabla 12.**

*Amenazas al manglar en función de sus causas y problemas priorizados.*

Precepción de la importancia	Amenazas al manglar en función de sus causas y problemas priorizados	Otras preocupaciones
Muy alta	Tala de manglar por actividad camaronera. Débil aplicación de la normativa ambiental para sancionar afectación al manglar. Disminución del recurso pesquero, por presunta sobreexplotación y uso de artes de pesca ilegales.	Inseguridad en las áreas de manglar por piratería y debilidad en la generación de investigación científica en torno a los servicios ambientales de los manglares.
Alta	Afectación al manglar y sus recursos pesqueros por contaminación de desechos sólidos y líquidos provenientes del urbanismo (poblaciones costeras de Esmeraldas), turismo de playa, actividades productivas agropecuarias, pesquera y acuícola.	
Media	Sedimentación de los estuarios. Vulnerabilidad al cambio climático.	

**Nota.** Tomado de Carvajal y Santillán, 2019. Según la fuente, en estos talleres participaron 26.6% de mujeres y 73.4% de hombres.

La disminución del ecosistema manglar en su extensión, ha conducido a una serie de problemáticas para su preservación. Ya que, en paralelo, no ha menguado la carga. Por el contrario, esta se ha visto incrementada por distintos factores. Entre ellos, porque la pérdida o disminución de un recurso, genera presión sobre otro. Así, la menor captura de peces, obliga a las personas a concentrarse en la explotación de otro como la concha o los cangrejos, comprometiendo seriamente la sobrevivencia de las especies y el propio ecosistema.

### Los impactos económicos

Según los testimonios de los habitantes de las comunidades consultados para esta investigación, consideran que el mayor impacto que el cultivo de camarón por grandes empresas para exportación ha generado, es la pérdida de los medios de vida de las comunidades. Por medios de vida se entiende aquellos productos que históricamente los usuarios del manglar obtenían para su sustento y la comercialización para el logro de ingresos monetarios.

Estos hacen relación a las actividades de pesca artesanal, la captura de concha (*Anadara similis* y *A. tuberculosa*) destinada tanto a la comercialización como a la alimentación; la captura y comercialización del cangrejo azul (*Cardisoma crassum*)<sup>5</sup>, que es distinto al cangrejo rojo de manglar (*Ucides occidentalis*), que se destina también al consumo familiar y a la venta. Uno de los dirigentes de Muisne resume de la siguiente manera la importancia del manglar para la vida de los usuarios de este ecosistema. “Ellos han hecho del manglar su única fuente de recursos para subsistir, a través de la pesca y recolección de especies bio-acuáticas y madera”. Y agrega, “cabe señalar que los grupos de recolectores artesanales, están integrados mayoritariamente por mujeres, casi todas, jefes de familia, ya que la recolección de moluscos, especialmente de concha (*Anadara similis* y *A. tuberculosa*) es una actividad netamente femenina en Muisne”<sup>6</sup>. En esta misma entrevista manifestó, que al menos el 30% de las más de 25.000 personas que viven en el cantón, dependen para sus ingresos del manglar.

En San Lorenzo y Limones, la situación es semejante. La destrucción del ecosistema manglar ha comprometido las actividades económicas de generación de ingresos y de súper vivencia de las personas, especialmente las relacionadas con la seguridad alimentaria como: la captura de peces, extracción de conchas, almejas y cangrejos y en algunos casos la agricultura. Para tener una idea de la importancia que estas actividades representan, se debe anotar que solo en una de las parroquias, Tambillo, salen diariamente a realizar actividades de pesca y captura de conchas unas 1.000 personas y de la cabecera cantonal, San Lorenzo, se desplazan al manglar por lo menos unas 1.200 personas cada día.

Las siguientes tablas indican la importancia del manglar para la economía de las comunidades en Eloy Alfaro y San Lorenzo.

<sup>5</sup> Este gremio está formado por el IMCE y el Instituto Nacional de Escapes. Esta especie habita principalmente en la provincia de Esmeraldas y su mayor localización se encuentra en la QELACATP.

<sup>6</sup> Entrevista realizada aсельный дьездэснлaccбeрaцaнтoнaлдeтuisnep

**Tabla 13.**

*Flujo de captura de concha en San Lorenzo.*

Jornada de Recolección	Concha colombiana	Concha ecuatoriana
Por día	350.000	372.019
Por semana	2.100.000	2.232.116
Al mes	8.400.000	8.928.464
Total cantonal	17.328.464	

**Nota.** Tomado de Quiñónez *et al.* 2020, p. 891. El número de conchas si bien se registran en el cantón San Lorenzo, son capturadas mayormente en el cantón Eloy Alfaro.

**Tabla 14.**

*Concheros por edad y por género en San Lorenzo año 2020.*

Género y edad de los recolectores	Número	Porcentaje
Mujeres	1.127	60 %
Hombres	563	30 %
Menores de edad	188	10 %
Total	1.878	100 %

**Nota.** Tomado de Quiñónez *et al.* 2020, p. 894. El registro corresponde al año 2020.

Pese a la información presentada en las tablas anteriores. Un informe del MAE (2008, p. 31) sostiene que la captura de conchas bajó de 1.200 unidades por día hace 10 años a un promedio de entre 80 y 120 por la misma jornada De trabajo. Lo que si se compara con los ingresos que estas mismas familias obtenían en esa época representa una disminución de más del 50%. Esta situación seguramente –no la única– contribuye para que los índices de pobreza en estos tres cantones se mantengan altos y que, en relación a los datos de 2001, su variación sea mínima, o que empeoren como en el caso de Muisne. La situación se muestra en los cuadros 2 y 3, que fueron elaborados usando información oficial proporcionada por el INEC y el GADPE<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Kamentablementecuantosdisponedainformaciondelultimo censo de poblacion y vivienda realizado en 2015 eep. Esta informacion es clave para actualizar da informacion acerca de los ingresos economicos de la poblacion p

**Tabla 15.**

*Pobreza por NBI 2001 en el área de estudio.*

Cantones	Pobreza por NBI
Eloy Alfaro	99,3%
Muisne	97,6%
San Lorenzo del Pailón	93,5%

**Nota.** Tomado de INEC 2010, GADPE 2015.

El siguiente cuadro nos muestra como la mejora en una década para Eloy Alfaro y San Lorenzo son mínimas; mientras que empeora la situación de Muisne. Área donde se encuentra la mayor pérdida del manglar.

**Tabla 16.**

*Pobreza por NBI 2010 en el área de estudio.*

Cantones	Porcentajes	
	Pobreza	Extrema pobreza
Eloy Alfaro	95%	61,0 %
Muisne	98%	60,0%
San Lorenzo del Pailón	85%	47,3%

**Nota.** Tomado de INEC 2010, GAGPE 2015.

Si bien no es exactamente comparable. La situación socio económica del área en donde se realizó estudio. Dista mucho de la situación socio económica de la provincia de Esmeraldas y las demás de la Costa que se presentan la siguiente figura.

Frente a esta situación ni el gobierno nacional, ni los gobiernos locales han podido desarrollar políticas públicas de mediano y largo plazo, que por una parte, contengan la destrucción del ecosistema, y por otra, remedien los graves índices de pobreza de la población. La ejecución de pequeños proyectos destinados a la repoblación de conchas y del manglar, o proyectos financiados por ONGs internacionales, no han sido suficientes para solucionar el problema y revertir la tendencia al incremento sostenido de la pobreza<sup>8</sup>.

<sup>8</sup>Uno de estos proyectos que se ejecutó conjuntamente con el EMUD en el marco del proyecto de cambio climático y fondos del gobierno de Colombia que tiene un carácter estructural.

**Figura 20.**

*Situación socio económica de las provincias de la Costa ecuatoriana.*



**Nota.** Tomado de Encuesta de Empleo, Desempleo y Subempleo - ENEMDU Anual, 2022.

### Conclusiones

Si bien el cultivo y la exportación del camarón se ha desarrollado a lo largo del país, logrando posicionarse como la tercera rama de actividad en la generación de divisas y de empleo para algunos sectores, su rápido crecimiento y su consolidación en la rama de exportación, ha incidido para que su actividad no haya sido debidamente controlada en relación a los impactos que ha generado sobre el medio ambiente y las poblaciones históricamente asentadas en el ecosistema manglar, a lo largo de la franja costera de Ecuador y particularmente de la provincia de Esmeraldas.

Pese a que se considera que el cultivo del camarón ha sido un gran generador de divisas para el país; estudios realizados por el CLIRSEN, que llevó a valor económico el costo de la destrucción de una Ha de manglar, demuestra que los rendimientos económicos de esta actividad no son tan rentables como parecen, si se aplicara una forma diferente de medición y se aplicara los descuentos por los daños ocasionados a la naturaleza. Pues esta actividad agota un ecosistema complejo, considerado como uno de los de mayor productividad en el mundo y priva a la vez, de sus medios de vida a comunidades que

históricamente han ocupado este espacio y han encontrado en él, el sustento para la vida material y cultural.

En Esmeraldas esta actividad productiva se empezó a instalar por los años 80 del siglo XX, y vino a articularse en la historia ambiental de la provincia, caracterizada por la explotación de los recursos naturales en ella existente. Su presencia no significó un mayor esfuerzo por modificar la tendencia productiva, por el contrario, ratificó y exacerbó la inercia existente, a resolver los problemas económicos por medio de la explotación y exportación de los productos naturales, que coyunturalmente son demandados en el mercado nacional o internacional.

Esta actividad productiva impactó de manera negativa en las comunidades en tres aspectos: a) destruyó gran parte del ecosistema manglar y con esto los medios de vida de la población, b) lo anterior profundizó los problemas de la pobreza crónica existentes en las poblaciones, especialmente en aquellas que han sido usuarios históricos del manglar y c) ni el gobierno nacional, ni los gobiernos locales han realizado acciones destinadas por una parte, a frenar la tala indiscriminada del manglar; ni tampoco a la generación de actividades productivas y económicas que disminuyan la tendencia al incremento sostenido de la pobreza.

Por lo que hacen falta acciones, programas que rescaten las visiones de la gente de las comunidades que se enfocan en la defensa del ecosistema manglar, como un espacio de defensa de la vida y menos en la generación de riqueza y de divisas para el país.

### Referencias bibliográficas

- Armijos Suárez, M., Macuy Calle, J., Mayorga Quinteros, E., Rodríguez Valencia, L., & Clavijo Basantes, M. (2015). Análisis del impacto económico de la aplicación del Decreto N° 1391 en la regularización de la Industria Acuícola Camaronera del Ecuador / Analysis of the economic impact of the application of Decree No. 1391 on the regularization of Ecuador Shrimp Aquaculture Industry. *CIENCIA UNEMI*, 8(16), 11-20. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol8iss16.2015pp11-20p>
- Banco Central del Ecuador. (2016). *Boletín Mensual 2016*. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/1EMensual.jsp> Consulta: 24/04/2017.

- Barrantes y Chávez. (2000). Valoración económica del daño en bosques naturales y costo de restauración. Estudio de caso: bosque húmedo tropical en Ecuador informe final. Heredia, Costa Rica: IPS.
- Bellamy Foster, J, Clark, B y Holleman, H. (2020). *Capitalismo y robo: la expropiación de la tierra, el trabajo y la vida*. Disponible en: <https://observatorio-crisis.com/2020/01/20/capitalismo-y-robo-la-expropiacion-de-la-tierra-el-trabajo-y-la-vida/>
- Bolinaga, Luciano, & Slipak, Ariel. (2015). El Consenso de Beijing y la reprimarización productiva de América Latina: el caso argentino. *Problemas del desarrollo*, 46(183), 33-58. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2015.10.003>
- Bravo, E. (2003). *La industria Camaronera en Ecuador*. Ponencia presentada en Globalización y Agricultura. Jornadas para la Soberanía Alimentaria. Barcelona: 14 y 15 de junio.
- Cámara Nacional de Acuicultura. (2023). *Estadísticas*. Disponible en: <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Carvajal, Raúl; Santillán, Xavier (2019). *Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente de Ecuador, Conservación Internacional Ecuador, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Proyecto Conservación de Manglar en el Pacífico Este Tropical*. Guayaquil, Ecuador. Disponible en: <https://www.conservation.org/docs/default-source/ecuador-documents/pan-manglares-ecuador.pdf>
- Castro, Hortensia. (2013). La cuestión ambiental en geografía histórica e historia ambiental: tradición, renovación y diálogos. *Revista de geografía Norte Grande*, (54), 109-128. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022013000100007>
- CLIRSEN. 2001. *Estudio multitemporal de manglares, camaroneras y áreas salinas en el Ecuador*. Guayaquil: CLIRSEN/INEFAN.
- Fraser, N. (2023). *Capitalismo Caníbal. Qué hacer con este sistema que devora la democracia y el planeta, y hasta pone en peligro su propia existencia*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- FUNDECOL. (2006). *Informe censo camaronero*. Informe de consultoría. Muisne.

- FUNDECOL. (2008). *Plan de manejo participativo y comunitario del refugio de Vida Silvestre del Estuario de manglares Muisne-Cojimés*. Quito.
- Gallini, Stefania. (2009). Historia, ambiente, política: el camino de la historia ambiental en América Latina. *Nómadas*, (30), 92-102, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-75502009000100008&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75502009000100008&lng=en&tlng=es).
- Harvey, D. (2004). *El nuevo imperialismo: acumulación por desposesión*. *Socialist Register*, 102-129.
- INEC. (2010). *Censo de población y vivienda*. Quito: INEC.
- Larrea, C. (2005). *Hacia una historia ecológica del Ecuador: propuestas para el debate*. Quito: UASB, Corporación Editora Nacional.
- MAE. (2008). *Plan de manejo de la reserva ecológica Manglares Cayapas Mataje- REMACAN*. Quito.
- Minda Batallas, P. A., (2004). La deforestación en el norte de Esmeraldas (Eloy Alfaro y San Lorenzo). *Universitas-XXI, Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, (4), 95-127.
- Minda, P. (2020). *Hacia una historia ambiental de Esmeraldas: Los impactos de las economías extractivas*. Tesis Doctoral Universidad Andina Simón Bolívar. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bits-tream/10644/8578/1/TD170-DELA-Minda-Hacia.pdf>
- Montañez Pico, D. (2020). *Marxismo negro. Pensamiento descolonizador del Caribe Anglófono*. México. DF: AKAL.
- PROECUADOR. 2013. "*Boletín de Comercio Exterior*". PROECUADOR.
- Rappaport, Roy. 1987. *Cerdos para los antepasados: El ritual en la ecología de un pueblo de Guinea*. Madrid: Siglo XXI Editores
- Romero Salgado, N. (2014). Neoliberalismo e industria camaronera en Ecuador. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (15), 55–78. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.15.2014.1257>
- Sunkel, O. (1981). *La dimensión ambiental en los estilos de desarrollo en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL/PNUMA.
- Svampa, M, Slipak, A. (2015). China en América Latina: del consenso de los commodities al consenso de Beijing. *Revista Ensamblés*. 2(3), pp. 34-63.

- Svampa, M. (2017). Cuatro claves para leer América Latina. *Revista Nueva Sociedad*. 268 (1), pp. 50-64.
- Stiglitz, J. (2003) El rumbo de las reformas. Hacia una nueva agenda para América Latina. *Revista de la CEPAL*, 80(1), pp. 7-40.
- Tortolero Villaseñor, Alejandro. (2006). Presentación: La historia ambiental en América Latina. Por un intento de historizar la ecología. *Signos históricos*, 8(16), 8-14. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-44202006000200008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-44202006000200008&lng=es&tlng=es).

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## **Unidad III**

### **Ecofisiología de cultivos tropicales**



# I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

Páginas: 129-146

Código DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9-cap6>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/113>

## Efecto de la aspersión foliar de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> sobre la fisiología de cinco híbridos de cacao

Effect of foliar spraying of SiO<sub>2</sub> nanoparticles on the physiology of five cocoa hybrids

Edson Fabian De La Cruz De La Cruz<sup>1</sup>, Francisco Rosero Ibarra<sup>1</sup>,  
Leidy Laura Gracia Vela<sup>1</sup>, Wilmer Tezara<sup>1,2\*</sup>

### Resumen

Se evaluó el efecto de la aspersión foliar con nanofertilizantes (NFs) de dióxido de silice (NFs-SiO<sub>2</sub>), Nanopartículas de SiO<sub>2</sub> (NPs-SiO<sub>2</sub>) y NFs de SiO<sub>2</sub>-hierro (NFs- SiO<sub>2</sub>-Fe) sobre el potencial hídrico ( $\Psi$ ), la tasa de fotosíntesis (A), transpiración (E), conductancia estomática (g<sub>s</sub>), eficiencia de uso de agua (EUA), y el contenido de clorofila en 5 híbridos de cacao (CCN 51, EETP-800, EETP-801, APROCANE y PMA 12); con la finalidad de identificar híbridos con una mejor respuesta fisiológica a los tratamientos de aspersión foliar. La aspersión de NFs y NPs de SiO<sub>2</sub>, no afectó significativamente el

1. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas; Esmeraldas, Ecuador.

2. Universidad Central de Venezuela; Caracas, Venezuela.

Edson Fabian De La Cruz De La Cruz  <https://orcid.org/0009-0000-9411-4348>

Francisco Rosero Ibarra  <https://orcid.org/0000-0002-2711-2323>

Leidy Laura Gracia Vela  <https://orcid.org/0009-0006-3061-3037>

Wilmer Tezara  <https://orcid.org/0000-0002-2666-0571>



$\Psi$  de los híbridos de cacao. La NFs-SiO<sub>2</sub> causó un efecto significativo sobre la E en la interacción (híbrido x NFs) y en la EUA en el tratamiento de aspersión. La aspersión con NPs-SiO<sub>2</sub> afectó significativamente de A, E entre los híbridos de cacao y E, g<sub>s</sub> y EUA en el tratamiento NPs. Por el contrario, la aspersión NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe no afectó ningún parámetro de intercambio gaseoso, pero disminuyó el contenido de clorofila. En CCN-51, EETP-800 y PMA 12 asperjados con NFs-SiO<sub>2</sub>, se observó un aumento de 22% en A; las NPs-SiO<sub>2</sub> causaron una reducción significativa de E del 15%, mientras que la aspersión con NFs-SiO<sub>2</sub> tuvo un efecto de la interacción (híbrido x NPs) sobre E. Estos efectos se tradujeron en una mayor EUA, 21% en NFs-SiO<sub>2</sub> y 16,3% en NPs-SiO<sub>2</sub> en comparación con los testigos. La aspersión con NFs-SiO<sub>2</sub> y NPs-SiO<sub>2</sub>, podría ser beneficioso para mejorar el desempeño fisiológico en algunos híbridos de cacao.

**Palabras claves:** cacao, nanofertilizantes, fotosíntesis, fisiología, dióxido de sílice.

### Abstract

The effect of foliar spraying with silica dioxide nanofertilizers (NFs-SiO<sub>2</sub>), SiO<sub>2</sub> nanoparticles (NPs-SiO<sub>2</sub>) and SiO<sub>2</sub>-iron NFs (NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe) on water potential ( $\Psi$ ), photosynthetic rate (A), transpiration (E), stomatal conductance (g<sub>s</sub>), water use efficiency (WUE), and chlorophyll content in 5 cocoa hybrids (CCN 51, EETP-800, EETP-801, APROCANE and PMA 12) was evaluated; with the purpose of identifying hybrids with a better physiological response to foliar spray treatments. NFs-SiO<sub>2</sub> caused a significant effect on E in the interaction (hybrid x NFs) and on EUA in the spray treatment. Spraying with NPs-SiO<sub>2</sub> significantly affected A, E among cocoa hybrids and E, g<sub>s</sub> and EUA in the NPs treatment. In contrast, NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe spraying did not affect any gas exchange parameter, but decreased chlorophyll content. In CCN-51, EETP-800 and PMA 12 sprayed with NFs-SiO<sub>2</sub>, a 22% increase in A was observed; NPs-SiO<sub>2</sub> caused a significant reduction in E of 15 %, while NFs-SiO<sub>2</sub> spraying had an interaction effect (hybrid x NPs) on E. These effects resulted in a higher EUA, 21% in NFs-SiO<sub>2</sub> and 16.3% in NPs-SiO<sub>2</sub> compared to the controls. Spraying with NFs-SiO<sub>2</sub> and NPs-SiO<sub>2</sub> could be beneficial to improve physiological performance in some cocoa hybrids.

**Keywords:** cocoa, drought, photosynthesis, physiology, silica dioxide.

## Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es considerado uno de los cultivos tropicales más importantes del mundo, con una producción estimada de 5,24 millones de ton en 2020/2021, un estimado de 4,8 para el 2022, y se prevé 4,98 para el 2023. En el 2021/2022, la producción estimada de cacao en Ecuador fue de 365000 ton en un área de 631500 ha, siendo actualmente el primer productor en Latinoamérica y el tercer productor de cacao a nivel mundial (ICCO, 2023).

La demanda de alimentos debido al crecimiento de la población mundial ha impulsado el uso a gran escala de fertilizantes químicos, que en algunos casos ha ocasionado impactos negativos en el agroecosistema, como salinización de los suelos, así como la baja eficiencia del uso de nutrientes por parte de los cultivos, y las altas pérdidas de nutrientes a las aguas subterráneas (González Ulilbarry, 2019). Debido a la escasez de recursos y a la baja eficiencia de uso de los fertilizantes, el costo para el agricultor está aumentando drásticamente (Raliya *et al.*, 2017).

La nanotecnología se define como la investigación y el desarrollo tecnológico en una escala de 1 a 100 nm (nanopartículas; NPs) utilizando átomos, moléculas o macromoléculas (Raliya *et al.*, 2017; Ram, 2018). La nanotecnología puede ser la clave para la evolución de la ciencia de la agricultura de precisión, se perfila como una estrategia prometedora que ofrece un gran potencial para adaptar la producción de fertilizantes con la composición química deseada, mejorar la eficiencia de uso de agua (EUA) y nutrientes, reducir el impacto ambiental y aumentar la productividad de los cultivos (Morales-Díaz 2017; Raliya *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2020).

En el sector agrícola, las aplicaciones de la nanotecnología pueden ser ampliamente clasificados en los siguientes sectores principales: (1) producción de cultivos mediante el uso de nanoherbicidas/nanopesticidas y nanomateriales para controlar las enfermedades virales y fúngicas de las plagas; (2) agricultura de precisión; (3) Mejoramiento de cultivo utilizando nanofertilizantes (NFs) y nanobiosensores para sistemas de suelo/planta, y para nanoremedación de suelos, agua y alimentos. Los NFs son altamente eficientes (50-70%) en términos de liberación controlada de los nutrientes, pueden ser cruciales para la nutrición vegetal, y tienen un potencial considerable para mejorar la retención de diferentes nutrientes para producción óptima de cultivos (Shalaby *et al.*, 2022).

Las NPs han exhibido un potencial significativo para promover la fotosíntesis y mejorar la productividad de los cultivos, por lo tanto, comprender las interacciones fundamentales entre las NPs y las plantas es crucial para el desarrollo sostenible de la agricultura (Wang *et al.*, 2020). Consideramos importante utilizar una reciente herramienta tecnológica, como lo es la fertilización foliar con NFs o NPs y evaluar el efecto de NFs y NPs de dióxido de Sílice (NFs-SiO<sub>2</sub> y NPs-SiO<sub>2</sub>), respectivamente, sobre los aspectos fisiológicos de cacao ecuatoriano. Se han reportado muchos estudios relacionados con el uso de NPs en un gran número de especies de cultivos (Morales-Díaz *et al.*, 2017; Raliya *et al.*, 2017); sin embargo, las investigaciones realizadas relacionadas con la aplicación de NFs-SiO<sub>2</sub> sobre las respuestas y rendimientos fisiológicos de plantas de cultivos son escasos, especialmente en cacao (Gómez-Vera *et al.*, 2021).

Los NFs tienen muchos atributos distinguidos, como una alta eficiencia de absorción de nutrientes, modos de liberación controlada, duraciones efectivas de la liberación de nutrientes y una tasa de pérdida reducida de los nutrientes fertilizantes. Estos beneficios de los NFs pueden respaldar su papel en la producción de mayores rendimientos de cultivos de alta calidad. Los beneficios también incluyen la producción de bajo costo y síntesis ecológica de NFs, que pueden reducir el uso de fertilizantes tradicionales. Además, la gestión de la nutrición de los cultivos podría lograrse mediante el uso de NFs, que pueden mejorar la productividad de los cultivos y mejorar su tolerancia al estrés biótico/abiótico (Shalaby *et al.*, 2022).

Los NFs tienen un papel importante en los procesos fisiológicos y bioquímicos de los cultivos al aumentar la disponibilidad de nutrientes, lo que ayuda a mejorar los procesos metabólicos y promueve las actividades meristemáticas que provocan un mayor crecimiento apical y un área fotosintética (Mahil y Kumar, 2019). Al respecto, Gómez-Vera *et al.* (2021) demostraron que los NFs-SiO<sub>2</sub> mejoraron la capacidad fotosintética de dos clones de cacao Criollo, lo cual se correlacionó con una disminución en la conductancia estomática (g<sub>s</sub>) y con aumento en la A, la EUA, la tasa de transporte de electrones (J) y en las variables de crecimiento (altura, altura de la rama principal del injerto, diámetro del injerto).

