

# CIENCIA

## UNEMI

Revista de la Universidad Estatal de Milagro  
Milagro, Ecuador



# Ciencia

UNEMI

UNIVERSIDAD  
ESTATAL DE MILAGRO  
UNEMI

*Evolución Académica*

## Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación

Lcda. Carmen Hernández Domínguez, Ph.D  
**Coordinadora de Soporte a la  
Investigación CRAI**

**Trigésimo Quinto Número**

**ISSN 1390-4272** Impreso

**ISSN 2528-7737** Electrónico

**Indexada en:** Redalyc, ESCI (Emerging Sources  
Citation Index) WoS, Latindex, Folio 19258

Dialnet, Código 23546

REDIB, CREI-OEI, Research Bib, OAJI

Actualidad Iberoamericana, MIAR, ERIHPLUS, BASE,

DOAJ, EBSCO, Google Scholar.

Enero - Abril, 2021

Milagro – Ecuador

### Portada:

El uso de la química ayuda a la elaboración y descubrimiento de nuevas medicinas para poder dar lucha al virus que esta azotando al mundo. Científicos y doctores unen fuerzas con sus conocimientos para poder conseguir una vacuna que permita a la población ser inmune al COVID-19.



La revista Ciencia UNEMI es una revista científica indizada y arbitrada, de publicación cuatrimestral. Dirigida a la población universitaria, que difunde los trabajos de investigación científica y reflexiones teóricas relacionadas con las áreas: Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; y Educación y Cultura. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cite su procedencia. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

Solicitudes, comentarios y sugerencias favor dirigirse a:

Universidad Estatal de Milagro,

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, Revista Ciencia UNEMI.

km 1.5, vía Milagro a Parroquia Virgen de Fátima.

O comunicarse por + 593 04 2715081 Ext. 3210.

Dirección electrónica: ciencia\_unemi@unemi.edu.ec

### Revista Ciencia UNEMI

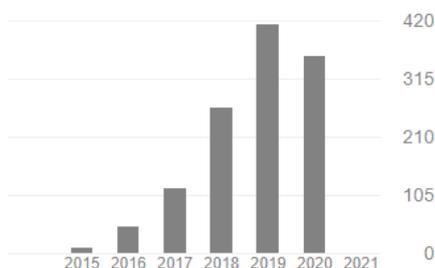
Lcdo. Victor Enrique Zea Raffo  
**Arte y Diagramación**

Ing. Ruth Farías Lema  
**Gestor Técnico**

### Citas Google Scholar

Citado por

	Total	Desde 2016
Citas	1247	1215
Índice h	19	19
Índice i10	29	29



## Contenido

Vol. 14, N° 35, Enero-Abril 2021 ISSN 1390-4272 Impreso ISSN 2528-7737 Digital

<b>Editorial</b> .....	<b>0</b>
<b>Evaluación del extracto de Semillas Citrus paradisi para inhibición de Vibrio parahaemolyticus en Litopenaeus vannamei.</b> Stephanie Añazco Sánchez; Francisco Pozo Miranda .....	<b>01</b>
<b>Características higroscópicas de las maderas Spathodea campanulata, Fraxinus americana y Albizia plurijuga impregnadas con boro.</b> Javier Sotomayor Castellanos; Luz Ávila Calderón; Mario Fuentes Salinas .....	<b>10</b>
<b>Estudio fitoquímico y toxicológico de plantas nativas del oriente ecuatoriano</b> Vinicio Navas Flores; Ximena Chiriboga Pazmiño; Patricio Miño Cisneros; Carmen Luzuriaga Quichimbo .....	<b>26</b>
<b>Efecto in vitro de fungicidas para el control de Colletotrichum SPP., en frutales Manabí – Ecuador</b> José Carreño; Luis Sánchez; Ángel Guzmán Cedeño; Christopher Suarez Palacios; Sergio Vélez Zambrano .....	<b>37</b>
<b>Efecto de diversos atributos topográficos sobre el carbono orgánico en varios usos del suelo</b> Salomón Barrezueta Unda .....	<b>43</b>
<b>Calidad morfológica en plántulas de moringa (Moringa oleifera Lam.) producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal</b> Guillermo Romero Marcano; Ramón Silva Acuña; Iván José Maza .....	<b>54</b>
<b>Eficiencia del número de hembras vírgenes en la captura de machos adultos de Plutella xylostella L. en el cultivo de Brassicas</b> Henry Briceño Yen; Luísa Alvarez Benaute; Agustina Valverde Rodriguez .....	<b>73</b>
<b>Regionalización de la cadena de valor: oportunidades y desafíos para América Latina en la nueva era del Sars-Cov-2</b> Luis Peñafiel Chang .....	<b>81</b>
<b>Guía de manejo de pacientes COVID19 en terapia intensiva – Hospital Pablo Arturo Suárez</b> Jorge Vélez Paez; Mario Montalvo Villagómez; Fernando Jara González; Santiago Aguayo Moscoso; Wendy Tercero Martínez; Lenin Saltos Ñiguez; Patricio Vega Luzuriaga; Jesús Elías Dawaher .....	<b>92</b>
<b>Normas de Publicación.</b> .....	<b>108</b>

## Content

Vol. 14, N° 35, January-April 2021 ISSN 1390-4272 Printed ISSN 2528-7737 Electronic

<b>Editorial</b>	<b>0</b>
<b>Evaluation of the of the extract of seeds <i>Citrus paradisi</i> for inhibition of <i>Vibrio parahaemolyticus</i> in <i>Litopenaeus vannamei</i>.</b> Stephanie Añazco Sánchez; Francisco Pozo Miranda	<b>01</b>
<b>Hygroscopic characteristics of the woods <i>Spathodea campanulata</i>, <i>Fraxinus Americana</i> and <i>Albizia plurijuga</i> impregnated with boron</b> Javier Sotomayor Castellanos; Luz Ávila Calderón; Mario Fuentes Salinas	<b>10</b>
<b>Phytochemistry and toxicologic study of native plants of the ecuadorian rain forest</b> Vinicio Navas Flores; Ximena Chiriboga Pazmiño; Patricio Miño Cisneros; Carmen Luzuriaga Quichimbo	<b>26</b>
<b>In vitro effect of fungicides for the control of <i>Colletotrichum</i> SPP. In fruit trees Manabí - Ecuador</b> José Carreño; Luis Sánchez; Ángel Guzmán Cedeño; Christopher Suarez Palacios; Sergio Vélez Zambrano	<b>37</b>
<b>Effect of different topographical attributes on organic carbon in several land uses</b> Salomón Barrezueta Unda	<b>43</b>
<b>Morphological quality in moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) Seedlings produced in substrates composed of soil and animal manure</b> Guillermo Romero Marcano; Ramón Silva Acuña; Iván José Maza	<b>54</b>
<b>Efficiency of the number of virgin females in the capture of adult males of <i>Plutella xylostella</i> L. in the Brassicas culture</b> Henry Briceño Yen; Luísa Alvarez Benaute; Agustina Valverde Rodriguez	<b>73</b>
<b>Regionalization of the value chain: opportunities and challenges for Latin America in the new era of Sars-Cov-2.</b> Luis Peñafiel Chang	<b>81</b>
<b>Management guide for COVID19 patients in intensive therapy - Hospital Pablo Arturo Suárez</b> Jorge Vélez Paez; Mario Montalvo Villagómez; Fernando Jara González; Santiago Aguayo Moscoso; Wendy Tercero Martínez; Lenin Saltos Ñiguez; Patricio Vega Luzuriaga; Jesús Elías Dawaher	<b>92</b>
<b>Guidelines for Publishing</b>	<b>108</b>

## Comité Editorial

**Dr. Antonio Rodríguez Antalejo**

Doctor en Medicina y Cirugía  
Universidad de Complutense de  
Madrid  
antonio.artalejo@vet.ucm.es  
Madrid, España

**Dr. Antonio Roldán-Ponce**

PhD in Sociology  
Universidad San Francisco de  
Quito  
cmartens@usfq.edu.ec  
Quito, Ecuador

**Dra. Cheryl Martens**

PhD in Sociology  
Universidad San Francisco de  
Quito  
cmartens@usfq.edu.ec  
Quito, Ecuador

**Dr. Ernesto Vivares**

PhD in Politics (International  
Political Economy)  
University of Birmingham  
Birmingham, Inglaterra

**Dr. José Galindo Duarte**

PhD en Ciencias de la información  
y computación  
jagalindo@us.es  
Universidad de Sevilla, España

## Comité Científico Internacional

**Dr. Eugenio Pellicer Armiñana**

Doctor Ingeniero en Caminos,  
Canales y Puertos  
Universidad Politécnica de Valencia  
pellicer@upv.es  
Valencia, España

**Dr. Óscar Nieto Palmeiro**

Doctor en Ciencias. Sección  
Químicas  
Universidad de Vigo  
palmeiro@uvigo.es  
Vigo, España

**Msc. Josmel Pacheco Mendoza**

Master en Gestión de la  
Información y el Conocimiento  
Universidad San Ignacio de  
Loyola  
josmel@gmail.com  
Lima, Perú

**Dra. Verónica Arancibia Moya**

Doctor en Ciencias Exactas con  
mención en Química  
Pontificia Católica Universidad de  
Chile  
darancim@uc.cl  
Santiago de Chile, Chile

**Dra. Luisa Calvo Hernández**

Doctor en Ciencias. Sección  
Químicas  
Universidad Autónoma de Madrid  
luisa.calvo@uam.es  
Madrid, España

## La integridad de las revistas científicas

**A**l día de hoy, la ciencia progresa a velocidades nunca antes vistas. De acuerdo al Scimago Journal and Country Rank (SJR) el número de publicaciones científicas ha alcanzado un nivel sin precedentes y con una tendencia al crecimiento constante. Es así, que la revisión de alta calidad se vuelve una variable cada vez más importante. Bajo este contexto, las revistas científicas de alta calidad y reputación, juegan un papel importantísimo dentro del sistema de evaluación, ya que son ellas las que proporcionan la ciencia de más alta calidad. Este proceso es de los más importantes y de los más esforzados dentro del proceso editorial, ya que en la actualidad es casi imposible leer todo lo que se publica en el mundo académico. Por tal motivo, para las revistas de alta calidad, la revisión por pares es un procedimiento fundamental para garantizar la calidad de los manuscritos enviados y así tomar decisiones científicamente más rigurosas sobre lo que se publica o no. El proceso de revisión por pares, es un arbitraje en la que un autor somete al escrutinio de otros expertos del mismo campo su escrito, los cuales evalúan el grado de novedad y la calidad, antes que se publique el trabajo investigativo. Generalmente, entre las revistas científicas que tienen mucho impacto y procesos editoriales de calidad, la tasa de aceptación resultante de la revisión por pares es inferior al 10% de los manuscritos que reciben para evaluación. Estudios como los de Thomas F. Luscher, Kim Fox en el 2020 y el de Johenis Martinez Menco en el 2018, hablan claramente sobre este tema.

Está claro que no existe perfección en el proceso de revisión por pares, dado el hecho de que solo se evalúa lo que se ha presentado al editor, y no se puede evaluar la fuente de los datos ni a posibles autores fraudulentos. Por tal motivo la revisión posterior a la publicación por parte de los lectores y académicos expertos es definitivamente necesaria para que la ciencia avance. Cuando una revista lanza su número, se producen discusiones dentro de la comunidad académica y científica. Esto es una parte fundamental del proceso científico, ya que avalúa con mas rigurosidad la importancia y relevancia de los datos. De esta manera, gestionar "Foros de discusión" de las revistas donde tanto lectores como académicos y científicos puedan intercambiar ideas o refutar las mismas.

En Ecuador, ha surgido un fenómeno que la comunidad académica no esta dando la importancia que debe tener. Revistas privadas con procesos editoriales turbios, páginas web dudosas, que tranquilamente serían catalogadas como fraudulentas. Publican cualquier cosa que se les envía a revisión y que por un no tan módico precio y en tiempo record las publican. Esta oferta es cada vez más creciente, producto de una demanda disruptiva por publicar a cualquier costo y sin principios de ética investigativa.

Es un hecho que la mayoría de los científicos aceptan y practican el principio de informar la verdad y nada más que la verdad. Otros, aunque son bastante pocos, pueden no cumplir este principio. Adicionalmente se espera que todo el equipo editorial siga también estos principios y que el comité de ética de la revista tenga claro el papel que debe desempeñar en momentos delicados y difíciles. Y precisamente, con el aumento de las publicaciones científicas de LATAM y especialmente de Ecuador, este fenómeno de falta de integridad se está volviendo común. Es momento de controles más estrictos de este canal de divulgación tan valorado por la comunidad académica y científica. Las Revistas de Instituciones Públicas de Educación Superior deben ser el escudo de calidad que proteja a este sistema de estas malas prácticas y sin integridad científica.

**Patricio Álvarez Muñoz, PhD**

PhD en Información y Documentación en la Sociedad del Conocimiento  
 Profesor titular de la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI)

# Evaluación del extracto de Semillas *Citrus paradisi* para inhibición de *Vibrio parahaemolyticus* en *Litopenaeus vannamei*.

Stephanie, Añazco-Sánchez<sup>1</sup>; Francisco, Pozo-Miranda<sup>2\*</sup>

## Resumen

Los cultivos larvales de *Litopenaeus vannamei* presentan altas mortalidades por la presencia del patógeno *Vibrio parahaemolyticus*, siendo combatido con antibióticos, lo que genera presión de selección y resistencia bacteriana. Por lo que se evaluó el extracto en testas de *Citrus paradisi* para inhibir la proliferación de *V. parahaemolyticus* y mejorar la supervivencia de *L. vannamei*, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, durante octubre y diciembre 2019. Por ello, se realizaron ensayos de concentración mínima inhibitoria CMI, movilidad, crecimiento, biopelícula y toxicidad realizadas con postlarvas de *L. vannamei*. Los resultados demuestran inhibición del crecimiento bacteriano a diferentes concentraciones; la actividad en CMI se observó a 43 mg/ml de extracto; para el ensayo de movilidad, biopelícula y crecimiento bacteriano la inhibición resulta a 5,3 mg/ml. El ensayo de toxicidad determina que sometidas a concentraciones de 0,08-0,325 mg/ml mantienen una supervivencia del 60%, pero en concentraciones de 0,650 mg/ml la supervivencia disminuye a 33%, comprobándose que concentraciones altas son más tóxicas para las postlarvas. Se concluye que, en concentraciones elevadas, el extracto de *C. paradisi* inhibe la proliferación bacteriana del patógeno *V. parahaemolyticus*, siendo recomendable su uso como desinfectante en instalaciones para el cultivo larvario de *L. vannamei*.

**Key words:** *Citrus paradisi*, cultivo, *Litopenaeus vannamei*, potencial inhibitorio

## Evaluation of the of the extract of seeds *Citrus paradisi* for inhibition of *Vibrio parahaemolyticus* in *Litopenaeus vannamei*.

## Abstract

This quantitative research study assessed the potential of *Citrus paradisi* seed extract to inhibit the proliferation of *Vibrio parahaemolyticus* and improve the survival of *Litopenaeus vannamei* *in vitro*. Farming of white shrimp *L. vannamei* has high mortality rates because of the presence of the pathogenic *V. parahaemolyticus*, which is treated with antibiotics, and this produces selection pressure and antibiotic resistance. Accordingly, this research was carried out in the microbiology laboratory at Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Manabí from October through December 2019. There were conducted some assays of minimum inhibitory concentration –MIC– Test, motility, growth, biofilm, and toxicity with *L. vannamei* postlarvae. The findings reveal that there is inhibition of bacterial growth in the assays at different concentrations; the activity in MIC is seen in 43 mg/ml of extract, and in the motility assay the inhibition corresponds to 2,6 mg/ml. In bacterial growth assays, concentrations of 5,3 mg/ml cause inhibition, whereas in biofilms inhibition occurs at 2,6 mg/ml. By working to improve survival of larvae, toxicity testing show that when they are subjected to concentrations ranging from 0,08 to 0,325 mg/ml, they have larval survival up to 60%, but with concentrations of 0,650 mg/ml, larval survival decreases by 33%; this determines that higher concentrations are more toxic for postlarvae. It is concluded that high concentrations of *C. paradisi* seed extract do inhibit bacterial proliferation of *V. parahaemolyticus*, and it is recommended as a disinfectant in facilities of *L. vannamei* larval farming.

**Palabras clave:** *Citrus paradisi*, culture, *Litopenaeus vannamei*, inhibition potential

**Recibido:** 29 de julio de 2020

**Aceptado:** 15 de octubre 2020

<sup>1</sup> Bióloga marina; NLProinsu, Ecuador; sanazco@nlproinsu.com

<sup>2</sup> Biólogo Marino, Ph. D (c); Docente investigador; Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, Ecuador; fpozo@pucesm.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-4294-3130>

\*Autor para correspondencia: fpozo@pucesm.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la economía es influenciada por el sector acuícola (Ochoa, Campoverde, & Santacruz-Reyes, 2017) debido a los ingresos de divisas por exportación, generando 506000 toneladas métricas de camarón representando 3234 millones de dólares al mercado internacional (CNA, 2019) siendo *Litopenaeus vannamei* una de las especies más producidas en el Ecuador (FAO, 2020), aportando además con alimentos proteicos y fuentes de trabajo para el país (Carchipulla, 2018).

Actualmente la producción de camarón está siendo afectada por la incidencia de bacterias patógenas principalmente del género *Vibrio*, que afecta la salud de larvas y juveniles, siendo un factor limitante en el desarrollo del cultivo (Ochoa et al., 2017). Esta bacteria halofílica Gram-negativa pertenece a la familia Vibrionaceae (Freitas, Glatter, & Ringgaard, 2019). Causante de grandes pérdidas de producción de camarón en China en el año 2009, propagándose a Vietnam (2010), Malasia (2011), Tailandia y Filipinas (2012) (Saavedra-Olivos et al., 2018), detectándose en el 2013 en Centroamérica y Suramérica (Mejías, 2018), asociada al síndrome de mortalidad temprana (EMS, por sus siglas en inglés), debido a la presencia de un plásmido que posee los genes *PirA* y *PirB*, que producen toxinas que causan la necrosis aguda en el hepatopáncreas (Restrepo et al., 2018), y consecuentemente la mortalidad del 100% del cultivo larval (Redrován, 2017).