Por todo lo mencionado, se sugiere que NFs-SiO<sub>2</sub> pueden ser un agroinsumo atractivo para los agricultores y productores de cacao, ya que pueden mejorar el crecimiento y el rendimiento de la planta. En plantas de cacao sometidas a déficit hídrico ante la aspersión foliar de SiO<sub>2</sub> no nanoestructurado, se observó un incremento en la densidad de centros de reacción activos del

PSII y del índice de rendimiento para la conservación de energía hasta la reducción del aceptor final de PSI, demostrando que el Si aumenta la eficiencia fotoquímica de la especie. También, se observó una reducción de la  $g_s$ , tasa de transpiración (E) y en el contenido relativo de agua (CRA) foliar en plantas no irrigadas a ciertas concentraciones de  $\text{SiO}_2$  (Zanetti *et al.*, 2016).

Recientemente, se ha demostrado que las NPs son una alternativa atractiva para la fabricación de NFs, los cuales son compuestos nutrientes de formulaciones nanoestructuradas que pueden ser aplicados a las plantas, permitiendo una absorción eficiente o liberación lenta de micronutrientes, macronutrientes, fungicidas e insecticidas, y por lo tanto son más efectivos y eficientes que los fertilizantes tradicionales debido a su mayor impacto en la calidad nutricional y la tolerancia al estrés de los cultivos (Elsheery *et al.*, 2020; Morales-Díaz *et al.*, 2017; Raliya *et al.*, 2017). Se han reportado una gran cantidad de estudios relacionados con el uso de NFs en un número exhaustivo de especies de cultivos (Elsheery *et al.*, 2020; Raliya *et al.*, 2017); sin embargo, las respuestas fisiológicas de las plantas a la aplicación de NF son escasas, especialmente, los efectos de la aplicación NFs- $\text{SiO}_2$  en cacao.

El objetivo de este estudio fue evaluar en tres diferentes experimentos el efecto de la aplicación foliar de NFs- $\text{SiO}_2$ , NPs- $\text{SiO}_2$  y NFs- $\text{SiO}_2$ -Fe sobre algunos rasgos fisiológicos de 5 híbridos de cacao ecuatoriano (CCN 51, APRO-CANE, EETP-800, EETP 801 y PMA 12) cultivadas en un vivero. Por lo tanto, se planteó la siguiente hipótesis: la aspersión foliar de NFs- $\text{SiO}_2$ , NPs- $\text{SiO}_2$  y NFs- $\text{SiO}_2$ -Fe causará un efecto positivo en el potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ), la tasa de fotosíntesis (A), y la eficiencia de uso de agua (EUA); reducirá la conductancia estomática ( $g_s$ ) y la transpiración (E) en los híbridos de cacao ecuatoriano.

## Materiales y Métodos

### Material vegetal y Localización del experimento

Se evaluaron 370 plántulas de cinco híbridos de cacao, resultado de la germinación de semillas de mazorcas provenientes de libre polinización (*Tabla 17*). Las mazorcas fueron colectadas en la Finca del Sr. Enqui Valencia ubicada al Norte de la provincia de Esmeraldas, y cultivadas en el campus Mutile en la FACAP perteneciente a la Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas.

Se realizaron tres experimentos independientes aplicando la aspersión foliar en plantas de cacaos ecuatorianos de 9 meses de edad: i. Nanofertilizantes (NFs) de dióxido de sílice (NFs- $\text{SiO}_2$ ), ii. Nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  (NPs- $\text{SiO}_2$ ) y iii. NFs de dióxido de sílice-óxido de hierro (NFs- $\text{SiO}_2$ -Fe). El NFs es un

nanocompuesto de nanopartículas de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) dopadas con diferentes elementos. Los NFs son compuestos encapsulados con NPs de SiO<sub>2</sub> (NFs-SiO<sub>2</sub>), consistieron en SiO<sub>2</sub> dopado con 0,025% de Co, 0,025% de B, 0,025% de Mo, 0,35% de Mg, 0,15% de Fe, 0,15% de Cu, 0,10% de Mn, 0,25% de Zn, 0,35% Ca y 0,20% S, y recubierto en una matriz de quitosano (N:P:K, 15:15:15) (Gómez-Vera *et al.*, 2021). La solución asperjada a las plantas fue de 25 ml/planta, cada 15 días.

**Tabla 17.**

*Genotipos de las plantas adultas donde se colectaron las mazorcas provenientes de libre polinización (PMA12, EET-P800, EET-P801, APROCANE y CCN51).*

Variedad	Descripción y características del clon de donde se tomaron las mazorcas
PMA12	El Sr. Máximo Pincay logro seleccionar variedades de cacao nacional productivas y propagarlas, hasta dar con la que hoy es su variedad estrella: el cacao PMA 12 o Cacao Pincay. El PMA 12 tiene un alto rendimiento (promedio produce 30 quintales de cacao seco por hectárea), aumentando a 40 en las zo-nas costeras de San Lorenzo y Eloy Alfaro, en la provincia de Esmeraldas.
EETP-800	Proveniente del cruce CCN 51 × EET 233, la planta 'E5/T1/R2/A3' destacó por su productividad, los clones mostraron floración en el primer y tercer tri-mestre del año, mazorca inmadura color verde y amarilla en su madurez, auto-compatible, producción precoz (14 meses), índice de mazorca de 18, promedio de 46 semillas por mazorca e índice de semilla de 1.40, que según INEN (2018), le ubica en la categoría "Arriba Superior Summer Selecta" (Loor-Solórzano <i>et al.</i> , 2019).
EET-P801	Proveniente del cruce CCN 51 x EET-233 (Jaimez <i>et al.</i> , 2021), la planta 'E1.2.2/T4/R1/A9' destacó por presentar alto rendimiento productivo (2,4 a 3 t/ha/año de cacao seco) y de calidad. El clon INIAP-EETP-801 dispone de un perfil sensorial que le ubica dentro de los llamados cacaos finos y de aroma (Loor-Solórzano <i>et al.</i> , 2019).
APROCANE	Provenientes de Árbol ubicado del Norte de Esmeraldas, ubicado en la finca del Sr. Enqui Valencia. Cacao del grupo genético criollo, almendras de color blanco, con características homocigóticas. Susceptible a monilla ( <i>Moniliophthora roreri</i> ) y escoba de bruja ( <i>Moniliophthora perniciosa</i> ), árbol de crecimiento medio.
CCN-51	El CCN-51 se reconoce tradicionalmente como un clon originado a partir del triple cruzamiento de (IMC-67 X ICS-95) × "Canelo" (Oriente 1). ICS-95 (Imperial Collage Selection) es un clon Trinitario con aportes parentales del bajo Amazonas Forastero y criollos (Lanaud <i>et al.</i> , 2000). El análisis de ADN reveló IMC 67 (el alelo materno donante con una contribución significativa a la estructura genética global) seguido por ICS 95 (se originó de la hibridación de Criollo y Amelonado) y finalmente algunos alelos relacionados con la gené-tica Iquitos, Criollo y Amelonado (Boza <i>et al.</i> , 2014). Es una variedad de alto rendimiento y con alta resistencia a las enfermedades que se cultiva para la industria del chocolate de calidad comercial (Jaimez <i>et al.</i> , 2022).

Nanopartículas de dióxido de sílice  $\text{NPs-SiO}_2$  recubiertas con quitosano, pero sin estar dopadas con nutrientes. La cantidad de dióxido de sílice para preparar la solución a aplicar es de 0,4g/lit y la cantidad de solución asperjado a las plantas fue de 30 ml/planta, con una frecuencia de cada 15 días.

Las  $\text{NPs SiO}_2\text{-Fe}$  son nanopartículas de tamaño entre 5-50 nm de óxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ , 70%), hierro (Fe, 27,3%), Sílice (Si, 32, 9%) recubierto en una matriz de quitosano (N:P:K, 15:15:15; 4,7 %). Las  $\text{NPs de SiO}_2$  se sintetizaron a partir de cáscaras de arroz (RHs). Las cáscaras de arroz se lavaron y lixiviaron en una solución acuosa de HCl al 1% m/v durante 24 horas.

Los nanofertilizantes de  $\text{SiO}_2$  fueron producidas por el Dr. Jimmy Castillo de la Universidad Central de Venezuela, con el financiamiento de la compañía WP Agropecuaria.

Las plántulas de los 5 híbridos de cacao, se plantaron en fundas de 1 kg con un suelo de textura franco-arenoso (58% arena, 40% limo y 2% arcilla), proveniente de una vega de San Mateo (Esmeraldas), con las siguientes características: ligeramente ácido pH 6,3; bajo en Materia orgánica 2.4%; Baja concentraciones de  $\text{NH}_4$  y P (9 y 6 ppm); K (M), Ca (M) y Mg (A) de 0.25, 6 y 3.8 meq/100 ml, respectivamente; S (B), Zn (M), Cu (A), Fe (A) y Mn (M) con contenidos 4, 3.2, 11.6, 102, 5.3 y 0.38 ppm. (B, bajo, M medio y A, alto) según análisis realizados en el Laboratorio de suelo, tejidos vegetales y Aguas del INIAP. Las plantas se fertilizaron con un 40 g de NPK (triple 15) cada 15 días, para suplir las deficiencias mostradas por el análisis químico del suelo. Luego las plántulas se trasplantaron a fundas de 10 kg y se dejaron ahí por un mes para su aclimatación, antes de iniciar los experimentos de nanofertilización.

### Diseño experimental

Al inicio de los experimentos se tomaron 370 plantas de 5 diferentes híbridos de cacao con características homogéneas, en promedio mostraron una altura de 56,6 cm, 19-20 hojas, diámetro del tallo de 1,1 cm y diámetro de copa de 43 cm. El diseño experimental fue completamente aleatorio con una disposición bifactorial, sin nanofertilización (testigo) y con nanofertilización. Se realizaron tres experimentos independientes: i. experimento 1, se usaron 160, 80 plantas testigo (Sin  $\text{NFs-SiO}_2$ ) y 80 con  $\text{NFs-SiO}_2$  (unidad experimental 16 plantas por híbrido), ii. experimento 2, se usaron 150 plantas, 75 plantas testigo (Sin  $\text{NPs-SiO}_2$ ) y 75 con  $\text{NPs-SiO}_2$  (unidad experimental 15 plantas por híbrido), y iii. experimento 3, se usaron 60 plantas, 30 plantas testigo (sin  $\text{NFs-SiO}_2\text{-Fe}$ ) y 30 con  $\text{NFs-SiO}_2\text{-Fe}$  (unidad experimental 6 plantas por híbridos). Las combinaciones para cada experimento generaron 10 diferentes tra-

tamientos (5 híbridos de cacao x 2 tratamientos). La aspersión foliar de cada experimento se hizo cada 15 días durante tres meses, cuando se realizaron las medidas Fisiológicas.

### **Variables microclimáticas**

La densidad de flujo de fotones fotosintéticos (DFF) se midió con un sensor cuántico (LI-250, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA). La temperatura de la hoja y del suelo se midió con termistores (YSI 04B0618-409B) conectados a un Switch Craft LN4153-405 (8402-10, Cole-Parmer Instrument Company, IL, USA) y conectado a un teletermómetro (Yellow Springs Instruments Co, Texas, USA). Adicionalmente la temperatura del aire y la humedad relativa en el vivero se midió durante todo el experimento con dos registradores HOBO Pro V2 y los datos se almacenaron en un HOBO Waterproof Computer Corporation, Pocasset, MA, USA.

### **Variables Fisiológicas**

#### *Potencial Hídrico Foliar ( $\Psi$ )*

Se evaluó el estado hídrico foliar de cada híbrido, midiendo el potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ) mediante una Cámara de Presión (Bomba Scholander, PMS, Corvallis, OR, USA), conectada a un tanque que contiene de nitrógeno comprimido. El  $\Psi$  se evaluó entre 6:00- 9:00 am, en hojas de 6 diferentes plantas de cada tratamiento (n=6).

#### *Intercambio Gaseoso*

Las mediciones del intercambio de gases foliar se realizaron en hojas intactas con un analizador infrarrojo de gases portátil (CIRAS-II, PP Systems Inc., Amesbury, MA, USA) conectado a un PLC de cámara foliar (B). Todas las medidas se realizaron en hojas adultas completamente expandidas y sanas entre la tercera y cuarta hoja de la planta. El intercambio gaseoso se realizó entre 7:30 am y 15:00 pm. De cada híbrido se tomaron 6 plantas para hacer intercambio gaseoso (n=6). Las mediciones se realizaron con una DFF de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (luz proporcionada por una unidad de luz basada en LED del mismo fabricante), una concentración de  $\text{CO}_2$  de  $415 \pm 5$  ppm ambiental,  $28.0 \pm 0.5$  °C de temperatura foliar y un déficit de presión de vapor hoja-aire (DPV) de  $1.3 \pm 0.3$  KPa.

#### *Contenido de clorofilas*

Se determinó la concentración de clorofila mediante el uso de un medidor de clorofilas SPAD-502 Plus (SPAD 502DL Plus, Minolta, Japón). Se midió la

concentración de clorofilas en 5 diferentes hojas en 6 plantas por cada tratamiento (n=6).

### **Análisis estadístico**

Se utilizó el software Statistica versión 10 para realizar el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías: factor 1 (híbridos) y factor 2 (aspersión de NPs o NFs según el experimento) de las variables evaluadas. Se aplicó la prueba a posteriori de Tukey para conocer la significancia ( $p < 0.05$ ) de diferencias observadas en las variables estudiadas.

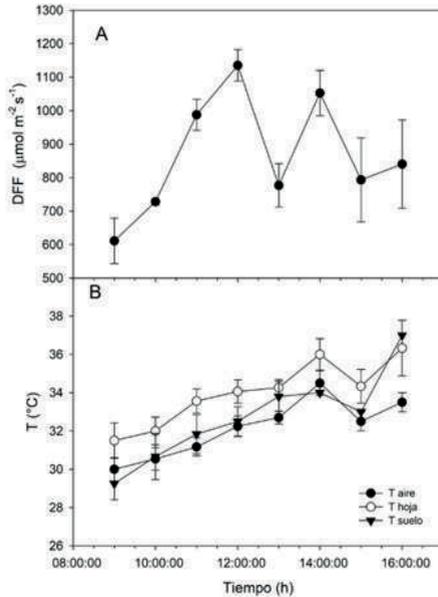
## **Resultados**

### **Microclima**

Los máximos valores de DFF ( $1100 \pm 100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) fueron observados al mediodía; mientras que las máximas temperaturas aire ( $34 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y temperatura foliar ( $35 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) se observaron al 14:00 h. La  $T_a$  mínimo ( $29 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y la temperatura del suelo ( $29 \text{ }^\circ\text{C}$ ) se encontraron en horas de la mañana (*Figura 21*). Las máximas y mínimas HR (95-65%, datos no mostrados).

**Figura 21.**

Densidad de flujo fotónico (DFF), temperatura aire (círculos negros), temperatura foliar (círculos abiertos) y temperatura del suelo (triángulos invertidos), evaluadas en condiciones de vivero donde se realizaron los experimentos con los 5 híbridos de cacao. Los valores representan la media  $\pm$  error estándar ( $n = 6$ ).



**Estado hídrico**

La aspersión de NFs y NPs de  $\text{SiO}_2$ , no afectó significativamente el  $\Psi$  de los híbridos de cacao, los valores de  $\Psi$  fueron similares entre los tratamientos asperjados y los testigos (*Tabla 18*). Los  $\Psi$  mostraron valores entre -0,97 y -1,38 MPa en NFs- $\text{SiO}_2$ ; -0,37 y -0,51 MPa en NPs- $\text{SiO}_2$  y -0,85 y -1,48 en NFs- $\text{SiO}_2$ -Fe. Estos resultados indicaron que la aspersión con NPs y NFs no efecto el estado hídrico foliar en los 5 híbridos evaluados. En el experimento con NFs- $\text{SiO}_2$  se observaron diferencias en  $\Psi$  entre los híbridos de cacao estudiados. Valores similares de  $\Psi$  se han reportados en 31 accesiones de cacao venezolano, evaluados en lluvias y sequía en condiciones de campo (Tezara *et al.*, 2020). Las diferencias de  $\Psi$  observados en los diferentes experimentos se deben a la hora en que fue evaluado.

**Tabla 18.**

Potencial hídrico en la mañana ( $\Psi$ , MPa) en hojas de híbridos de cacao: testigos, sin NPs (T) y asperjadas durante tres meses con nanofertilización foliar con NFs-SiO<sub>2</sub>, NPs-SiO<sub>2</sub> y NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe en condiciones de viveros. Los valores son las medias  $\pm$  error estándar ( $n = 6$ ).

Híbrido	Tratamiento	NFs-SiO <sub>2</sub>	NPs-SiO <sub>2</sub>	Nfs-SiO <sub>2</sub> -Fe
CCN-51	T	-1,38 $\pm$ 0,06 a	-0,44 $\pm$ 0,03 a	-1,13 $\pm$ 0,13 a
	NPs	-1,07 $\pm$ 0,09 a	-0,40 $\pm$ 0,02 a	-1,43 $\pm$ 0,19 a
EET-800	T	-1,27 $\pm$ 0,11 a	-0,44 $\pm$ 0,05 a	-1,20 $\pm$ 0,38 a
	NPs	-1,27 $\pm$ 0,08 a	-0,37 $\pm$ 0,02 a	-1,08 $\pm$ 0,06 a
EET-801	T	-1,20 $\pm$ 0,13 a	-0,51 $\pm$ 0,02 a	-1,45 $\pm$ 0,16 a
	NPs	-1,05 $\pm$ 0,05 a	-0,46 $\pm$ 0,05 a	-0,85 $\pm$ 0,26 a
APROCANE	T	-0,98 $\pm$ 0,06 a	-0,47 $\pm$ 0,04 a	-1,38 $\pm$ 0,25 a
	NPs	-0,97 $\pm$ 0,13 a	-0,43 $\pm$ 0,04 a	-1,35 $\pm$ 0,10 a
PMA-12	T	-1,20 $\pm$ 0,08 a	-0,42 $\pm$ 0,06 a	-0,98 $\pm$ 0,10 a
	NPs	-1,13 $\pm$ 0,09 a	-0,51 $\pm$ 0,05 a	-1,48 $\pm$ 0,31 a
<i>p</i> (híbrido)		0,04	0,23	0,91
<i>p</i> (NPs)		0,08	0,85	0,99
<i>p</i> (interacción)		0,48	0,67	0,25

Los valores de *p* indican el efecto de los factores sobre las variables dependientes mediante un ANOVA de dos vías (híbridos  $\times$  nanofertilización). Letras diferentes en las columnas muestran diferencias entre tratamientos tras la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### Intercambio de gases

La aspersión con NFs-SiO<sub>2</sub> causó un efecto significativo sobre la E en la interacción (híbrido  $\times$  NPs) y en la EUA en el tratamiento asperjado con NFs. La aspersión con NPs-SiO<sub>2</sub> afectó significativamente de A, E entre los híbridos de cacao y E, g<sub>s</sub> y EUA en el tratamiento asperjados con NPs. Por el contrario, la aspersión foliar con NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe no afectó ninguno de los parámetros de intercambio gaseoso (*Tabla 19*).

En los tres experimentos se encontraron valores de A entre 5,6 - 13,7  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . En tres híbridos (CCN-51, EETP-800 y PMA 12) asperjados con NFs-SiO<sub>2</sub>, se observó en promedio un aumento de 22% en A; mientras que se observaron diferencias entre los híbridos asperjados con NPs-SiO<sub>2</sub> (9,98-13,50  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), por el contrario, no hubo diferencias en A en los cacaos asperjados con NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe en comparación con los testigos (*Figura 22*).

**Tabla 19.**

*Estadístico F y valores p, para los 3 experimentos con nanofertilización foliar (NFs-SiO<sub>2</sub>, NPs-SiO<sub>2</sub> y NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe) en condiciones de viveros, que indican el efecto de los factores sobre los parámetros de intercambio gaseoso mediante un ANOVA de dos vías (híbridos × nanofertilización). Números en rojos indican diferencias significativas para ese factor de variación (p < 0,05).*

Parámetros	Factor	NFs-SiO <sub>2</sub>		NPs-SiO <sub>2</sub>		NFs-SiO <sub>2</sub> -Fe	
		F	P	F	p	F	P
A ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Híbrido	2,05	0,10	8,21	0,00	0,86	0,50
	NPs	3,53	0,07	0,00	0,98	0,00	0,97
	Híbrido×NPs	1,21	0,32	0,43	0,78	0,48	0,75
E ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Híbrido	1,23	0,31	3,96	0,00	0,82	0,52
	NPs	0,30	0,58	9,25	0,00	0,00	0,96
	Híbrido×NPs	4,21	0,00	0,62	0,65	0,94	0,46
g <sub>s</sub> ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Híbrido	0,42	0,79	1,69	0,16	1,66	0,19
	NPs	0,04	0,84	14,09	0,00	0,46	0,50
	Híbrido×NPs	2,54	0,05	0,49	0,74	0,91	0,47
EUA ( $\text{mmol mol}^{-1}$ )	Híbrido	0,32	0,86	1,89	0,12	1,62	0,19
	NPs	4,21	0,05	5,74	0,02	0,09	0,77
	Híbrido×NPs	0,63	0,65	0,96	0,43	0,19	0,94

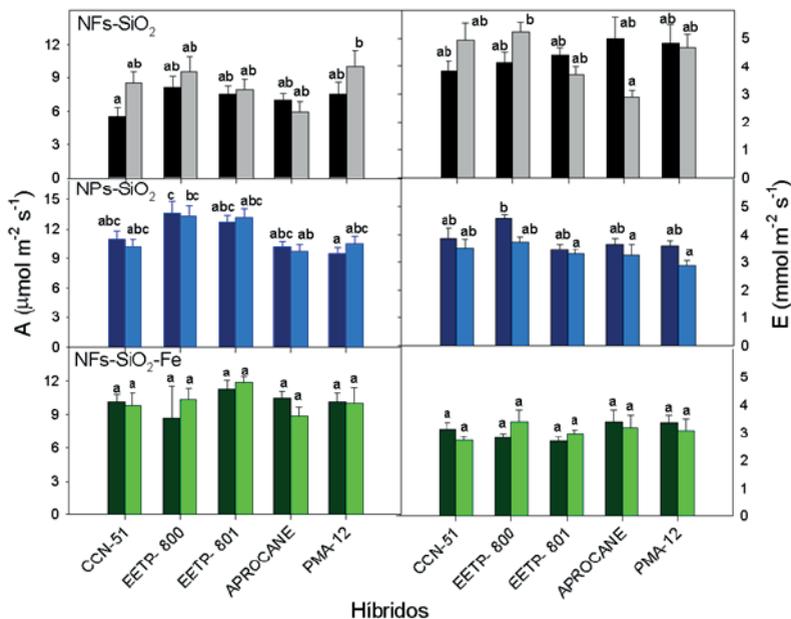
Los valores de A promedio obtenidos concuerdan con los reportados previamente en diferentes clones de cacao ecuatoriano (Tezara Fernández *et al.*, 2020, Jaimez *et al.*, 2018, 2021). Un efecto similar de los NFs-SiO<sub>2</sub> sobre A fue reportado en dos clones de cacao criollos (OC-61 y BR-05), en Venezuela (Gómez-Vera *et al.*, 2021).

Estos resultados podrían deberse principalmente al suministro constante y eficiente de nutrientes a las plantas, necesarios para suplir todos los requerimientos de las funciones esenciales y específicas del metabolismo durante su desarrollo (Latsague *et al.*, 2014). Nutrientes esenciales, como el N, son requeridos durante el proceso de fotosíntesis, debido a que son unos de los principales bioelementos indispensables para la síntesis de macromoléculas orgánicas (ácidos nucleicos) y en la bioquímica de muchos compuestos no proteicos como las enzimas y los pigmentos fotosintéticos (Maathuis, 2009).

La E mostró valores entre 2,70 y 5,23  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Las NPs  $\text{SiO}_2$ , causó una reducción significativa de E del 15%, mientras que la aspersión foliar con NFs- $\text{SiO}_2$  tuvo un efecto de la interacción (híbrido  $\times$  NPs) sobre E, indicando que cada híbrido de cacao respondió de manera diferencial a la aspersión foliar (Figura 22).