Para controlar esta enfermedad caracterizada por la necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPND, por sus siglas en inglés) en cultivos larvales, los acuicultores utilizan antibióticos como: oxitetraciclina, enrofloxacin y florfenicol, manipulados sin criterio técnico ocasionan un impacto ambiental negativo, ya que sus residuos se acumulan en el fondo de los estanques. Expulsado por medio de la excreta de los camarones, además de provocar resistencia bacteriana (Varela Mejías & Alfaro Mora, 2018).

Una alternativa amigable con el ambiente es el uso de extractos de plantas, las cuales poseen la capacidad de disminuir la propagación bacteriana en *Vibrio sp.*, gracias a su composición de flavonoides (Ochoa et al., 2017). A su vez se ha reportado que el extracto de la semilla de toronja

*Citrus paradisi*, combate una alta variedad de hongos y bacterias patógenas (Maldonado, 2017) debido a la presencia de polifenoles y flavonoides (Oroya, 2016). Con base en lo mencionado es importante realizar esta investigación para dar a conocer una alternativa amigable con el ambiente que contrarreste la propagación bacteriana en cultivos larvales. El presente trabajo tuvo como finalidad evaluar las propiedades del extracto de testas de *Citrus paradisi*, sobre el patógeno *V. parahaemolyticus* en cultivos *in vitro*.

## II. METODOLOGÍA

### Obtención de bacterias

Se obtuvieron cinco individuos *Litopenaeus vannamei* de una piscina afectada por vibriosis, de la camaronera Dufer ubicada en San Vicente Km 5 vía Chone sector La Polvosa, Manabí con coordenadas 0°37'07" Lat. S, 80°23'35" Long. O.

De cada organismo se extrajo el hepatopáncreas, y maceró por separado, diluyéndose en 1,0 ml de agua estéril en un tubo eppendorff (1.5 ml). Posteriormente se sembró en 100 µl en agar TCBS, e incubó por 24 h a 29,0±1,0°C.

### Obtención del extracto de la testa *Citrus paradisi*

Las semillas de *Citrus paradisi* fueron pre secadas al ambiente, luego se obtuvo la testa para su secado completo en estufa a 80±1°C. Una vez seca la testa se dejó en etanol (96%) para que actúe como solvente de extracción durante 24 h en una plataforma de agitación (Heidolph). Se procedió a filtrar y el sobrenadante se colocó en el rotavapor 30±1°C a 3 rpm. Se recuperó el 4% del volumen de trabajo. Este se colocó en un recipiente ámbar estéril que no permitió el paso de la luz. A continuación, se cerró herméticamente y congeló hasta su uso.

### Reactivación de la cepa bacteriana

De las cepas extraídas de *V. parahaemolyticus* se tomaron las colonias por medio de un asa de vidrio y se inoculó en medio de Peptona (Acumedia LAB) en tubos de ensayo estériles. Se incubó hasta que el crecimiento fue equivalente a una turbidez de 0,1 de densidad óptica (DO).

### Concentración mínima inhibitoria CMI

Para la determinación de la CMI, en agua de peptona (Acumedia LAB) se prepararon diluciones del extracto de *Citrus paradisi* a concentraciones de 6%=5,3 mg/ml, 12,5%= 10,7 mg/ml, 25% = 21,5 mg/ml y 50% = 43 mg/ml, y se distribuyeron en discos de papel filtro de 6 mm de diámetro en forma seriada en medio de cultivo LB en cajas Petri. Como control se utilizaron discos de 6 mm de diámetro de oxitetraciclina. Con un hisopo se inoculó por barrido, una suspensión bacteriana de 0,1% de densidad óptica medida en el espectrofotómetro (Spectroquant ® NOVA60) a 600 nm de longitud de onda ( $DO_{600} = 0,1$ ) y se incubó por 24 h a  $29\pm 1^{\circ}C$ . Los análisis se realizaron con 5 réplicas por concentración de acuerdo a Pardo., Monsalve., Ereira., Espinosa., & Jaramillo., (2017). Para establecer las concentraciones efectivas para disminuir el crecimiento bacteriano se determinó la CMI, acorde a las categorías resistente ( $R < 14,0$  mm), intermedio (I de 15,0 a 18,0 mm) y sensible ( $S > 19,0$  mm).

### Ensayos de motilidad

Se prepararon las diferentes soluciones del extracto de *C. paradisi* para obtener en cajas de Petri con agar LB al 0,5% y NaCl al 2%. Se distribuyeron alícuotas de 5  $\mu$ l de cultivo bacteriano de  $DO_{600} = 1,0$  en placas de agar LB. Se incubó durante 24 h a  $30\pm 1^{\circ}C$  y se midió el halo de movilidad (Yang et al., 2017).

Cada tratamiento tuvo concentraciones de 10,7 mg/ml (12,5%), 5,3 mg/ml (6%) y 2,6 mg/ml (3%). Se emplearon 5 réplicas por tratamiento.

### Ensayos de crecimiento bacteriano

Para los ensayos de crecimiento bacteriano, se cultivó *V. parahaemolyticus* por 24 h en medio nutritivo Agua de Peptona (Acumedia LAB) a una  $DO_{600} = 0,1$  con extracto y sin extracto de *C. paradisi*. Las concentraciones de extractos fueron: 10,7 mg/ml (12,5%), 5,3 mg/ml (6%), 2,6 mg/ml (3%). Los cultivos se desarrollaron en volúmenes de 2 ml en celdas de vidrio a  $29\pm 1^{\circ} C$  tapados con algodón estéril durante 24 h, y la turbidez se cuantificó cada 8 h a 600 nm por espectrofotometría (Spectroquant ® NOVA60). Se determinaron las curvas de crecimiento de cada cultivo, empleando

5 réplicas para cada uno.

### Biopelícula

Se usaron celdas de vidrio para lectura espectrofotometría (Merck), se adicionaron medio LB (2 ml) y los extractos de cada tratamiento: 10,7 mg/ml (12,5%), 5,3 mg/ml (6%), 2,6 mg/ml (3%). Se distribuyó alícuotas (100  $\mu$ l) de cultivos de *V. parahaemolyticus* ( $DO_{600} = 0,1$ ) y se incubó por 24 h a  $30\pm 1^{\circ}C$ . Los tubos se lavaron dos veces con tampón de fosfato salino (PBS). Se agregó etanol (1000  $\mu$ l) por 20 min, se eliminó el etanol y se visualizó con 150  $\mu$ l de cristal violeta (1,0%) durante 15 min. Posteriormente, se eliminó el exceso de cristal violeta mediante dos lavados con PBS, se agregó etanol (1000  $\mu$ l) y se realizó la lectura a DO 440 nm (Lee, Cho, & Lee, 2011). Se emplearon 5 réplicas por tratamiento.

### Análisis de toxicidad del extracto sobre postlarvas

En la evaluación de toxicidad se usaron 20 poslarvas pl8 de camarón *L. vannamei* por cada recipiente plástico (150 ml), las cuales se sometieron a 4 concentraciones de extractos que mostraron efectividad en pruebas in vitro: 0,080 mg/ml (0,09%), 0,160 mg/ml (0,18%), 0,325 mg/ml (0,37%) y 0,650 mg/ml (0,75%). Se usaron 3 réplicas. El análisis duró 24 h.

### Análisis estadístico

Se evaluó la normalidad y homocedasticidad de las varianzas de los datos a los análisis de movilidad, toxicidad y sensibilidad CMI mediante la prueba de Shapiro Wilks y Levene ( $\alpha = 0,05$ ). Comprobada la normalidad de los datos se evaluaron las diferencias significativas a los tratamientos de cada prueba mediante análisis de varianza de una vía ( $\alpha = 0,05$ ) y la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), para la prueba de toxicidad se evaluó por Kruskal-Wallis y Mann-Whiney. El software usado para el análisis estadístico fue Infostat versión 2017.

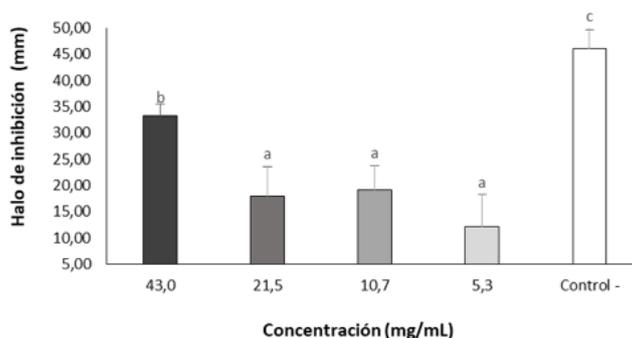
## III. RESULTADOS

### Concentración Mínima Inhibitoria CMI

Se determinó que la bacteria *V. parahaemolyticus* muestra efecto significativo

( $F = 8,25$ ; Tukey  $p < 0,05$ ) de sensibilidad a concentraciones superiores a 43,0 mg/ml, siendo esta la CMI del extracto de *Citrus paradisi*; mientras que a las otras concentraciones no mostró sensibilidad. La CMI de 43,0 mg/ml provocó un

halo de inhibición de  $33,3 \pm 2$  mm de diámetro mientras que el control con Oxitetraciclina  $46,0 \pm 3$  mm. Aunque los tamaños de halo del extracto y el control difieren, son consideradas sensibles para la inhibición del creciento bacteriano (figura 1).

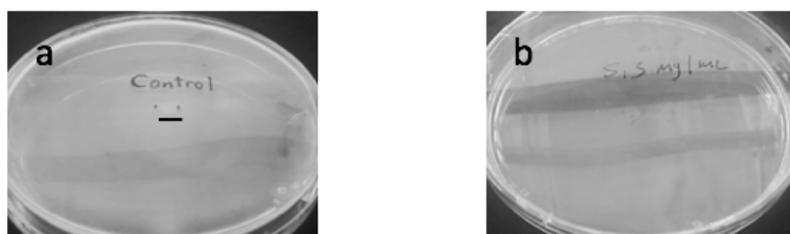


**Figura 1.** Análisis de Concentración mínima inhibitoria CMI de extractos de *Citrus paradisi*. Control Oxitetraciclina (30 µg/ml), barras verticales = desviación estándar, letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### Ensayos de motilidad

El análisis del efecto del extracto mediante la movilidad de la cepa de *Vibrios parahaemolyticus*, mostró inhibición significativa ( $F = 182,15$ ; Tukey  $p < 0,05$ ) de movilidad de la colonia sobre el medio de cultivo LB (0,5% agar) en cada una de

las concentraciones evaluadas (10,7; 5,3 y 2,6 mg/ml) respecto al control. En el tratamiento control si presentó movilidad, formando un halo de  $6,6 \pm 1,3$  mm de diámetro (ver Imagen 1). Lo que demuestra que el extracto fue clave, para evitar la movilidad de la colonia en el medio de cultivo.

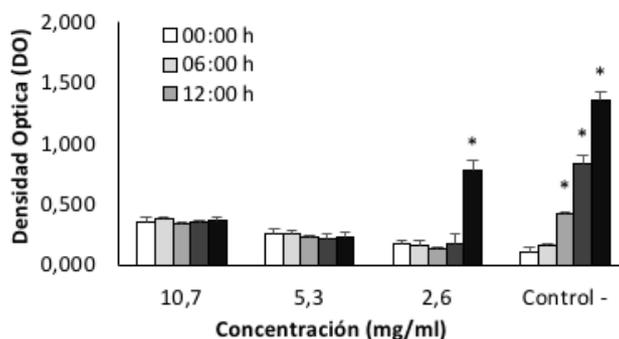


**Imagen 1.** Halos de movilidad de colonia de *Vibrios parahaemolyticus*, en medio de cultivo semisólido LB suplementado con 0,5% de Agar. Línea color rojo indica tamaño del halo de movilidad del tratamiento control negativo (sin extracto). a) control negativo, b) tratamiento 5,3 mg/ml de extracto de *Citrus paradisi*.

### Ensayos de crecimiento bacteriano

El ensayo de crecimiento bacteriano se realizó durante 24 h de cultivo y su cuantificación fue mediante la medición de la densidad óptica por espectrofotometría, se observó que concentraciones evaluadas de *Citrus paradisi* de 10,7 y 5,3 mg/ml fueron efectivas para controlar la proliferación bacteriana durante de 24 h, mientras que concentración de 2,6 mg/ml mantuvo inhibición

bacteriana hasta las 16 h de exposición al extracto, posterior a ello (24 h) el crecimiento bacteriano incrementó significativamente ( $F = 0,78$ ; Tukey  $p < 0,05$ ) a una  $DO_{600}$  de 0,800. El control (sin extracto) se observó un crecimiento bacteriano normal en el transcurso del tiempo de evaluación, observándose claramente las fases de crecimiento latencia y exponencial como se muestra en la figura 2 (Fischer et al., 1995; Vivien et al., 2017).

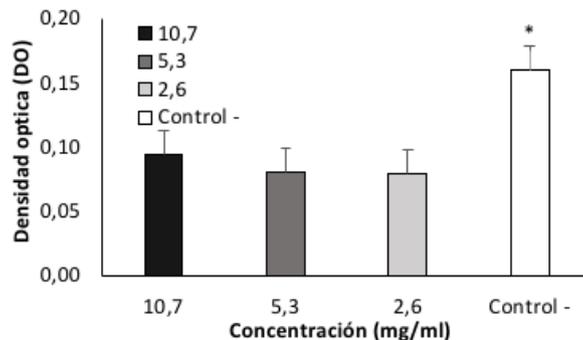


**Figura 2.** Análisis de crecimiento bacteriano expuestos a extractos de *Citrus paradisi*. Control negativo sin extracto (0 µg/ml), barras verticales = desviación estándar, asteriscos indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### Biopelícula

Se determinó la capacidad de formación y adherencia de biopelícula bajo exposición al extracto de *Citrus paradisi* durante 24 h, encontrándose que todas las concentraciones evaluadas (10,7 y 5,3 y 2,6 mg/ml) provocaron que *V. parahaemolyticus*

disminuya significativamente ( $F = 7,26$ ; Tukey < 0,05) la capacidad de formación de biopelícula (DO<sub>600</sub> promedio  $0,08 \pm 0,01$ ) respecto al control (DO<sub>600</sub> =  $0,16 \pm 0,09$ ), evidenciando la efectividad del extracto inhibir este factor de virulencia bacteriana (ver figura 3).



**Figura 3.** Análisis de la formación de biopelícula por *V. parahaemolyticus*. Control negativo sin extracto (0 µg/ml), barras verticales = desviación estándar, asteriscos indica diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### Análisis de toxicidad y ensayo en larvas de *L. vannamei*

Al evaluar la toxicidad en el organismo de cultivo, se observó efectos tóxicos con mortalidad del 70% de las postlarvas de *L. vannamei* a concentraciones de 0,080; 0,160; 0,325 mg/ml durante 24 h de evaluación (ver figura 4), mientras

que la concentración 0,650 mg/ml se muestran altamente tóxicas, provocando la mortalidad del 60% de las larvas evaluadas. Estas presentaron daños en las branquias y disminuyendo la supervivencia de las postlarvas. Esto muestra alta toxicidad del extracto en larvas durante el desafío afectando la supervivencia de larvas de camarón, lo cual dificulta su uso en cultivos.

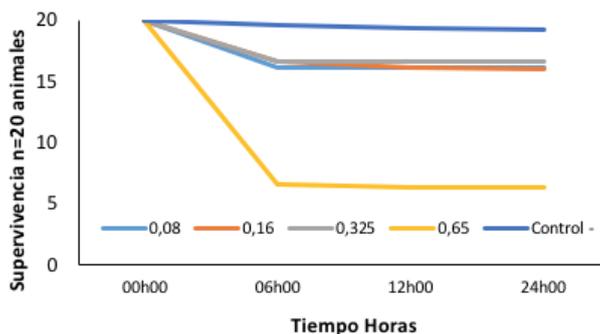


Figura 4. Análisis de toxicidad de extractos de *Citrus paradisi* sobre postlarvas p18 de *L. vannamei* durante 24 h de ensayo. Valores absolutos.

#### IV. DISCUSIÓN

La acuicultura de camarón es una industria de gran importancia para el Ecuador, pero una de sus etapas críticas es la larvicultura debido a problemas bacterianos durante el desarrollo del cultivo. En este estudio la sensibilidad de *V. parahaemolyticus* fue evaluada mediante la CMI del extracto etanólico de *C. paradisi* que presentó actividad antibacteriana a 43,0 mg/ml (50% de extracto) con un halo de inhibición 33,3±2 mm de diámetro. Resultados similares han sido observados en otras bacterias patógenas (*Staphylococcus aureus* y *Streptococcus mutans*), pero a diferentes concentraciones de extractos (25 y 50 % respectivamente) (Maldonado, 2017). *Citrus jambhir* frente al patógeno *Pseudomona aeruginosa*, inhibe su proliferación hasta un halo de 9,66 mm de diámetro, mientras que, cepas patógenas de *Escherichia coli*, *Salmonella entérica* y *Staphylococcus saprophyticu* la inhibición del crecimiento es completamente nula frente a *Citrus jambhir* (Vasquez & Mendosa., 2018).

Estudios con aceites esenciales también muestran actividad antibacteriana como es el caso de *Citrus reticulata* (mandarina), sobre *Bacillus subtilis* a concentración de 9% y 19%, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* a concentraciones de 17% y 7% (Quispe & Zambrano, 2017). Así mismo, el aceite esencial de *Citrus sinensis* (naranja dulce) presenta actividad antibacteriana en rangos de 50% y 100% en *Staphylococcus epidermidis*.

En el ensayo de movilidad se observó una efectividad total (100%) de la inhibición a todas las concentraciones evaluadas 10,7 mg/ml (12,5%),

5.3 mg/ml (6%) y 2,6 mg/ml (3%) durante 24 h, posiblemente la célula se vio afectada en su fisiología y su capacidad de formación flagelar para poder extender la colonia en presencia de los extractos. Resultados similares se obtuvieron en el ensayo de crecimiento celular de la bacteria, excepto a la concentración de 5 mg/ml (6%), la cual solo sostuvo el crecimiento hasta las 12 h, y a partir de las 16 h presentó un incremento en la proliferación celular. Resultados que difieren con lo reportado para aceite esencial de *C. paradisi*, cuya actividad antibacteriana es nula a concentraciones bajas (0,25%, 0,50%, 0,75%) sobre patógenos como: *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosas*, *Salmonella typhi* (Baquerizo., 2017). Esto podría deberse a que la composición fitoquímica del género *Citrus* son sustancias volátiles, que disminuyen su concentración en el tratamiento y da como resultado la disminución del efecto antibacteriano (Herrera., Garcia., & Delgado., 2019), mientras que su actividad bactericida se debería a la riqueza en α-pineno, β-mirceno, limoneno, linalool (Alarcón, Pájaro, & Méndez, 2017) polifenólicos incluidos la naringina, flavanona y furanocumarinas como: bergamotina, dihidrobergamottina (Osungunna. & Onawunmi., 2016; (Salazar., 2019) Pardo. et al., 2017; (Maldonado, 2017).

En biopelícula, la efectividad inhibitoria de biopelícula durante las 24 h. Estos resultados se muestran similares a los reportados por (Fратиanni et al., 2019), donde presenta la potencial capacidad inhibitoria de formación de biopelícula por parte del extracto en la testa de *Citrus bergamota*, sobre las cepas: *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Pectobacterium carotovorum*,

*Pseudomonas aeruginosa*, esto por presencia de polifenoles en la testa.

En el ensayo de toxicidad, el extracto etanólico de la testa de *C. paradisi* evaluada in vitro presentó alta supervivencia de larvas *L. vannamei* a concentraciones inferiores a 0,325 mg/ml (0,037%), por el contrario, estudio realizado por (Herrera. et al., 2019), observa supervivencia a concentración de 25% de aceites esenciales en organismos gnobióticos (nauplios de *Artemia*). Esto muestra que el extracto etanólico de la testa de *C. paradisi* es altamente antibacterial, pero su toxicidad no permite su uso en cultivos acuícolas, por lo tanto, solo sería factible como desinfectante por un lapso corto de tiempo.

## V. CONCLUSIÓN

Se establece que los extractos de testa de *C. paradisi* presentan propiedades importantes en el control de vibriosis debido a su capacidad de inhibir el crecimiento microbiano, requiriéndose para su aplicación una CMI de 43,0 mg/ml, siendo alternativo al empleo de Oxitetraciclina. Además, su efecto comprobado en este estudio sobre la motilidad y formación de biopelícula bacteriana.

No es factible la aplicación directa de los extractos al medio de cultivo de las postlarvas de *L. vannamei* debido a la alta toxicidad sobre éstas a concentraciones mayores de 0,325 mg/ml (0,037 %), por lo cual su empleo estaría sugerido como desinfectante de instalaciones y utensilios de cultivo.

## Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento por el apoyo brindado en la realización de investigación que se desarrolló dentro del marco del proyecto Evaluación de principios activos de plantas superiores y algas para la inhibición de la virulencia *Vibrio parahaemolyticus* con fines acuícolas.

## VI. LITERATURA CITADA

Alarcón, M., Pájaro, N., & Méndez, G. (2017). Actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales de diferentes especies del género *Citrus*, 46(2), 160-175. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rccqf/v46n2/0034-7418-rccqf-46-02-00160.pdf>

Baquerizo., E. (2017). *Evaluación de las propiedades del aceite esencial de citrus paradisi l. (toronja blanca) que crece en la zona costera del ecuador.* Universidad de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21907/1/BCIEQ-T-0222 Villón Baquerizo Edward Isaac%3B Huacón López Michel Micaela.pdf>

Carchipulla, M. (2018). *Importancia del oxígeno disuelto para mejorar la calidad de agua en estanques de camarón blanco Litopenaeus vannamei.* Universidad técnica de Machala. Recuperado de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12905/1/DE00006\\_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12905/1/DE00006_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf)

CNA. (2019). Camarón- reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales.

FAO. (2020). Visión general del sector acuícola nacional Ecuador. Recuperado de [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_ecuador/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es)

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., & Niem, V. H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen I. Plantas e invertebrados. vol. I. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Fратиани, F., Cozzolino, A., de Feo, V., Coppola, R., Ombra, M. N., & Nazzaro, F. (2019). Polyphenols, Antioxidant, Antibacterial, and Biofilm Inhibitory Activities of Peel and Pulp of *Citrus medica* L., *Citrus bergamia*, and *Citrus medica* cv. Salò cultivated in southern Italy. *Molecules*, 24(24). <https://doi.org/10.3390/molecules24244577>

Freitas, C., Glatter, T., & Ringgaard, S. (2019). The release of a distinct cell type from swarm colonies facilitates dissemination of *Vibrio parahaemolyticus* in the environment. *The ISME Journal*, 8-12. <https://doi.org/10.1038/s41396-019-0521-x>

Gonzales, O. (2018). *Enfermedades bacterianas mas comunes en la larvicultura del camarón blanco (Litopenaeus vannamei) y sus metodos*

- de control. Universidad Técnica de Machala. Recuperado de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12225/1/DE00002\\_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12225/1/DE00002_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf)
- Herrera., P., Garcia., C., & Delgado., L. (2019). Eficacia disolvente y citotoxicidad del aceite de cáscara de limón ( Citrus limon ). *Rev Estomatol Herediana*, 29(3), 196-202. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/3603-Texto del artículo-10246-1-10-20191104.pdf>
- Lee, J., Cho, M., & Lee, J. (2011). 3-Indolylacetonitrile Decreases Escherichia coli O157:H7 Biofilm Formation and Pseudomonas aeruginosa Virulence. *Environmental Microbiology*, 13(1), 62-73. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2010.02308.x>
- Maldonado, V. (2017). *Efecto inhibitorio del extracto de toronja (Citrus paradisi) en diferentes concentraciones sobre el Streptococcus mutans estudio in vitro*. Universidad Central Del Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13247/1/T-UCE-0015-805.pdf>
- Mejías, A. (2018). Patologías del hepatopáncreas en camarones marinos cultivados en América y su diagnóstico diferencial mediante histopatología. *AquaTIC*, (November). Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Alexander\\_Mejias2/publication/329138767\\_Patologias\\_del\\_hepatopancreas\\_en\\_camarones\\_marinos\\_cultivados\\_en\\_America\\_y\\_su\\_diagnostico\\_diferencial\\_mediante\\_histopatologia/links/5bf75e82299bf1a0202c34d7/Patologias-del-hepato](https://www.researchgate.net/profile/Alexander_Mejias2/publication/329138767_Patologias_del_hepatopancreas_en_camarones_marinos_cultivados_en_America_y_su_diagnostico_diferencial_mediante_histopatologia/links/5bf75e82299bf1a0202c34d7/Patologias-del-hepato)
- Ochoa, L., Campoverde, M., & Santacruz-Reyes, R. (2017). Estudio preliminar del extracto de dos plantas medicinales con efecto antibacteriano para uso en acuicultura Introducción Materiales y métodos. *AquaTIC*, 49, 1-7. Recuperado de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/285-765-2-PB \(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/285-765-2-PB (1).pdf)
- Oroya, D. (2016). *Actividad antifúngica del Citrus paradisi “ toronja ” sobre cepas de Candida albicans aisladas de pacientes con estomatitis subprotésica Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista*. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Recuperado de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4924/Churata\\_od.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4924/Churata_od.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Osungunna., O., & Onawunmi., O. (2016). Anti-adhesion and antibiotic modulatory evaluation of grapefruit ( Citrus paradisi ) juice and seed extract on bacteria isolated from urine and catheter. *Redalyc.org*, 4, 38.
- Pardo., C., Monsalve., G., Erira., A., Espinosa., Y., & Jaramillo., G. (2017). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Citrus reticulata sobre Fusobacterium nucleatum asociada a enfermedad periodontal Antimicrobial effect of essential oil of Citrus reticulata on Fusobacterium nucleatum associated with periodontal disease. *Rev. Colomb. Biotecnol*, (2), 7-14. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v19n2/o123-3475-biote-19-02-00007.pdf>
- Quispe, A., & Zambrano, D. (2017). *Determinación del efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de la cáscara de Citrus x tangelo “Naranja tangelo” en cepas de Staphylococcus aureus ATCC 25923*. Universidad privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Redrován, K. (2017). *Medidas terapéuticas para el control de vibriosis en el cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei*. Universidad Académica De Ciencias Agropecuarias. Recuperado de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11355/1/DE00017\\_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11355/1/DE00017_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf)
- Restrepo, L., Bonny, B., Arciniegas, S., Bajaña, L., Irma, B., Panchana, F., ... Re, A. (2018). PirVP genes causing AHPND identified in a new Vibrio species ( Vibrio punensis ) within the commensal Orientalis clade. *Scientific Reports*, (August), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30903-x>
- Saavedra-Olivos, K. Y., Peralta-ortiz, T., Ordinola-zapata, A., Sandoval-ramayoni, J. E., Vieyra-peña, E. G., Zapata-cruz, M. A., ... Mendoza-dioses, M. E. (2018). Detección de una proteína asociada a la enfermedad de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND) en Litopenaeus vannamei bajo cultivo semi-intensivo en Ecuador. *Inv Vet Perú*, 29(1), 328-338.

- Salazar., R. (2019). *Comparación in vitro de la eficacia disolvente del aceite Citrus paradisi sobre la gutapercha endodontica*. Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/15291/Salazar Carretero Renato Rodrigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/15291/Salazar%20Carretero%20Renato%20Rodrigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Varela Mejías, A., & Alfaro Mora, A. (2018). Revisión sobre aspectos farmacológicos a considerar para el uso de antibióticos en la camaronicultura, 29(1), 1-14. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172018000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172018000100001&script=sci_arttext)
- Vasquez., J., & Mendosa., K. (2018). *Actividad antibacteriana de extractos etanólicos de plantas frente a cepas multiresistentes*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Vivien, R., Holzmann, M., Werner, I., Pawlowski, J., Lafont, M., & Ferrari, B. J. D. (2017). Cytochrome c oxidase barcodes for aquatic oligochaete identification: development of a Swiss reference database. *PeerJ*, 5, e4122. <https://doi.org/10.7717/peerj.4122>
- Wing, K., & Chik, B. K. (2018). Ácidos orgánicos en alimentos acuícolas: un potencial sustituto de los antibióticos, 1. Recuperado de <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/acidos-organicos-en-alimentos-acuicolas-un-potencial-sustituto-de-los-antibioticos/>
- Yang, Q., Julyantoro, G., Wang, Z., Lin2, B., Rubin, R., Vora, G. J., & Defoird, T. (2017). Indole signalling and (micro) algal auxins decrease the virulence of *Vibrio campbellii*, a major pathogen of aquatic organisms. *Environmental Microbiology*.

# Características higroscópicas de las maderas *Spathodea campanulata*, *Fraxinus americana* y *Albizia plurijuga* impregnadas con boro

Javier, Sotomayor-Castellanos<sup>1\*</sup>; Luz, Ávila-Calderón<sup>2</sup>; Mario, Fuentes-Salinas<sup>3</sup>

## Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar si el impregnado de la madera con sales de boro reduce su higroscopicidad y mejora su estabilidad dimensional. En probetas de pequeñas dimensiones de madera de *Spathodea campanulata*, *Fraxinus americana* y *Albizia plurijuga* se aplicó un tratamiento caliente-frío de sales de boro con una concentración de 3%. Se realizaron pruebas de higroscopía y tanto antes como después del impregnado con sales de boro, se analizó la densidad básica, contenido de humedad, higroexpansiones radial, tangencial, longitudinal y volumétrica, puntos de saturación de la fibra, coeficientes de higroexpansión, índice de antiexpansión y relación de anisotropía. Después del baño, las características higroscópicas se modificaron según las especies y las direcciones observadas. El tratamiento mejora la estabilidad dimensional de *S. campanulata* en 63%, de *F. americana* en 21% y para *A. plurijuga* en 18%. Es recomendable investigar la influencia de las características anatómicas sobre las propiedades higroscópicas de estas especies.

**Palabras claves:** densidad básica, contenido de humedad, punto de saturación de la fibra, coeficiente de higroexpansión, índice de antiexpansión, anisotropía.

## Hygroscopic characteristics of the woods *Spathodea campanulata*, *Fraxinus Americana* and *Albizia plurijuga* impregnated with boron

## Abstract

The aim of the research was to evaluate whether the impregnation of wood with boron salts reduces its hygroscopicity and improves its dimensional stability. A hot-cold treatment of boron salts with a concentration of 3% was applied to small-sized specimens of *Spathodea campanulata*, *Fraxinus americana* and *Albizia plurijuga* wood. Hygroscopic tests were carried out and both before and after the boron salt impregnation, basic density, moisture content, radial, tangential, longitudinal and volumetric hygroexpansion, fibre saturation points, hygroexpansion coefficients, anti-expansion index and anisotropy ratio were analysed. After the bath, the hygroscopic characteristics were modified according to the species and the directions observed. The treatment improved the dimensional stability of *S. campanulata* by 63%, of *F. americana* by 21% and for *A. plurijuga* by 18%. It is advisable to investigate the influence of anatomical characteristics on the hygroscopic properties of these species.

**Key words:** basic specific gravity, moisture content, fiber saturation point, coefficient of swelling, anti-swelling index, anisotropy.

**Recibido:** 15 de septiembre de 2020

**Aceptado:** 18 de diciembre 2020

<sup>1</sup> Profesor de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México; madera999@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0002-1527-8801>

<sup>2</sup> Profesora de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México; lea.avilacalderon@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2646-2142>

<sup>3</sup> Profesor de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México mariofusa@yahoo.com.mx; <https://orcid.org/0000-0001-5362-1204>

\*Autor para correspondencia: madera999@yahoo.com

## I. INTRODUCCIÓN

El concepto de estabilidad dimensional de una pieza de madera se refiere a la magnitud de su expansión geométrica en respuesta al aumento en su contenido de humedad (Kocaefe *et al.*, 2015; Sargent, 2019). Este fenómeno de higroexpansión se da en el dominio higroscópico y presenta una marcada anisotropía (Patera *et al.*, 2013; Engelund *et al.*, 2013; Nopens *et al.*, 2019). La fenomenología entre la madera y su contenido de humedad está reportada en macro-escala por Engelund *et al.* (2013) y en multi-escala por Derome *et al.* (2018). La caracterización de la estabilidad dimensional de la madera es de interés práctico en el diseño de edificios y estructuras sustentables que están expuestos a condiciones ambientales inciertas (Neagu *et al.*, 2005; Gereke y Niemz, 2010; Sargent, 2019), así como en la elaboración de muebles (Ajuziogu *et al.*, 2020), pisos, instrumentos musicales y una diversidad de artículos de madera.

Las principales estrategias para mejorar la estabilización dimensional de la madera son: tratamientos hidrófobos para superficies y tratamientos de impregnación con agentes de relleno (Kocaefe *et al.*, 2015), la modificación con procesos químicos (Sandberg *et al.*, 2017, Gérardin, 2016) y la modificación con tratamientos termo-higro-mecánicos (Esteves y Pereira, 2009; Laine *et al.*, 2013). En este contexto, el impregnado con sales de boro es un conjunto de técnicas que pretende optimizar la protección de la madera de su deterioro biológico (Tsunoda, 2001; Temiz *et al.*, 2008; Thévenon *et al.*, 2010; González-Laredo *et al.*, 2015; Obounou-Akong, 2015) y de su variación dimensional (Ayrilmis, 2013; Kotlyarova y Stepina, 2018). En esta tecnología, la retención es el indicador de la cantidad de sustancia que conserva una pieza de madera, por unidad de volumen, después de un tratamiento de impregnación (Berrocal *et al.*, 2004; Koumbi-Mounanga *et al.*, 2015).

El nivel de estabilidad dimensional de una especie de madera se evalúa con las higroexpansiones lineales y volumétrica (Tiryaki *et al.*, 2016; Fu *et al.*, 2019). Estos parámetros son útiles para caracterizar las propiedades físicas de una especie. Sin embargo, para homogeneizar resultados con respecto a la variación del contenido de humedad, es conveniente determinar los coeficientes de higroexpansión, los cuales ponderan la variación geométrica por el incremento en el contenido de humedad (Torelli y Gorišek, 1995; Lesar *et al.*, 2011). Para fines de

valoración del efecto de un proceso de estabilización dimensional, se utiliza el índice de anti-higroexpansión, que contrasta los estados de la madera antes y después del tratamiento de humectación (Dubey *et al.*, 2011; Islam *et al.*, 2012; Soltani *et al.*, 2013; Qian *et al.*, 2013; Jiang *et al.*, 2015; Giridhar *et al.*, 2017, Qian *et al.*, 2018). En el mismo contexto, la relación de anisotropía es el parámetro que califica la estabilidad dimensional respecto a sus ejes tangencial y radial (Hernández, 2007; Shukla y Kandem, 2010).

Por otro lado, existe evidencia empírica de que el impregnado de la madera con sales de boro reduce su higroscopicidad (Kartal *et al.*, 2007; Lesar *et al.*, 2009; Caldeira 2010; Kotlyarova y Stepina, 2018). Sin embargo, debido a la diversidad en las características anatómicas entre especies y a las particularidades en los procedimientos experimentales, este argumento no se puede generalizar cuantitativamente para todas las maderas (Sargent, 2019). Así, parece razonable la caracterización de su comportamiento higroscópico desde un enfoque de observación especie por especie y de comparación entre una misma madera sin tratamiento y una con tratamiento.

La hipótesis de trabajo de esta investigación plantea que el impregnado de la madera con sales de boro reduce su higroscopicidad y con ello mejora su estabilidad dimensional. Para probar experimentalmente esta propuesta, en probetas de pequeñas dimensiones de *Spathodea campanulata*, *Fraxinus americana* y *Albizia plurijuga*, antes y después del tratamiento de impregnado con sales de boro, se evaluó la densidad básica, contenido de humedad e higroexpansión, así como los parámetros derivados: punto de saturación de la fibra, coeficiente de higroexpansión, índice de antiexpansión y relación de anisotropía. La hipótesis está restringida a la metodología aquí desarrollada y para las especies en estudio.

La presente investigación forma parte de la línea de investigación sobre el efecto de sustancias protectoras en las características físicas y mecánicas de la madera, línea desarrollada en la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, México. El material experimental y el tratamiento de impregnación son los mismos utilizados y reportados anteriormente por Sotomayor y Ávila (2019). Con todo, los resultados de las pruebas de higroscopía son originales e inéditos.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Se colectaron piezas de madera aserrada de *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga* en Michoacán, México. Para cada especie se prepararon 20 probetas con dimensiones de 2 cm por 2 cm de sección y 6 cm de largo, orientadas respectivamente en las direcciones radial, tangencial y longitudinal de la madera. Las probetas estaban formadas por madera de duramen y libres de defectos de crecimiento. La estrategia experimental consistió en dos etapas. La primera consistió en el tratamiento de impregnación por el método de baño caliente-frío y la segunda en aplicar etapas de humidificación y secado. Antes y después del tratamiento de impregnación, las probetas se almacenaron 12 meses en una cámara de acondicionamiento a una temperatura de 20°C (± 1 °C) y una humedad relativa del aire de 65% (± 5%).