**Figura 22.**

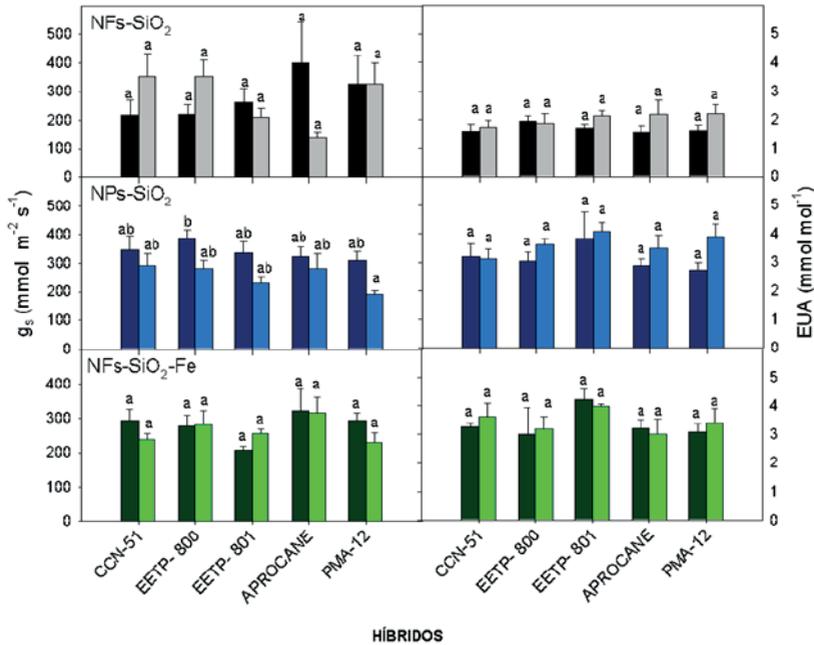
*Tasa de Fotosíntesis (A) y transpiración (E) en hojas en las plántulas de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.), testigos, sin NPs (barras oscuras) y asperjadas durante tres meses con nanofertilización foliar con NFs- $\text{SiO}_2$  (barras grises), NPs- $\text{SiO}_2$  (celestes) y NFs- $\text{SiO}_2$ -Fe (verde claro) en condiciones de viveros. Los valores son las medias  $\pm$  error estándar ( $n = 6$ ). Letras diferentes en cada barra dentro de cada grafica muestran diferencias significativas,  $p < 0,05$ .*



En los tres experimentos se encontraron valores de  $g_s$  entre 138 y 400  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . En los cinco híbridos, asperjados con NFs- $\text{SiO}_2$ , se observó en promedio una reducción del 33% en  $g_s$  (Figura 23). La EUA fue significativamente mayor en un 21,5% en los cacaos asperjados con NFs- $\text{SiO}_2$  (1,67 a 2,03  $\text{mmol mol}^{-1}$ ); mientras que aumento en 16,3% en los híbridos asperjados con NPs- $\text{SiO}_2$  (3,64  $\text{mmol mol}^{-1}$ ) en comparación con los testigos (3.13  $\text{mmol mol}^{-1}$ ) (Figura 23).

**Figura 23.**

Conductancia estomática ( $g_s$ ) y eficiencia de usos de agua (EUA) en hojas en las plántulas de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.), testigos, sin NPs (barras oscuras) y asperjadas durante tres meses con nanofertilización foliar con NPs-SiO<sub>2</sub> (barras grises), NPs-SiO<sub>2</sub> (celestes) y NPs-SiO<sub>2</sub>-Fe (verde claro) en condiciones de viveros. Los valores son las medias  $\pm$  error estándar ( $n = 6$ ). Letras diferentes en cada barra dentro de cada grafica muestran diferencias significativas,  $p < 0,05$ .



Los cambios en  $g_s$  se relacionan con el control de la pérdida de agua, por transpiración y la asimilación de CO<sub>2</sub> a través de las estomas, por lo tanto, la reducción de la  $g_s$  se traduciría en una disminución en la E, evitando la pérdida excesiva de agua durante el intercambio gaseoso (Tognetti *et al.*, 1998). Se ha reportado la reducción de la  $g_s$  y E en plantas de cacao sometidas a estrés por déficit hídrico ante la aspersión foliar de SiO<sub>2</sub> no nanoestructurado (Zanetti *et al.*, 2016). En plantas de pera silvestre, reportaron una reducción significativa de E ante la irrigación de NPs-SiO<sub>2</sub> (Zarafshar *et al.*, 2015). Esto contribuye a la mitigación de los efectos del estrés abiótico a nivel fisiológico, como el déficit hídrico y la disponibilidad de nutrientes, por a través del au-

mento de la captación de agua a través de las raíces, manteniendo el balance de nutrientes, reduciendo la pérdida de agua por E y promoviendo la A (Zhu y Gong, 2014).

La mejora en el balance de  $\text{CO}_2$  y en la pérdida de agua se traduce en un incremento de la EUA, por lo que híbridos de cacao podrían ser más eficientes en el uso de agua durante el intercambio gaseoso cuando se les aplica el NFs y NPs, similar a lo reportado en cacaos Criollos venezolanos (Gómez-Vera *et al.*, 2021). En algunos híbridos de cacao se obtuvo una mayor EUA, producto de la aspersión foliar del NFs y NPs de  $\text{SiO}_2$  en comparación con el testigo.

Por lo tanto, las NPs y NFs de  $\text{SiO}_2$  podrían promover una mayor resistencia a la pérdida de agua durante los períodos secos (Ahmed *et al.*, 2016; Zarafshar *et al.*, 2015; Raliya *et al.*, 2017), aspecto de gran interés para el cacao, ya que es un cultivo perenne que puede verse afectada su productividad a períodos breves sequía, por lo que se promueve la búsqueda de nuevas estrategias para superar esta limitación (Bae *et al.*, 2009). Similarmente, han reportado que la aplicación de NPs-  $\text{SiO}_2$  mejoró la capacidad fotosintética de plantas bajo estrés salino, y mejoró la EUA por la reducción significativa de  $g_s$  y de E en *Solanum lycopersicum* (Haghighi y Pessaraki, 2013).

Estas respuestas fisiológicas confirman que efectivamente las NFs y NPs comprendidas en un tamaño de 34 nm, sí pueden ser utilizadas como un medio de suministro y transporte de nutrientes en plantas de cacao. Posiblemente, la incorporación de las NP estuvo mediada por mecanismos de penetración cuticular como la ruta “polar” o “de los poros acuosos” (Schönherr, 2006; Schreiber y Schönherr, 2009), ya que el cacao es una planta con hojas hipoestomáticas.

Los valores de unidades SPAD en plantas asperjadas con NPs- $\text{SiO}_2$  y NFs- $\text{SiO}_2$  y los testigos fueron similares, es decir no hubo efecto de la aspersión foliar sobre el contenido de clorofila (*Tabla 20*). Similar, a lo reportado en cacao criollo asperjados NFs- $\text{SiO}_2$  (Gómez-Vera *et al.*, 2021). Esto probablemente se deba al posible requerimiento de macronutrientes en la síntesis de proteínas que intervienen directamente en el proceso fotosintético, como por ejemplo la ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa (RubisCO) en mayor grado que para la síntesis de clorofilas. Sin embargo, se observó una reducción significativa del 10% en plantas asperjadas con NFs- $\text{SiO}_2$ -Fe, sugiriendo pérdida de clorofilas al usar NFs- $\text{SiO}_2$  con hierro (*Tabla 20*). Esta reducción podría ser debida al efecto de un exceso de hierro foliar sobre la síntesis de clorofila; sin embargo, más estudios en esta dirección deben realizarse. Se ha

propuesto que la reducción del contenido de pigmentos fotosintéticos puede ser un indicador de toxicidad por las NPs (Rico *et al.*, 2013), hipótesis que podría ser cierta ya que se observó un efecto negativo del NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe sobre el contenido de pigmentos fotosintéticos. En cambio, en *Triticum* spp y *Lupinus albus*, se reportó un aumento en la concentración de pigmentos fotosintéticos y proteínas solubles totales, después del riego con altas concentraciones de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> (Sun *et al.*, 2016).

**Tabla 20.**

*Unidades SPAD en hojas de híbridos de cacao: testigos, sin NPs (T) y asperjadas durante tres meses con nanofertilización foliar con NFs-SiO<sub>2</sub>, NPs-SiO<sub>2</sub> y NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe en condiciones de vivero. Los valores son las medias ± error estándar (n = 12).*

Híbrido	Tratamiento	NFs-SiO <sub>2</sub>	NPs-SiO <sub>2</sub>	NFs-SiO <sub>2</sub> -Fe
CCN-51	T	42,4 ± 1,2 a	39,7 ± 1,3 a	43,2 ± 0,7 ab
	NPs	44,2 ± 0,7 a	40,0 ± 2,6 a	39,9 ± 1,3 ab
EET-800	T	44,4 ± 1,6 a	40,1 ± 1,3 a	43,5 ± 0,87 c
	NPs	43,2 ± 0,6 a	41,2 ± 1,4 a	38,9 ± 0,9 ab
EET-801	T	42,4 ± 2,4 a	40,2 ± 1,1 a	41,4 ± 1,2 ab
	NPs	42,5 ± 0,8 a	42,4 ± 1,7 a	43,1 ± 1,8 ab
APROCAN E	T	47,5 ± 4,2 a	37,2 ± 0,9 a	37,4 ± 1,9 a
	NPs	39,7 ± 1,7 a	39,8 ± 0,9 a	29,6 ± 1,1 a
PMA-12	T	44,2 ± 1,0 a	42,0 ± 1,7 a	44,7 ± 0,7 c
	NPs	44,9 ± 1,3 a	42,2 ± 1,9 a	39,7 ± 1,8
<i>p(híbrido)</i>		0,85	0,18	0,00
<i>p(NPs)</i>		0,27	0,20	0,00
<i>p(interacción)</i>		0,09	0,91	0,01

Los valores de p indican el efecto de los factores sobre las variables dependientes mediante un ANOVA de dos vías (híbridos × nanofertilización). Letras diferentes en las columnas muestran diferencias entre tratamientos tras la prueba de Tukey (p <0,05)

**Conclusiones**

La aspersión foliar con el NPs y NFs de SiO<sub>2</sub> fue beneficiosa para algunos de los híbridos de cacao estudiados. El NFs-SiO<sub>2</sub> generó efectos positivos en los aspectos fisiológicos relacionados con la fotosíntesis en algunos híbridos

de cacao; posiblemente relacionados con un incremento en la concentración de nutrientes foliares, tales como N y P, en el contenido de proteína soluble y del efecto beneficioso del Si sobre las plantas, traduciéndose en una mejora en la capacidad fotosintética de esta especie (aumentos significativos en A).

Simultáneamente, la aspersión del NFs- SiO<sub>2</sub> ocasionó un aumento en la EUA como resultado de la reducción de g<sub>s</sub> y E, a pesar que los pigmentos fotosintéticos no fueron afectados. Por lo tanto, los NFs de SiO<sub>2</sub> pueden ser agroinsumos atractivos para los agricultores y productores nacionales, ya que podrían aplicarse como un complemento para estimular el aparato fotosintético, el crecimiento y la resistencia de las plantas contra el déficit hídrico, durante su etapa más importante de desarrollo.

Se encontró una respuesta fisiológica diferencial a la aspersión con NPs y NFs de SiO<sub>2</sub> entre híbridos, siendo CCN-51, EETP-800 y PMA 12 los híbridos con mejor respuesta fisiológica durante las etapas de establecimiento y desarrollo. Es importante señalar que las NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe no afectó significativamente el intercambio gaseoso de los híbridos de cacao, pero redujo significativamente el 10% las unidades SPAD, sugiriendo pérdida de clorofilas. Aparentemente Las aplicaciones de nanofertilizantes foliar en condiciones de viveros de los 5 híbridos de cacao en el intercambio de gases fue beneficioso; sin embargo, hubo variación en la respuesta dependiendo del NFs-SiO<sub>2</sub> utilizadas, ya que NFs-SiO<sub>2</sub>-Fe no mostró un efecto positivo en los aspectos fisiológicos evaluados.

## Referencias Bibliográficas

- Ahmed M., Qadeer U., Ahmed Z.I. and Hassan F. (2016). Improvement of wheat (*Triticum aestivum*) drought tolerance by seed priming with silicon. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 62: 299–315.
- Bae, H., Sicher, R. C., Kim, M. S., Kim, S. H., Strem, M. D., Melnick, R. L., Bailey, B. A. (2009). The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. *J. Exp. Bot.* 60: 3279–3295.
- Boza E., Motamayor, J.C., Amores F., Cedeño S., Tondo C., Livingstone D., Schnell R., Gutiérrez O. (2014). Genetic characterization of the cacao cultivar CCN-51, its impact and significance on global cacao improvement and production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 139 (2): 219-229.
- Elsheery N., Sunoj V.S.J., Wen Y., Zhu J.J., Muralidharan G. and Cao K.F. (2020). Foliar application of nanoparticles mitigates the chilling effect on

photosynthesis and photoprotection in sugarcane. *Plant Physiology and Biochemistry*. 149: 50–60.

Gómez-Vera P., Blanco-Flores H., Francisco A.M., Castillo J., Tezara W. (2021). Silicon dioxide nanofertilizers improve photosynthetic capacity of two Criollo cocoa clones (*Theobroma cacao* L.). *Experimental Agriculture*. 57(2): 85–102. <https://doi.org/10.1017/S0014479721000065>.

González Ulibarry P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile | Asesoría Técnica Parlamentaria. Pag 1-5. Creative Commons Atribución 3.0 (CC BY 3.0 CL).

Haghighi M. and Pessaraki M. (2013). Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. *Scientia Horticulturae*. 161: 111–117.

ICCO, 2023 <https://www.icco.org/statistics/#production>. Available at <https://www.icco.org/statistics/other-statistical-data.html>.

INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización (2018). *Granos de cacao. Requisitos. Norma Técnica Ecuatoriana 176. Quinta Revisión*. Servicio Ecuatoriano de Normalización. Quito, Ecuador. 6 p.

Jaimez R., Amores F., Vasco A., Loor R., Tarqui O., Quijano, G., Jiménez, J., Tezara, W. (2018). Photosynthetic response to low and high light of cacao growing without shade in an area of low evaporative demand. *Acta biológica Colombiana*. 23: 95-103.

Jaimez R.E., Loor R., Arteaga F., Márquez V., Tezara W. 2021. Differential response of photosynthetic activity, leaf nutrient content and yield to long-term drought in cacao (*Theobroma cacao* L.) *Acta agronómica*. 70-3: 274-284. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n3.92252>

Jaimez R.E., Barragan L., Fernández-Niño M., Wessjohann L.A., Cedeño-García G., Sotomayor Cantos I., Arteaga F. (2022). *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: a comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. *PeerJ*. 10:e12676 <http://doi.org/10.7717/peerj.12676>

Lanaud C., Flament M.H., Nyassé S., Risterucci A.M., Fargeas D., Kébé I., Motilal L., Thévenin J.M., Paulin D., Ducamp M., Clement D., N'Goran J.A.K. and Cilas C. (2000). An account of the genetic basis of cocoa tree resistance to Phytophthora using molecular markers. 13th International Cocoa Research Conference, October 9–14, Kota Kinabalu, Malaysia.

- Latsague M., Sáez P., Mora M. (2014). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook.f. *Gayana Botánica*. 71: 37–42.
- Loor-Solórzano R.G., Amores-Puyutaxi F.M., Vasco-Medina S.A., Quiroz-Vera J.G., Casanova-Mendoza T de J., Garzón-Catota A.I., Sotomayor-Cantos I.A., Jiménez-Barragán J.C., Tarqui-Freire O.M., Rodríguez-Zamora G.A., Quijano-Rivadeneira G.C., Plaza-Avellán L.F., Guerrero-Castillo H.E., Zambrano-Flores F.G. (2019). INIAP-EET-800 "Aroma Pichilingue!", nueva variedad Ecuatoriana de cacao fino de alto rendimiento. *Revista Fitotecnia Mexico*. 42 (2): 187-189.
- Maathuis F.J. (2009) Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*. 12(3): 250– 258.
- Mahil E.I.T. Kumar B.N.A. (2019) Foliar application of nanofertilizers in agricultural crops – A review. *Journal of Farm Sciences*. 32(3): (239-249),
- Morales-Díaz A.B., Ortega-Ortíz H., Juárez-Maldonado A., Cadenas-Pliego G., González-Morales S., Benavides-Mendoza A. (2017) Application of nanoelements in plant nutrition and its impact in ecosystems. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*. 8: 1 – 13.
- Raliya R., Saharan V., Dimkpa C., Biswas P. (2017). Nanofertilizer for precision and sustainable agriculture: current state and future perspectives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66: 6487–6503.
- Ram P., Kumar R., Rawat A., Pandey P., Singh V.P. (2018). Nanomaterials for efficient plant nutrition. *International Journal of Chemistry*. 6: 867–871.
- Rico C.M., Hong J., Morales M.I., Zhao L.J., Barrios A.C., Zhang J.Y., Peralta-Videa J.R. and Gardea-Torresdey J.R. (2013). Effect of cerium oxide nanoparticles on rice: a study involving the antioxidant defense system and in vivo fluorescence imaging. *Environmental Science y Technology*. 47: 5635–5642.
- Schönherr J. (2006). Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. *Journal of Experimental Botany*. 57: 2471–2491.
- Schreiber L., Schönherr J. (2009). *Water and solute permeability of plant cuticles: Measurement and data analysis*. Germany: Springer Verlag, pp. 1–28.

- Shalaby T.A., Bayoumi Y., Eid Y., Elbasiouny H., Elbehiry F., Prokisch J., El-Ramady H., Ling W. (2022). Can Nanofertilizers Mitigate Multiple Environmental Stresses for Higher Crop Productivity?. *Sustainability*. 14: 3480. <https://doi.org/10.3390/su14063480>
- Tezara Fernández W., Valencia Caicedo E.E., Reynel Chila V.H., Bolaños Ortega M.J., Blanco-Flores H. (2020). Actividad fotosintética de 10 clones de cacao nacional y su relación con el rendimiento. *Revista ESPAMCIENCIA*. 11(1):19-27.
- Tezara W., Pereyra G., Ávila-Lovera E., Herrera A. (2020). Variability in physiological responses of Venezuelan cacao to drought. *Experimental Agriculture*. 56: 407–421.
- Tognetti R., Longobucco A., Miglietta F., Raschi A. (1998). Transpiration and stomatal behavior of *Quercus ilex* plants during the summer in a Mediterranean carbon dioxide spring. *Plant Cell Environment*. 21: 613- 622.
- Wang A., Jin Q., Xu X., Miao A.-J., White J.C., Gardea-Torresdey J.L., Ji R., Zhao L. (2020). High-Throughput screening for engineered nanoparticles that enhance photosynthesis using mesophyll protoplasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 68: 3382–3389.
- Zanetti L.V., Milanez C.R.D., Gama V.N., Aguilar M.A.G., Souza C.A.S., Campostrini E., Ferraz T.M., Figueiredo F.A.M.M.A. (2016). Leaf application of silicon in young cacao plants subjected to water deficit. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 51 (3): 215 – 223.
- Zarafshar M., Akbarinia M., Askari H., Hosseini1 S.H., Rahaie M., Struve D. (2015). Toxicity assessment of SiO<sub>2</sub> nanoparticles to pear seedlings. *International Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 11: 13–22.
- Zhu Y., Gong H. (2014). Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. *Agronomy for Sustainable Development*. 34, 455–472.

# I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

Páginas: 147-169

Código DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9-cap7>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/113>

## Caracterización morfológica e intercambio gaseoso de clones de cacao del norte y sur de Esmeraldas, Ecuador

Morphological characterization and gas exchange of cocoa clones from northern and southern Esmeraldas, Ecuador

Wilmer Tezara<sup>1,2\*</sup>, Luis Rafael Angulo Graterol<sup>2</sup>,  
Víctor Hugo Reynel Chila<sup>1</sup>

### Resumen

Con la finalidad de conocer las diferencias morfológicas y fotosintéticas del cacao de la provincia Esmeraldas, se seleccionaron 32 árboles parentales, del complejo “Nacional × Criollo”, 16 de la zona norte (alta precipitación) y 16 de la zona sur (menor precipitación). Se usaron descriptores morfológicos de la hoja, flor, fruto, semillas y se realizaron clústeres de similitud. En clones de un año de edad, se evaluó la tasa de fotosíntesis (A), conductancia estomática ( $g_s$ ), eficiencia de uso de agua intrínseca ( $A/g_s$ ). Se encontró una alta variabilidad fenotípica entre los árboles en ambas zonas; con diferencias significativas en los descriptores morfológicos estudiados. Se logró un

1. Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas; Esmeraldas, Ecuador.
2. Universidad Central de Venezuela; Caracas, Venezuela.

Wilmer Tezara  <https://orcid.org/0009-0006-3061-3037>

Luis Rafael Angulo Graterol  <https://orcid.org/0000-0002-0749-5750>

Víctor Hugo Reynel Chila  <https://orcid.org/0000-0002-8282-8121>



Correspondencia: [wilmer.tezara@uteltv.edu.ec](mailto:wilmer.tezara@uteltv.edu.ec)

agrupamiento por origen geográfico satisfactorio, con una buena separación de los árboles del norte y sur. Las características morfológicas, que sobresalieron en importancia como indicadores de variación y que mejor explicaron la variabilidad del cacao fueron: índice de almendra, longitud de estilo y ovario, índice de mazorca, ancho y grosor de semillas, ancho de frutos y ancho de hojas. Se encontraron diferencias significativas en  $A$  y  $g_s$ ; siendo los menores  $g_s$  y mayores  $A/g_s$  los exhibidos en la mayoría de los clones del Sur. Se concluyó que los árboles de cacao mostraron una gran variabilidad en los rasgos morfológicos y las diferencias en  $A$ ,  $g_s$  y  $A/g_s$  entre los clones  $\times$  zonas, indicó un mejor desempeño fotosintético en los clones provenientes de la zona de menor precipitación (sur), sugiriendo que efectivamente la variabilidad genética de los clones del cacao, se tradujo en diferencias morfológicas y fisiológicas.

**Palabras claves:** agrupamiento, nacional  $\times$  criollo, descriptores morfológicos, fotosíntesis, conductancia estomática

### Abstract

In order to know the morphological and photosynthetic differences of cocoa from Esmeraldas province, 32 parental trees were selected from the "Nacional  $\times$  Criollo" complex: 16 from the north zone (high rainfall) and 16 from the south zone (lower rainfall). Morphological descriptors of leaf, flower, fruit, seed and similarity groups were used. In one-year-old clones, photosynthetic rate ( $A$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ), intrinsic water use efficiency ( $A/g_s$ ) were evaluated. A high phenotypic variability was found among trees in both zones; with significant differences in the morphological descriptors studied. A satisfactory grouping by geographic origin was achieved with a good separation of northern and southern trees. The morphological characteristics that stood out in importance as indicators of variation and that best explained cocoa variability were: bean index, style and ovary length, pod index, seed width and thickness, fruit and leaf width. lowest  $g_s$  and highest  $A/g_s$  being exhibited in most of the Southern clones. It was concluded that cocoa trees showed a great variability in morphological traits and the differences in  $A$ ,  $g_s$  and  $A/g_s$  between clones  $\times$  zones indicated a better photosynthetic performance in the clones coming from the lower rainfall zone (south), suggesting that indeed the genetic variability of cocoa clones was translated into morphological and physiological differences.

**Keywords:** clustering, nacional  $\times$  criollo, morphological descriptors, photosynthesis, stomatal conductance

## Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es considerado uno de los cultivos tropicales más importantes del mundo, dada su importancia comercial en la producción y comercialización del chocolate (Nair, 2021). En el 2021, la producción estimada de cacao en Ecuador fue de 350000 ton en un área de 631500 ha (554 kg ha<sup>-1</sup>), siendo actualmente el primer productor en Latinoamérica y el tercer productor de cacao a nivel mundial (ICCO, 2023).

En la provincia de Esmeraldas, existen diferentes zonas agroecológicas, con un marcado gradiente natural en cantidad de precipitación, siendo la región del norte la que presenta una mayor pluviosidad en comparación con la zona Sur (Tezara *et al.*, 2015 y Zambrano, 2021). La baja disponibilidad hídrica afecta al establecimiento y al rendimiento del cacao (dos Santos *et al.*, 2016 y Jaimez *et al.*, 2023), especialmente durante la etapa juvenil (De Almeida *et al.*, 2016). En árboles adultos, la sequía afectó diferencialmente las relaciones hídricas y las respuestas fotosintéticas de los clones de cacao (Ávila-Lovera *et al.*, 2016; De Almeida *et al.*, 2016 y Tezara *et al.*, 2020). Jaimez *et al.* (2023) indicaron que se requiere una mejor comprensión de los mecanismos de tolerancia del cacao, para mitigar el efecto negativo del déficit hídrico. La variabilidad fisiológica del cacao en respuesta al déficit hídrico sugiere diferencias en la tolerancia al stress (Tezara *et al.*, 2020).

El ajuste de los procesos fisiológicos, especialmente la fotoquímica y la retroalimentación de la conductancia estomática ( $g_s$ ) sobre la tasa de fotosíntesis (A), la eficiencia de uso del agua (EUA), y el rendimiento en respuesta a la baja disponibilidad hídrica, pueden proporcionar detalles funcionales del crecimiento y el desarrollo del cacao (Tezara *et al.*, 2020).

El objetivo del estudio fue conocer las diferencias morfológicas y su desempeño fotosintético de clones de cacao, provenientes de árboles parentales del complejo “Nacional x Trinitario” (N x C) (diferentes genotipos) del norte y del sur de la provincia de Esmeraldas.

Mediante el uso información geográfica y genética de diversas poblaciones de cacao, se clasificó en diez grupos genéticos (Amelonados, Contamana, Guiana, Iquitos Marañón, Nanay, Purús, Nacional, Curaray y Criollo) (Motamayor *et al.*, 2008), entre los cuales los Criollos tienen una baja diversidad genética (Motamayor *et al.*, 2002). Sin embargo, nuevos grupos van apareciendo, como el “cacao del Alto Beni” en Bolivia (July Martinez, 2007) y el “cacao Tuy” en Venezuela (Salazar, 2016). Así como la reciente liberación a

los agricultores ecuatorianos de dos clones del complejo nacional, EETP-800 y EETP-801 (Loor *et al.* 2019).