### Tratamiento de impregnación

Las probetas se humedecieron durante ocho horas en un baño de agua caliente con temperatura de 60°C. Posteriormente, se sumergieron en un baño frío con una temperatura de 23°C durante 16 horas en una solución acuosa con concentración al 3% de mezcla de ácido bórico (trihidróxido de boro, 39,4%) y borato de sodio (tetaborato de sodio, 60,6%). Antes y después del baño caliente-frío, las probetas se pesaron y se midieron sus dimensiones. Una vez terminado el tratamiento y

realizadas las mediciones pertinentes, las probetas se almacenaron por 12 meses en las mismas condiciones en que se estabilizó la madera antes del tratamiento. Posteriormente, se realizaron las pruebas de higroscopía.

### Pruebas de higroscopía

Inicialmente se pesaron y midieron las dimensiones de las probetas con un contenido de humedad inicial de equilibrio con las condiciones de la cámara de climatización ( $CH_{ini}$ ). Posteriormente, se sumergieron en agua a temperatura de 23°C durante 72 horas para lograr un contenido de humedad ( $CH_{sat}$ ) mayor que el punto de saturación de la fibra (PSF). En este estado de humedad se pesaron y se midieron nuevamente las dimensiones de las probetas. En seguida, se secaron en un horno a una temperatura de 103°C durante 72 horas. Finalmente, se pesaron y se midieron sus dimensiones con un contenido de humedad anhidro ( $CH_{anhidro}$ ). El dominio que va del contenido de humedad inicial hasta el contenido de humedad saturado se considera la etapa de hidratado, en la cual tiene lugar el proceso de higoexpansión (Figura 1). El dominio correspondiente a la etapa de secado y su consecuente fenómeno de higocontracción no se analizó puesto que, durante el hidratado, las sales de boro se disuelven y su retención se modifica (Ramos *et al.*, 2006, Lesar *et al.* 2009). Sin embargo, las mediciones en estado anhidro se utilizaron para calcular el punto de saturación de la fibra (Fórmula 5), los contenidos de humedad inicial (Fórmula 3) y el contenido de humedad saturado (Fórmula 4).

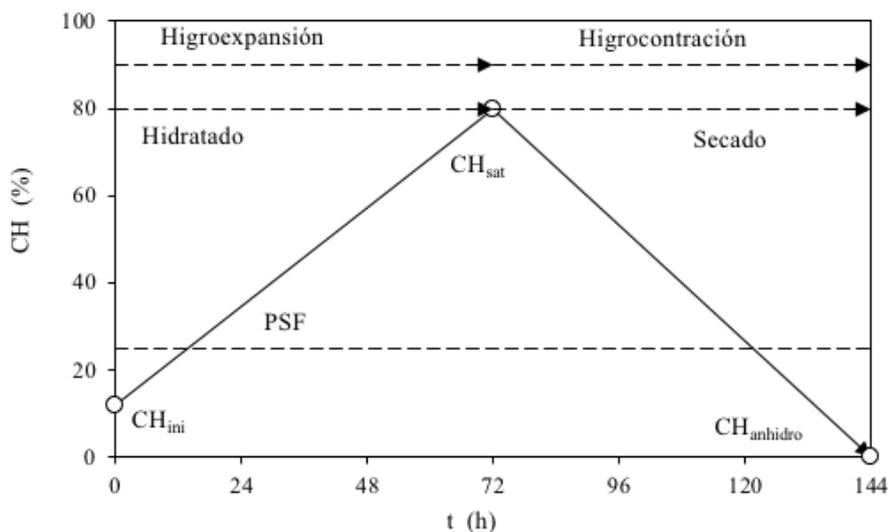


Figura 1. Pruebas de higroscopía.

Diseño experimental

La unidad experimental consistió en tres grupos de 20 probetas cada uno, correspondientes a las tres maderas. Cada grupo se organizó en dos muestras independientes de diez probetas cada una. La primera fue la muestra de control sin tratamiento, en adelante ST, y la segunda fue la muestra con tratamiento de impregnación, en adelante CT. La retención se consideró el parámetro de referencia para diferenciar en cada especie las probetas ST y CT.

En una primera etapa se calcularon las higroexpansiones lineales y volumétricas, las cuales dependen del intervalo comprendido entre el contenido de humedad inicial y del punto de saturación de la fibra, ambos parámetros particulares a cada probeta (Fórmulas 6 y 7), de tal forma que las higroexpansiones son convenientes para comparar resultados entre especies. Sin embargo, para observar el efecto del tratamiento de impregnación en muestras pareadas de una misma especie, se calcularon los coeficientes de higroexpansión (Fórmulas 8 y 9), mediciones apropiadas para homogenizar los resultados y analizar el fenómeno. Estos parámetros están ponderados por el intervalo entre el punto de saturación de la fibra (Fórmula 5) y el contenido de humedad inicial (Fórmula 3). Otras variables de respuesta, antes y después de las pruebas de higroscopía, fueron las densidades

básicas (Fórmula 2). Las retenciones (Fórmula 1) se calcularon como parámetros de referencia. Los índices de antihigroexpansión (Fórmula 10) y las relaciones de anisotropía (Fórmula 11) se calcularon como indicadores complementarios.

En una segunda etapa, se calcularon la media y el coeficiente de variación para las variables densidad básica, contenido de humedad inicial, punto de saturación de la fibra, higroexpansiones radial, tangencial, longitudinal y volumétrica. Para cada grupo de dos muestras correspondientes a resultados ST y CT, se practicaron análisis de varianza con la hipótesis nula:  $H_0: X_{ST} + X_{CT} = 0$ . El criterio de demarcación para estas pruebas fue aceptar una diferencia estadísticamente significativa para valores  $P_{(\alpha = 0,05)} \leq 0,05$ . La Tabla 1 presenta las fórmulas utilizadas para calcular los parámetros y los símbolos empleados. Se calcularon regresiones lineales y los coeficientes de determinación del punto de saturación de la fibra, higroexpansión, el índice de antihigroexpansión, y de la relación de anisotropía (T/R) en función de las densidades anhidras. Las ponderaciones para calificar la intensidad de las correlaciones fueron los valores del coeficiente de determinación sugeridos por Tippner *et al.* (2016): correlación muy alta:  $1 \geq R^2 \geq 0,9$ ; correlación alta:  $0,9 > R^2 \geq 0,7$ ; correlación media:  $0,7 > R^2 \geq 0,4$ ; correlación baja:  $0,4 > R^2 \geq 0,2$ ; y correlación nula:  $R^2 < 0,2$ .

Tabla 1. Fórmulas y símbolos utilizados

Fórmulas	No.	Referencias
$R = \left( \frac{P_{di} - P_{ai}}{V_{di}} \right) \times \left( \frac{C}{100} \right)$	(1)	Simsek <i>et al.</i> (2013)
$\rho_0 = \frac{P_{anhidro}}{V_{sat}}$	(2)	Koman y Feher (2015)
$CH_{ini} = \left( \frac{P_{ini} - P_{anhidro}}{P_{anhidro}} \right) \times 100$	(3)	Chiniforush <i>et al.</i> (2019)
$CH_{sat} = \left( \frac{P_{sat} - P_{anhidro}}{P_{anhidro}} \right) \times 100$	(4)	Chiniforush <i>et al.</i> (2019)
$PSF = \left( \frac{V_{sat} - V_{anhidro}}{V_{sat}} \right) \times \left( \frac{100}{0,9 \times \rho_0} \right)$	(5)	Fuentes-Salinas (2000)
$\alpha_i = \left( \frac{i_{sat} - i_{ini}}{i_{sat}} \right) \times 100$	(6)	Fu <i>et al.</i> (2019)
$\alpha_v = \left( \frac{V_{sat} - V_{ini}}{V_{sat}} \right) \times 100$	(7)	Fu <i>et al.</i> (2019)
$\lambda_i = \left( \frac{i_{sat} - i_{ini}}{i_{sat}} \right) \times \frac{100}{(PSF - CH_{ini})}$	(8)	Fuentes-Salinas (2000)
$\lambda_v = \left( \frac{V_{sat} - V_{ini}}{V_{sat}} \right) \times \frac{100}{(PSF - CH_{ini})}$	(9)	Fuentes-Salinas (2000)
$I_A = \left( \frac{\lambda_v ST - \lambda_v CT}{\lambda_v ST} \right) \times 100$	(10)	Giridhar <i>et al.</i> (2017)
$T/R = \frac{\lambda_T}{\lambda_R}$	(11)	Fuentes-Talavera <i>et al.</i> (2014)

<p><b>Símbolos</b></p> <p>R = Retención (kg m<sup>-3</sup>) (Fórmula 1)</p> <p>P = Peso (kg) (Fórmulas 1, 2, 3 y 4)</p> <p>C = Concentración (%) (Fórmula 1)</p> <p>V = Volumen (m<sup>3</sup>) (Fórmulas 2, 5, 7 y 9)</p> <p><math>\rho_0</math> = Densidad básica (kg m<sup>-3</sup>) (Fórmula 2)</p> <p>CH = Contenido de humedad (%) (Fórmulas 3 y 4)</p> <p>PSF = Punto de saturación de la fibra (%) (Fórmula 5)</p> <p><math>\alpha</math> = Higroexpansión (%) (Fórmulas 6 y 7)</p> <p><math>\lambda</math> = Coeficiente de higroexpansión (%/%) (Fórmulas 8 y 9)</p> <p><math>I_A</math> = Índice de antihigroexpansión (%) (Fórmula 10)</p> <p>ST = Sin tratamiento (Fórmula 10)</p> <p>CT = Con tratamiento (Fórmula 10)</p> <p>T/R = Relación de anisotropía (sd) (Fórmula 11)</p>	<p><b>Subíndices</b></p> <p>ai = Antes impregnación</p> <p>di = Después impregnación</p> <p>anhidro = Estado de humedad anhidro</p> <p>sat = Estado de humedad saturado</p> <p>ini = Estado de humedad inicial</p> <p>i = Medición en R, T, L</p> <p>R = Radial</p> <p>T = Tangencial</p> <p>L = Longitudinal</p> <p>V = Volumétrico</p> <p>sd = Sin dimensiones</p> <p>-</p> <p>-</p>
---	--

### III. RESULTADOS

En la Tabla 2 se presentan las medias y los coeficientes de variación para las densidades básicas, contenidos de humedad, puntos de saturación de la

fibra, higroexpansiones, coeficientes de higroexpansión, retenciones, índices de antihigroexpansión y relaciones de anisotropía de las tres maderas estudiadas, de las muestras ST y CT.

**Tabla 2.** Densidades básicas, contenidos de humedad, puntos de saturación de la fibra, higroexpansiones, coeficientes de higroexpansión, retenciones y relaciones de anisotropía.

Especies	$\rho_0$ (kg m <sup>-3</sup> )	CH <sub>ini</sub> (%)	PSF (%)	$\alpha_R$ (%)	$\alpha_T$ (%)	$\alpha_L$ (%)	$\alpha_V$ (%)
<i>S. campanulata</i> (ST)	269 (7) <sup>#</sup>	13,7 (15)	30 (17)	4,44 (28)	8,89 (18)	0,16 (38)	13,43 (19)
<i>S. campanulata</i> (CT)	253 (7)	14,8 (9)	37 (18)	1,80 (27)	5,42 (23)	0,09 (44)	7,32 (20)
<i>F. americana</i> (ST)	534 (6)	10,6 (3)	21 (5)	2,41 (19)	4,51 (24)	0,39 (33)	7,02 (16)
<i>F. americana</i> (CT)	531 (6)	11,0 (6)	24 (11)	2,00 (19)	4,33 (18)	0,04 (75)	6,43 (14)
<i>A. pluriyuga</i> (ST)	697 (2)	10,5 (22)	19 (6)	2,47 (25)	5,18 (32)	0,10 (50)	7,76 (17)
<i>A. pluriyuga</i> (CT)	683 (3)	11,0 (5)	21 (8)	3,38 (29)	4,84 (10)	0,03 (33)	8,32 (13)
	Retención (kg m <sup>-3</sup> )	I <sub>A</sub> (%)	T/R (sd)	$\lambda_R$ (%/%)	$\lambda_T$ (%/%)	$\lambda_L$ (%/%)	$\lambda_V$ (%/%)
<i>S. campanulata</i> (ST)	-	-	2,0	0,30	0,61	0,007	0,91
<i>S. campanulata</i> (CT)	6,4	63	3,0	0,09	0,25	0,005	0,34
Diferencias (ST) vs. (CT)	-	-	+33	-70	-59	-29	-63
<i>F. americana</i> (ST)	-	-	1,9	0,23	0,43	0,010	0,66
<i>F. americana</i> (CT)	5,2	21	2,2	0,16	0,35	0,008	0,53
Diferencias (ST) vs. (CT)	-	-	+33	-30	-19	-20	-20
<i>A. pluriyuga</i> (ST)	-	-	2,1	0,34	0,71	0,014	1,06
<i>A. pluriyuga</i> (CT)	3,7	18	1,4	0,35	0,51	0,011	0,87
Diferencias (ST) vs. (CT)	-	-	-33	+3	-28	-21	-18

$\rho_0$  = Densidad básica; CH<sub>ini</sub> = Contenido de humedad inicial; PSF = Punto de saturación de la fibra;  $\alpha$  = Higroexpansión;  $\lambda$  = Coeficiente de higroexpansión; R = Radial; T = Tangencial; L = Longitudinal; V = Volumétrico; I<sub>A</sub> = Índice de anti higroexpansión; T/R = Relación de anisotropía; ST = Sin tratamiento; CT = Con tratamiento. <sup>#</sup>CV = Coeficiente de variación en por ciento y entre paréntesis; sd = Sin dimensiones.

### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### Retenciones

La retención de sales de boro en las maderas de *S. campanulata*, *F. americana* y *A. pluriyuga* disminuye a medida que sus densidades aumentan. Las magnitudes de las retenciones obtenidas en la presente investigación son del mismo orden que las reportadas y analizadas por Sotomayor y Ávila (2019), quienes utilizaron el mismo material y tratamiento que en la presente investigación. En términos cuantitativos, estos resultados son comparables con especies tropicales de México y

Centroamérica reportadas por Alfaro (2013), Sotomayor y Villaseñor (2016), Moya y Berrocal (2015) y Sotomayor y Correa (2016).

Los valores promedio de retención de sales de boro para las tres especies fueron mayores que el límite inferior tóxico de retención de sales de boro de 2,72 kg m<sup>-3</sup> recomendado por la Asociación Americana de Preservadores de Madera (American Wood-Preservers' Association, 2014) para elementos estructurales empleados en interiores. De manera que estas maderas pueden ser impregnadas con sales de boro con una

concentración del 3%, empleando el método baño caliente-frío, para su uso como elementos estructurales en interiores.

#### Densidades básicas

Se seleccionaron tres especies con densidades básicas que van desde 269 kg m<sup>-3</sup> de *S. campanulata* hasta 697 kg m<sup>-3</sup> de *A. plurijuga*. Esta estrategia permitió observar un amplio rango de densidad y comparar resultados promedio de las variables propuestas por el diseño experimental con el enfoque especie por especie. Los resultados de los análisis de varianza no indican diferencias estadísticamente significativas entre las densidades básicas ST y CT, resultado que se refuerza por la similitud entre los coeficientes de variación para las densidades básicas ST y CT de las tres especies.

Sotomayor *et al.* (2018) reportan, para un proceso de impregnado de baño caliente-frío similar al de esta investigación, que la densidad después del tratamiento con sales de boro al 3% aumenta 2,6% para *Guazuma ulmifolia* y 3,6% para *Abies religiosa*; en contraste, la densidad de *S. campanulata* disminuyó 5,9%. Su resultado para *S. campanulata* coincide con el de la presente investigación. En el sentido contrario, Simsek y Baysal (2015) reportan un incremento en la densidad de la madera de *Fagus orientalis* ocasionado, entre otros factores, por el peso de las sales de boro, la diversidad en la porosidad de la especie en estudio y, cuando es el caso, el efecto de la temperatura empleada para impregnar la madera. Igualmente, Pereira *et al.* (2017) indican un aumento de 3,4% en la densidad de *Eucalyptus sp.* tratada con sales de boro.

En la literatura usualmente no se presenta a la densidad como una variable explicativa para correlacionar parámetros higroscópicos de la madera. Para ilustrar los resultados, en los apartados siguientes, los resultados de los puntos de saturación de la fibra, las higroexpansiones volumétricas, los coeficientes de higroexpansión, los índices anti higroexpansión y las relaciones de anisotropía, se grafican en función de las densidades básicas.

#### Contenidos de humedad

Los contenidos de humedad iniciales ST y CT no indican diferencias estadísticamente significativas para *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga*. Para fines prácticos, el contenido de humedad inicial se puede considerar como el contenido de humedad en equilibrio.

En el mismo sentido, los coeficientes de variación del contenido de humedad para *S. campanulata* y *A. plurijuga* disminuyeron como efecto del tratamiento. Sin embargo, el coeficiente de variación del contenido de humedad de *F. americana* aumentó después del baño.

Los contenidos de humedad iniciales fluctuaron entre un mínimo de 10,5% y un máximo de 13,7%. Después del tratamiento de impregnado la madera recobró su contenido de humedad en equilibrio, con un intervalo que va de 10,5% para *A. plurijuga* (ST) a 14,8% para *S. campanulata* (CT). Los resultados de la Tabla 2 muestran que la madera impregnada con sales de boro es más higroscópica en comparación con la madera no tratada, fenómeno que ha sido reportado por Lesar *et al.* (2011).

A pesar de las pequeñas diferencias entre especies en el contenido de humedad inicial, durante las pruebas de higroscopía se observa solamente el efecto del hidratado de la madera. En efecto, después de 72 horas de hidratado, la madera de las tres especies alcanzó contenidos de humedad superiores a los puntos de saturación de la fibra: *S. campanulata* (ST) 144%, *S. campanulata* (CT) 123%, *F. americana* (ST) 60%, *F. americana* (CT) 61%, *A. plurijuga* (ST) 48% y *A. plurijuga* (CT) 45%, alcanzando el dominio higroscópico superior (Fredriksson, 2019). Estos resultados permitieron medir las higroexpansiones máximas. No obstante, es necesario considerar que los pesos y las extensiones fueron medidas macroscópicas y externas, y se realizaron en un número reducido de probetas. Los resultados son útiles como referencia para estudios más extensos.

Comparando cada una de las muestras correspondientes a la madera ST y CT de una misma especie, los contenidos de humedad iniciales fueron análogos. Sin embargo, los contenidos de humedad saturados indican diferencias para *S. campanulata* de 14,6% y para *A. plurijuga* de 6%. Para estas maderas, el tratamiento disminuye la absorción de agua y sus resultados coinciden con los reportados por Lesar *et al.* (2009) y Lesar *et al.* (2011). Sin embargo, queda por explicar los resultados de *F. americana*, que tuvo un incremento de 1.6%, es decir, el tratamiento no modificó de manera importante su contenido de humedad saturado.

Durante la etapa caliente del tratamiento de impregnado, la temperatura fue de 60 °C y durante la etapa de secado de las pruebas de higroscopía la temperatura fue de 103 °C, magnitudes menores a 160°C,

condición necesaria para modificar la composición química y/o la estructura anatómica de la madera y así poder observar algún efecto en el contenido de humedad o en otras propiedades físicas y mecánicas (O’Leary y Hodges, 2001; Sahin, 2010; Murata *et al.*, 2013; Fu *et al.*, 2019). Sin embargo, durante la etapa de hidratado de las pruebas de higroscopía las probetas estuvieron sumergidas durante 72 horas en agua, situación que provocó el lixiviado de las sales de boro (Obanda *et al.*, 2008; Zhang, 2015). En efecto, las sales de boro tienen una estructura cristalina y se unen mecánicamente en los lúmenes y paredes celulares de la madera (Ramos *et al.*, 2006; Lesar *et al.*, 2009), de tal forma que los cristales se disuelven cuando el contenido de humedad en la madera se satura. Así, la estrategia experimental podría mejorarse si se controla y mide el proceso de lixiviado de las sales de boro durante las etapas de hidratado y de secado.

#### Puntos de saturación de la fibra

El punto de saturación de la fibra para las tres especies aumenta como resultado del tratamiento con

sales de boro y se observan diferencias estadísticamente significativas entre los valores de madera ST y CT. Caso particular es *F. americana* cuyos resultados indican anomalías en la distribución de sus muestras. No obstante, la comparación de medianas (Prueba de Kruskal-Wallis) confirma igualmente una diferencia significativa para los puntos de saturación de la fibra entre la madera ST y CT. En el mismo sentido, los coeficientes de variación son diferentes según se trate de la especie.

Desde otra perspectiva, el punto de saturación de la fibra disminuye a medida que las densidades aumentan. Las correlaciones entre los puntos de saturación de la fibra de *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga* en función de las densidades básicas son para la madera ST:  $PSF = -0,0274 \rho_0 + 37$  ( $R^2 = 0,97$ ) y para madera CT:  $PSF = -0,0389 \rho_0 + 46$  ( $R^2 = 0,97$ ). Comparativamente con los datos de Tamarit-Urias y Fuentes-Salinas (2003) para 63 maderas mexicanas y de Hernández (2007) para 9 maderas peruanas, la correlación resultante  $PSF = -0,0234 \rho_0 + 40$  ( $R^2 = 0,43$ ) muestra la misma tendencia que las de esta investigación (Figura 2). Por motivos de escala, no se visualizan los 72 datos de la bibliografía.

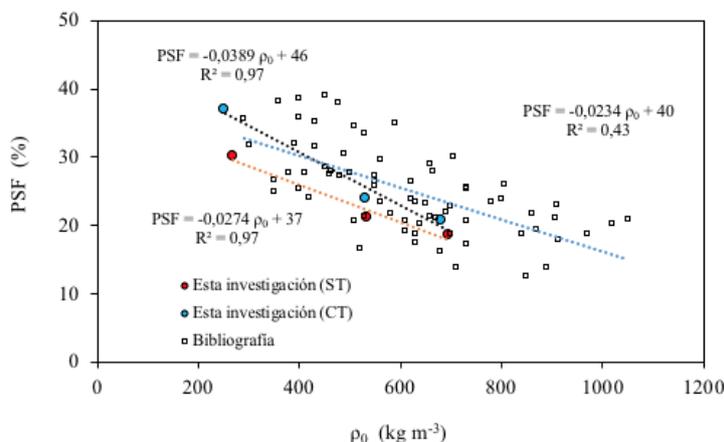


Figura 2. Puntos de saturación de la fibra en función de las densidades básicas.

#### Higroexpansiones

Como efecto del tratamiento con sales de boro, las higroexpansiones disminuyen para *S. campanulata* y *F. americana*, lo que confirma su utilidad para disminuir las higroexpansiones en madera de *Pinus* spp, como reporta Kotlyarova y Stepina (2018). Por su parte, Lesar *et al.* (2011) para madera de *Picea abies* ( $\rho_{CH} = 688 \text{ kg m}^{-3}$ ) y Kartal *et al.* (2007) para la de *Cryptomeria japonica* ( $\rho_{CH} = 421 \text{ kg m}^{-3}$ ) reportan que, como efecto del impregnado con sales de boro, disminuye la capacidad de absorción de agua, lo que se traduce en la disminución de

las higroexpansiones. Sin embargo, estos investigadores hacen notar que las repercusiones de los compuestos de boro sobre la higroscopía de la madera difieren según el tipo y retención de sustancia utilizada y de la especie en estudio. Posiblemente este es el caso para los resultados de *A. plurijuga*: no obstante que las higroexpansiones tangenciales y longitudinales disminuyeron, las higroexpansiones radiales aumentaron después del tratamiento en un 37%. Este resultado se tradujo en un incremento en las higroexpansiones volumétricas en un 7%.

Los coeficientes de variación indican que las dispersiones de las mediciones de las higroexpansiones son muy amplias para *S. campanulata* y *A. plurijuga* en comparación con las de *F. americana* (Tabla 2). Además, aumentan o disminuyen según la dirección de medición, en consecuencia, las higroexpansiones volumétricas aumentan 5% para *S. campanulata* y disminuyen 13% para *F. americana* y 31% para *A. plurijuga*. En el mismo contexto, las higroexpansiones presentan un carácter anisotrópico con la relación:  $\alpha_T > \alpha_R \gg \alpha_L$ , cuyas magnitudes son particulares para cada especie y estado de la madera. Estos resultados son similares a los reportados para once maderas mexicanas ( $399 \text{ kg m}^{-3} < \rho_o < 906 \text{ kg m}^{-3}$ ) por Silva et al. (2010):  $\alpha_T/\alpha_R = 2,1$ ; y por Ávila y Herrera (2012):  $\alpha_T/\alpha_R = 1,9$  para *Enterolobium cyclocarpum* ( $\rho_o = 380 \text{ kg m}^{-3}$ ).

En un proceso de hidratación de probetas de pequeñas dimensiones de *Pinus pinaster*, *Picea abies* y *Pinus sylvestris*, Silva et al. (2014) muestran que son suficientes 24 horas de hidratado para alcanzar la máxima magnitud de las higroexpansiones. Esto permite inferir que el tiempo de hidratado de 72 horas de la presente investigación fue suficiente para alcanzar contenidos de humedad en estado saturado superiores a los puntos de saturación de la fibra. En efecto, los contenidos de humedad en estado saturado calculados con la Fórmula (4) (Tabla 1) son: *S. campanulata* (ST) = 144%, *S. campanulata* (CT) = 123%, *F. americana* (ST) = 60%, *F. americana* (CT) = 61%, *A. plurijuga* (ST) = 48% y *A. plurijuga* (CT) = 45%.

Las mediciones de las higroexpansiones son útiles para comparar especies entre sí. Sin embargo, son poco favorables para observar el efecto del tratamiento sobre la madera. Las higroexpansiones fueron calculadas con las fórmulas (6) y (7) a partir de las dimensiones exteriores de las probetas en los estados iniciales y saturados. Estas mediciones no consideran las diferentes cantidades de humedad absorbidas por cada especie, entre el estado inicial y el saturado después de 72 horas de hidratado de la madera (Figura 1). Por tanto, el agua absorbida es diferente para cada especie ST o CT. En términos de contenido de humedad, mientras que las probetas sin tratamiento de *S. campanulata* absorbieron en promedio 130%, y las probetas con tratamiento 108%, las probetas de *F. americana* absorbieron respectivamente 49% y 50% y las de *A. plurijuga* 38% y 34%.

El fenómeno de la higroexpansión de la madera es explicado en la literatura combinando diferentes puntos

de vista. Un primer argumento es la interacción, a nivel molecular y de fibrillas, entre los diferentes componentes químicos de la madera y la humedad. De tal forma que se producen los fenómenos de absorción-adsorción de fluidos en el tejido ligno-celulósico (O'leary y Hodges, 2001; Berry y Roderick, 2005; Repellin y Guyonnet, 2005; Sahin, 2010; Patera et al., 2013). Un segundo enfoque explicativo es el acomodo y forma anatómica de la estructura jerárquica a nivel de pared celular, de una célula, de una capa de crecimiento y considerando un volumen elemental de materia (Nakano, 2003; Rafsanjani et al., 2014; Joffre et al., 2016; Derome et al., 2018; Chiniforush et al., 2019).

En el mismo sentido, la disminución en la magnitud de la higroexpansión en la madera como efecto del tratamiento con sales de boro es interpretado por el bloqueo de los lúmenes celulares por cristales de boro y por la alteración de los componentes químicos presentes en la pared celular. Otros factores son la especie, el contenido de humedad y densidad de la madera en estudio (Hernández, 2007; Islam et al., 2012; Qian et al., 2019; Kocaefe et al., 2015; Sargent, 2019); la concentración, retención y clase de las sustancias de impregnación, (Temiz et al., 2008; Lesar et al., 2011; Qian et al., 2013; Petr y Aleš, 2014; González-Laredo et al., 2015; Giridhar et al., 2017; Qian et al., 2018; He et al., 2019); así como los tiempos, presiones y temperaturas aplicados en los procesos (Esteves y Pereira, 2009; Caldeira, 2010; Soltani et al., 2013; Gérardin, 2016; Fu et al., 2019). Como resultado, la biodiversidad de especies, reflejada en densidades y en estructuras anatómicas y en planos leñosos particulares a cada especie, árbol y tipo de tejido, así como las diferentes perspectivas experimentales, repercuten en una amplia variabilidad en los parámetros de higroscopía que caracterizan a una madera.

#### Coeficientes de higroexpansión

Las magnitudes de los coeficientes de higroexpansión (Tabla 2) representan las mediciones de las higroexpansiones divididas entre el intervalo de los estados de contenido de humedad inicial y el correspondiente al punto de saturación de la fibra (Fórmulas 8 y 9). De esta manera, se homogenizan los cálculos directos de las higroexpansiones y se puede evidenciar el efecto del impregnado. En lo subsecuente, para aligerar el texto, el término *coeficiente de higroexpansión* se sustituye por *coeficiente* y se

especifica la dirección de anisotropía y/o volumétrico.

Los coeficientes indican disminuciones que van desde -18% para el coeficiente volumétrico de *A. pluriijuga* hasta -70% del coeficiente radial de *S. campanulata*; con excepción de los coeficientes radiales de *A. pluriijuga* los cuales indican un aumento de +3%. Esta particularidad en *S. campanulata* se refleja en la correlación entre los coeficientes volumétricos y las densidades para las

probetas ST la cual es  $\lambda_V = 0,0002 \rho_0 + 0,7694$  ( $R^2 = 0,05$ ). Sin embargo, la correlación entre las probetas CT es  $\lambda_V = 0,0012 \rho_0 + 0,012$  con un coeficiente de determinación alto ( $R^2 = 0,89$ ) (Figura 3). Este resultado es comparable con los datos reportados por Torelli y Gorišek, (1995) para 43 maderas, cuya correlación es  $\lambda_V = 0,0006 \rho_0 + 0,1954$  con un coeficiente de determinación alto ( $R^2 = 0,79$ ). Por motivos de escala, en la figura 3 no se visualizan los 43 datos de la bibliografía.

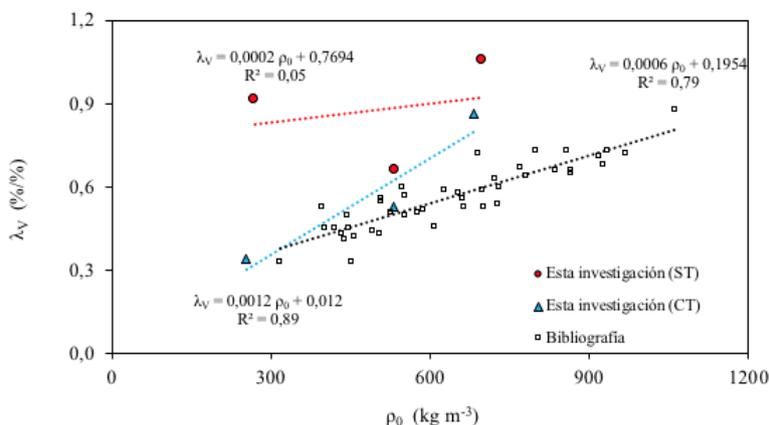


Figura 3. Coeficientes de higoexpansión volumétrica en función de las densidades.

Índices de anti higoexpansión

El efecto de un tratamiento con preservantes químicos sobre la higoexpansión de la madera se mide por el índice de antihigoexpansión. Valores positivos y altos de este índice indican que el tratamiento reduce de manera significativa la higoexpansión volumétrica. El tratamiento de sales de boro con concentración del 3% mejora la estabilidad dimensional de la madera. Los índices de antihigoexpansión tienden a disminuir a medida que la densidad básica se incrementa (Tabla

2), con una correlación respecto a las densidades de  $I_A = -0,1095 \rho_0 + 89$  ( $R^2 = 0,89$ ) (Figura 4). Caso especial es *S. campanulata*, madera con densidad básica muy baja ( $\rho_0 = 269 \text{ kg m}^{-3}$ ) cuyo índice de antihigoexpansión es de 63%, el más alto. Si bien las magnitudes son comparables a las reportadas en la bibliografía por Dubey *et al.*, (2011); Islam *et al.*, (2012); Qian *et al.*, (2013); Soltani *et al.*, (2013); Jiang *et al.*, (2015) y Giridhar *et al.* (2017), la correlación de estos datos con las densidades es baja:  $I_A = 0,073 \rho_0 + 4,7$  ( $R^2 = 0,21$ ).

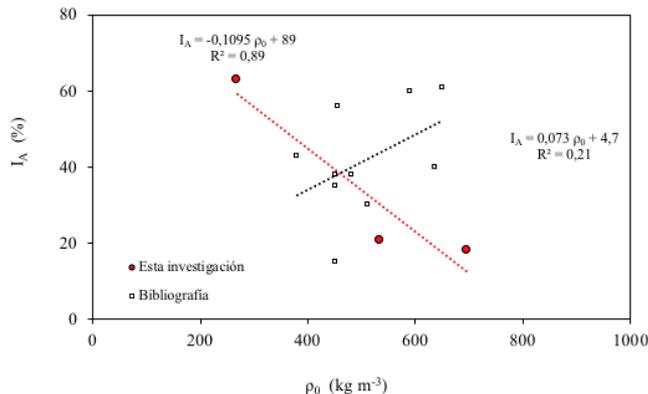


Figura 4. Índices de anti higoexpansión en función de las densidades..

Relaciones de anisotropía

Las magnitudes de las relaciones de anisotropía para la madera ST y CT (Tabla 2) de este trabajo son similares a las reportadas en la bibliografía. Torelli y Gorišek (1995) reportan para 43 especies mexicanas un mínimo de 1,0 y un máximo de 2,7; Shukla y Kandem (2010) reportan para nueve especies de Camerún un mínimo de 1,1 y un máximo de 2,4 y Hernández (2007) reporta para nueve especies del Perú y *Acer saccharum* un mínimo de 1,0 y un máximo de 2,4. De acuerdo con Silva *et al.* (2010), la clasificación de su estabilidad dimensional según la relación de anisotropía T/R es la siguiente: *S. campanulata* (ST), buena; *S. campanulata* (CT), mala; *F. americana* (ST), buena; *F. americana* (CT), regular; *A. plurijuga* (ST), buena; y *A. plurijuga* (CT), muy buena. En el mismo contexto, las diferencias aritméticas de las relaciones de anisotropía entre las maderas ST y CT aumentan 33% para *S. campanulata* y *F. americana*. En contraste, para *A. plurijuga*, esta diferencia disminuye 33%.

Lahtela *et al.* (2014) distinguen entre la modificación química de la madera y el impregnado con sustancias protectoras. La primera se refiere al tratamiento donde un reactivo reacciona dentro de los componentes de la pared celular. Las reacciones también se pueden formar al llenar los lúmenes celulares con resinas o productos químicos. En cambio, el impregnado se refiere a los tratamientos donde la madera es llenada con un material inerte o una solución incapaz de hacer enlaces químicos con otros materiales, como es el caso del tratamiento con sales de boro utilizando el baño caliente-frío.

Las alteraciones al interior de la pared celular disminuyen la anisotropía, mientras que las modificaciones que llenan el lumen celular la aumentan (Sargent, 2019). Los cambios dimensionales en maderas

tratadas dependen de los cambios estructurales resultantes del tratamiento (Ohmae *et al.*, 2002) como pueden ser: la modificación química o impregnación en la pared celular; la impregnación de la pared celular y revestimiento de la superficie interna del lumen celular; y el relleno del lumen celular con el reactivo mientras la pared celular permanece sin tratamiento, como ocurre en el tratamiento de baño caliente-frío. Así, la relación de anisotropía se incrementa cuando el lumen celular se rellena con soluciones acuosas de sales de boro. De tal forma, las diferencias entre la madera ST y CT (Tabla 2) son negativas para *S. campanulata* y *F. Americana*. Sin embargo, este parámetro es positivo para *A. plurijuga*, posiblemente como efecto de la temperatura y la baja retención de sales de boro (3,7 kg m<sup>-3</sup>).

La correlación entre la relación de anisotropía en función de las densidades en las maderas ST es de  $T/R = 0,0002 \rho_0 + 1,91$  ( $R^2 = 0,15$ ); y para las maderas CT es de  $T/R = -0,0036 \rho_0 + 3,97$  ( $R^2 = 0,97$ ). La Figura 5 presenta las correlaciones de esta investigación y las compara con la correlación calculada con datos de Silva *et al.*, (2010), Ávila y Herrera (2012) y Fuentes-Talavera *et al.*, (2014):  $T/R = -0,0001 \rho_0 + 2,1$  ( $R^2 = < 0,1$ ). El coeficiente de determinación para maderas ST de esta investigación es bajo y el derivado de la correlación calculada con datos de la bibliografía califica como inexistente. En cambio, el coeficiente de determinación correspondiente a las maderas CT de *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga* califica como muy alto. En efecto, se trata de tres especies diferentes y con tres estructuras anatómicas distintas. Si la relación de anisotropía está relacionada principalmente respecto al arreglo celular anatómico, dicha estructura posiblemente no se vea modificada por el tratamiento. Para efectos de comprender mejor el fenómeno es necesario considerar que el tamaño y cantidad de rayos medulares difieren para cada especie.