Ecuador fue considerado como un país productor 100 % fino de aroma, por producir el cacao Nacional denominado cacao fino “Arriba”, con altas notas florales en su perfil sensorial, qué debido a su genética, morfología de la mazorca y coloración violeta oscuro de sus almendras, es considerado como cacao Forastero (Tezara Fernández *et al.*, 2020). Sin embargo, se ha reportado que actualmente en el Ecuador no existe una variedad Nacional genéticamente pura del cacao, lo que se encuentra es una mezcla de híbridos naturales que se agrupan en el complejo N × C. Sin embargo, existen algunas poblaciones de Criollo ubicados en la provincia de Esmeraldas (Loor y Amores, 2003). Además, en esta región recientemente hay una mayor cantidad de plantaciones del clon CCN 51 en el área cacaotera (Jaimez *et al.*, 2022).

En los últimos 20 años, muchos productores han reemplazado sus plantaciones de cacao Nacional o N × C por el CCN 51 que se caracteriza por alta producción, mediana resistencia a enfermedades (moniliasis y *Phytophthora*) (Jaimez *et al.*, 2022); sin embargo, este híbrido no cuenta con las bondades sensoriales que tiene el cacao Nacional y es considerado cacao corriente. Recientemente, la ICCO (2023) a través de una resolución penalizó la disminución de calidad del cacao ecuatoriano con una reducción del 25%, y ratificó al Ecuador como productor de un 75% de cacao fino de aroma.

Por tanto, consideramos importante seleccionar y caracterizar morfológica y fisiológicamente nuevos materiales promisorios de cacao con características de criollos, que pertenecen al N × C en la provincia de Esmeraldas; generando información importante que podrá ser utilizada, en la selección de nuevos clones con características morfológicas deseadas por el productor y con un buen desempeño fotosintético y productivo.

Diversos autores han utilizado descriptores morfológicos (cualitativos y cuantitativos del árbol, hojas, flor, fruto y semillas) de manera que estadísticamente sean representativos, congruentes y que permitan establecer diferencias genéticas de cacao (Engels *et al.*, 1980).

En general, el cacao muestra una variabilidad genética significativa en cuanto a rasgos morfológicos y fisiológicos (Daymond *et al.*, 2002). Sin embargo, los estudios de diferencias genotípicas en el rendimiento fotosintético del cacao son escasos (Daymond *et al.*, 2011; Ávila-Lovera *et al.*, 2016; De Almeida *et al.*, 2016). Recientemente, se han estudiado diferentes variables ecofisiológicas, en clones de cacao ecuatorianos, los cuales han mostrado,

en promedio, un aumento en A a altas intensidades lumínicas (Jaimez *et al.*, 2018) y aclimatación de algunos rasgos fisiológicos y morfológicos a plena exposición solar (Tezara *et al.*, 2015). Los clones de cacao evaluados en el Norte de Esmeraldas mostraron plasticidad fotosintética y productiva aun cuando crecen en las mismas condiciones agroecológicas (Tezara Fernández *et al.*, 2020). Similar a lo evidenciado en el CCN 51 en el Ecuador (Jaimez *et al.*, 2021). Las investigaciones fisiológicas en cacao de Esmeraldas se han realizado en su mayoría en áreas muy específicas, se requiere integrar estos resultados para hacer selección de árboles promisorios basados en estudios interdisciplinarios (genética, fisiología, calidad y producción) y además dilucidar los mecanismos de respuesta de la fotosíntesis a factores abióticos.

Con la finalidad de conocer la variabilidad morfológica y fisiológica de 32 diferentes genotipos de cacaos del complejo N × C, colectados en el norte y del sur de la provincia de Esmeraldas, se evaluaron descriptores cualitativos y cuantitativos del árbol, hojas, flor, fruto y semillas, e intercambio gaseoso y constatar, la hipótesis, si existe una gran variabilidad genética en los clones del cacao “N × C”, entonces se deberían observar diferencias en la morfología y en el intercambio gaseoso, entre los diferentes clones provenientes de los árboles seleccionados.

## Materiales y métodos

### Localización

Las variables morfológicas fueron evaluadas *in situ*, donde se encontraban los árboles parentales adultos. Las evaluaciones fisiológicas se realizaron en clones de cacao cultivados en el invernadero ubicado en el Jardín Botánico de la Estación Experimental Mutila de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas.

### Material vegetal

Los árboles parentales fueron seleccionados según los siguientes criterios: árboles longevos, alto rendimiento, rasgos de genotipos del complejo N × C, baja incidencia plagas y enfermedades. Un total de 32 árboles adultos 16 árboles parentales del Norte (Colon Eloy, Maldonado y Río Verde) y 16 árboles del Sur (Quinindé, Atacames, y Muisne) de la provincia de Esmeraldas (*Tabla 21*).

Las diferencias agroclimáticas más relevante, fueron la existencia de un gradiente natural en cantidad de precipitación contrastantes en cada zona, siendo la región del norte la que presenta una mayor precipitación (2500 -

3000 mm) en comparación con (1550 – 1750 mm) la zona Sur (Tezara *et al.*, 2015 y Zambrano, 2021), sin que exista una diferencia en la duración del período de sequía y lluvia entre ambas zonas.

De los árboles parentales se tomaron varetas y se realizaron los injertos en patrones de IMC 67 provenientes de libre polinización de cacao. Cada árbol parental seleccionado fue considerado una accesión. Las plantas fueron evaluadas luego de 1 año de haber realizado los injertos. Se trabajó con un mínimo de 10 plantas por cada clon de cacao, (16 del sur y 16 del norte) para un total de 320 plantas en 32 unidades experimentales que fueron cultivadas en condiciones de vivero.

**Tabla 21.**

*Clones de cacao (Theobroma cacao) seleccionados en el Norte y Sur de Esmeraldas.*

Norte de Esmeraldas				Sur de Esmeraldas			
N.º	Clones	Procedencia	Código	N.º	Clones	Procedencia	Código
1	NL 1	Colon Eloy	N1	1	A RL 16	Atacames (Las Brisas)	A16
2	NL 2	Colon Eloy	N2	2	A RL 18	Atacames (Las Brisas)	A18
3	NL 3	Colon Eloy	N3	3	A RL 19	Atacames (Las Brisas)	A19
4	NL 4	Colon Eloy	N4	4	A RL 21	Atacames (Las Brisas)	A21
5	EV 5	Maldonado	N5	5	A RL 22	Atacames (La Lucha)	A22
6	EV 6	Maldonado	N6	6	A RL 23	Atacames (La Lucha)	A23
7	EV 9	Maldonado	N9	7	A RL 24	Atacames (La Lucha)	A24
8	EV 10	Maldonado	N10	8	A RL 25	Atacames (La Lucha)	A25
9	EV 11	Maldonado	N11	9	MOC 27	Muisne (La Tola)	M27
10	EV 12	Maldonado	N12	10	MOC 28	Muisne (La Tola)	M28
11	EV 13	Maldonado	N13	11	MOC 29	Muisne (La Tola)	M29
12	EV 14	Maldonado	N14	12	MOC 30	Muisne (La Tola)	M30
13	EV 15	Maldonado	N15	13	MOC 31	Muisne (La Tola)	M31
14	EE 34	Río Verde	N34	14	MOC 32	Muisne (La Tola)	M32
15	EE 35	Río Verde	N35	15	MOC 33	Muisne (La Tola)	M33
16	EE 36	Río Verde	N36	16	Q DV 37	Quinde	M37

### Caracterización Climática del Área

El Jardín Botánico está ubicado en un bosque tropical seco: humedad relativa de 86%, precipitación anual de 750-1000 mm, temperatura promedio de 25 °C, con máximas media anual de 31 °C y una heliofanía de 779 horas

de sol al año<sup>-1</sup> (INAHMI, 2020). La Provincia de Esmeraldas se caracteriza por presentar un alto nivel de humedad, la precipitación en época seca varío entre 500-700 mm y en época lluviosa entre 2000 y 7000 mm deb acuerdo al Plan de Desarrollo Territorial (PDOT GADPE 2019-2023) (Zambrano, 2021).

### Manejo experimental

Diez plantas de cada clon, fueron sembradas en bolsas de polietileno de 10 Kg de tierra abonada. Las plantas fueron colocadas en un área cubierta por un sarán en toda el área experimental que redujo el 65% de la intensidad lumínica. Los máximos valores de radiación ( $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) fueron observados a las 10 am; mientras que la máxima temperatura del aire ( $30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) se observó al mediodía. Se encontraron las máximas humedad relativa (HR) (98%) en horas de la mañana, mientras que la mínima (55 %) se registró en horas del mediodía.

El control de malezas se realizó usando glifosato de 200 cc más 100 cc de paraquat en una bomba de 20 litros de agua, adicionalmente, de manera manual, se efectuaron podas de mantenimiento. Los controles de plagas y enfermedades se desarrollaron periódicamente durante el experimento. Las plantas fueron fertilizadas con un fertilizante granular comercial, 10-30-10 NPK más micro-elemento a razón de 50 gr planta, cada cuatro meses.

### Diseño experimental para evaluar los rasgos fisiológicos en el vivero

Se usó un diseño completamente al azar; donde se evaluaron 32 diferentes clones ubicados al azar en el área de estudio Las medidas fisiológicas en cada unidad experimental se realizaron 5 plantas de cada clon.

### Caracterización morfológica del cacao de los árboles parentales

Se colectó material vegetativo (varetas) para la propagación clonal, hojas, flores y frutos que se evaluaron en el Laboratorio de Botánica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Esmeraldas Ecuador. Se analizaron un total de 10 hojas maduras por árbol, seleccionadas al azar, sin daños evidentes de enfermedades; al menos diez flores por árbol, sin daños evidentes y colectaron al menos cinco frutos sin daños visibles de cada árbol.

Se seleccionaron 16 descriptores morfológicos de fácil determinación; según el International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 1996. Se usó el Manual Práctico para la Caracterización Morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) Venezuela, (Jiménez *et al.*, 2006; Salazar, 2016 y Sivira, 2017).

Los 16 descriptores fueron: largo de hoja (LH), ancho de hoja (AH), largo ovario (LO), largo estilo (LE), número óvulos/ovario (NO/O), peso del fruto (PF), largo del fruto (LF), ancho fruto (AF), índice de mazorca (IM), peso fresco de semillas (PFS), número de semillas (NS), número de semillas vanas (N° vanas), largo semillas (LS), ancho semillas (AS), espesor de semillas (ES) e índice de almendra (IA).

### Variables fisiológicas

Se evaluó el intercambio gaseoso: Tasa de fotosíntesis (A), Tasa de transpiración (E), Conductancia estomática ( $g_s$ ) y eficiencia de uso de agua intrínseca (EUA<sub>i</sub>) ( $A/g_s$ ) e instantánea (EUA =  $A/E$ ). Para ello se utilizó un analizador infrarrojo de gases portátil modelo CIRAS 2 (PP Systems, Hitchin, RU). Todas las medidas se realizaron en hojas adultas completamente expandidas y sanas, entre 8:00 y 17:00 hora bajo las siguientes condiciones de la cámara; concentraciones de CO<sub>2</sub> ambiental ( $C_a$ ) de  $410 \pm 10$  ppm, a 21% de O<sub>2</sub>, temperatura  $28 \pm 1$  °C, densidad de flujo fotónico saturante (DFF)  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y un gradiente vapor de agua hoja – aire ( $\Delta_w$ ) 1.1-1.3 MPa.

### Análisis estadístico

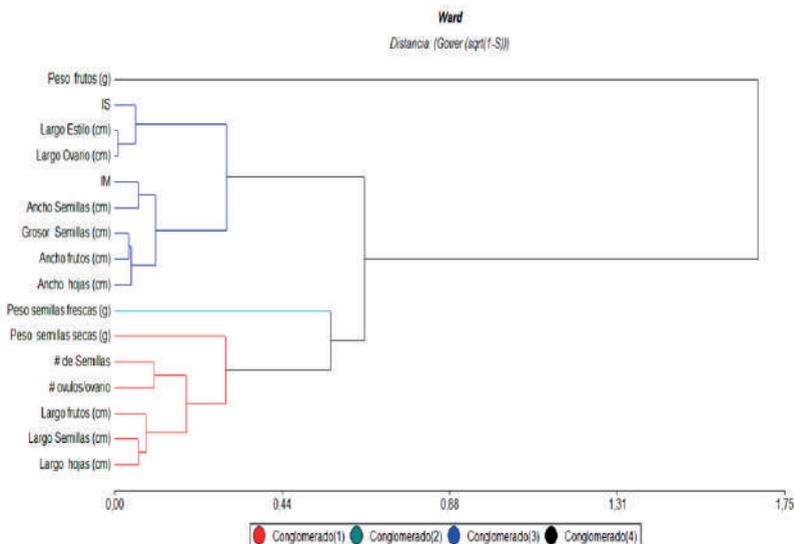
Se realizó un clúster de los descriptores morfológicos de árboles parentales, usando el método de Ward con el paquete estadístico Infostat versión 2018. El análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, con un nivel de significancia de  $p < 0,05$  usando el programa Statistica (versión 10). Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para comprobar la coordinación entre múltiples rasgos fisiológicos y morfológicos evaluados, utilizando Statistica (versión 10). Las gráficas se realizaron con Sigmaplot 11 (Systat Software, Inc., San José, CA).

### Resultados

Las características de los árboles que sobresalieron en importancia como indicadores de cambios y que mejor explicaron la variabilidad del cacao evaluado en Esmeraldas, fueron: IA, LE, LO, IM, AS, GS, AF y AH (*Figura 25*). Se encontró una alta variabilidad fenotípica en materiales de cacao, colectados en Norte y sur Esmeraldas con alto coeficiente de variación (31,8 %), los caracteres que aportaron información para separar los materiales en cuatro grupos fueron: grupo I (PSS, NS, NO/O, LF, LS LF) grupo II (PS), y el de mayor correlación ( $r=0,88$ ) fue grupo III (IA, LE, LO, IM, AS, GS, AF, AH); grupo IV (PF) (*Figura 25*).

**Figura 24.**

*Agrupamiento de 16 descriptores morfológicos de los arboles parentales seleccionados en el norte y sur de Esmeraldas.*



Diferente a los descriptores observados en el jardín clonal del INIA Miranda, Venezuela: peso del fruto, peso de semillas por fruto, número de semillas por fruto, forma del ápice del fruto, apariencia del lomo, constricción basal, color del fruto, profundidad del surco, color del cotiledón, peso fresco y peso seco de la semilla (Jiménez *et al.*, 2006). Esto nos indica que los descriptores que sobresalen y explican la variabilidad del cacao no son universales y su importancia para explicar diferencias, dependerá del tipo y del origen de cacao en estudio.

En la mayoría los descriptores morfológicos se encontraron diferencias significativas entre los clones del norte y el sur de Esmeraldas: LH (23-35 cm); NO/O (29,4- 51,7); NS (32-58); PSS (37-114,8); IA (1,57- 2,67) e IM (8,2 – 18,0); mientras que en los descriptores AH, AF y LS no se observaron diferencias significativas entre zona. Se encontraron 11 árboles en el norte y 8 en el sur con índices de almendras mayores a 2.0 gr (*Tabla 22*).

**Tabla 22.**

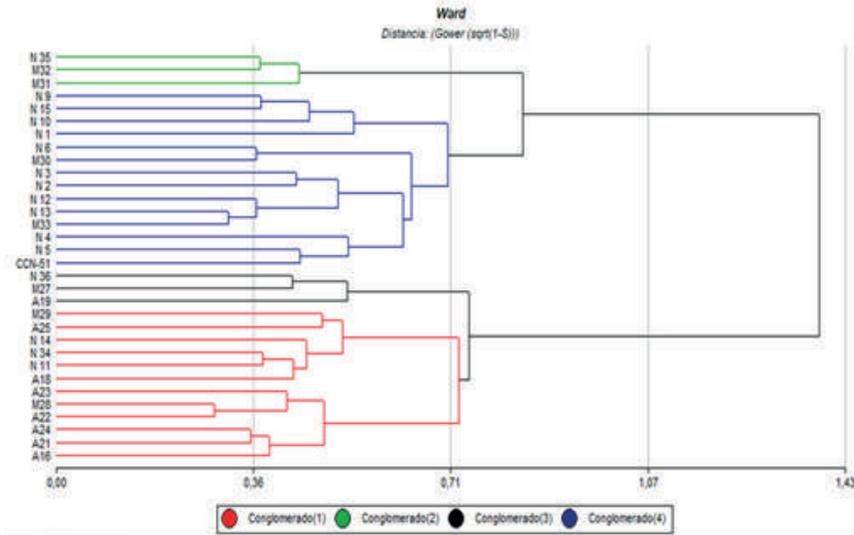
*Caracterización morfológica de 16 descriptores (hojas, flor, frutos y semillas) de los 32 árboles parentales seleccionados en el Norte y Sur de Esmeraldas. Se muestra el promedio del largo de hoja (LH), ancho de hoja (AH), largo ovario (LO), largo estilo (LE), número óvulos/ovario (NO/O), peso del fruto (PF), largo del fruto (LF), ancho fruto (AF), índice de mazorca (IM), peso fresco de semillas (PFS), número de semillas (NS), número de semillas vanas (N° vanas), largo semillas (LS), ancho semillas (AS), espesor de semillas (ES) e índice de almendra (IA).*

Clones	HOJAS		FLORES			FRUTOS				SEMILLAS						
	LH (cm)	AH (cm)	LO (mm)	LE (mm)	NO/O	PF (gr)	LF (cm)	AF (cm)	IM	PFS <sub>s</sub> (gr)	NS	N° Vanas	LS (mm)	AS (mm)	ES (mm)	IA
N1	27.0	11.0	0.20	0.20	51.7	7710	25.8	8.3	15.1	1250	40.0	1.7	23.7	10.8	7.5	1.66
N2	27.5	8.7	0.20	0.18	29.4	3800	20.1	10.5	100	1880	40.0	0.1	26.8	16.3	11.8	2.49
N3	26.0	9.5	0.20	0.18	29.4	9580	21.1	10.7	11.5	1640	36.0	3.7	29.0	14.8	9.1	2.39
N4	27.5	10.5	0.20	0.18	29.4	16360	29.0	11.5	9.8	3060	50.0	3.0	26.4	12.6	10.3	2.75
N5	27.7	9.4	0.15	0.20	35.0	9480	23.8	10.3	10.5	2330	50.0	2.0	24.4	12.4	8.3	2.54
N6	30.0	9.5	0.14	0.21	38.4	9120	21.2	10.1	10.5	1950	46.0	2.5	23.1	14.4	10.5	2.25
N9	26.0	10.0	0.20	0.21	45.6	11720	23.8	10.6	9.5	1220	35.0	0.8	24.9	14.3	11.0	2.49
N10	23.0	9.3	0.11	0.22	36.6	7860	23.9	9.5	9.4	1170	40.0	2.0	24.8	12.5	10.5	2.52
N11	30.5	11.7	0.20	0.29	42.1	11890	23.2	11.2	15.5	1610	38.0	4.0	24.7	13.7	11.0	1.85
N12	26.9	8.9	0.16	0.23	36.1	8350	22.4	9.5	16.3	1920	37.0	0.2	25.5	13.4	10.3	1.54
N13	26.1	10.5	0.19	0.20	31.5	7810	21.2	8.9	11.7	1540	40.0	4.0	25.2	13.5	10.5	2.25
N14	28.8	8.8	0.20	0.29	49.8	6950	23.3	8.9	9.7	1130	34.0	3.7	26.8	13.4	10.9	2.81
N15	23.3	9.1	0.20	0.22	41.7	7970	24.6	8.6	12.3	1040	32.0	4.0	24.8	14.4	11.7	2.04
N34	29.0	10.9	0.20	0.29	49.8	8830	22.1	9.9	16.4	1560	38.0	3.0	25.1	14.5	9.6	1.80
N35	31.5	11.6	0.20	0.22	41.7	4570	17.5	8.5	18.0	1660	42.0	2.0	27.7	16.7	8.9	1.70
N36	33.0	11.1	0.20	0.29	42.7	8560	25.6	8.7	12.1	2300	44.0	1.0	26.1	13.3	12.2	2.18
Norte	27.35 a	10.05 a	0.19 b	0.20 a	39.34 b	98819 b	23.48 b	10.15 a	12.39 b	171.85 a	38.40 a	2.35 b	25.39 a	13.59 a	10.36 b	2.20 b
A16	25.3	8.2	0.20	0.29	42.7	11050	27.8	10.0	12.7	1730	50.0	3.0	24.3	14.1	10.7	1.85
A18	29.1	10.2	0.20	0.25	34.6	3090	22.6	10.2	16.0	1150	40.0	1.0	27.2	12.7	9.6	1.53
A19	29.1	8.7	0.15	0.25	30.8	9780	23.4	10.3	8.9	2200	41.0	1.7	29.5	17.5	9.6	2.67
A21	27.3	8.2	0.15	0.25	30.8	8870	23.8	9.9	13.0	1530	44.0	0.3	23.7	13.5	12.0	1.84
A22	25.7	9.4	0.15	0.25	30.8	8340	23.4	9.2	12.7	1570	44.0	1.3	24.7	15.0	8.2	1.91
A23	26.4	9.0	0.15	0.25	30.8	6210	18.5	9.2	12.9	1440	35.0	2.7	25.1	14.1	11.2	2.14
A24	25.9	8.5	0.15	0.25	30.8	9910	21.7	10.4	10.7	1890	51.0	1.0	22.9	14.2	9.5	1.98
A25	35.0	11.6	0.15	0.25	30.8	9200	20.6	10.2	15.4	1200	38.0	1.7	22.0	13.1	9.7	1.68
M27	30.4	11.7	0.15	0.25	30.8	10680	23.7	10.8	8.2	2370	49.0	1.7	24.7	14.4	11.0	2.53
M28	28.0	8.8	0.15	0.25	30.8	9980	22.8	10.0	11.3	1630	44.0	0.7	26.1	13.8	8.8	2.06
M29	30.1	9.6	0.15	0.25	30.8	8220	22.6	9.3	11.2	1660	37.0	2.0	26.9	14.1	8.3	2.42
M30	32.0	11.3	0.11	0.22	36.6	9740	20.6	10.8	11.1	1780	43.0	1.7	26.5	15.2	10.2	2.18
M31	32.0	12.1	0.20	0.29	42.1	8530	21.0	9.8	10.2	1920	48.0	1.3	27.5	15.8	8.0	2.21
M32	31.8	11.8	0.16	0.23	36.1	7000	19.7	9.6	12.5	1630	46.0	2.3	26.8	14.9	8.4	1.87
M33	29.6	11.5	0.19	0.20	31.5	8600	20.2	9.4	12.4	1580	42.0	1.3	23.4	13.2	9.4	1.99
M37	26.5	11.4	0.20	0.21	42.6	7440	24.0	9.9	8.7	2370	58.0	2.9	27.1	14.8	9.2	2.61
Sur	28.93 b	10.15 a	0.17 a	0.23 b	36.43 a	873.31 a	22.95 a	10.03 a	11.74 a	175.92 b	42.13 b	1.66 a	25.24 a	14.48 b	9.71 a	2.09 a

A pesar de la discriminación de los conglomerados de los 32 árboles de cacao provenientes de norte y sur de Esmeraldas, se corroboró una alta diversidad de los caracteres morfológicos estudiados. El Análisis de agrupamiento morfológico separó los materiales de cacao en 4 diferentes grupos: I, formados por 9 clones del Sur y 3 del Norte (N14, N34 y N11); II (M31, M32 y N35); III (N36, M27 y A19) y IV, formado 11 clones del Norte y 3 clones del sur (M30 M33, CCN-51). Con el análisis de clúster con las variables examinadas hubo agrupamiento por origen geográfico con una buena separación de materiales del norte y sur (*Figura 25*).

**Figura 25.**

*Agrupamiento de 32 árboles parentales de cacao complejo (N x C) seleccionados en el norte y sur de Esmeraldas. El clúster fue determinado con los 16 descriptores morfológicos utilizados.*



Similarmente se ha reportado un agrupamiento por origen geográfico y una alta diversidad fenotípica en regiones cacaoteras de Venezuela y Nariño, Colombia (Moreno, 1998; Ballesteros *et al.*, 2015). Se ha reportado, una alta variabilidad fenotípica los frutos En Cumboto, Edo Aragua; los cacaos Criollo presentaron un menor número de semillas totales, número de hileras de la placenta y menor grosor de la cáscara, al compararlo con los Forastero amazónico y Trinitario (Graziani *et al.*, 2002); sin embargo, no fue posible la separación de estos últimos con relación al fruto. De igual manera el color blanco de los cotiledones y la rugosidad de los frutos, fueron discriminantes del cacao Guasare; mientras que la longitud del estilo, intensidad de pigmentación, ancho de los sépalos número de óvulos por ovario, separaron al cacao del piedemonte andino en Mérida, Venezuela, (Ramos *et al.*, 2004).

Salazar (2016) reportó que en los bancos de germoplasma de Venezuela evidenciaron presencia de los tres grupos genéticos Criollo, Forastero y Trinitarios con la mayor diversidad morfológica en los Forasteros y Trinitarios; mientras que, en los árboles de cacao de la Costa de Oro del Edo. Aragua, pudieron ser diferenciados por 8 características cualitativas y 19 cuantitativas

(Sivira, 2017). No se encontraron características del grupo Criollo, en el jardín clonal del INIA Miranda en Tapipa (Jiménez, 2006); la colección del Centro de Recursos Genéticos en el Limón, Edo. Aragua presentó características morfológicas del grupo Criollo Moderno (Moreno, 2007); varias características cualitativas entre ellas la pigmentación en diferentes órganos, se identificaron asociadas a marcadores moleculares (Marcano *et al.*, 2009).

La alta variabilidad fenotípica encontrada en los árboles del norte y sur de Esmeraldas, fue del 53 % similar a la reportada los cacaos Criollo y Trinitario colectados en plantaciones de la Costa Central y Occidente de Venezuela (Aragua, Carabobo, Yaracuy, Trujillo, Mérida, Táchira y Zulia) donde se reportó un coeficiente de variación alto (31,8 %), los caracteres que aportaron mayor información para separar los materiales en cuatro grupos fueron: largo del fruto, relación ancho/largo del fruto, índice de semilla, grosor de la cáscara, color de las semillas y color de los brotes de hojas. Hubo agrupamiento por origen geográfico, pero no fue posible la separación de los Criollos de los Trinitarios a excepción de los genotipos Criollo Mérida y Pentágona que se mantuvieron juntos (Moreno, 1998).

Resultados similares, fue reportado en un análisis de agrupamiento morfológico de 91 clones de los Bancos de Germoplasma de Venezuela, con 14 referenciales de Criollo, Trinitario y Forastero, formaron un grupo Trinitario, bajo y alto Amazónico; otro grupo Criollo y un tercero que no corresponde a los referenciales (grupo Tuy). La mayor variabilidad se debió a los frutos. El número de óvulos/ovario diferenció a los bancos en: Occidente < 40, Centro promedio 40, Oriente > 40 (Salazar, 2016).

Genotipos Criollo del Occidente de Venezuela se separaron con 18 de 43 descriptores morfológicos en Guasare y Criollos del Piedemonte Andino. Guasare presentó mazorcas rugosas alargadas 17 cm y angostas 8,2 cm, índice de almendra (IA) 1,6 g, N° de óvulos/ovario 40; 9,13 % de testa, 23 semillas por fruto. Criollos Piedemonte Andino mostraron mazorcas lisas de 15 cm de longitud y 8,2 cm de ancho, IA 1,29; N° de óvulos/ovario 44, con 6,36 % de testa, 29 semillas por fruto (Ramos *et al.*, 2004).

Todos estos resultados muestran que el cacao con diferentes genotipos muestra una extraordinaria variación en los caracteres morfológicos evaluados. Las características de los árboles que sobresalieron en importancia como indicadores de cambios y que mejor explicaron la variabilidad del cacao evaluado en Esmeraldas, fueron: IA, LE, LO, IM, AS, GS, AF y AH.

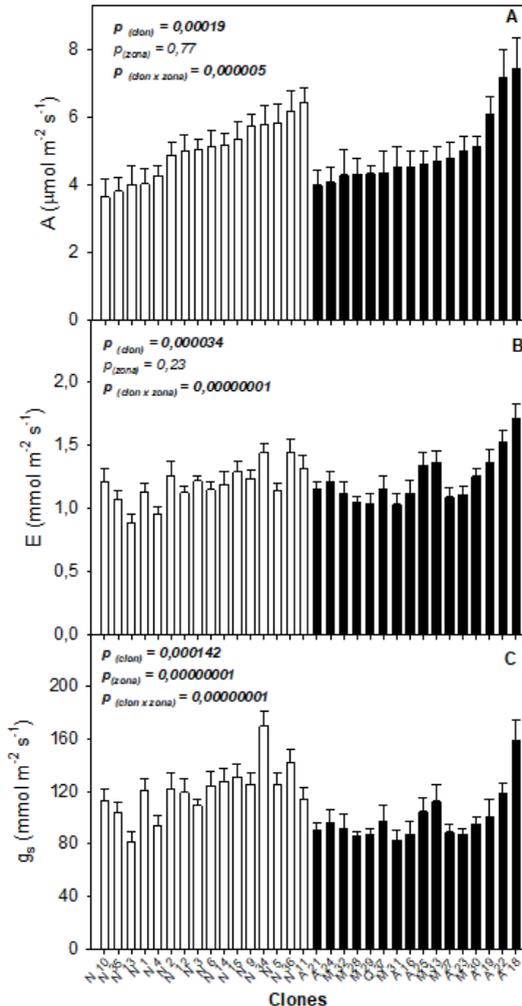
## Intercambio gaseoso

En clones de cacao saludables y bien irrigados, hubo diferencias en el desempeño fisiológico entre los genotipos de cacao seleccionados en Norte y Sur de Esmeraldas. La A y E mostraron diferencias significativas entre clones y en la interacción clon  $\times$  zona ( $P < 0,05$ ) (*Figura 26*). La A varió entre 3,7 y 7,4  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  entre los clones ( $P = 0,00019$ ). La E varió de 0,9 - 1,7  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ( $P = 0,000034$ ). La  $g_s$  mostró diferencias significativas entre clones ( $P = 0,000142$ ), entre zonas ( $P = 0,00000001$ ) y se encontró una interacción clon  $\times$  zona significativa ( $P = 0,0000001$ ); la  $g_s$  varió entre 81,9 y 169,4  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  encontrándose los menores valores en la zona sur (*Figura 26*). La  $A/g_s$  fue mayor en la mayoría de los clones provenientes del Sur. Por el contrario, la EUA, no mostró diferencias significativas; observándose valores entre 3,4-5,3  $\text{mmol mol}^{-1}$  (*Figura 27*). La A y  $g_s$  mostraron diferencias significativas entre clones. Los clones N5, N36, N11, A19, A22 y A18 mostraron los mayores A (6 - 7  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); mientras que los clones N34 y A18 mostraron las mayores  $g_s$ : 169 y  $158 \pm 15 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente.

En promedio las  $g_s$  fueron significativamente menores en los clones del sur ( $98,8 \pm 5,4 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en comparación con los del Norte ( $120 \pm 5,7 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Esto causó una mayor EUAi ( $A/g_s$ ) en los clones de sur ( $0,052 \pm 0,0006 \text{ mmol mol}^{-1}$ ) en comparación con los de Norte ( $0,040 \pm 0,0003 \text{ mmol mol}^{-1}$ ). Por el contrario, la E promedio ( $1,2 \pm 0,04 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), EUA instantánea promedio ( $4,2 \pm 0,11 \text{ mmol mol}^{-1}$ ) no mostraron diferencias significativas entre los clones (*Figura 27*). Nuestros resultados mostraron una interacción clon  $\times$  zona significativa indicando que la respuesta fisiológica (A,  $g_s$  y  $A/g_s$ ) dependen del genotipo y cada genotipo tuvo una respuesta particular dependiendo de su origen de colección.

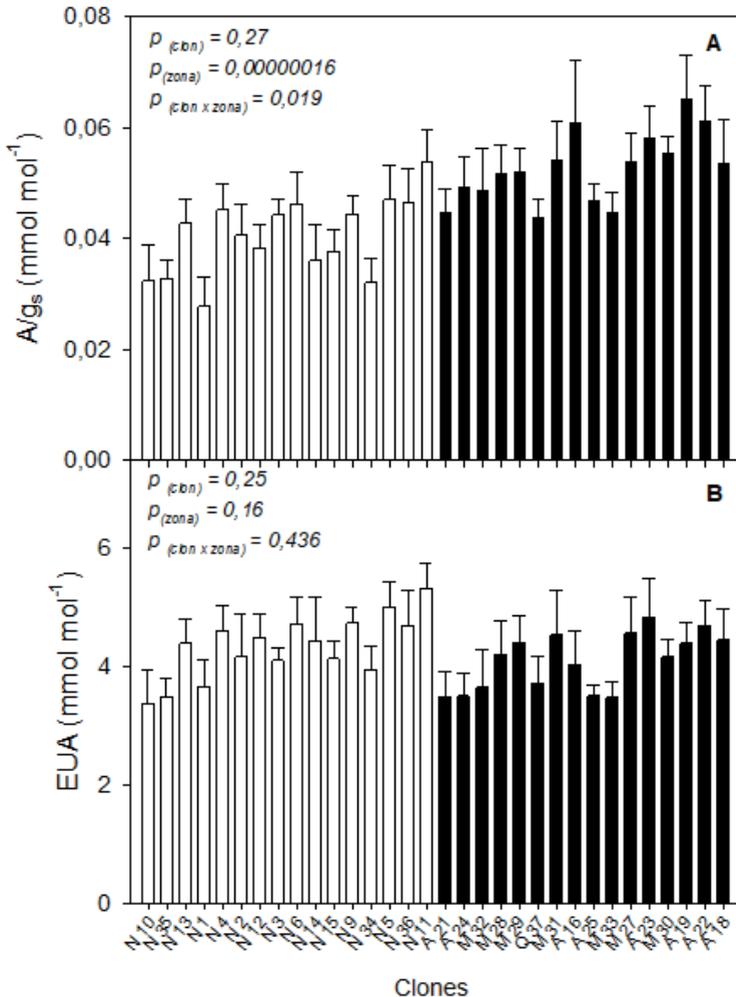
**Figura 26.**

Tasa de fotosíntesis neta (A), tasa de transpiración (B), y conductancia estomática (C), de treinta dos clones de cacao provenientes del norte (barras blancas) y del sur (barras negras) de la provincia de Esmeraldas. Los valores p de la significancia del efecto de cada factor (clon, zona e interacción (clon x zona) sobre las variables de respuesta se indican dentro de cada panel. Cada barra muestra la media  $\pm$  error estándar.



**Figura 27.**

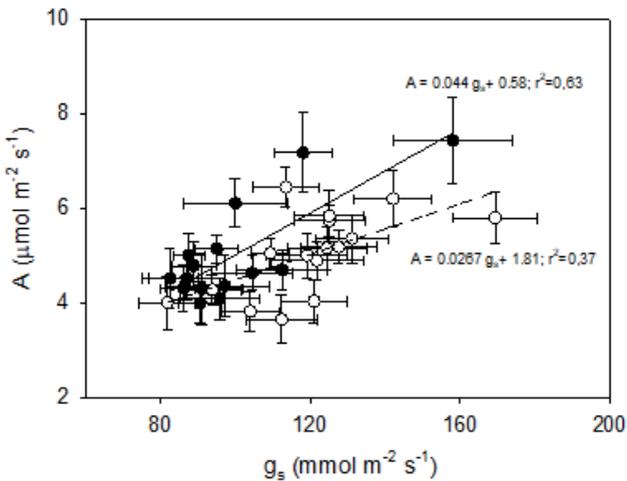
*Eficiencia de uso de agua intrínseca (A) y Eficiencia de uso de agua instantánea (B), de treinta y dos clones de cacao provenientes del norte (barras blancas) y del sur (barras negras) de la provincia de Esmeraldas. Los valores p de la significancia del efecto de cada factor sobre las variables de respuesta se indican dentro de cada panel. Cada barra muestra la media ± error estándar.*



La relación entre  $A$  y  $g_s$  fue una línea recta para los clones de cacao provenientes de cada zona (norte y sur) (*Figura 28*,  $p = 0,0002$ ), los cambios en  $g_s$  explicaron la variación de  $A$  en un 63 % en los clones provenientes del sur y un 39 % en los clones provenientes del norte. Sugiriendo que hubo un mayor control estomático en los clones provenientes del sur. Se pudo apreciar claramente en las pendientes de las rectadas mostradas en la *Figura 28* representa la eficiencia uso de agua intrínseca ( $A/g_s$ ), indicando una mayor  $A/g_s$  en los clones provenientes del sur. Hubo una baja correlación entre  $A/g_s$  vs  $g_s$  ( $r^2 = 0.166$ ,  $p = 0,01$ ), indicando que la  $A/g_s$  no estuvo relacionada por  $g_s$ .

**Figura 28.**

*Relación entre la tasa fotosintética neta y la conductancia estomática de hojas intactas de 32 clones de cacao provenientes del norte (círculos blancos) y del sur (círculos negros) de la provincia de Esmeraldas. La regresión lineal para cada zona está representada por la línea punteada (norte) y sólida (sur). Ambas fueron significativas a  $p < 0.05$ . Los valores representan la media  $\pm$  error estándar.*



Recientemente, se han estudiado el intercambio de gases y actividad fotoquímica del fotosistema II (PSII), en clones de cacao ecuatorianos (Tezara *et al.*, 2015; Jaimez *et al.*, 2018, 2021; Tezara Fernández *et al.*, 2020). Los valores de  $A$ ,  $g_s$ ,  $E$  y  $EUA$  de los clones provenientes de ambas localidades en Esmeraldas fueron similares a los observados en clones de cacao nacional evaluados en San Agustín y Eloy Alfaro Esmeraldas; en Pichilingue, cacao

PMA 12 y CCN 51 evaluados en Quinindé y San Agustín, y CCN 51 cultivadas a baja y alta densidad de flujo de fotones (Tezara Fernández *et al.*, 2020; Tezara *et al.*, 2016; 2017; Jaimez *et al.*, 2018; 2022).

Los valores de  $A$  y  $g_s$  en este estudio, fueron relativamente altas en comparación con los reportados en cacaos Criollos y Forasteros en diferentes condiciones de crecimiento (Daymond *et al.*, 2011; Ávila-Lovera *et al.*, 2016; Tezara *et al.*, 2016; 2020). Los resultados refuerzan lo reportado previamente por Tezara *et al.*, (2017) y Jaimez *et al.*, (2018), donde la  $A$  y  $g_s$  de cacaos ecuatorianos son mayores a los valores reportados en diferentes tipos de cacaos cultivados en diferentes condiciones de crecimiento; sugiriendo que el cacao ecuatoriano tiene mayores tasas de  $A$  producto de mayores  $g_s$ ; lo cual podría explicar parcialmente una mayor productividad. Recientemente se ha reportado que existen diferencias entre genotipos en  $A$ ,  $g_s$ , EUA (Tezara *et al.*, 2020; Tezara Fernández *et al.*, 2020).

### Análisis multivariado

El ACP sobre los valores promedios de 14 rasgos fisiológicos y morfológicos de los 32 clones de cacao del norte y sur de Esmeraldas, mostraron que el eje principal explicó el 25,29% de variación de los datos, mientras que el segundo eje explicó el 22,56% (*Figura 29*). El primer componente principal (Factor 1) se asoció positivamente con el  $C_i$ , IM y negativamente con  $A$ ,  $E$ ,  $g_s$  y EUA. El segundo componente principal (Factor 2) se asoció positivamente con LO, NO/O, IM, y negativamente con  $A/g_s$ , VPD y NS. Este ACP no mostró una clara separación de los clones de cacao (*Figura 30*). Sin embargo, se formaron los siguientes grupos: 1. los clones N34, N14, N15, N9; N2. Clones A18, A19, A22, N11 y N36; 3. N1 N13, N16 y 4. grupo con la mayoría de los clones del sur.



## Conclusiones

Los resultados obtenidos apoyan la hipótesis del trabajo, es decir la variabilidad genética existente entre los diferentes clones cacao seleccionados del complejo “N x C”, se tradujo en diferencias morfológicas y en algunas de las variables del intercambio gaseoso ( $A$ ,  $g_s$ ,  $A/g_s$ ) entre los clones del norte y sur de Esmeraldas.

Se concluyó que con el análisis de clúster hubo agrupamiento satisfactorio por origen geográfico de colecta, es decir, se logró una buena separación de los árboles parentales del norte y sur de Esmeraldas. Con la discriminación de los clústeres de los 32 árboles parentales de cacao provenientes de norte y sur de Esmeraldas, se confirmó una alta diversidad fenotípica, evidenciada por una alta variabilidad en los caracteres morfológicos.

De los 16 descriptores evaluados los que mejor explicaron la variabilidad morfológica observada, fueron PSS, NS, NO/O, LF, LS LF (grupo I) y IA, LE, LO, IM, AS, GS, AF, AH (grupo III). En sólo 5 de los descriptores morfológicos evaluados (LH; NO/O; NS; PSS; e IM) se encontraron diferencias significativas entre zonas.

A pesar de la falta de relación lineal entre  $A$  y  $g_s$  en todos los datos de los 32 clones de cacao provenientes de ambas zonas (norte y sur), en los clones provenientes del sur, hubo una alta correlación, donde los cambios en  $g_s$  explicaron la variación de  $A$  en un 63 %, indicando un alto control estomático en los clones provenientes de la zona con baja precipitación, esta conclusión solo se aplica a los clones del norte.

Se encontraron diferencias significativas en  $A$ ,  $E$ , y  $g_s$  entre clones e interacción clon x zona, observándose las menores  $g_s$  en los clones de los árboles seleccionados del sur de Esmeraldas (zona con menor precipitación) sugiriendo que los parentales provenientes del área más seca, podrían presentar menor pérdida de agua, por presentar una menor apertura estomática y una mayor  $A/g_s$ .

El ACP sobre los valores promedios de 14 rasgos fisiológicos y morfológicos de los 32 clones de cacao del norte y sur de Esmeraldas, mostraron que los dos primeros componentes principales explicaron un 47,85% de variación de las variables evaluadas.

Consideramos importante continuar este tipo de estudio y obtener una mayor cantidad de información morfo-fisiológica, y así poder comparar con los resultados ya existente de clones de cacao ecuatorianos, ampliamente

distribuidos en todo el país. Esta información puede ser valiosa en los programas de mejoramiento genético de este importante cultivo.

### Referencias bibliográficas

- Ávila-Lovera, E., Coronel, I., Jaimez, R., Urich, R., Pereira, G., Araque, O.; Chacón, I; Tezara, W. (2016). Ecophysiological traits of adult trees of Criollo cocoa cultivars (*Theobroma cacao* L.) from a germplasm bank in Venezuela. *Experimental Agriculture*. 52:137-153.
- Ballesteros, W., Lagos, J., y Ferney, H. (2015). Morphological characterization of elite cacao trees (*Theobroma cacao* L.) en Tumaco, Nariño, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 9: 313-329.
- Daymond A., Hadley P., Machado R.C.R., y Ng E. (2002). Genetic variability in partitioning to the yield component of cacao (*Theobroma cacao* L.). *HortScience*. 37, 799–801.
- Daymond, A., Tricker, P., y Hadley, P. (2011). Genotypic variation in photosynthesis in cacao is correlated with stomatal conductance and leaf nitrogen. *Biologia Plantarum*. 55: 99-104.
- De Almeida, J., Tezara, W., Herrera, A. (2016). Physiological responses to drought and experimental water deficit and waterlogging of four clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.) selected for cultivation in Venezuela. *Agricultural Water Management*. 171:80-88.
- dos Santos E.A., Almeida A-A.Fd., Ahnert D., Branco M.C.d.S., Valle R.R. and Baligar V.C. (2016). Diallel analysis and growth parameters as selection tools for drought tolerance in young *Theobroma cacao* plants. *PlosOne*. 11, 1–22. e0160647
- Engels, J., Bartley, B., Enríquez, G. (1980). Cacao descriptors, their states and modus operandi. *Turrialba*. 30: 209-218.
- Graziani, L., Ortíz, L., Angulo, J., Parra, P. (2002). Características físicas del fruto de cacao tipos Criollo, Forastero y Trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 52: 343-361.
- International Cocoa Organization; ICCO (2023). <https://www.icco.org/statistics/#production> <https://www.icco.org/statistics/other-statisticaldata>.
- INAMHI (Instituto nacional de Meteorología en Hidrología) (2021). *Información datos meteorólogos* [Fecha de consulta: septiembre 2021]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/informacion-en-linea>.

- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) (1996). *Conservación Ex Situ de los recursos fitogenéticos*. Italia. 108p.
- Jaimez R.E., Peña, G., Barragán L., Chica E., Arteaga F., Cedeño G, (2023). The effect of water deficit on leaf stomatal conductance, water relations, chlorophyll fluorescence and growth of rootstock-scion combinations of cacao, *Scientia Horticulturae*. 321, 2023,112335, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112335>.
- Jaimez RE, Barragan L, Fernández-Niño M, Wessjohann LA, Cedeño-García G, Sotomayor Cantos I, Arteaga F. (2022). *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: a comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. *PeerJ*. 10: e12676 <http://doi.org/10.7717/peerj.12676>
- Jaimez R.E., Loor R., Arteaga F., Márquez V., Tezara W. (2021). Differential response of photosynthetic activity, leaf nutrient content and yield to long-term drought in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta agronomica*. 70-3: 274-284 <https://doi.org/10.15446/acag.v70n3.92252>
- Jaimez, R., Amores, F., Vasco, A., Loor, R., Tarqui, O., Quijano, G., Jiménez, J., Tezara, W. (2018). Photosynthetic response to low and high light of cacao growing without shade in an area of low evaporative demand. *Acta biológica Colombiana*. 23: 95-103.
- Jiménez J.M; Castillo, A.; Gómez, A.; Ramos, G.; Chacón, I.; Moya, A.; Rumbos, R.; Vidal, R.; Albornoz, L.; Gutiérrez, B.; Vivas, A.; Morales, N.; Ramis, C. (2006). Manual Práctico para la caracterización morfológica del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Venezuela Basado en Engels *et al* (1980). Pp 50.
- Jiménez, J. (2006). *Caracterización morfológica y molecular del jardín clonal de cacao (Theobroma cacao L.) ubicado en la estación INIA-Miranda*. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 120p.
- July Martinez, W. (2007). *Morphologic and molecular characterization of the National Bolivian and selections Cacao the Alto Beni elites, Bolivia. Thesis M.Sc. CATIE*. Turrialba, Costa Rica. 88 p.
- Loor, R. y F. Amores. (2003). Explorando la variabilidad del cacao tipo Nacional para identificar clones elite. *Revista Sabor Arriba*. 2(4): 18–19.

- Loor, R., Amores, F., Vasco, S., Quiroz, J., Casanova, T., Garzón, A., Sotomayor-Cantos, I., Jiménez, J., Tarqui, O., Rodríguez, G., Quijano, G., Plaza, L., Guerrero, H., Zambrano, F., 2019. INIAP-EETP-800 'Aroma Pichilingue', nueva variedad ecuatoriana de cacao fino de alto rendimiento. *Rev. Fitotec. Mex.* 42 (2), 187–189. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/42-2/12a.pdf>
- Marcano, M., Morales, S., Hoyer, M., Courtois, B., Risterucci, A., Fouet, O., Pugh, T., Cros, E., González, V., Dagert, M., Lanaud, C. (2009). A genome wide admixture mapping study for yields factors and morphological traits in a cultivated cocoa (*Theobroma cacao* L.) population. *Tree Genetics y Genomes.* 5: 329-337
- Moreno, A. (1998). *Caracterización morfológica y clasificación de cultivares de cacao Criollo (Theobroma cacao L.), Esterculiaceae.* Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 66p.
- Moreno, M. (2007). *Caracterización morfológica y molecular de cacao (Theobroma cacao L.) del Banco de Germoplasma del Centro Nacional de Recursos Genéticos del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. El Limón, estado Aragua.* Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 72p.
- Motamayor, J., Lachenaud, P., Wallace, J., Loor, R., Kuhn, D., Steven, J., Schnell, R. (2008). Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE.* 3: e3311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Motamayor, J., Risterucci, A., Lopez, P., Ortíz, C., Moreno, A., Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity.* 89: 380-385.
- Nair, K.P. (2021). *Cocoa (Theobroma cacao L.)*. In: Tree Crops. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-62140-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-62140-7_5)
- Ramos, G., Gómez, Á., De Ascencao, A. (2004). Caracteres morfológicos determinantes en dos poblaciones de cacao Criollo del occidente de Venezuela. *Agronomía Tropical.* 54: 45-62.
- Salazar, J. (2016). *Análisis de la diversidad genética del cacao (Theobroma cacao L.) venezolano resguardado en los bancos de germoplasma nacional, con miras a establecer programas de mejoramiento genético.* Trabajo de grado para optar al título de Magíster Scientiarum en Agro-

nomía. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 155p.

Sivira, G. (2017). *Identificación de árboles de cacao (Theobroma cacao L.) con características morfológicas de tipo genético "Criollo" de la Costa Aragueña*. Trabajo presentado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 55p.

Tezara, W.; De Almeida, J.; Valencia, E.; Cortes, J.; Bolaños, M. (2015). Actividad fotoquímica de clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) ecuatoriano en el Norte de la Provincia Esmeraldas. *Investigación y Saberes IV*. 3: 37-52.

Tezara, W.; Herrera, A.; De Almeida, J.; Bolaños, M.; Reynel, V. (2016). Respuestas ecofisiológicas y productiva del cacao venezolano y ecuatoriano al estrés. *Memorias del Instituto de Biología Experimental*. 8: 121-124.

Tezara Fernández W., Valencia Caicedo EE, Reynel Chila V.H., Bolaños Ortega M.J., Blanco-Flores H. (2020). Actividad fotosintética de 10 clones de cacao nacional y su relación con el rendimiento. *Revista ESPAMCIENCIA*. 11(1):19-27.

Tezara, W. (2017). *Características ecofisiológica y productivas del café y cacao En: Bases Agronómicas, Fisiológicas y Tecnológicas del café y cacao*. Eds: W Tezara y E Escalante. Pg 12-27 ISBN: 978-9942- 8657-6-2. Editorial CIDE, Ecuador.

Tezara, W.; De Almeida, J.; Bolaños, M; Reynel V. (2017). *Capacidad fotosintética del cacao: Ecuatorianos vs Venezolanos*. Memorias Convención Internacional agroforestal. Pg 956-962. ISBN 978-859-7215-29-5.