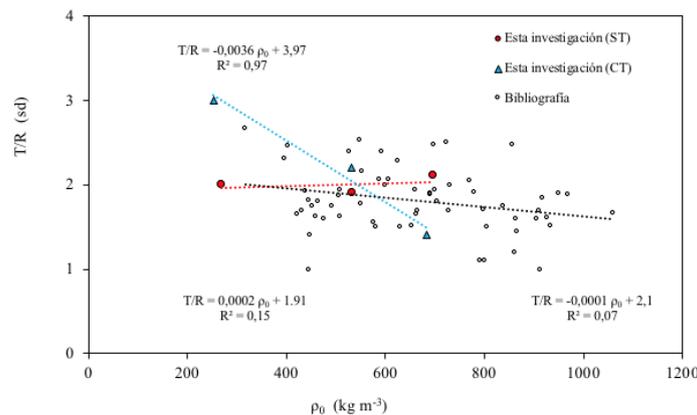


Figura 5. Relaciones de anisotropía en función de las densidades.

El efecto combinado de la organización celular y la anisotropía local de las paredes celulares, así como las diferentes propiedades de los componentes químicos de la madera son responsables de la anisotropía transversal (Ohmae *et al.*, 2002; Perré, P. 2002; Badel *et al.*, 2006; Shukla y Kandem, 2010; Rafsanjani *et al.*, 2012; Patera *et al.*, 2013; Zhang, 2015; Derome *et al.*, 2018; Sargent, 2019). Sintetizando la información reportada por estos autores, los principales factores para interpretar la anisotropía de las higoexpansiones entre las direcciones tangencial y radial de la madera son: la variedad en la geometría y organización celular, así como en la forma y espesor de la pared celular, particularmente el ángulo de microfibrillas en la capa S<sub>2</sub>; las diferencias en el espesor y las propiedades higroscópicas de las paredes celulares en las direcciones radial y tangencial; la presencia y el tamaño de las células de radios; así como el porcentaje y distribución en la pared celular de celulosa, hemicelulosas y lignina. Con base en los resultados de la anisotropía en esta investigación, no es posible explicar el diferente comportamiento que se obtuvo entre estas tres maderas y los dos tipos de tratamiento, por lo que se necesitan hacer más investigaciones en este campo.

## V. CONCLUSIONES

Las maderas de *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga* fueron sometidas al mismo tratamiento de impregnado y, después de un baño caliente-frío de sales de boro con una concentración de 3%, sus características higroscópicas se modificaron de mane- ra específica según las especies y las direcciones observadas. El tratamiento mejora la estabilidad dimensional de *S. campanulata* en 63%, de *F. americana* en 21% y para *A. plurijuga* en 18%.

Este trabajo se basó en mediciones de laboratorio y tiene un carácter empírico. Para ampliar esta línea de investigación se sugiere desarrollar modelos para explicar las reacciones entre los componentes químicos de la madera y las sustancias de impregnación. Asimismo, es deseable investigar el efecto de otros mecanismos involucrados en el tratamiento con sales de boro. Igualmente, es recomendable indagar sobre la influencia de las características anatómicas del plano leñoso sobre las propiedades higroscópicas de estas especies.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Wood-Preservers' Association (AWPA). (2014). P5-07 Standard for Waterborne Preservatives. American Wood-Preservers' Association. Chicago, United States.
- Ajuziogu, G. C., Amujiri, A. N., Njoku, E. U., Ozokolie, C. B., y Ojua, E. O. (2020). Determination of swelling and dimensional stability of some nigerian timber species. *Annual Research & Review in Biology*, 35(1), 24-29. DOI: 10.9734/ARRB/2020/v35i130177
- Ávila, L. E., y Herrera, M. A. (2012). Efecto de los extrañbles en tres propiedades físicas de la madera de *Enterolobium cyclocarpum* procedente de Michoacán, México. *Bosque*, 33(2), 227-232. DOI: 10.4067/S0717-92002012000200013
- Ayrlimis, N. (2013). Combined effects of boron and compatibilizer on dimensional stability and mechanical properties of wood/HDPE composites. *Composites: Part B*, 44, 745-749. DOI: 10.1016/j.compositesb.2012.04.002
- Alfaro Pérez, J. D. (2013). Estudio de retención y penetración de tres preservantes comerciales en nueve especies maderables presentes en Costa Rica. *Ingeniería*, 23(1), 107-119. DOI: 10.15517/ing.v23i1.9825
- Badel, E., Bakour, R., y Perré, P. (2006). Investigation of the relationships between anatomical pattern, density and local swelling of oak wood. *IAWA Journal* 27(1), 55-71. DOI: 10.1163/22941932-90000137
- Berry, S. L., y Roderick, M. L. (2005). Plant-water relations and the fibre saturation point. *New Phytologist*, 168, 25-37. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01528.x
- Berrocal, A., Muñoz, F., y González, G. (2004). Ensayo de penetrabilidad de dos preservantes a base de boro en madera de melina (*Gmelina arborea*) crecida en Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal*, 1(3), 1-12.

- Caldeira, F. (2010). Boron in Wood Preservation. A Review in its Physico-Chemical Aspects. *Silva Lusitana*, 18(2), 179-196.
- Chiniforush, A. A., Akbarnezhad, A., Valipour, H., y Malekmohammadi, S. (2019). Moisture and temperature induced swelling/shrinkage of softwood and hardwood glulam and LVL: An experimental study. *Construction and Building Materials*, 207, 70-83. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.02.114
- Dubey, M. K., Pang, S., y Walker, J. (2011). Effect of oil heating age on colour and dimensional stability of heat treated *Pinus radiata*. *European Journal of Wood Products*, 69, 255-262. DOI: 10.1007/s00107-010-0431-0
- Derome, D., Zhang, C., Chen, M., y Carmeliet, J. (2018). Understanding swelling of wood through multiscale modeling. 7th International Building Physics Conference. Healthy, Intelligent and Resilient Buildings and Urban Environments. Syracuse, NY, USA. DOI: 10.14305/ibpc.2018.be-9.06
- Engelund, E. T., Thygesen, L. G., Svensson, S., y Hill, C. A. S. (2013). A critical discussion of the physics of wood-water interactions. *Wood Science and Technology*, 47(1), 141-161. DOI: 10.1007/s00226-012-0514-7
- Esteves, B.M., y Pereira, H.M. (2009). Wood modification by heat treatment: a review. *BioResources*, 4(1), 370-404. DOI: 10.15376/BIORES.4.1.370-404
- Fredriksson, M. (2019). On Wood-Water Interactions in the Over-Hygroscopic Moisture Range-Mechanisms, Methods, and Influence of Wood Modification. *Forests*, 10(9), 1-16. DOI: 10.3390/f10090779
- Fu, Z., Zhou, Y., Gao, X., Liu, H., y Zhou, F. (2019). Changes of water related properties in radiata pine wood due to heat treatment. *Construction and Building Materials*, 227, 116692. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116692
- Fuentes-Salinas, M. (2000). Estimación del punto de saturación de la fibra (PSF) de las maderas. *Revista Chapingo Serie Ciencia Forestales y del Ambiente*, 6(1), 79-81.
- Fuentes-Talavera, F. J., Silva-Guzmán, J. A., Rodríguez-Anda, R., Sanjuán-Dueñas, R., y Richter, H. (2014). Perfil de estabilidad dimensional de las maderas primavera y rosa morada. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(24), 56-68. DOI: 0.29298/rmcf.v5i24.319
- Gérardin, P. (2016). New alternatives for wood preservation based on thermal and chemical modification of wood. A review. *Annals of Forest Science*, 73(3), 559-570. DOI: 10.1007/s13595-015-0531-4
- Gereke, T., y Niemz, P. (2010). Moisture-induced stresses in spruce cross-laminates. *Engineering Structures*, 32(2), 600-606. DOI: 0.1016/j.engstruct.2009.11.006
- Giridhar, B. N., Pandey, K. K., Prasad, B.E., Bisht, S.S., y Vagdevi, H.M. (2017). Dimensional stabilization of wood by chemical modification using isopropenyl acetate. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 19(1), 15-20. DOI: 0.4067/S0718-221X2017005000002
- González-Laredo, R. F., Rosales-Castro, M., Rocha-Guzmán, N. E., Gallegos-Infante, J. A., Moreno-Jiménez, M. R., y Karchesy, J. J. (2015). Wood preservation using natural products. *Madera y Bosques*, 21, 63-76. DOI: 10.21829/myb.2015.210427
- He, Z., Qian, J., Qu, L., Yan, N., y Yi, S. (2019). Effects of Tung oil treatment on wood hygroscopicity, dimensional stability and thermostability. *Industrial Crops & Products*, 140, 111647. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111647
- Hernández, R. E. (2007). Effects of extraneous substances, wood density and interlocked grain on fiber saturation point of hardwoods. *Wood Material Science and Engineering*, 2, 45-53. DOI: 10.1080/17480270701538425
- Islam, Md. S., Hamdan, S., Rusop, M., Rahman, Md. R., Ahmed, A. S., y Mohd Idrus, M. A. M. (2012). Dimensional stability and water repellent efficiency measurement of chemical modified tropical light hardwood. *BioResources*, 7(1), 1221-1231. DOI: 10.15376/BIORES.7.1.1221-1231

- Jiang, J., Li, J., y Gao, Q. (2015). Effect of flame retardant treatment on dimensional stability and thermal degradation of wood. *Construction and Building Materials*, 75, 74-81. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.10.037
- Joffre, T., Isaksson, P., Dumont, P. J. J., Rolland du Roscoat, S., Sticko, S., Orgéas, L. y Gamstedt, E. K. (2016). A method to measure moisture induced swelling properties of a single wood cell. *Experimental Mechanics*, 56, 723-733. DOI: 10.1007/s11340-015-0119-9
- Kartal, S. N., Hwang, W. J., y Imamura, Y. (2007). Water absorption of boron-treated and heat-modified wood. *Journal of Wood Science*, 53, 454-457. DOI: 10.1007/s10086-007-0877-9
- Kocaefe, D., Huang, X., y Kocaefe, Y. (2015). Dimensional Stabilization of Wood. *Current Forestry Reports*, 1, 151-161. DOI: 10.1007/s40725-015-0017-5
- Koman, S., y Feher, S. (2015). Basic density of hardwoods depending on age and site. *Wood Research*, 60(6), 907-912.
- Kotlyarova, I. A., y Stepina, I. V. (2018). Decrease in swelling capacity of pine wood modified with aminoborates. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 463(2), 022007. DOI: 10.1088/1757-899X/463/2/022007
- Koumbi-Mounanga, T., Morris, P. I., Lee, M. J., Saadat, N. M., Leblon, B., y Cooper, P. A. (2015). Prediction and evaluation of borate distribution in Eastern black spruce (*Picea mariana* var. *mariana*) wood products. *Wood Science and Technology*, 49(3), 457-473. DOI: 10.1007/s00226-015-0714-z
- Laine, L., Belt, T., Rautkari, L., Ramsay, J., Hill, C. A. S., y Hughes, M. (2013). Measuring the thickness swelling and set-recovery of densified and thermally modified Scots pine solid wood. *Journal of Materials Science*, 48, 8530-8538. DOI: 10.1007/s10853-013-7671-4
- Lahtela, V., Hämäläinen, K., y Kärki, T. (2014). The effects of preservatives on the properties of wood after modification (Review paper). *Baltic Forestry*, 20(1), 189-203.
- Lesar, B., Gorišek, Z., y Humar, M. (2009). Sorption Properties of Wood Impregnated with Boron Compounds, Sodium Chloride and Glucose. *Drying Technology*, 27, 94-102. DOI: 10.1080/07373930802565947
- Lesar, B., Straže, A., y Humar, M. (2011). Sorption Properties of Wood Impregnated with Aqueous Solution of Boric Acid and Montan Wax Emulsion. *Journal of Applied Polymer Science*, 120, 1337-1345. DOI: 10.1002/app.33196
- Moya, R., y Berrocal, A. (2015). Evaluation of biodeterioration and the dynamic modulus of elasticity of wood in ten fast-growing tropical species in Costa Rica exposed to field testing. *Wood Research*, 60(3), 359-374.
- Murata, K., Watanabe, Y., y Nakano, T. (2013). Effect of Thermal Treatment on Fracture Properties and Adsorption Properties of Spruce Wood. *Materials*, 6, 4186-4197. DOI: 10.3390/ma6094186
- Nakano, T. (2003). Effects of Cell Structure on Water Sorption for Wood. *Holzforschung*, 57, 213-218. DOI: 10.1515/HF.2003.031
- Neagu, R.C., Gamstedt, E.K., y Lindström, M. (2005). Influence of wood-fibre hygroexpansion on the dimensional instability of fibre mats and composites. *Composites Part A, Applied Science and Manufacturing*, 36(6), 772-788. DOI: 10.1016/j.compositesa.2004.10.023
- Nopens, M., Riegler, M., Hansmann, C., y Krause, A. (2019). Simultaneous change of wood mass and dimension caused by moisture dynamics. *Scientific Reports*, 9, 1-11. DOI : 10.1038/s41598-019-46381-8
- Obounou-Akong, F., Gérardin, P., Thévenon, M. F., y Gérardin-Charbonnier, C. (2015). Hydrogel-based boron salt formulations for wood preservation. *Wood Science and Technology*, 49(3), 443-456. DOI: 10.1007/s00226-015-0701-4

- O'Leary, P., y Hodges, P. A. (2001). The relationship between full penetration uptake and swelling of different fluids. *Wood Science and Technology*, 35(3), 217-227. DOI: 0.1007/s002260100096
- Ohmae, K., Minato, K., y Norimoto, M. (2002). The Analysis of Dimensional Changes Due to Chemical Treatments and Water Soaking for Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Wood. *Holzforschung*, 56, 98-102. DOI: 10.1515/HF.2002.016
- Obanda, D. N., Shupe, T. F., y Barnes, H. M. (2008). Reducing leaching of boron-based wood preservatives. A review of research. *Bioresource Technology*, 99(15), 7312-7322. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.12.077
- Patera, A., Derome, D., Griffa, M., y Carmeliet, J. (2013). Hysteresis in swelling and in sorption of wood tissue. *Journal of Structural Biology*, 182, 226-234. DOI: 0.1016/j.jsb.2013.03.003
- Pereira Baraúna, E. E., Mota Nunes, A., Cabral Moulin, J., Campos Monteiro, T., Chaves Arantes, M. D., y Benigno Paes, J. (2017). Influence of boron compounds on the physical properties of Eucalyptus sp wood. *Scientia forestalis*, 45(113), 197-204.
- Perré, P. (2002). Wood as a multi-scale porous medium: observation, experiment, and modelling. First Intern. Conf. European Soc. for Wood Mechanics (selected and reviewed papers), EPFL, Lausanne, Switzerland.
- Petr, P., y Aleš, D. (2014). Moisture absorption and dimensional stability of poplar wood impregnated with sucrose and sodium chloride. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(3), 299-311. DOI: 10.4067/S0718-221X2014005000023
- Qian Y., Olov, K., Sheikh, A. A., y Moren, T. (2013). Dimensional stability and water repellency of European aspen improved by oxidized carbohydrates. *BioResources*, 8(1), 487-498. DOI: 10.15376/biores.8.1.487-498
- Qian, J., He, Z., Li, J., Wang, Z., Qu, L., y Yi, S. (2018). Effect of wax and dimethyl silicone oil pretreatment on wood hygroscopicity, chemical components, and dimensional stability. *BioResources*, 13(3), 6265-6279.
- Qian, J., Li, J., Wang, Z., Qu, L., Ding, Y., Yi, S., y He, Z. (2019). Effects of wax and dimethyl silicone oil mixed impregnation on dimensional stability of two hardwoods. *Wood Research*, 64 (1), 165-176.
- Rafsanjani, A., Derome, D., Wittel, F. K., y Carmeliet, J. (2012). Computational up-scaling of anisotropic swelling and mechanical behavior of hierarchical cellular materials. *Composites Science and Technology*, 72(6), 744-751. DOI: 10.1016/j.compscitech.2012.02.001
- Rafsanjani, A. Stiefel, M., Jefimovs, K., Mokso, R., Derome, D., y Carmeliet, J. (2014). Hygroscopic swelling and shrinkage of latewood cell wall micropillars reveal ultrastructural anisotropy. *Journal of The Royal Society Interface*, 11, 20140126. DOI: 10.1098/rsif.2014.0126
- Ramos, A. M., Caldeira J. F., y Botelho, C. (2006). Boron fixation in wood: studies of fixation mechanisms using model compounds and maritime pine. *Holz Roh Werkst*, 64, 445-450. DOI: 10.1007/s00107-006-0139-3
- Repellin, V., y Guyonnet, R. (2005). Evaluation of heat treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation with chemical composition. *Holzforschung*, 59(1), 28-34. DOI: 10.1515/HF.2005.005
- Sahin, H. T. (2010). Experimental determination of the anisotropic swelling and water sorption properties of chestnut wood. *Wood Research*, 55 (1), 33-40.
- Sandberg, D., Kutnar, A., y Mantanis, G. (2017). Wood modification technologies. A review. *Forest*, 10, 895-908. DOI: 10.3832/for2380-010
- Sargent, R. (2019). Evaluating dimensional stability in solid wood: a review of current practice. *Journal of Wood Science*, 65, 36-47. DOI: 10.1186/s10086-019-1817-1

- Shukla, S. R., y Kamdem, D. P. (2010). Dimensional stability of nine tropical hardwoods from Cameroon. *Journal of Tropical Forest Science*, 22(4), 389-396.
- Silva Guzmán, J. A., Fuentes Talavera, F. J., Rodríguez Anda, R., Torres Andrade, P. A., Lomelí Ramírez, M. A., Ramos Quirarte, J., Waitkus, C., y Richter, H. G. (2010). *Fichas de propiedades tecnológicas y usos de maderas nativas de México e importadas*. Comisión Nacional Forestal, México.
- Silva, C., Branco, J. M., Camões, A., y Lourenço, P. B. (2014). Dimensional variation of three softwood due to hygroscopic behavior. *Construction and Building Materials*, 59, 25-31. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.02.037
- Simsek, H., Baysal, E., Yilmaz, M., y Culha, F. (2013). Some mechanical properties of wood impregnated with environmentally-friendly boron and copper based chemicals. *Wood Research*, 58(3), 495-504.
- Simsek, H., y Baysal, E. (2015). Some physical and mechanical properties of borate-treated oriental beech wood. *Drvna Industrija*, 66(2), 97-103. DOI: 10.5552/drind.2015.1356
- Soltani, M., Nafaji, A., Yousefian, S., Naji, H. R., y Bakar, E. S. (2013). Water repellent effect and dimension stability of beech wood impregnated with nano-zinc oxide. *BioResources*, 8(4), 6280-6287. DOI: 10.15376/biores.8.4.6280-6287
- Sotomayor Castellanos, J. R., y Ávila Calderón, L. E. A. (2019). Retención y penetración de sales de boro en tres maderas angiospermas: *Spathodea campanulata*, *Fraxinus americana* y *Albizia plurijuga*. *Ciencia y Tecnología*, 12(2), 23-31. DOI: 10.18779/cyt.v12i2.323
- Sotomayor Castellanos, J. R., y Correa Jurado, S. (2016). Retención de sales de boro en la madera y su efecto en el módulo de elasticidad dinámico. *Revista Científica*, 24, 90-99. DOI: 0.14483/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.24.a9
- Sotomayor Castellanos, J. R., y Villaseñor Aguilar, J. M. (2016). Retención de sales de boro en tres maderas mexicanas. Evaluación mecánica por vibraciones. *Revista de Ciencia y Tecnología*. Suplemento No. 1 Ingeniería y Tecnología, 40-46.
- Sotomayor Castellanos, J. R., Giraldo Forero, M. P., Gené Sera, J., Correal Mòdol, E., y Vilches Casals, M. (2018). Efecto de sales de boro en la densidad y en el módulo de elasticidad de tres maderas mexicanas. *Revista Ingeniería*, 28(2), 31-44. DOI: 10.15517/ri.v28i2.31608
- Tamarit-Urias, J. C., y Fuentes-Salinas, M. (2003). Parámetros de humedad de 63 maderas latifoliadas mexicanas en función de su densidad básica. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(2), 155-164.
- Temiz, A., Alfredsen, G., Eikenes, M., y Terziev, N. (2008). Decay resistance of wood treated with boric acid and tall oil derivatives. *Bioresource Technology*, 99, 2102-2106. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.08.052
- Thévenon, M. F., Tondi, G., y Pizzi, A. (2010). Environmentally friendly wood preservative system based on polymerized tannin resin-boric acid for outdoor applications. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 12(3), 253-257. DOI: 10.4067/S0718-221X2010000300009
- Tippner, J., Hrivnák, J., y Kloiber, M. (2016). Experimental Evaluation of Mechanical Properties of Softwood using Acoustic Methods. *BioResources*, 11(1), 503-518. DOI: 10.15376/biores.11.1.503-518
- Torelli, N., y Gorišek, Ž. (1995). Mexican tropical hardwoods - dimensional stability. *Hoiz als Roh- und Werkstoff*, 53, 277-280. DOI: 10.1007/s001070050090
- Tsunoda, K. (2001). Preservative properties of vapor-boron-treated wood and wood-based composites. *Journal of Wood Science*, 47, 149-153. DOI: 10.1007/BF00780565
- Tiryaki, S., Bardak, S., Aydın, A., y Nemli, G. (2016). Analysis of volumetric swelling and shrinkage of heat treated woods: experimental and artificial neural network modeling approach. *Maderas. Ciencia y*

*tecnología*, 18(3), 477-492. DOI: 10.4067/S0718-221X2016005000043

Zhang, W. (2015). Leachability of boron from trimethyl borate (TMB)/poplar wood composites prepared by solgel process. *Wood Research*, 60(3), 471-476.

## Estudio fitoquímico y toxicológico de plantas nativas del oriente ecuatoriano

Vinicio, Navas-Flores<sup>1\*</sup>; Ximena, Chiriboga-Pazmiño<sup>2</sup>; Patricio, Miño-Cisneros<sup>3</sup>; Carmen Luzuriaga- Quichimbo<sup>4</sup>

### Resumen

Existen muchas plantas nativas de la amazonia cuyas cualidades fitoquímicas, toxicológicas y sus posibles efectos terapéuticos no han sido estudiados. Nuestro objetivo fue encontrar en el oriente ecuatoriano plantas que contengan látex y resinas, para estudiar preliminarmente sus características fitoquímicas y toxicológicas con el fin de utilizarlas como embolizantes en el tratamiento de algunas enfermedades. Inicialmente, se buscó en la literatura algunas plantas ubicadas en la región amazónica ecuatoriana que contienen látex o resinas. Se identificaron 33 plantas de las cuales 5 plantas fueron seleccionadas y sus cualidades fitoquímicas y toxicológicas estudiadas. Realizada la prueba de toxicidad aguda y subaguda para un extracto de plantas medicinales de acuerdo al criterio de Williams y a la escala logarítmica de Hill y el análisis fitoquímico empleándose la Marcha Fitoquímica Preliminar y el análisis Cromatográfico de los extractos de látex encontramos que los extractos de Sapotaceae *pouteria caimito*, Apocynaceae *lacmellea spaciola*, Moraceae *Ficus yoponensis* y Euphorbiaceae *Sapium glandulosum* son muy tóxicos según los criterios de Williams y que todos los extractos de látex tienen un alto contenido de resinas por lo que deben ser sometidos a nuevos estudios para establecer sus posibles usos terapéuticos como agentes embolizantes.

**Palabras clave:** resinas, efectos terapéuticos, embolización

## Phytochemistry and toxicologic study of native plants of the ecuadorian rain forest

### Abstract

There are many plants native to the Amazon whose phytochemical and toxicological qualities and possible therapeutic effects have not been studied. Our objective was to find plants containing latex and resins in the Ecuadorian east, to study preliminarily their phytochemical and toxicological characteristics in order to use them as embolisms in the treatment of some diseases. Initially, we searched the literature for some plants located in the Ecuadorian Amazon region that contain latex or resins. Thirty-three plants were identified, of which 5 plants were selected and their phytochemical and toxicological qualities studied. After carrying out the acute and sub-acute toxicity test for an extract of medicinal plants according to Williams' criteria and the Hill logarithmic scale, and the phytochemical analysis using the Preliminary Phytochemical Walk and the Chromatographic analysis of the latex extracts, we found that the extracts of *Sapotaceae pouteria caimito*, *Apocynaceae lacmellea spaciola*, *Moraceae Ficus yoponensis* and *Euphorbiaceae Sapium glandulosum* are highly toxic by Williams' criteria and all latex extracts have a high resin content and should therefore be subjected to further studies to establish their possible therapeutic uses as embolizing agents.

**Key word:** resins, therapeutic effects, embolization

**Recibido:** 09 de abril de 2020  
**Aceptado:** 24 de septiembre de 2020

<sup>1</sup> Doctor en medicina; Docente de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito-Ecuador; vnavas@ute.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9838-3147>

<sup>2</sup> Doctora en Bioquímica y Farmacia; Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador; xchiriboga@yahoo.com

<sup>3</sup> Doctor en Medicina; Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador

<sup>4</sup> Doctora en Biología Vegetal; Docente de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito-Ecuador; cluzuriaga@ute.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-2579-2927>

\*Autor para correspondencia: vnavas@ute.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

Los pueblos indígenas latinoamericanos han utilizado desde hace muchos años plantas con efectos medicinales como parte de las tradiciones o vivencias instauradas en forma generalmente empírica. Las mismas que son transmitidas por los shamanes o curanderos de dichos pueblos de una generación a otra con el propósito de curar enfermedades, lo que se conoce como Medicina tradicional o Medicina folclórica (Bussmann & Douglas, 2006). Por lo tanto; la curación de enfermedades con plantas está profundamente enraizada y practicada principalmente por diversos grupos indígenas y cada vez se extiende más al resto de la población blanco-mestiza (Bussmann & Douglas, 2006).

Además; la medicina tradicional se encuentra en un proceso de desarrollo y va ganando importancia y respeto entre los gobiernos debido a su ventaja comparativa en algunas enfermedades como osteoartritis, asma, neurosis, enfermedad ácido péptica, ya que los costos, efectos adversos y eficacia fueron superiores a los mostrados por la medicina no tradicional (Breevort, 1998; Holodniy et al., 1999; Di Cesare et al., 2002; Carneiro et al., 2008).

En áreas remotas y pobres de los países latinoamericanos la medicina occidental convive con la medicina tradicional ya que los programas de atención primaria de salud se mezclan con la atención que es provista por los curanderos y shamanes del área (Schultes, 1994). En algunas áreas de Brasil las plantas medicinales son preferidas a las occidentales ya que se considera son de menor costo y con menos efectos adversos. (Wayland, 2001). Existen algunas enfermedades como las malformaciones arterio-venosas y diversos tipos de tumores que son tratados por diversos procedimientos terapéuticos, entre los cuales se cuentan las terapias endovenosas como las embolizaciones, para lo cual, se requiere de sustancias embolizantes que son de alto costo y de difícil manejo (Brassel, 2015; Hu, 2019).

La región amazónica que comprende países como Brasil, Colombia, Perú, Ecuador es una zona muy biodiversa en el planeta tierra, donde se cree existe una fuente muy rica de plantas medicinales que podrían contribuir al tratamiento y curación de muchas enfermedades como el cáncer, la diabetes y otras enfermedades comunes en la población (Bussmann, 2015; Garzón, 2016; Títuaña, 2020).

La rica biodiversidad existente en ciertas áreas del Ecuador como la región oriental o amazonia (León, 2011) y la escasa información existente acerca de muchas especies vegetales nativas de esta región en relación a sus propiedades medicinales, nos llevó a estudiar de manera preliminar las características fitoquímicas y toxicológicas de algunas plantas nativas de esta región, las mismas que podrían tener efectos terapéuticos como embolizantes en algunas enfermedades como el cáncer y anomalías arterio-venosas especialmente si contienen altas concentraciones de látex y resinas (Vickers, 1984).

Por todo lo citado anteriormente, consideramos que se requiere realizar nuevos estudios en estas y en otras especies vegetales con similares características que nos permitan establecer sus posibles aplicaciones en el tratamiento de enfermedades comunes en seres humanos o incluso en especies animales.

## II. METODOLOGIA

### Materiales:

En primer lugar se realizó la búsqueda bibliográfica de la literatura en las bibliotecas de la Facultad de Biología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y del Herbario Nacional en Quito, seleccionándose 33 especies vegetales nativas de la región oriental ecuatoriana que tienen como característica poseer un alto contenido de látex o resinas, de las cuales se escogieron 5 plantas las mismas que fueron ubicadas en la Estación Biológica Pindo Mirador, vía Puyos-Baños km. 14, Mera, Pastaza, Ecuador (Ayala, 1998; Jorgensen, 1999; Ríos, 2007; De la torre et al., 2008).

Las plantas seleccionadas se encuentran clasificadas en el Herbario Nacional en Quito, Ecuador bajo el nombre de: *Vismia baccifera* (L.) Triana & Planch., conocida comúnmente como Achotillo, *Sapium glandulosum* (L.) Morong, conocida comúnmente como Caucho, *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk., conocida comúnmente como Caimito, *Lacmellea spaciosa* Woodson, conocida comúnmente como Chicle y *Ficus yoponensis* Desv., conocida comúnmente como Saumerio.

### Métodos:

En la Estación Pindo Mirador, se realizó la búsqueda, ubicación y recolección del látex de los troncos de las plantas seleccionadas (Luzuriaga, 2007) durante los meses de junio y julio del año 2012; como también, se procedió a su clasificación en el Herbario

Nacional localizado en Quito, obteniéndose los siguientes resultados: Ver tablas 1 y 2.

**Tabla 1.** Clasificación de las plantas obtenidas en la Estación Biológica Pindo Mirador

Muestra	Nombre Común	Familia	Especie
1	Saumerio	Moraceae	<i>Ficus yoponensis</i> desv.
2	Chicle	Apocynaceae	<i>Lacmellea spaciosa</i> woodson
3	Caimito	Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i> (ruiz & pav.) radlk.
4	Achotillo	Clusiaceae	<i>Vismia baccifera</i> (l.) triana & planch.
5	Caucho	Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (l.) morong

**Tabla 2.** Características de las plantas obtenidas en la Estación Biológica Pindo Mirador

	1) <i>Ficus yoponensis</i> desv.	2) <i>Lacmellea spaciosa</i>	3) <i>Pouteria caimito</i> .	4) <i>Vismia baccifera</i>	5) <i>Sapium glandulosum</i>
<b>Familia</b>	Moraceae	Apocynaceae	Sapotaceae	Clusiaceae	Euphorbiaceae
<b>Distribución</b>	Esta planta se localiza en la región Amazónica y estribaciones del país. Morona, Napo, Pastaza, Sucumbíos, Carchi, Esmeraldas, Pichincha	Esta planta tiene el hábitat de un árbol en el bosque húmedo tropical de tierra firme. Se encuentra en la región amazónica en las provincias de Sucumbíos y Orellana	Esmeraldas, Carchi, Guayas, Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza, Morona, Zamora	Pastaza, Morona, Napo, Sucumbíos	Andes, Napo, Pastaza, Sucumbíos, Zamora
<b>Altura</b>	500-1500 msnm.	260-360 msnm	0-500 msnm	0-2000 msnm	0-400 msnm
<b>Usos</b>	El látex tiene uso medicinal y tecnológico y sirve como adhesivo para vendar heridas. Para las enfermedades renales y dolores reumáticos dolores y úlceras estomacales varices, vermífugo, procesos inflamatorios hepáticos y traumatismos.  Ríos et al., 1998; Ayala, 1998; Wayland, 2001; Ríos et al., 2008).	Los frutos tienen usos alimenticios por los Huaorani Antiguamente este árbol era explotado como goma de mascar. La familia Apocynaceae es rica en alcaloides con numerosos representantes tóxicos y de gran uso farmacéutico como para el tratamiento del cáncer. Se usa para lavar la dentadura.  (De la Torre et al., 2008; Ríos et al., 1998; Ayala, 1998; Wayland, 2001); Ríos et al., 2008	El látex se usa para sacar larvas subcutáneas Infusión de hojas sirve para tratar infecciones de la piel y afecciones indeterminadas  (Ríos et al., 1998; Ayala, 1998; Ríos et al., 2008; De la Torre et al., 2008; Wayland, 2001)	Con las hojas quemadas se prepara una infusión para eliminar granos Las hojas se utilizan para tratar desmayos.  (De la Torre et al., 2008; Ríos et al., 2008; Ríos et al., 1998; Ayala, 1998; Wayland, 2001).	Con las hojas quemadas se prepara una infusión para eliminar granos Las hojas se utilizan para tratar desmayos.  (De la Torre et al., 2008; Ríos et al., 2008; Ríos et al., 1998; Ayala, 1998; Wayland, 2001).

### Análisis fitoquímico y toxicológico

Finalmente, el análisis fitoquímico y toxicológico, se lo realizó en el laboratorio de fitoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador.

### Evaluación de la toxicidad en animales de experimentación

Los parámetros establecidos para la interpretación de la toxicidad aguda de un producto de origen natural, sigue los mismos criterios que están establecidos para un producto farmacológico. El método reproduce las

directrices de ensayo de la Organisation for Economic Co-operation and Development under OECD Test Guideline 420. OCDE TG 420 (OCDE, 2001).

#### Toxicidad oral aguda, método de dosis fijas

La dosis inicial, se determina basándose en un estudio preliminar, que consiste en evaluar la concentración en la que se prevé produzca ciertos signos de toxicidad sin causar efectos tóxicos graves ni mortalidad. En un documento orientativo de la OCDE, se describen de manera detallada las afecciones y los signos clínicos que denotan dolor, sufrimiento y muerte inminente. Pueden darse dosis más altas o más bajas a otros grupos de animales según la presencia o ausencia de signos de toxicidad o mortalidad. Este procedimiento continúa hasta que se determina la dosis que causa toxicidad manifiesta o sólo una muerte o cuando no se observan efectos a la dosis más alta o cuando ocurren muertes a la dosis más baja.

#### Procedimiento

Se preparan lotes de 10 ratones de sexo masculino o femenino de acuerdo a las dosis programadas, lo que permite determinar el efecto tóxico; y, de ser posible se determina la Dosis Letal 50 (DL50). El peso promedio de peso de cada ratón es de 25 a 30 gramos. Cada lote de ratones permanece en ayunas 24 horas, con agua ad limitum. Al siguiente día se procede nuevamente a pesar los ratones de cada lote.

Se da una dosis oral única de cada extracto del látex exudado por el tronco de cada planta seleccionada a cada lote de acuerdo a los cálculos realizados. Se observa, en forma individual a los animales, se continúa con la observación de los ratones durante 7 días, se valora todos los efectos tóxicos que presenten. En caso de mortalidad en cualquier lote, se procede a calcular la DL50. A los 7 días del ensayo, se sacrifican todos los ratones, se realiza un análisis macroscópico de las cavidades craneales, torácicas, abdominales y pélvicas utilizando un estereó microscopio. Se confeccionan tablas y se hace el análisis de efecto tóxico del producto, para lo cual se utiliza las unidades Probits que no es sino el cálculo logarítmico de las diferentes concentraciones relacionándolas con la mortalidad que se presentare. Se administran de manera gradual a grupos de animales de un solo sexo dosis fijas de 5, 50, 300 y 2.000 mg/kg (excepcionalmente podría considerarse una dosis adicional de 5 000 mg/kg).

#### Criterios de clasificación de toxicidad

- Extremadamente tóxica: Cuando a una dosis de 1 mg/kg, muere la mitad de los animales del lote de experimentación (DL50).
- Altamente tóxica: Cuando a una dosis de 50 mg/kg, muere la mitad de los animales del lote de experimentación (DL50).
- Moderadamente tóxica: Cuando a una dosis de 500 mg/kg, muere la mitad de los animales del lote de experimentación (DL50).
- Ligeramente tóxica: Cuando a una dosis de 5000 mg/kg, muere la mitad de los animales del lote de experimentación (DL50).
- Prácticamente no tóxica: Cuando a una dosis de 1.500 mg/kg, muere la mitad de los animales del lote de experimentación (DL50).
- Relativamente inocua: Cuando a una dosis de 1.500 mg/kg, muere la mitad de los animales del lote de experimentación (DL50). (CYTED, 2005)

#### Investigación fitoquímica: Pruebas preliminares para la identificación de principios activos.

Materiales de las plantas:

Se recolectó el látex exudado en forma de líquido lechoso de los troncos de las plantas seleccionadas en frascos de vidrio oscuro de 100 ml y se los traslado cubiertos por hielo al laboratorio de fitoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador, donde se los mantuvo en refrigeración a una temperatura de 4° C. Para investigar los principios activos presentes en los extractos del látex exudado por los troncos de las plantas escogidas se empleó la Marcha Fitoquímica Preliminar y el análisis cromatográfico (Wagner et al., 1984).