Tezara W., Pereyra, G., Ávila-Lovera, E., y Herrera A. (2020). Variability in physiological responses of Venezuelan cacao to drought. *Experimental Agriculture*. 56: 407–421. doi:10.1017/S0014479720000058.

Zambrano, Roberta. (2021) *Plan de Desarrollo Territorial (PDOT GADPE 2019-2023)*. Esmeraldas, - Ecuador. Disponible en: [https://www.gadpe.gob.ec/docs/plan\\_de\\_desarrollo\\_y\\_ordenamiento\\_territorial.pdf](https://www.gadpe.gob.ec/docs/plan_de_desarrollo_y_ordenamiento_territorial.pdf)

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## **Unidad IV**

### **Alimentación pecuaria**



# I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

Páginas: 171-189

Código DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9-cap8>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/113>

## Potencial uso de gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq.) como silaje en el trópico

Potential use of *Megathyrsus maximus* (Jacq.) grasses as silage in the tropics

André Martins de Souza<sup>1</sup>, Miguel Antonio Lara Calderón<sup>2\*</sup>,  
Angela Poveda Parra<sup>1</sup>, Valter Harry Bumbieris Junior<sup>1</sup>

### Resumen

Parte de los sistemas ganaderos en Brasil y Latinoamérica tienen pastizales de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq.) como su principal fuente de voluminoso. Sin embargo, presentan variaciones cualitativas y cuantitativas durante todo el año, donde la producción de forraje se puede dividir en dos estaciones: (i) lluviosa, cuando hay una gran disponibilidad de forraje con buen valor nutricional; y (ii) sequía, cuando su crecimiento está restringido con la consiguiente reducción en la calidad nutricional. Por lo tanto, conservar el forraje excedente producido en aguas en la forma de silaje es una alternativa viable para reducir los efectos de la estacionalidad. Sin embargo,

1. Universidade Estadual de Londrina; Londrina, Brasil.

2. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas; Esmeraldas, Ecuador.

André Martins de Souza  <https://orcid.org/0000-0002-0091-7885>

Miguel Antonio Lara Calderón  <https://orcid.org/0000-0002-2236-5014>

Angela Poveda Parra  <https://orcid.org/0000-0002-7224-4747>

Valter Harry Bumbieris Junior  <https://orcid.org/0000-0001-7255-4887>



varios factores pueden influir en la calidad final del ensilaje producido, que pueden estar relacionados con las características de la planta forrajera, los procedimientos de ensilaje, o con las actividades microbianas y fermentativas. Es necesario utilizar aditivos destinados a minimizar las fermentaciones secundarias, aumentar el valor nutricional, aumentar los niveles de carbohidratos solubles y modular las fermentaciones deseables. Con base en este contexto, el objetivo de esta revisión fue mostrar como cada método de conservación en medio fermentativo es realizado, presentando datos de la literatura referente a la calidad nutricional de los silajes de diferentes variedades de *Megathyrus maximus* (Jacq.) y validar el potencial uso de estas gramíneas en la elaboración de silajes.

**Palabras claves:** conservación voluminosa, estacionalidad pasto tropical, pre-secado.

### Abstract

Part of the livestock systems in Brazil and Latin America have pastures of the species *Megathyrus maximus* (Jacq.) as their main source of bulky. However, they present qualitative and quantitative variations throughout the year, where forage production can be divided into two seasons: (i) rainy, when forage with good nutritional value is widely available; and (ii) drought, when its growth is restricted with the consequent reduction in nutritional quality. Therefore, conserving the surplus forage produced in waters in the form of silage is a viable alternative to reduce the effects of seasonality. However, several factors can influence the final quality of the silage produced, which may be related to the characteristics of the forage plant, silage procedures, or microbial and fermentative activities. It is necessary to use additives aimed at minimizing secondary fermentations, increasing nutritional value, increasing soluble carbohydrate levels, and modulating desirable fermentations. Based on this context, the objective of this review was to show how each method of conservation in a fermentative medium is carried out, presenting data from the literature regarding the nutritional quality of the silages of different cultivars of *Megathyrus maximus* (Jacq.) and to validate the potential use of these grasses in the production of silage.

**Keywords:** seasonality, voluminous conservation, tropical grass, pre-dried.

## Introducción

Las gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq.) son ampliamente utilizadas en los sistemas de producción animal, debido a su elevada productividad, valor nutricional y adaptabilidad al clima tropical (Gomes *et al.*, 2011; Ribeiro *et al.*, 2014).

Aunque se trata de una gramínea adaptada al clima tropical, las plantas no encuentran condiciones climáticas apropiadas para su desarrollo todo el año, y estas limitaciones causan una disminución de la producción y calidad; la conservación del excedente producido cuando todavía se encuentra con un buen valor nutricional se convierte en una alternativa, en forma de silaje o silaje pre seco.

El silaje pre seco requiere dos fases en su elaboración; la deshidratación, que permite elevar el nivel de materia seca entre 40-45% y la fermentativa. La deshidratación de las plantas además de aumentar el nivel de materia seca, concentra los carbohidratos solubles, optimizando el proceso fermentativo (Bumbieris Junior *et al.*, 2011).

Los silajes son elaborados sin adoptar la práctica de la deshidratación, sin embargo, el alto nivel de humedad de las gramíneas en el momento del corte puede ser un problema para que ocurra adecuadamente el proceso fermentativo, no obstante, este puede ser corregido con el uso de aditivos absorbentes (residuos de pulpa cítrica, maíz molido, cáscara de soja, etc) los cuales elevan el nivel de materia seca y la concentración de carbohidratos solubles, que serán utilizados como fuente de sustrato para los microorganismos que actúan en el proceso fermentativo (Pereira y Santos, 2006; Neumann *et al.*, 2010).

Una vez conocidas las alternativas de conservación para la especie *Megathyrsus maximus*, y sus particularidades, la presente revisión tiene el objetivo de mostrar como cada método de conservación es realizado, presentando datos de la literatura referente a la composición nutritiva de los silajes de diferentes variedades de *Megathyrsus maximus* (Jacq).

## Materiales y métodos

Para abordar el objetivo de esta revisión, se seguirá una metodología que permita analizar exhaustivamente los métodos de conservación de las gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus*, centrándose en la producción de silaje y silaje pre seco. En primer lugar, se revisarán estudios que describan el proceso de deshidratación, destacando su impacto en el nivel de materia

seca y la concentración de carbohidratos solubles, así como su influencia en el proceso fermentativo. Se prestará especial atención a la utilización de aditivos absorbentes, como residuos de pulpa cítrica, maíz molido y cáscara de soja, para corregir el alto contenido de humedad en las gramíneas al momento del corte y mejorar el proceso fermentativo.

Se llevará a cabo una búsqueda íntegra en bases de datos científicas, utilizando términos relacionados con la conservación de forrajes, la especie *Megathyrus maximus* y los métodos de producción de silaje. Se seleccionarán estudios que presenten datos sobre la composición nutritiva de los silajes obtenidos mediante diferentes técnicas de conservación y se analizarán en detalle para identificar las variaciones en la calidad nutricional en función del método utilizado.

Además, se realizará un análisis comparativo de los diferentes métodos de conservación, evaluando su eficacia en la preservación de la calidad nutricional de las gramíneas de *Megathyrus maximus*. Se considerarán aspectos como la estabilidad del producto final, la concentración de nutrientes clave y la palatabilidad para el ganado.

Finalmente, se sintetizarán los hallazgos obtenidos de la literatura revisada para proporcionar una visión general de los métodos de conservación de gramíneas de *Megathyrus maximus* y su impacto en la composición nutritiva del silaje resultante.

## Resultados

### Especie *Megathyrus maximus* (Jacq): Introducción y Mejoramiento en el Trópico

El *Panicum maximum* cuyo nombre científico mudo para *Megathyrus maximus* (Jacq). en 2003, es una especie forrajera propagada por semillas, altamente productiva en el Brasil y en varios otros países latinoamericanos. Además, ella se adapta a varios tipos de clima y suelos, pero es exigente en fertilidad (Jank *et al.*, 2008; Valle *et al.*, Jank y Resende, 2008).

El origen de la especie *Megathyrus maximus* (Jacq.) es de África Oriental y del Leste, sin embargo, su fecha de introducción en el Brasil no ha sido bien determinada. Según Aronovich y Rocha (1985), se cree que esta introducción ocurrió durante la llegada de los esclavos africanos, en las camas usadas por ellos en los navíos que los traían, estableciéndose naturalmente en los locales donde desembarcaban.

Después de su entrada al país, el viento, los pájaros, los propios esclavos y otras personas se encargaban de distribuir esta forrajera, naturalmente y sin un objetivo específico, dando origen así al primer cultivar, el cv. Colonial o Guinea común (Colonião) (Martuscello *et al.*, 2007). Tal suceso es fácilmente explicado por la facilidad con que se estableció la especie en América Tropical, con crecimiento explosivo sobre vastas áreas, inclusive recibiendo apoyo mínimo del hombre.

El programa de mejoramiento genético del *Megathyrus maximus* comenzó con la cosecha de muestras por investigadores franceses (Combes; Pernès, 1970), en África del Leste, específicamente en Kenia y en Tanzania. En 1982, por medio del convenio firmado entre Embrapa y el ORSTOM – Instituto Francés de Investigación Científica en Cooperación, el Centro Nacional de Investigación Pesquisa en Ganado de Carne – CNPGC – recibió toda la colección francesa de *Megathyrus maximus* (Jacq.), compuesta de 426 accesos apomícticos y 417 plantas sexuales, lo que permitió el inicio del programa de la selección y mejoramiento de *M. maximus* (Jacq.) en el centro de investigación (Jank, 2003).

Al final de los años 80 y durante la década de 90, fueron lanzados los primeros cultivares de *M. maximus* (Jacq) resultantes de trabajos de mejoramiento genético y/o selección realizados en el Brasil: el cultivar Vencedor, por el Centro de Investigación Agropecuaria del Cerrado – CPAC (Barcelos *et al.*, 1990 citado por Jank, 2017) y los cultivares Centenario, Centauro y Tobiata, por el Instituto Agronómico de Campinas (IAC) (Lara, 2021).

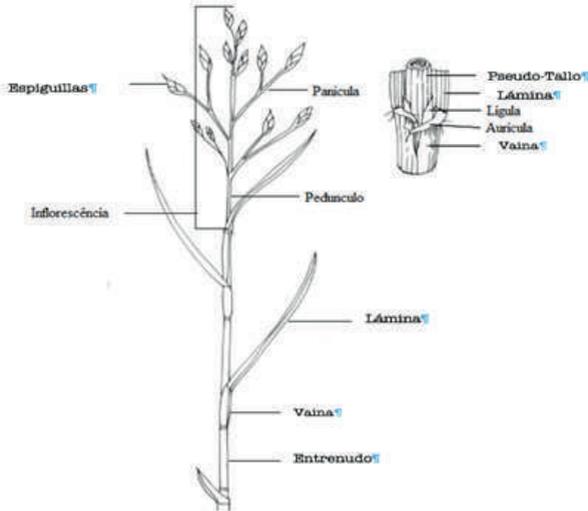
La evaluación de los accesos y cultivares es realizada en etapas. Inicialmente todos los accesos son evaluados en pequeñas áreas, con el objetivo de conocer sus características agronómicas y morfológicas. La segunda etapa consiste de ensayos regionales para testar la adaptación edafoclimática de los accesos en diferentes localidades.

Los accesos con mejor adaptación son llevados a la tercera etapa, que es la evaluación sobre pastoreo, con el objetivo de verificar el efecto del animal sobre el pastaje y su resistencia al pisoteo. Por fin, uno o dos accesos escogidos en la tercera etapa son evaluados en áreas mayores (piquetes de 1.5 ha) sobre pastoreo durante tres años, evaluándose el efecto del forraje sobre el desempeño animal (Jank, 1995; Jank, 2003).

Durante todo el proceso de desarrollo de los nuevos cultivares, son realizados ensayos para la evaluación de resistencia a las plagas, exigencia nutricional, cinética digestiva y producción de semillas, que dan soporte a la selección de los materiales.

**Figura 30.**

Imagen representativa de una planta de *Megathyrsus maximus*.



**Nota.** Adaptado de Kamal *et al.*, 2018.

### Conservación de gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq.)

Desde hace algún tiempo la conservación de gramíneas tropicales es cada vez más común, una vez que esta práctica permite almacenar el excedente de forraje producida y asegura la oferta de alimento de calidad a los animales todo el año (Souza *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2014).

Conservar gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq.) es siempre un desafío, debido a su rápido crecimiento, intenso macollamiento y precocidad reproductiva (EMBRAPA, 2015). Características que terminan con una rápida pérdida de la calidad del material, debido al depósito de compuestos fibrosos y reducción de la concentración de carbohidratos solubles (Santos *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2015).

Otro desafío es el nivel de materia seca que el forraje se encuentra en el momento del corte. Elevados niveles de humedad del forraje y la anaerobiosis desarrollada en el proceso de elaboración del ensilaje proporcionan un ambiente óptimo para que ocurran fermentaciones indeseadas y al aumento de pérdidas (Liu *et al.*, 2011; Xie *et al.*, 2012).

Al evaluar diferentes especies forrajeras, Oliveira *et al.* (2020) concluyeron que, de las gramíneas evaluadas, las gramíneas de la especie *Megathyrus maximus* (Jacq.) poseen menores niveles de Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), altos niveles de proteína cruda y carbohidratos totales.

Vale resaltar que, los niveles de FDN y FDA influyen en la calidad del forraje, una vez que, son factores limitantes de consumo y digestibilidad de los nutrientes, y se refleja en la respuesta de los indicadores productivos en los animales (Silva *et al.*, 2014).

### Formas de conservación en medio fermentativo

#### *Silaje*

El silaje se origina de un proceso fermentativo, el cual debe ocurrir en un ambiente anaeróbico, para conservar los nutrientes del material ensilado (Kung, 2013). Además, para la obtención de la máxima conservación de los nutrientes del forraje algunas etapas deben ser desarrolladas, como: cosecha y trituration con tamaño de partícula adecuado, transporte hasta el silo, descarga, distribución uniforme, compactación y sello del silo de forma rápida y eficiente, para que el proceso fermentativo propiamente dicho se inicie (Gurgel *et al.*, 2019).

El proceso fermentativo se basa en la utilización de azúcares como la fructosa, glucosa y sacarosa por bacterias del género *Lactobacillus*, *Pedio-coccus* y *Streptococcus* que tienen por objetivo transformarlos en ácido láctico, que es un ácido fuerte con baja capacidad volátil (McDonald *et al.*, 1991). Según Neumann *et al.* (2007), el ácido láctico promueve un rápido descenso del pH, permitiendo la conservación del material a través de la inhibición de microorganismos que inducen la putrefacción del ensilado.

#### *Silaje Pre seco*

El problema de ensilar gramíneas tropicales es su nivel de humedad, sin embargo, pre secado después de su corte se ha mostrado eficiente (Fluck *et al.*, 2017). Este proceso eleva el nivel de materia seca (MS) del forraje y concentra los carbohidratos solubles, contribuyendo con la preservación del material, una vez que estos son importantes fuentes de substratos para los microorganismos responsables de la fermentación (Müller, 2018).

La ventaja de confeccionar silaje pre seco con relación al heno es el menor tiempo que el material permanece expuesto en el ambiente, reduciendo los riesgos de pérdidas debido a las condiciones climáticas indeseables, como,

lluvias, poca radiación solar, alta humedad relativa (Pereira y Reis, 2001; Bragachini *et al.*, 2008) y con relación al ensilaje es la menor predisposición a que ocurran fermentaciones secundarias, que genera innúmeras pérdidas.

Las etapas para la elaboración del silaje pre seco se basan en el corte del forraje, hilerar o amontonar, revolver, recogida y almacenaje en medio anaeróbico (pacas, rollos, silos) (Pereira y Reis, 2001). La formación tanto de hileras como al revolver son fundamentales en la deshidratación del forraje y pueden comprometer todo el proceso, una vez que, las hileras quedan muy densas, y cuando la mezcla es realizada de forma inadecuada o ausente en esta etapa, impide que el aire circule y retire la humedad del material, y también dificulta la acción de la luz solar en el material como en todo, ocurriendo apenas sobre la capa superficial de la hilera (Pereira y Reis, 2001).

La marchitez del forraje busca reducir la proliferación de las bacterias del género *Clostridium*, reducir el consumo de carbohidratos solubles por estos microorganismos, evitar la producción de efluentes, aumentar la relación entre ácido láctico y ácido acético, que inhiben el crecimiento de microorganismos deterioradores, como reducir la proteólisis (Berto y Mühlbach, 1997; Pereira y Reis, 2001).

Cuando son elaborados de manera adecuada, los silajes pre secos o pre marchitados presentan color característico, que son varios tonos de café, aroma agradable y alta palatabilidad.

### Proceso Fermentativo

El proceso fermentativo puede ser clasificado como una metabiosis, debido al desarrollo simultáneo y sucesivo de diversos microorganismos en un medio anaeróbico (Pereira y Santos, 2006). Sin embargo, la especie forrajera que será almacenada puede moldear el tipo de microorganismo que irá a desarrollarse en el interior de los silos, pues cada especie presenta en su punto óptimo de corte, niveles de materia seca, concentración de carbohidratos solubles y poder tampón o capacidad amortiguadora diferente.

Delante de lo expuesto, se nota que el proceso fermentativo es más complejo de lo que aparenta, principalmente al tratarse de gramíneas tropicales, pues estas poseen niveles de humedad muy elevados en su punto óptimo de corte. Plantas cosechadas muy húmedas, favorecen el crecimiento de bacterias del género *Clostridium* y enterobacterias, que son productoras de CO<sub>2</sub>, etanol, ácido acético, amonio, y la producción de efluentes, lo que reduce el valor nutricional del silaje (McDonald, 1981; Ávila *et al.*, 2009; Santos y Zanine, 2006).

Al ensilar gramíneas tropicales es común realizar la corrección del nivel de materia seca, a través del uso de aditivos absorbentes (Neumann *et al.*, 2010). Este método tiene por finalidad, restringir la extensión de la fermentación durante el proceso de conservación y reducir la incidencia de fermentaciones secundarias indeseables (Pereira y Reis, 2001).

De manera general, el proceso fermentativo es dividido en cuatro etapas, siendo, aeróbica, transición, anaeróbica y la fase de estabilidad anaeróbica (McDonald *et al.*, 1991).

### **Fase Aeróbica**

Fase donde se recibe y acomoda el material a ser ensilado, es marcado por la presencia de  $O_2$  todavía existente, intensa respiración celular y de microorganismos, así como la generación de calor (Mousquer *et al.*, 2013).

Las enzimas presentes en las plantas antes del corte se mantienen activas, las proteasas inician la degradación de proteínas en aminoácidos, y las carbohidrasas aumentan la cantidad de carbohidratos solubles que serán utilizados en la fermentación. Según McDonald *et al.* (1991) y Muck (2010) cuanto más rápido se encierra esta fase, menores serán las pérdidas.

### **Fase de Transición**

La transición de la aerobiosis para la anaerobiosis es influenciada por el tiempo del cierre del silo. Cuanto menor el tiempo de cierre, menor será el tiempo necesario para el consumo de  $O_2$ , e inicie la fase anaeróbica. En esta fase ocurre el predominio de bacterias heterofermentativas, productoras de ácido acético, el cual es el encargado de reducir parcialmente el pH. La reducción del pH determinará la inhibición de la actividad de las bacterias acéticas y otros microorganismos (Neumann, 2010).

### **Fase Anaerobia**

A partir del momento que hay ausencia de oxígeno en el interior del silo se inicia la fermentación de los carbohidratos solubles, y la preservación del material ensilado.

Los microorganismos en el interior del silo pueden ser clasificados de dos formas: microorganismos deseables para el proceso de conservación de las características nutricionales del forraje, como las bacterias ácido lácticas. Los microorganismos indeseables, como Clostrídios, Enterobacterias, hongos y levaduras, que afectan la calidad del silaje (Muck, 2010).

El ecosistema microbiano del ensilaje es dominado por las bacterias ácido lácticas (BAL), que poseen tres grupos, las homofermentativas obligatorias, que son productoras de ácido láctico, estas tienen la capacidad de transformar 1 mol de glucosa en 2 moles de ácido láctico; las bacterias heterofermentativas facultativas y obligatorias, las cuales producen diversos productos. Estas bacterias, a partir de 1 mol de glucosa generan 1 mol de ácido láctico, CO<sub>2</sub> o etanol y ácido acético, además de competir por los substratos con las homofermentativas (Muck, 2010; Storm *et al.*, 2010).

El nivel de MS presenta gran influencia en el proceso fermentativo del silaje, pues las BALs que son las principales bacterias responsables la fermentación, necesitan de humedad para su crecimiento y reproducción (Hu *et al.*, 2009). Cuando el proceso fermentativo ocurre de forma adecuada, ciertamente el nivel de pH será inferior a 4.2, que inhibirá el crecimiento de la mayoría de los microorganismos en el interior de los silos, con excepción de las BALs.

### Fase Estable

Con la inhibición del crecimiento de los microorganismos, el ensilaje se estabiliza, con pocas reacciones ocurriendo en su interior, el pH alrededor de 3.5 a 4.0 en materiales húmedos, o mayor a 4.5 en materiales marchitos, de esta manera, solo se mantiene la estabilidad en cuanto persisten las condiciones básicas (Neumann, 2010). Algunas enzimas ácido tolerantes continúan activas, causando una leve hidrólisis de los carbohidratos estructurales, silajes con pH menor a 4.0 pueden llevar a la degradación de la hemicelulosa (Drouin y Lafrenière, 2012).

Si hay la entrada de aire durante esa fase ocurre el desarrollo de hongos, mohos y microorganismos indeseables, generando pérdida de la calidad nutricional del alimento, afectar la palatabilidad y causar problemas de salud en los animales que lo consumen.

### Producción de Biomasa Seca y Composición Nutritiva del silaje de gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq.)

La producción de biomasa seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de diferentes gramíneas utilizadas para la elaboración del silaje se presenta en la tabla 23, y se observa que, en este ítem, las gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq), al permitir que más de un corte sea realizado en su ciclo, la producción final de biomasa seca llega a valores muy próximos o superiores de cultivos como el maíz y el sorgo, que son utilizados preferencialmente para la producción de silajes.

**Tabla 23.**

*Producción de biomasa seca de diferentes gramíneas destinadas a la producción de silajes.*

Cultivares/ especie	Producción de biomasa seca, kg MS ha <sup>-1</sup>			
	Días de rebrote			Total
<i>Megathyrsus maximus</i>	30 D	60 D	90 D	
Massai <sup>1</sup>	3 071	7 067	11 437	21 575
Milenio <sup>1</sup>	4 467	7 014	18 238	29 719
Mombasa <sup>1</sup>	3 938	4 432	22 857	31 227
Tanzania <sup>1</sup>	3 294	3 734	14 907	21 935
<i>Megathyrsus maximus</i>	Días de rebrote			
	30 D	40 D	50 D	
Mombasa <sup>2</sup>	7 700	10 510	10 450	28 660
Kenia <sup>2</sup>	7 350	8 820	9 440	25 610
Zuri <sup>2</sup>	8 600	9 980	16 710	35 290
<i>Megathyrsus maximus</i>	Días de rebrote			
	14 D	28 D	42 D	
Zuri <sup>3</sup>	3 903.89	5 358.74	5 755.55	15 018.18
<i>Zea mays</i>	Fase reproductiva			
	R3	R4	R5	
Maximus VIP <sup>3</sup>	19 548	21 528	25 953	-
Defender VIP <sup>5</sup>	14 526	17 532	25 026	-
Feroz VIP <sup>5</sup>	14 788	19 032	24 202	-
<i>Sorghum bicolor</i>	Días después de la siembra			
	100 D	130 D	160 D	
BRS 716 <sup>6</sup>	12 172	18 136	22 034	-

D: días.

**Nota.** Adaptado de: Kill-Silveira, 2020; Calderón, 2021; Costa *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2021; Horst *et al.*, 2020; Queiroz, 2020.

La alta productividad por unidad de área de las gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus* (Tabla 23) es imprescindible en los sistemas pecuarios, visto que esta promueve una reducción en los costos de producción (Euclides *et al.*, 2018). Uno de los principales factores que hace con que esta especie sea una importante alternativa para la producción de silajes en regiones tropicales.

En la tabla 24 se presenta los datos de la composición química del silaje de diferentes variedades de pastos tropicales de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq.), y también del silaje de sorgo y maíz.

Al realizar la elaboración del silaje de pasto Massai, Oliveira *et al.* (2018) realizaron el corte y el ensilaje del forraje a los 40 días de crecimiento. Ali (2023) realizó el ensilaje del cultivar Zuri a los 95 días de ciclo. Melo *et al.* (2016) realizaron el ensilaje del cultivar Tanzania cuando este alcanzó 120 días de crecimiento vegetativo, y Bureenok *et al.* (2016) realizaron el ensilaje del pasto Guinea a los 45 días después de un corte de uniformización, o sea, 45 días de rebrote.

**Tabla 24.**

*Composición química del silaje de diferentes gramíneas.*

<i>Megathyrus maximus</i>	Parámetros (% MS)									
	MS	FDN	FDA	LDA	PB	EE	CNF	NDT	pH	NH <sub>3</sub> -N
Massai <sup>1</sup>	24.10	68.40	47.30	13.10	6.12	1.32	11.00	40.20	5.70	15.30
Zuri <sup>2</sup>	23.66	78.22	60.61	9.33	5.62	-	-	-	4.61	3.25
Tanzania <sup>3</sup>	33.60	76.50	58.60	16.50	5.66	5.78	-	41.10	4.00	2.35
Guinea <sup>4</sup>	18.80	73.70	37.90	-	6.70	-	-	-	4.43	7.90
<i>Sorghum bicolor</i> <sup>5</sup>	45.75	64.33	47.21	-	5.84	-	-	-	4.30	-
<i>Sorghum bicolor</i> <sup>6</sup>	22.14	61.26	43.44	8.55	6.06	1.50	23.60	47.83	2.33	3.72
<i>Zea mays</i> <sup>7</sup>	24.64	51.14	17.36	-	9.99	2.16	-	-	-	-
<i>Zea mays</i> <sup>8</sup>	32.48	56.43	26.60	6.36	4.95	-	36.23	-	4.00	-

MS: Materia seca; FDN: Fibra insoluble en detergente neutro; FDA: Fibra insoluble en detergente ácido;

LDA: Lignina en detergente ácido; PB: Proteína cruda; EE: Extracto etéreo; CNF: Carbohidratos no fibrosos; NDT: Nutrientes digestibles totales; pH: Potencial hidrogenico; NH<sub>3</sub>-N: Nitrogeno amoniacal.

**Nota.** Adaptado de: Oliveira *et al.*, 2018; Ali, 2021; Melo *et al.*, 2016; Bureenok *et al.*, 2016; Santin *et al.*, 2020; Queiroz, 2020; Figueiredo *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2022.

Evaluando sorgo, Santin *et al.* (2020) promovieron el ensilaje de las plantas a los 110 días después de la siembra; Queiroz (2020) realizó el ensilaje de las plantas a los 130 días post siembra. Con plantas de maíz, Figueiredo *et al.* (2018) realizaron el ensilaje del material en fase de grano pastoso, en cuanto Souza *et al.* (2022) realizaron el ensilaje con grano farináceo.

Las variaciones en los niveles de materia seca que se presentan entre las gramíneas de la especie *Megathyrus maximus* (Jacq.) es efecto de la edad del corte, que fue distinto entre los trabajos presentados (Tabla 24). La edad en que es realizado el corte de un forraje para ensilaje origina variación en la materia seca, FDN, FDA, Lignina. El avance del ciclo de la forrajera aumenta el depósito de componentes estructurales, y este es un proceso fisiológico y

continuo, o sea, cuanto más vieja mayor será la participación de estos componentes en el forraje (Santos *et al.*, 2014; Garcez *et al.*, 2016).

A pesar de las variaciones en el nivel de materia seca de los diferentes materiales presentados en la *Tabla 23*, de manera general, se puede decir que el proceso fermentativo fue adecuado debido a los bajos valores de pH, excepto para el silaje del pasto Massai. Los valores de pH bajos son efecto de una alta concentración de carbohidratos solubles en la planta, lo que favorece el proceso fermentativo intenso y una disminución rápida del pH del material ensilado (Ribeiro *et al.*, 2010; Behling Neto *et al.*, 2017).

De acuerdo con McDonald (1991) el pH de un silaje que haya desencadenado un correcto proceso fermentativo debe ser entre 3.8 a 4.2 y dentro de esta margen las enzimas proteolíticas son inactivadas, lo que evita que ocurra la proteólisis (Tomich *et al.*, 2004). Silajes con pH mayor que 4.2 son propensas a que ocurra proteólisis excesiva (McDonald *et al.*, 1991). Hecho que puede ser confirmado con el cultivar Massai, el cual presentó mayor valor de pH y mayor valor de NH<sub>3</sub>-N, que es indicativo de proteólisis.

La literatura relata que las gramíneas de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq.) cuando utilizadas para la elaboración del silaje son propensas a no desencadenar un proceso fermentativo adecuado y generar grandes pérdidas debido a su composición química, sin embargo, la *Tabla 23* se muestra que se puede mejorar por medio de manejo, y producir un silaje de calidad satisfactoria.

## Conclusiones

A pesar de las particularidades intrínsecas que las gramíneas de las especies *Megathyrsus maximus* (Jacq.) convierta la elaboración del ensilaje un desafío constante, ella es promisoría en las regiones tropicales, con alta productividad por unidad de área, y plasticidad de manejo, puede ser utilizada para pastoreo y tener la producción excedente almacenada en forma de silaje o ser utilizada única y exclusivamente para la elaboración de silaje, permitiendo más de un corte durante su ciclo.

## Referencias bibliográficas

Ali, O. (2021). *Silagem de capin-zuri colhido em diferentes idades e aditivada com melaço em pó*. [Dissertação de mestrado]. Programa de pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 60p.

- Aronovich, S., y Rocha, G. L. (1985). Gramíneas e leguminosas forrageiras de importância no Brasil Central Pecuário. *Informe Agropecuário*. 11(132), 3-13. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=catalco.xisymethod=postyformato=2ycantidad=1yexpresion=mfn=031758>.
- Ávila, C. I. S., Pinto, J. C., Figueiredo, H. C. P., y Schwan, R. F. (2009). Effects of an indigenous and a commercial *Lactobacillus buchneri* strain on quality of sugar cane silage. *Grass and Science*. 64(4), 384-394.
- Behling Neto, A., Reis, R. H. P., Cabral, L. S., Abreu, J. G., Sousa, D. P., Pedreira, B. C., y Carvalho, A. P. S. (2017). Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage. *Semina: Ciências Agrárias*. 38(sn), 2607-2618. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2607>.
- Berto, J., Mühlbach, P. (1997). Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 26(4), 651-658.
- Bumbieris Jr, V. H., Oliveira, M. R., Barbosa, M. A. A. F. y Jobim, C. C. (2011). *Use of winter cultures for forage conservation*. In: J. L. P. Daniel. *Forage quality and conservation*. 2nd International Symposium on Forage Quality and Conservation, FEALQ (pp.65-83). São Pedro, SP, Brasil.
- Bureenok, S., Sisaath, K., Yuangklang, C., Vasupen, K. y Schonewille, J. T. (2016). Ensiling characteristics of silages of Stylo legume (*Stylosanthes guianensis*), Guinea grass (*Panicum maximum*) and their mixture, treated with fermented juice of lactic bacteria, and feed intake and digestibility in goats of rations based on these silages. *Small Ruminant Research*. 134, 84-89.
- Bragachini, M., Cattani, P., Gallardo, M., Peiretti, J. *Manual técnico: Forrajes: Conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional*. ed.6. 2008. 365p.
- Combes, D. y Pernès, J. (1970). Variations dans le nombre chromosomique du *Panicum maximum* Jacq. En relation avec le mode de reproduction. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. 270(sn), 782-785. Disponível em: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10019767537>.
- Costa, N. L., Jank, L., Magalhães, J. A., Rodrigues, B. H. N., y de Seixas Santos, F. J. (2019). Resposta de pastagens de *Megathyrsus maximus* cv. Zuri à frequência de desfolhação. *Research, Society and Development*. 8(8), e14881185.

- Drouin, P. y Lafreniere, C. (2012). *Clostridial spores in animal feeds and milk*. In: CHAIYABUTR, N. (Ed.) Milk production: an up-to-date overview of animal nutrition, management and health. Rijeka: Intech, p.375-394.
- Euclides, V. P. B., Costa, F. P., Euclides Filho, K., Montagner, D. B. y Figueiredo, G. R. (2018). Biological and economic performance of animal genetic groups under different diets. *Bioscience Journal*. 34(sn), 683-692.
- Ferreira, D. J.; Zanine, A. M.; Lana, R. P.; Ribeiro, M. D.; Alves, G. R.; Mantovani, H. C. (2014). Chemical composition and nutrient degradability in elephant grass silage inoculated with *Streptococcus* bovis isolated from the rumen. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 86(1), 465-473.
- Figueiredo, R. R., Freire, A. P. S. S., França, A. M. S., Ferreira, I. C., y Guimarães, E. C. (2018). Composição química da silagem de milho com aditivos. *Pubvet*. 12, 133.
- Fluck, A. C., Parzianello, R. R., Maeda, E. M., Piran Filho, F. A., Costa, O. A. D. y Simionatto, M. (2017). Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem présecagem. *Boletim de Indústria Animal*. 74(3), 176-181.
- Garcez, B. S., Alves A. A., Da Costa Araújo, D. L. y Lacerda, M. S. B. (2016). Degradabilidade ruminal do capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Colômbio) em três idades pós-rebrota. *Acta Veterinaria Brasílica*. 10, 130-134. <https://doi.org/10.21708/avb.2016.10.2.5513>.
- Gomes, R. A., Lempp, B., Jank, L., Carpejani, G. C. y Moraes, M. G. (2011). Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 46(2), 205-211.
- Gurgel, A. L. C., Camargo, F. C., Dias, A. M., Santana, J. C. S., Costa, C. M., da Costa, A. B. G., ... y Fernandes, P. B. (2019). Produção, qualidade e utilização de silagens de capins tropicais na dieta de ruminantes. *Pubvet*. 13, 150.
- Horst, E. H., Bumbieris Junior, V. H., Neumann, M., Souza, A. M. D., Venancio, B. J., Stadler Junior, E. S., ... y Santos, L. C. (2020). Características agrônomicas de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) silageiros em diferentes estádios de maturação. *Semina Ciências Agrárias*. 41(05, supl. 01):2273-2284.

- Hu, W.; Schmidt, R. J.; Mcdonell, E. E.; Klingerman, C. M.; Kung Jr, L. (2009). The effect of *Lactobacillus* buchneri 40788 or *Lactobacillus* plantarum MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *Journal of Dairy Science*. 92(8):3907-3914.
- Jank, L. (1995). *Melhoramento e seleção de variedades de Panicum maximum*. In: PROC 12 TH Simposio sobre Manejo da Pastagem, Anais [...]. [s.l: s.n.] p. 21–58.
- Jank, L. A. (2003). História do Panicum maximum no Brasil. *Revistas JC Maschietto Sementes, Penápolis*. 1(1):14.
- Jank, L.; Resende, R. M. S.; Valle, C. B.; Resende, M. D. V.; Chiari, L.; Cançado, L. J.; Simioni, C. (2008). Melhoramento genético de Panicum maximum. *Melhoramento de Forrageiras Tropicais*. 1:55–87.
- Kamal, M. I.; Shruti, D.; Paul, M. P.; Hasnaa A. H. (2018). Grasses Of Mali. *Smithsonian Institution Scholarly Press*. 108(Sn):1-159. Doi: 10.5479/Si.1938-2812.108.
- Kill-Silveira, R. (2020). Manejo ecofisiológico das gramíneas *Megathyrus maximus* (Panicum maximum) cv. Tanzânia, Mombaça e Massai. *Veterinária e Zootecnia*. 27:1-13.
- Kung Junior. L. The effects of length of storage on the nutritive value and aerobic stability of silages. In: Daniel, J. L. P.; Santos, M. C.; Nussio, L. G. *International Symposium on Forage Quality and Conservation*. Campinas, p.7-19, 2013.
- Lara, Miguel (2021) *Potencial de novas cultivares da espécie megathyrus maximus na produção de silagem*. Universidade Estadual de Londrina. Dissertação apresentada ao Programa de Pósgraduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina – UEL. Londrina. Disponible en <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1136294/1/8-Potencial-de-novas-cultivares-da-especie-Megathyrus-maximus-na-producao-de-silagem.pdf>
- Liu, Q., Zhang, J., Shi, S. y Sun, Q. (2011). The effects of wilting and storage temperatures on the fermentation quality and aerobic stability of stylo silage. *Animal Science Journal*. 82(4):549-553.
- Martuscello, J. A.; Jank, L.; Fonseca, D. M.; Cruz, C. D; Cunha, D. N. F. V. (2007). Agronomic characters repeatability in Panicum maximum Jacq.

*Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(6 SUPPL):1975–1981. doi: 10.1590/s1516-35982007000900005.

Melo De, Lilian F.; Martins, Cibele C.; Da Silva, Givanildo Z.; Sanches, Mauricio (2016) Processing in the quality of tanzania grass sedes. Science and technology. *Engenharia agrícola*. 36 (06). Disponible en <https://www.scielo.br/j/eagri/a/GKLV4CMLkpN3BDMQvDWHcF/?lang=en#Modal-Scimago>

Mousquer, C. J.; Silva, M. R.; Castro, W. J. R.; Fernandes, G. A.; Fernandes, F. F. D.; Silva Filho, A. S.; Feijó, L. C.; Ferreira, V. B. (2013). Potencial de utilização de silagem de gramíneas tropicais não convencionais e cana-de-açúcar. *Pubvet*. 7(22):1-32.

Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39(sn):183- 191.

Müller, C. E. (2018). Silage and haylage to horses. *Grass Forage Science*. 73: 815-827.39

Mcdonald, P.; Henderson, A. R.; Heron, S. J. E. (1991). The biochemistry of silage. *Chalcomb Publications*. 28: 340. <https://doi.org/10.1017/S0014479700023115>.

Neumann, M.; Mühlbach, P. R. F.; Nörnberg, J. L.; Restle, J.; Ost, P.R. (2007). Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(5):1395-1405.

Neumann, M. *Produção e Utilização de Silagem de Milho na Nutrição de Ruminantes*. Instituto de Estudos Pecuários – IEPEC, 2010, 170p.

Neumann, M.; Oliboni, R.; Oliveira, M. R.; Faria, M. V.; Ueno, R. K.; Reinerh, L. L.; Durman, T. (2010). Aditivos químicos utilizados em silagens. *Pesquisa Aplicada y Agrotecnologia*. 3(2):187-195.

Oliveira, R. L., Ribeiro, O. L., Bagaldo, A. R., Borja, M. S., Correia, B. R., Lima, L. D. S., ... y Bezerra, L. R. (2018). Composição nutricional e características fermentativas da silagem de capim Massai adicionada com torta de licuri (*Syagrus coronata*). *Semina Ciências Agrárias*. 39(3):1189-1198.

Oliveira, V. S.; Silva Morais, J. A.; Fagundes, J. L.; Santana, J, C. S.; Muniz, E. V.; Valença, R. L. (2020). Fractionation of protein and carbohydrates ac-

cording to CNCPS of five forages irrigated or not during the dry season. *Research, Society and Development*. 9(7):1-16.

Pereira J. R. A.; Reis R. A. (2001). *Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais*. In: JOBIM C. C., CECATO U., DAMASCENO J. C., DOS SANTOS G. T. Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas, Maringá, Brasil, 2001, p.64-68.

Pereira, O. G.; Santos, E. M. (2006). *Microbiologia e o processo de fermentação em silagens*. In: Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. 3. Viçosa: UFV, 2006. Anais... Viçosa: UFV, 2006. p. 393-430.

Queiroz, F. E. (2020). *Potencial forrageiro da silagem de sorgo biomassa*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual de Montes Claros, 71p

Ribeiro, L. S. O.; Pires, A. J. V.; Carvalho, G. G. P.; Santos, A. B.; Ferreira, A. R.; Bonomo, P. and Silva, F. F. (2010). Composição química e perdas fermentativas de silagens de cana de açúcar tratadas com ureia ou hidróxido de sódio. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39:1911-1918. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000900008>.

Ribeiro Junior, G. O.; Teixeira, A. M.; Velasco, F. O.; Faria, W. G.; Pereira, L. G. R.; Chaves, A. V.; Gonçalves, L. C.; Mcallister, T. A. (2014). Production, nutritional quality and in vitro methane production from *Andropogon gayanus* grass harvested at different maturities and preserved as hay or silage. *Asian Australasian Journal of Animal Science*. 27(3):330-341.

Santin, T. P., Frigeri, K. D. M., Agostini, A., da Silva, H. R., Frigeri, K. D. M., Kalles, N. Z.; Dias, A. M. (2020). Características fermentativas e composição química da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*) com uso de aditivos absorventes. *Brazilian Journal of Development*. 6(8):54931-54943.

Santos, E. M.; Zanine, A. M. (2006). Silagem de gramíneas tropicais. *Colloquium Agrariae*. 2(1):32-45.

Santos, C. G.; Amaral, P. N. C.; Carpejan, G. C.; Junges, L. (2014). Produção de Silagem de Milho Híbrido com Diferentes Idades de Corte. *Revista Científica de Produção Animal*. 16:32-45.

Silva, D. C. D.; Alves, A. A.; Lacerda, M. D. S. B.; Moreira Filho, M. A.; Oliveira, M. E. D.; Lafayette, E. A. (2014). Valor nutritivo do capim-andropogon em quatro idades de rebrota em período chuvoso. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 15(3):626-636.

- Silva, M. S. J., Jobim, C. C., Poppi, E. C., Tres, T. T.; Osmari, M. P. (2015). Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 44(9):303-313. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902015000900001>.
- Souza, A. S. O.; Silva, J. R.; Barros, M. S.; Lima, V. G. O.; Luz, D. O.; Ribeiro, O. L.; Filho, N. B. S.; Araujo S. S. (2012). Composição químico-bromatológica do capim Tanzânia ensilado com farelo de arroz. *Revista Científica de Produção Animal*. 14(1):25-28.
- Souza, A. M., Neumann, M., Bumbieris Junior, V. H., Manchur, A. D., Pontarolo, G. B., Heker Junior, J. C., Plodoviski, D. C. (2021). Efeito do avanço do estágio de maturação do milho para silagem sobre a caracterização bromatológica, digestibilidade e custos de produção. *Semina Ciências Agrárias*. 42(1):283-300.
- Souza, A. M., Neumann, M., Rampim, L., Almeida, E. R.; Matchula, A. F., Cristo, F. B. y Faria, M. V. (2022). Effect of storage time on the chemical composition of whole and grainless corn plant silage harvested at different maturity stages. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 51, 1-15. <https://doi.org/10.37496/rbz5120200180>
- Storm, I. M. L. D., Kristensen, N. B., Raun, B. M. L., Smedsgaard, J. y Thrane, U. (2010). Dynamics in the microbiology of maize silage during whole-season storage. *Journal of Applied Microbiology*. 109(3), 1017-1026.
- Tomich, T. R., Gonçalves, L. C., Tomich, R. G. P., Rodrigues, J. A. S., Borges, I. y Rodriguez, N. M. (2004). Características químicas e digestibilidade in vitro de silagens de girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33, 1672-1682. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000700005>.
- Valle, C. B., Jank, L. y Resende, R. M. S. (2009). O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. *Revista Ceres*. 56(4), 460-472.
- Xie, Z. L., Zhang, T. F., Chen, X. Z., Li, G. D.; Zhang, J. G. (2012). Effects of maturity stages on the nutritive composition and silage quality of whole crop wheat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 25(10), 1374-1380.

# I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

Páginas: 190-203

Código DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-22-9-cap9>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/113>

## Bioestimulación de forraje verde hidropónico de maíz con ácido giberélico y ácido acetilsalicílico

Biostimulation of hydroponic corn green fodder with gibberellic acid and acetylsalicylic acid

Marwin Josua Quiñonez Guerron<sup>1</sup>, Paúl Márquez Tobar<sup>1</sup>,  
Ramón Moreira Obando<sup>1</sup>, Lorena E. Ona Yanez<sup>1\*</sup>

### Resumen

La obtención de forraje como alimento para ganado requiere recursos y tiempo. El forraje verde hidropónico (FVH) es una solución, produce forraje fresco en espacios pequeños, todo el año, con alto contenido nutricional y en cortos períodos. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del ácido acetilsalicílico y el ácido giberélico en la producción de forraje verde hidropónico de maíz variedad. Se aplicó un DCA con tres tratamientos (T1 agua potable, T2 ácido acetilsalicílico y T3 ácido giberélico) y seis repeticiones, las semillas de maíz criollo se germinaron en invernadero por 12 días y se evaluaron: la producción de forraje, el contenido nutricional y porcentaje de semilla no germinada. La mayor producción de forraje se obtuvo en T1, 1095,5 g, la aplicación de reguladores no afectó la producción de biomasa. El análisis nutricional mostró niveles

1. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas; Esmeraldas, Ecuador.

Marwin Josua Quiñonez Guerron  <https://orcid.org/0009-0008-1368-2406>

Paúl Márquez Tobar  <https://orcid.org/0000-0001-8145-276X>

Ramón Moreira Obando  <https://orcid.org/0009-0000-5338-0105>

Lorena E. Ona Yanez  <https://orcid.org/0000-0001-5958-9057>



Correspondencia: [lorena.ona@utelvt.edu.ec](mailto:lorena.ona@utelvt.edu.ec)

de proteína bruta más elevados para T3, con 13.75%, que indica mayor índice nutricional y un efecto sobre el uso de reservas en semillas. El extracto libre de nitrógeno (ELNN) alcanzó un nivel de 72.98% en T2, que se traduce en mejor digestibilidad. El porcentaje de semilla no germinada fue menor en T3, 0,0083%, lo que evidencia los efectos directos del ácido giberélico sobre la germinación. En conclusión, el uso del ácido acetilsalicílico y el ácido giberélico no afectaron de manera significativa a la producción de forraje. Sin embargo, el ácido acetilsalicílico incrementa el ELNN y el ácido giberélico contribuye a un mayor nivel de proteína cruda.

**Palabras claves:** ácido acetilsalicílico, ácido giberélico, forraje verde hidropónico, maíz.

### Abstract

Obtaining forage as livestock feed requires resources and time. Hydroponic green fodder (HGF) is a solution, it produces fresh fodder in small spaces, all year round, with high nutritional content and in short periods. The effect of acetylsalicylic acid and gibberellic acid on the production of hydroponic green forage of creole variety corn was evaluated. A CRD was applied with three treatments (T1 drinking water, T2 acetylsalicylic acid and T3 gibberellic acid) and six repetitions, the creole corn seeds were germinated in a greenhouse for 12 days and the forage production, nutritional content and ungerminated seed percentage were assessed. The highest forage production was obtained in T1 which reaches 1095.5g. The application of regulators did not affect biomass production. The nutritional analysis showed higher crude protein levels for T3, with 13.75%, which indicates a higher nutritional index and an effect on the use of seed reserves. The nitrogen-free extract reached a level of 72.98% in T2, which translates into better digestibility. The percentage of non-germinated seed was lower in T3, 0.0083%, which shows the direct effects of gibberellic acid on germination. The use of acetylsalicylic acid and gibberellic acid did not significantly affect forage production. However, acetylsalicylic acid increases the nitrogen-free extract and gibberellic acid contributes to a higher level of crude protein.

**Keywords:** acetylsalicylic acid, corn, gibberellic acid, hydroponic green fodder.

## Introducción

Los sistemas de producción animal enfrentan grandes desafíos relacionados al suministro de alimento para los animales, existen varias razones que impiden que los productores puedan contar con las cantidades necesarias de pastos para cubrir las necesidades alimenticias de sus animales, entre ellas están: la necesidad de grandes extensiones de tierra para producir alimento, las considerables cantidades de agua requeridas, la recurrente disminución de suelos aptos para cultivos, el cambio de uso de suelo, los altos costos relacionados a la producción de pasturas, los largos períodos de crecimiento de estos cultivos y los efectos adversos del cambio climático que han alterado radicalmente los ciclos entre épocas secas y lluviosas generando largos períodos de sequía (Bekuma, 2019; Bhat *et al.*, 2021 y Salo, 2019).

Los forrajes verdes hidropónicos son una alternativa sustentable a los sistemas de producción de pastos y forrajes actuales. Este tipo de forraje se obtiene de semillas de gramíneas con altos niveles de germinación, entre las más usadas se encuentran el trigo, cebada, avena, sorgo y maíz (Agius *et al.*, 2019). De hecho, el maíz es una buena opción dentro de las gramíneas, existen reportes que afirman que el forraje verde hidropónico de maíz puede incrementar la producción de leche hasta en un 13.7% (Salo, 2019). El proceso de germinación se lleva a cabo en cámaras o invernaderos bajo condiciones controladas que aceleran el desarrollo y optimizan el uso de recursos como agua, espacio físico y tiempo (Agius *et al.*, 2019). Adicionalmente, este sistema puede producir alimento para todo tipo de ganado todo el año sin importar la época del año o la región geográfica (Bekuma, 2019).

El forraje verde hidropónico tiene ventajas nutricionales, económicas y ambientales sobre los forrajes convencionales. En cuanto a las ventajas del forraje verde hidropónico como alimento en ganado, se puede mencionar su mayor digestibilidad, es más agradable al gusto del animal por ser un tejido vegetal joven bien hidratado, no hay pérdidas post cosecha, posee un alto contenido nutricional, altos índices de energía metabolizable y proteína cruda (Bekuma, 2019; Salo, 2019). Las ventajas nutricionales de este forraje responden al mismo proceso de germinación de las semillas que de manera natural rompen moléculas muy complejas y las convierten en compuestos orgánicos más fáciles de absorber como carbohidratos simples, vitaminas y ciertos minerales. Otro componente nutricional importante del forraje son los ácidos grasos, esto representa una ventaja sobre todo en vacunos de leche alimentados con este forraje pues se ha demostrado que incrementa el contenido de grasa en la leche, un parámetro importante en la industria láctea (Agius *et al.*, 2019).

Además, estudios han reportado que el uso de forraje verde incrementa la producción de leche en este tipo de ganado (Salo, 2019).

En términos económicos este tipo de forraje es mucho más barato de producir, requiere un mínimo de horas-hombre y no incluye costos derivados de traslados a grandes distancias pues la producción debe ser *in situ*. Una de las características que más llama la atención del forraje verde hidropónico es que es la vía para una producción animal sostenible, reduce hasta en un 95% el uso de agua por lo que permite producir en zonas donde el acceso a agua sea limitado; reduce la presión sobre el recurso suelo y facilita la producción de alimento en zonas donde no se disponga de terreno para producir pastos. Además, no requiere el uso de antibióticos, pesticidas y herbicidas por lo que será un alimento higiénico y libre de químicos para los animales. El forraje verde hidropónico es la vía para hacer frente a los desafíos del cambio climático y sostener la producción animal en el tiempo, en casi cualquier región del planeta (Agius *et al.*, 2019; Bekuma, 2019).

Por otro lado, el ácido giberélico es un regulador de crecimiento vegetal ampliamente estudiado con efectos directos sobre varios procesos del desarrollo, uno de ellos es la germinación (Bagale *et al.*, 2022). Reportes indican que este ácido puede aumentar el índice de germinación, la longitud de brotes y raíces, peso seco y el contenido de agua de plantas germinadas en cebada (Chauhan *et al.*, 2019). Otro efecto del ácido giberélico que ha sido reportado es la estimulación de las amilasas en la germinación, lo que facilita la ruptura del almidón (Khaur *et al.*, 1998). Otro regulador involucrado en la germinación es el ácido acetilsalicílico, tiene varios efectos fisiológicos en diferentes puntos del desarrollo vegetal, durante el proceso de germinación actúa como un promotor, sobre todo en condiciones de estrés (Arif *et al.*, 2020). Se ha reportado que la aplicación exógena de ácido acetilsalicílico puede incrementar el contenido de ciertos aminoácidos durante la germinación de haba (Ghassemi-Golezani y Samea-Andabjadid, 2022). Si bien en la producción de forraje verde hidropónico se hace uso de soluciones nutritivas o solo agua, no existe información sobre el efecto de reguladores de crecimiento vegetal en la promoción del crecimiento del forraje. Es por ello que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del ácido acetilsalicílico y el ácido giberélico en la producción de forraje verde hidropónico de maíz variedad Criollo.

## Materiales y métodos

### Localización y duración del experimento

El experimento se llevó a cabo en el programa de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACAP) de la Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas. Se construyó un invernadero tradicional elaborado con caña guadua en un área de 60 m<sup>2</sup>, con una altura de 2.5 m, 6 m de ancho y 10 m de largo. Dentro del invernadero se construyeron mesas para la producción de FVH con caña de guadua, cada una de ellas divididas en tres secciones. Las mesas tenían dimensiones de 1 m de alto por 7.5 m de largo y 0.27 m de ancho con una inclinación de 10°, sobre estas estructuras se colocaron las bandejas de crecimiento de FVH. El experimento tuvo una duración de 15 días, 3 días de germinación y 12 días de crecimiento, después de este período se procedió con la evaluación de variables de respuesta.

### Material vegetal y pretratamiento

Las semillas de maíz variedad criollo se adquirieron en el Centro Agropecuario AGROMASTERC de la ciudad de Esmeraldas. Previo al inicio del ensayo y siguiendo la metodología propuesta por Rodríguez (2008), las semillas se sometieron a un pretratamiento que incluyó la selección, limpieza, desinfección e hidratación y posteriormente se colocaron las semillas en una cámara de germinación. En la selección, se eliminaron granos partidos o deformes y cuerpos extraños, para garantizar que las semillas que formaron parte del experimento tengan una buena morfología. Posteriormente, se sumergieron las semillas en agua potable y se eliminaron aquellos granos que flotaban en el agua. Con las semillas seleccionadas, se realizó un lavado en una solución de cloro comercial al 0.16% v/v, durante 2 min, después las semillas se enjuagaron con agua potable y fueron sumergidas en agua por 12 h.

### Germinación, monitoreo y cosecha

Después de las 12 h de inmersión en agua potable, las semillas se escurrieron y se pesaron, para distribuir 800 g de semillas hidratadas en cada bandeja. Las bandejas de crecimiento medían 40 cm de ancho y 30 cm de largo, dentro de ellas se distribuyó una capa uniforme de las semillas previamente pesadas, estas se cubrieron con papel absorbente húmedo y con plástico negro dentro del Laboratorio de Reproducción Animal de la FACAP, ahí permanecieron 72 h para estimular la germinación.

Después de este período, las bandejas se trasladaron al invernadero donde permanecieron hasta el día de la cosecha. A partir de este momento se

programaron riegos fijos, cada bandeja fue regada con la solución que le correspondía de acuerdo con el tratamiento. Para el riego del cultivo se utilizaron fumigadoras manuales de 2 L para cada tratamiento, con una frecuencia de riego de 3 veces por día, con 166.66 mL por bandeja, con un total de 1000 mL por tratamiento en cada riego.

Las soluciones de los reguladores se prepararon utilizando productos comerciales. En el caso del ácido acetilsalicílico, se empleó ZITOR de la casa comercial FARBIO Pharma, es un bio estimulante a base de ácido acetilsalicílico, a partir de este producto se preparó una solución  $1 \text{ mL.L}^{-1}$  para el riego en el tratamiento 2. Para la solución de riego de ácido giberélico, se usó el producto GIBB – LIQ de la casa comercial FARBIO Pharma, es un regulador de crecimiento que solo contiene ácido giberélico. Se preparó una solución de  $1 \text{ mL.L}^{-1}$  para el riego del tratamiento 3.

La cosecha se realizó a los 12 días de haber culminado el proceso de germinación, a partir del momento en que se colocaron las bandejas sobre la mesa experimental en el invernadero. Se determinó el período de cosecha teniendo en cuenta las recomendaciones de Martínez (2005), quien señala que a los 12 días se alcanza la producción de biomasa y composición bromatológicamente adecuada, lo que hace al material atractivo para el consumo animal.

### **Diseño experimental**

La investigación se basó en un Diseño Completamente al Azar (DCA), el mismo que incluyó tres tratamientos con seis repeticiones cada uno. Los tratamientos que se evaluaron fueron riego con agua potable en el tratamiento 1 (testigo), agua potable más ácido salicílico en el tratamiento 2 y agua potable más ácido giberélico al tratamiento 3. Las variables de respuesta que se evaluaron post cosecha fueron: producción de forraje verde, composición nutricional y porcentaje de semilla no germinada.

### **Variables evaluadas**

La producción de forraje se determinó pesando el FVH generado en cada bandeja de los tres tratamientos. Los análisis de composición bromatología se realizaron en la ciudad de Santo Domingo en el laboratorio de AGROLAB, enviando una muestra de 1 kg por tratamiento que incluía material vegetativo de las seis repeticiones de cada tratamiento. Finalmente, para determinar el porcentaje de semilla no germinada, de acuerdo con lo propuesto por Zagal-Tranquilino (2016), se separaron todas las semillas que no germinaron en cada bandeja y se pesaron, con este dato se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo del porcentaje:

$$\% \text{ de semilla no germinada} = \frac{\text{g de semilla no germinada}}{800\text{g de semilla inicial}} * 100$$

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos experimento se sometieron a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas. Una vez que estos supuestos se comprobaron, los datos se evaluaron mediante un ANOVA y en los casos que se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó una prueba de Tukey. Los datos se evaluaron en SPSS versión 25.

### Resultados

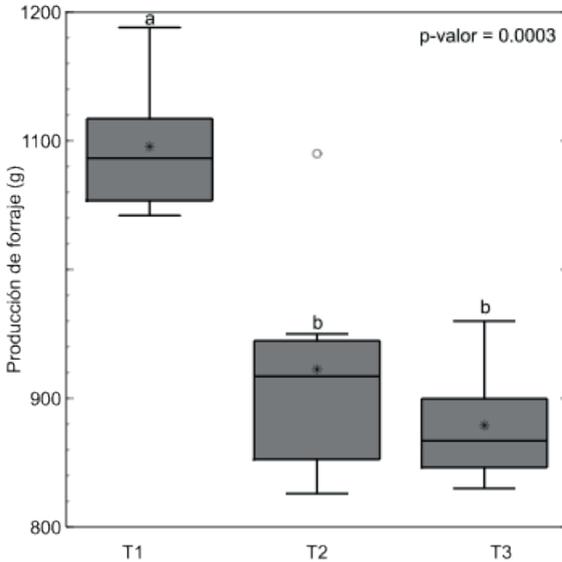
#### Producción de forraje a partir de semillas de maíz variedad criollo

Los resultados del ANOVA de los datos obtenidos tras doce días de crecimiento muestran que existe al menos un tratamiento diferente. La prueba de Tukey evidenció que el mejor tratamiento fue T1, el testigo, que alcanzó una producción de biomasa de 1095.5 g de forraje en promedio. Los tratamientos que incluían ácido giberélico (T2) o ácido acetilsalicílico (T3) se comportaron de manera similar y no se encontraron diferencias significativas entre los mismos. El T2 produjo 901.2 g de forraje y el T3 alcanzó 879 g en promedio (*Figura 31*).

Contrario a la hipótesis que se había formulado, sobre el efecto positivo que tendrían estos ácidos en la germinación, para la variable producción de forraje no se encontraron efectos estimulantes en ninguno de los tratamientos, por el contrario, el tratamiento testigo tuvo un mejor comportamiento respecto a este parámetro. Investigaciones previas reportan que algunas de las funciones del ácido giberélico, dentro del proceso de germinación, son romper la latencia y estimular la producción de enzimas que permitan aprovechar las reservas energéticas de las semillas (Li *et al.*, 2019), sin embargo, aunque estos mecanismos se hayan desarrollado en las semillas de este ensayo no se evidencia una ventaja en presencia del ácido giberélico. Con respecto al ácido acetilsalicílico, Khan *et al.* (2009) reportaron que el uso este ácido incrementa notablemente el porcentaje de emergencia, longitud de raíces y brotes, peso fresco y seco en ají por lo que se esperaba efectos semejantes en el presente estudio. Contradictoriamente, el ácido acetilsalicílico no mostró efectos positivos en cuanto a la producción de forraje a partir de semillas de maíz criollo.

**Figura 31.**

Resultados de la producción de forraje utilizando riego con agua potable (T1), riego con solución de ácido acetilsalicílico (T2) y riego con solución de ácido giberélico (T3). Se muestra la distribución de los datos dentro de cada tratamiento (n = 6). Letras diferentes en cada barra muestran diferencias significativas  $p < 0,05$ .



### Composición nutricional

Los resultados del análisis de proteína cruda (PC) muestran que el tratamiento que generó un mayor porcentaje de este parámetro fue el tratamiento 3, riego con solución de ácido giberélico, que produjo 13.75% de proteína cruda en el forraje verde hidropónico de 12 días de crecimiento. (Tabla 25). Los resultados que se obtuvieron en esta investigación son menores a los contenidos encontrados en la investigación realizada por Alvarado (2018) quien reportó valores de PC entre 14.70% y hasta 17.20% en una evaluación nutricional y económica de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) empleando grano comercial. Una posible explicación para esta diferencia podría ser el uso de grano comercial mientras que para esta investigación se usó maíz criollo. Es posible que el grano comercial utilizado haya sido seleccionado específicamente por su alto contenido de proteína, lo que habría contribuido a los valores más altos de PC en el forraje producido.

Otro parámetro interesante es el Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.N) ya que es un indicador esencial de la calidad nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) ya que representa la cantidad de proteína que se encuentra en el forraje y que está disponible para ser utilizada por los animales que lo consumen, los porcentajes encontrados en los tres tratamientos son altos en comparación a otro tipo de forrajes. Aunque los porcentajes determinados por el análisis bromatológico son similares, 71.01% en el testigo, 72.98% en el T2 y 70.82% en el T3 (*Tabla 25*), es importante resaltar que son significativos porque evidencian el potencial del uso del maíz criollo como semilla para la producción de forraje verde hidropónico frente a otras gramíneas. Los resultados obtenidos en esta investigación son menores a los contenidos encontrados en la investigación realizada por Hidalgo (2007) quien reportó valores de E.L.N.N entre 75.57% y hasta 71.28% en una evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, respectivamente. Una de las variables que se evaluaron en este estudio fue la cantidad de semillas utilizadas, los resultados sugieren que la cantidad de semillas puede tener un impacto significativo en la calidad nutricional del forraje producido. Es posible que las dosis más altas de semillas hayan permitido una mayor densidad de plantas en las bandejas, lo que a su vez podría haber aumentado la cantidad de proteína disponible en el forraje. Sin embargo, en el ensayo con maíz criollo se utilizó una cantidad homogénea de semillas en todos los tratamientos por lo que se requieren ensayos adicionales para determinar si cantidades mayores de semillas pueden incrementar los valores de PC y E.L.N.N. Por otro lado, es posible que las frecuencias de riego y los ácidos aplicados durante la investigación también hayan influido en los resultados obtenidos, este es factor que no se pudo descartar.

**Tabla 25.**

*Resultados emitidos por AGROLAB del análisis bromatológico de muestras de los tratamientos. Se reportan porcentajes de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, ceniza, fibra y extracto libre de nitrógeno.*

Trat	Base	Composición Bromatológica					
		Humedad (%)	Proteína (%)	E. Etéreo (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	E.L.N.N* (%)
1	Húmeda	70.02	3.52	1.42	0.60	3.15	21.29
	Seca	29.98	<b>11.75</b>	4.74	2.00	10.50	<b>71.01</b>
2	Húmeda	52.29	5.96	2.07	1.14	3.72	34.82
	Seca	47.71	<b>12.50</b>	4.33	2.39	7.80	<b>72.98</b>
3	Húmeda	52.76	6.50	2.18	0.95	4.16	33.46
	Seca	47.24	<b>13.75</b>	4.62	2.01	8.80	<b>70.82</b>

\* E.L.N.N: Extracto Libre de Nitrógeno

### Porcentaje de semilla no germinada

Si bien dentro de la tecnología del forraje hidropónico se usan semillas de especies con altos índices de germinación para asegurar altos rendimientos, una de las variables que se analizó en este estudio fue el porcentaje de semillas que no germinaron. Los resultados no muestran diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, el tratamiento con menores porcentajes de semillas no germinadas fue el tratamiento 3 (*Figura 32*). Estos resultados concuerdan con lo que afirma Chauhan y colaboradores (2019) sobre el efecto directo del ácido giberélico en el aumento de los índices de germinación en especies vegetales. Es posible que un menor número de semillas no germinadas en las bandejas tratadas con ácido giberélico haya incidido favorablemente en otros parámetros como las características nutricionales que se discuten previamente.

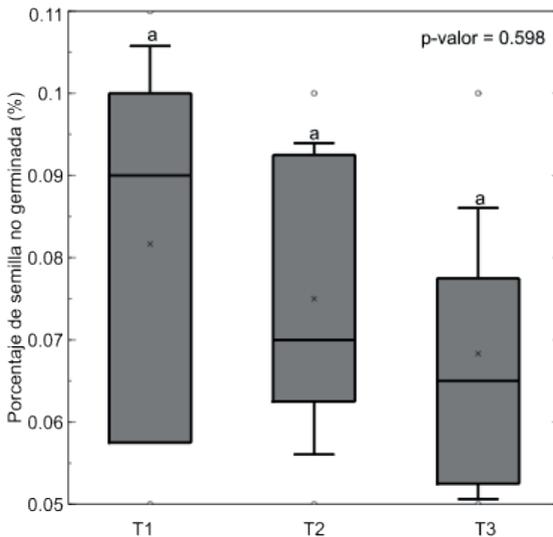
Un aspecto importante que hay que destacar es que el maíz criollo es una variedad de maíz que ha sido cultivada por los agricultores locales durante siglos y que se ha adaptado a las condiciones climáticas y de suelo de la región en la que se cultiva. Esto significa que las variedades criollas pueden tener características únicas que las hacen más resistentes a las enfermedades y a las condiciones climáticas adversas, Alvarado (2018) señala que las variedades

de maíz criollo evaluadas mostraron valores superiores que oscilaron entre el 91,00 y el 99,00% lo que coincide con los hallazgos del presente ensayo. Esto nos sugiere que la mejor alternativa para producir forraje verde hidropónico para alimentar animales de la región es el maíz criollo porque presentará un mejor desempeño en campo que otras variedades de maíz.

Según Villavicencio (2014), las semillas que son utilizadas para la producción de FVH deben tener un porcentaje de germinación entre los 80 y 90%, por lo que los porcentajes obtenidos son totalmente adecuados para ser utilizados como semillas en próximos experimentos o en producción de FVH.

**Figura 32.**

*Resultados del porcentaje de semilla no germinada utilizando riego con agua potable (T1), solución de ácido acetilsalicílico (T2) y solución de ácido giberélico (T3). Se muestra la distribución de los datos dentro de cada tratamiento (n = 6).*



**Conclusiones**

Se evidenció que no existe un efecto positivo en la producción de forraje verde hidropónico al emplear ácido acetilsalicílico y ácido giberélico en la germinación de maíz criollo bajo condiciones de invernadero, por ejemplo, el riego con estos ácidos no aumenta la producción de biomasa en un período de crecimiento de 12 días. Sin embargo, el ácido giberélico produce una

mayor cantidad de proteína cruda y el ácido acetil salicílico genera un mayor nivel de extracto libre de nitrógeno, estos dos parámetros nutricionales están directamente relacionados al aporte proteico de este tipo de forraje para la alimentación animal. Aunque los porcentajes de E.L.N.N. obtenidos en los tres tratamientos fueron altos en comparación con otros tipos de forraje, se sugiere llevar a cabo estudios adicionales para optimizar las condiciones de cultivo, incluyendo la cantidad de semillas utilizadas, las frecuencias de riego y las concentraciones de ácidos aplicados. Estas variables podrían influir en la cantidad de proteína disponible en el forraje, permitiendo mejorar aún más su calidad nutricional. Aunque la investigación actual demostró la influencia positiva del ácido giberélico en ciertos parámetros del forraje verde hidropónico de maíz criollo, se abre un camino interesante para futuras investigaciones que exploren diferentes variedades de maíz, optimicen las condiciones de cultivo y evalúen la densidad de plantas para lograr un forraje con una composición nutricional aún más beneficiosa para la alimentación animal. Estos avances pueden contribuir significativamente a la producción sostenible de forraje de alta calidad y valor nutricional.

### Referencias bibliográficas

- Agius, A., Pastorelli, G. y Attard, E. (2019). Cow fed hydroponic fodder and conventional diet: effects on milk quality. *Arch. Anim. Breed.* 62, 517–525.
- Alvarado, I. M. (2018). *Evaluación nutricional y económica de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) empleando grano comercial*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional, Costa Rica. Obtenido de Repositorio.una.ac.cr: [https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG\\_Isaac%20Moreno%20Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG_Isaac%20Moreno%20Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arif, Y., Sami, F., Siddiqui, H., Bajguz, A. y Hayat, S. (2020). Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: A study towards physiology and signal transduction under challenging environment. *Environmental and Experimental Botany*. 175, doi: 10.1016/j.envexpbot.2020.104040
- Bagale, P., Pandey, S., Regmi, P., y Bhusal, S. (2022). Role of Plant Growth Regulator “Gibberellins” in Vegetable Production: An Overview. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 9(3), 291-299. doi: 10.22059/ijhst9.2021.329114.495
- Bhat, A. Jinu, A. y Sathian, K. (2021) Development of Small Scale Indoor Hydroponic Fodder Production System. *International Journal of Environment and Climate Change*. 11 (7). 47-51.

- Bekuma, A. (2019). Nutritional Benefit and economic value of hydroponics fodder production technology in sustainable livestock production against climate change – A mini review. *Advances in Applied Sciences*. 4(1): 23-25
- Chauhan, A., AbuAmarah, B., Kumar, A., Verma, J., Ghramh, H., Khan, K. y Ansari, M. (2019). Influence of gibberellic acid and different salt concentrations on germination percentage and physiological parameters of oat cultivars. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 26(6), 1298-1304. doi: 10.1016/j.sjbs.2019.04.014j
- Ghassemi-Golezani, K. y Samea-Andabjadid, S. (2022). Exogenous Cytokinin and Salicylic Acid Improve Amino Acid Content and Composition of Faba Bean Seeds Under Salt Stress. *Gesunde Pflanzen*. 74, 935–945. doi: 10.1007/s10343-022-00673-8
- Hidalgo, M. I. G. (2007). *Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes*. [Tesis de Pregrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de: <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bits-tream/123456789/1813/1/17T0725.pdf>
- Khaur, S., Gupta, A. y Kaur, N. (1998). Gibberellic acid and kinetin partially reverse the effect of water stress on germination and seedling growth in chickpea. *Plant Growth Regulation*. 25, 29-33
- Khan, H., Pervez, M., Ayub, C., Ziaf, K., Balal, R., Shahid, M. y Akhtar, N. (2009). Hormonal priming alleviates salt stress in hot pepper (*Capsicum annum* L.). *Soil y Environ*. 28(2): 130-135.
- Li, J., Li, M., Han, Y., Sun, H., Du, Y. y Zhao, Q. (2019). The crucial role of gibberellic acid on germination of drought-resistant upland rice. *Biología Plantarum*. 63: 529-535. doi: 10.32615/bp.2019.049
- Martínez, L. (2005). *Producción de forraje verde hidropónico*. [Tesis de Pregrado] Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo. Obtenido de Repositorioinstitucional.mx: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/403/1/Luis%20Angel%20Lopez%20Martinez.pdf>
- Rodríguez, F. C. (2008). *Comparación productiva de forraje verde hidroponico de maíz, arroz y sorgo*. [Tesis de Pregrado]. Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Obtenido de Mag.go.cr: [http://www.mag.go.cr/rev\\_mesov19n02\\_233.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_mesov19n02_233.pdf)

- Salo, S. (2019). Effects of Hydroponic Fodder Feeding on Milk Yield and Composition of Dairy Cow: Review. *Journal of Natural Science Research*. 9(8): 1-8. doi: 10.7176/JNSR
- Villavicencio P., A. (2014). *Producción de forraje hidropónico. (Monografía)*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago, Chile. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7752>
- Zagal-Tranquilino, Marcelino, Martínez-González, Sergio, Salgado-Moreno, Socorro, Escalera-Valente, Francisco, Peña-Parra, Bladimir, y Carrillo-Díaz, Fernando. (2016). Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico veterinario*. 6(1), 29-34.

# **FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)

## *Conclusiones*



El Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático ha ofrecido una visión integral sobre diversos aspectos cruciales para la comprensión y gestión de la agricultura sostenible. A través de la clasificación de los trabajos presentados en distintos ejes temáticos, se ha podido abordar aspectos fundamentales que abarcan desde la ecología y biodiversidad hasta la innovación y desarrollo agropecuario, así como la ecofisiología de cultivos tropicales y la alimentación pecuaria.

En el eje de Ecología y Biodiversidad, los estudios revelan la importancia de la preservación de los ecosistemas, como lo evidencia la comparación entre zonas de bosque húmedo y áreas en recuperación. La diversidad y abundancia de la artrópofauna edáfica reflejan la relevancia de la conservación de estos hábitats para mantener la biodiversidad. Asimismo, se destaca la necesidad de políticas de conservación que aborden la fragmentación del hábitat, como lo señala el estudio sobre la fenología de especies forestales nativas.

En el eje de Innovación y Desarrollo Agropecuario, se subraya la importancia de la investigación en la identificación y manejo de plagas agrícolas, como se evidencia en el estudio sobre perforadores de mazorcas de cacao en Ecuador. Además, se resalta la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles, como lo demuestran los estudios sobre agricultura sostenible en suelos venezolanos, que revelan los impactos de diferentes prácticas agrícolas en la salud del suelo y el rendimiento de los cultivos.

En el eje de Ecofisiología de Cultivos Tropicales, se exploran nuevas tecnologías para mejorar la productividad agrícola y enfrentar desafíos como el cambio climático. Los estudios sobre el efecto de nanopartículas en la fisiología del cacao muestran el potencial de estas tecnologías para mejorar la resistencia de los cultivos al estrés hídrico. Asimismo, se analizan las diferencias morfológicas y fisiológicas entre clones de cacao, lo que sugiere la importancia de la diversidad genética en la adaptación de los cultivos a condiciones ambientales cambiantes.

En el eje de Alimentación Pecuaria, se abordan estrategias para mejorar la calidad y disponibilidad de forraje, como se observa en los estudios sobre el uso de gramíneas para la elaboración de silaje y la bioestimulación de forraje verde hidropónico de maíz. Estas investigaciones ofrecen perspectivas prometedoras para aumentar la productividad y la sostenibilidad de la ganadería en regiones tropicales.

El Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático ha proporcionado un espacio invaluable para compartir conocimientos y experiencias, así como para identificar desafíos y oportunidades en el ámbito agrícola. Los hallazgos presentados en los distintos ejes temáticos refuerzan la importancia de la investigación y la innovación en la búsqueda de soluciones para alcanzar una agricultura más sostenible y resiliente frente al cambio climático.

# FACTORES ESENCIALES Y ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

I Congreso Internacional de Investigación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario Sostenible y el Cambio Climático (UTLVTE)



Publicado en Ecuador  
Septiembre 2024

Edición realizada desde el mes de enero del 2024 hasta junio del año 2024, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 50, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO  
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.  
Portada: Collage de figuras representadas y citadas en el libro.