#### Metodología general de la cromatografía en capa fina

Procedimiento

Inicialmente, se procedió a preparar la fase móvil con los disolventes seleccionados. A continuación, se la colocó en la cámara cromatográfica, se la tapó y se la dejó hasta que se sature. Con un tubo capilar, se tomó los extractos a analizar, y se sembró en banda o en punto, a un centímetro del borde inferior de la placa de sílica gel, con otro tubo capilar se sembró el estándar y se procedió de la misma manera con cada

una de las muestras investigadas. Se debió mantener una separación de 1.5 cm entre el punto de siembra de las muestras y los estándares. Se colocó la placa de sílica gel, sembrada, en la cámara cromatográfica en forma perpendicular, de tal manera que la fase móvil queda a 0.5 cm del punto de siembra, evitando que la fase móvil entre en contacto directo con las muestras, si no que ascienda por capilaridad a través de la placa, se tapó la cámara y esperó que la fase móvil se desplace por la placa hasta llegar aproximadamente a un centímetro del borde superior de la placa de sílica gel. Se retiró la placa de la cámara y se dejó secar. Se visualizaron las manchas de los compuestos activos, se estableció la distancia recorrida, se determinó su color con luz visible. Con luz ultravioleta, 254 a 366 nm, se observa su fluorescencia, finalmente se revela la placa cromatográfica con los reactivos cromogénicos correspondientes.

#### **Metología general de la marcha fitoquímica preliminar**

Se pesaron 50 gramos de la materia vegetal utilizada; esto es, el exudado lechoso del tronco de cada planta seleccionada, se colocó en un vaso de precipitación, se añadió la cantidad suficiente de etanol de 90°Gl para que quede 2/3 sobre la materia vegetal, se dejó macerar por 24 a 48 horas. Se transfirió a un balón y se llevó a reflujo por 2 horas, al cabo de este tiempo se filtró al vacío y el filtrado se concentró en el Rotavapor hasta la mitad del volumen, se midió el volumen del extracto total obtenido y se lo dividió en alícuotas para realizar los ensayos para identificar los siguientes principios activos: Alcaloides, Esteroles, Flavonoides, Taninos, Saponinas, Quinonas, Cumarinas, Sesquiterpenolactonas y Glicósidos Cardiotónicos.

Se utilizaron los siguientes criterios de evaluación: Muy abundante (++++), Abundante (+++), Poco abundante (++) , Muy poco contenido (+) y Dudoso (+/-).

Identificación de alcaloides: se tomó una alícuota correspondiente al 30% del extracto total del exudado del tronco de cada planta, se lo colocó en un vaso de precipitación, se añadió hidróxido de sodio hasta llevar a un pH alcalino, y se lo puso en un embudo de separación, se añadió un volumen igual de diclorometano, se agitó para realizar la extracción de los alcaloides, se separó la fase del precipitado del diclorometano, se acidificó con ácido Clorhídrico y se realizaron los siguientes ensayos:

Dragendorff, Mayer, Wagner, Cromatografía en Capa Fina.

Identificación de esteroides: se tomó una segunda alícuota correspondiente al 30% del extracto total, se lo colocó en un embudo de separación, se añadió un volumen igual de éter de petróleo, se agitó para realizar la extracción de los esteroides, se separó la fase etérea y se realizó los siguientes ensayos: Liebermann-Burchard, Cromatografía en Capa Fina.

Identificación de flavonoides: Ensayo de Shinoda, Ensayo con Zn/HCl, Ensayo para antocianinas, Ensayo con cloruro férrico, Cromatografía en Capa Fina.

Identificación de taninos: Ensayo con gelatina salada, Ensayo con alcaloides (Quinina), Ensayo con acetato de zinc, Ensayo con cloruro férrico, Ensayo de Stiasny.

Identificación de saponinas: Ensayo de la espuma, Ensayo de hemólisis.

### **III. RESULTADOS**

Realizada la prueba de toxicidad aguda y subaguda para el extracto del látex exudado por el tronco de cada planta recolectada y de acuerdo al criterio de Williams y a la escala logarítmica de Hill y la marcha fitoquímica se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación para cada extracto y que se encuentran también resumidos en las tablas 3 y 4.

#### **Análisis e interpretación de resultados de toxicidad aguda del extracto**

*Vismia baccifera (L.) Triana & Planch.*

Se administraron de manera gradual a grupos de animales de un solo sexo dosis fijas de 5, 50, 300 y 2000 mg/kg (excepcionalmente podría considerarse una dosis adicional de 5000 mg/kg). Realizada la prueba de toxicidad aguda y subaguda para un extracto de plantas medicinales y de acuerdo al criterio de Williams y a la escala logarítmica de Hill, con relación al extracto *Vismia baccifera (L.) Triana & Planch.*, se hacen las siguientes conclusiones:

En todas las dosis administradas todos los animales presentaron efectos tóxicos fundamentalmente a nivel del Aparato Digestivo, manifestándose con íleo paralítico por varias horas y luego un incremento notable del tránsito intestinal, en los animales que sobrevivieron al estudio. Disminución notable del apetito que se recuperó a las 24 horas de la administración del extracto, en los animales que

sobrevivieron al estudio. Palidez marcada que perduró alrededor de 6 horas, en los animales que sobrevivieron al estudio. Es posible que estos efectos sobre el Aparato Digestivo y Cardiovascular, estén relacionados con inhibición del músculo liso, lo cual tendríamos que valorar a futuro de ser necesario. Se determinó la dosis letal cincuenta (DL50) en 5000 mg/kg peso ratón; por esta razón, fue necesario utilizar una dosis de 15000 mg/kg para ratificar dosis letal.

Contenido de la base herbal: 1 mg/ Extracto

Clasificación de acuerdo al criterio de Williams: Moderadamente tóxica

DL50: De acuerdo al método de Hill: 2500 mg/g de peso animal

#### **Análisis de la marcha fitoquímica**

*Vismia baccifera*: Muy abundante contenido de resinas. Abundante contenido de alcaloides, esteroides, antocianinos y flavonoides.

#### **Análisis e interpretación de resultados de toxicidad aguda del extracto**

*Sapium glandulosum (L.) Morong*

Se administraron de manera gradual a grupos de animales de un solo sexo dosis fijas de 5, 50, 300 y 2000 mg/kg (excepcionalmente podría considerarse una dosis adicional de 5000 mg/kg). Realizada la prueba de toxicidad aguda y subaguda para un extracto de plantas medicinales y de acuerdo al criterio de Williams y a la escala logarítmica de Hill, con relación al extracto *Sapium glandulosum (L.) Morong*, se hacen las siguientes conclusiones:

Una vez concluido el estudio de toxicidad aguda del extracto de *Sapium glandulosum (L.)*

Contenido de la base herbal: 1 mg/ Extracto

Clasificación de acuerdo al criterio de Williams: Extremadamente tóxica

DL50: De acuerdo al método de Hill: 100 mg/g de peso animal

DL99: De acuerdo al método de Hill: 250 mg/g de peso animal

*Morong*, los animales sujetos a experimentación presentaron algunas características que se deben tomar en consideración. Se determinó la dosis letal cincuenta (DL50) en 100 mg/Kg peso ratón, y la (DL99) en 250 mg/Kg peso ratón. Este extracto provocó una alta mortalidad de los animales de experimentación.

#### **Análisis de la marcha fitoquímica**

*Sapium glandulosum*: Muy abundante contenido de resinas. Muy poco contenido de flavonoides.

#### **Análisis e interpretación de resultados de toxicidad aguda del extracto**

*Pouteria caimito*

Se administraron de manera gradual a grupos de animales de un solo sexo dosis fijas de 5, 50, 300 y 2000 mg/kg (excepcionalmente podría considerarse una dosis adicional de 5000 mg/kg). Realizada la prueba de toxicidad aguda y subaguda para un extracto de plantas medicinales y de acuerdo al criterio de Williams y a la escala logarítmica de Hill, con relación al extracto *Pouteria caimito*, se hacen las siguientes conclusiones:

Contenido de la base herbal: 1 mg/ Extracto

Clasificación de acuerdo al criterio de Williams: Extremadamente tóxica

DL50: De acuerdo al método de Hill: Menor a 50 mg/g de peso animal

DL99: De acuerdo al método de Hill: 50 mg/g de peso animal

#### **Análisis de la marcha fitoquímica**

*Pouteria caimito*: Muy abundante contenido de resinas. Poco abundante contenido de flavonoides y saponinas. Escaso contenido de taninos.

#### **Análisis e interpretación de resultados de toxicidad aguda del extracto**

*Lacmellea spacirosa Woodson*

Se administraron de manera gradual a grupos de animales de un solo sexo dosis fijas de extracto de *Lacmellea spacirosa* de 5, 50, 300 y 2000 mg/kg (excepcionalmente podría considerarse una dosis adicional de 5000 mg/kg, Realizada la prueba de toxicidad aguda y subaguda para un extracto de plantas medicinales y de acuerdo al criterio de Williams y a la escala logarítmica de Hill, con relación al extracto *Lacmellea spacirosa Woodson*, se hacen las siguientes conclusiones:

Contenido de la base herbal: 1 mg/ Extracto

Clasificación de acuerdo al criterio de Williams: Extremadamente tóxica

DL50: De acuerdo al método de Hill: 250 mg/g de peso animal

DL99: De acuerdo al método de Hill: 1000 mg/g de peso animal

Se determinó la dosis letal cincuenta (DL50) en 100 mg/kg peso ratón, y la (DL99) en 1000 mg/kg peso ratón. DL 50 y la DL 99, encontrar un margen terapéutico entre las dos dosis es muy riesgoso.

**Análisis de la marcha fitoquímica**

*Lacmellea spaciosa*: Muy abundante contenido de resinas. Poco abundante contenido de saponinas y flavonoides. Escaso contenido de alcaloides

**Análisis e interpretación de resultados de toxicidad aguda del extracto**

*Ficus yoponensis Desv.*

Se administraron de manera gradual a grupos de animales de un solo sexo dosis fijas de 5, 50, 300 y 2000 mg/kg (excepcionalmente podría considerarse una dosis adicional de 5000 mg/kg). Realizada la prueba de toxicidad aguda y subaguda para un extracto de plantas medicinales y de acuerdo al criterio de Williams y a la escala logarítmica de Hill, con relación al extracto *Ficus yoponensis Desv.*, se hacen las siguientes conclusiones:

Contenido de la base herbal: 1 mg/ Extracto  
 Clasificación de acuerdo al criterio de Williams: Extremadamente tóxica

DL50: De acuerdo al método de Hill: 1000 mg/g de peso animal

DL99: De acuerdo al método de Hill: 2500 mg/g de peso animal

Se determinó la dosis letal cincuenta (DL50) en 1000 mg/Kg peso ratón, y la (DL99) en 2500 mg/Kg peso ratón. DL 50 y la DL 99, encontrar un margen terapéutico entre las dos dosis es factible.

**Análisis de la marcha fitoquímica**

*Ficus yoponensis desv.*: Muy abundante contenido de resinas. Abundante contenido de flavonoides y saponinas. Poco abundante contenido de taninos.

Los resultados completos de la marcha fitoquímica y del análisis de toxicidad de todos los extractos están concentrados en las tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Análisis de toxicidad. Clasificación de acuerdo al criterio de Williams

	1) <i>Ficus yoponensis desv.</i>	2) <i>Lacmellea spaciosa</i>	3) <i>Pouteria caimito.</i>	4) <i>Vismia baccifera</i>	5) <i>Sapium glandulosum</i>
Familia	Moraceae	Apocynaceae	Sapotaceae	Clusiaceae	Euphorbiaceae
Contenido de la base herbal:	1 mg/ Extracto.	1 mg/ Extracto	1 mg/ Extracto	1 mg/ Extracto	1 mg/ Extracto
Clasificación de acuerdo al criterio de Williams	Severamente tóxica	Severamente tóxica	Severamente tóxica	Moderadamente tóxica	Severamente tóxica
DL <sub>50</sub> : De acuerdo al método de Hill	1000 mg/g de peso animal	250 mg/g de peso animal	menor a 50 mg/g de peso animal	2500 mg/g de peso animal	100 mg/g de peso animal
DL <sub>99</sub> : De acuerdo al método de Hill	2500 mg/g de peso animal	1000 mg/g de peso animal	50 mg/g de peso animal	No se determinó	250 mg/g de peso animal.

**Tabla 4.** Resultados del análisis fitoquímico.

	1) <i>Ficus yoponensis desv.</i>	2) <i>Lacmellea spaciosa</i>	3) <i>Pouteria caimito.</i>	4) <i>Vismia baccifera</i>	5) <i>Sapium glandulosum</i>
Familia	Moraceae	Apocynaceae	Sapotaceae	Clusiaceae	Euphorbiaceae
<b>Alcaloides</b>					
Draggendorff	-	+	+	+++	-
Mayer	-	+	+	+++	-
Wagner	-	+	+	+++	-
<b>Esteroles</b>					
Buchard -	-	-	+	+++	-
Zack -	-	-	+	+++	-
<b>Flavonoides</b>					
Shidona	+++	++	++	+++	+

Cianidina	+++	-	-	-	-
Antocianinos	-	-	-	-	-
Cloruro ferrico	+++	++	++	+++	+
<b>Taninos</b>					
Cloruro ferrico +	++	-	+	+	-
Gelatina salada	++	-	+	+	-
Con alcaloides	-	-	-	-	-
Hidrolizables	++	-	-	-	-
No hidrolizables	-	-	-	-	-
<b>Saponinas</b>					
	+++	++	++	+	-
<b>Antocianinos</b>					
	-	-	-	+++	-
<b>Resinas</b>					
	++++	++++	++++	++++	++++
<b>Antraquinonas</b>					
Brontrager	-	-	+	-	-
<b>Cardiotónicos</b>					
Ciclo lactonico	-	-	-	-	-
Kedde	-	-	-	-	-
Raymound-Marthoud	-	-	-	-	-

#### IV. DISCUSIÓN

La planta *Clusiaceae Vismia baccifera* según este estudio es moderadamente tóxica, tiene un contenido muy abundante de resinas y abundante contenido de esteroides y alcaloides, su posible utilidad en el tratamiento de enfermedades como la tuberculosis y el HIV son descritas en el artículo publicado por (Gómez-Cansino et al., 2015), tiene también propiedades antioxidantes (Leandro et al., 2012) y su utilidad en el tratamiento de otras enfermedades como las malformaciones arterio-venosas o aneurismas deberá ser estudiado en futuras investigaciones por su importante contenido de resinas. Se requiere completar el estudio de toxicidad crónica y de ser necesario hacer estudios de genotoxicidad, complementando el estudio con el análisis histopatológico de diferentes órganos. Otros compuestos encontrados son los flavonoides son útiles en el tratamiento de algunas enfermedades como las cardíacas isquémicas, aterosclerosis y cáncer (Martínez 2002). Otra publicación de (Hussain 2017) señala que las isoflavonas y sus análogos sintéticos tienen varios posibles usos terapéuticos en el tratamiento de gastritis, como antiparasitarios, como antibióticos y como antidiabéticos, entre otras propiedades estudiadas. Por lo cual, se necesita realizar más estudios in vitro para establecer su toxicidad y posibles aplicaciones terapéuticas.

La planta *Euphorbiaceae Sapium glandulosum* (L.) morong tiene muy alto contenido de resinas y es extremadamente tóxica de acuerdo al criterio de Williams de la base herbal, tiene actividad proteolítica y podría ser de utilidad farmacéutica, en tecnología y en la industria de manufacturas (Sobottka et al., 2014); además, tiene propiedades antioxidantes por lo cual, debe ser estudiada para determinar sus aplicaciones en esas áreas (Tabosa Pereira da Silva et al., 2011). Por su alta toxicidad en ratones podría tener otro tipo de aplicaciones.

La planta *Sapotaceae Pouteria* caimito, es severamente tóxica, con alto contenido de resina y moderado contenido de esteroides. En un estudio realizado por Souza en Brasil se encontró que los extractos de *Eugenia dysenterica*, *Pouteria* caimito, *Pouteria ramiflora* y *Pouteria torta* pueden inhibir la actividad de las enzimas  $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucosidasa lo cual es importante para el desarrollo de nuevas formas de tratamiento de la diabetes (Souza et al., 2012). Por el alto nivel de toxicidad encontrado en nuestro estudio preliminar se requieren más ensayos in vitro y de ser posible en otros modelos animales para establecer sus posibles aplicaciones terapéuticas; como, por ejemplo, en tratamientos anticancerígenos, antiparasitarios e incluso para otros usos no médicos.

La planta *Apocynaceae Lacmellea spaciola*, tiene

una especie de la misma familia que fue estudiada en Brasil por (Carneiro et al., 2008) esta planta estudiada Apocynaceae *Lacmellea gracilis* (Mull.Arg.), demostró tener in vitro propiedades antimicrobianas leves, por lo que es importante estudiar la planta *Lacmellea spaciosa* que pertenece a la misma familia para establecer si tiene propiedades terapéuticas similares ya que el estudio preliminar de toxicidad en ratones demostró que el extracto del látex obtenido del tronco de la planta es severamente toxico. Además, tiene un alto contenido de resinas por lo que podría utilizarse como embolizante.

La planta Moraceae *Ficus yoponensis* Desv., se la toma para tratar la diarrea y los parásitos tipo helmintos en algunas comunidades del oriente ecuatoriano de acuerdo a la publicación de (Vickers & Plowman, 1984; Diaz & Ortega, 2006); sin embargo, en nuestros estudios, el extracto del látex exudado del tronco es muy toxico en los ratones estudiados; por lo cual, debe ser sometido a nuevos estudios para determinar su utilidad terapéutica en humanos. Además, este exudado tiene un alto contenido en resinas. Por su contenido de taninos puede ser interesante estudiarla en tratamientos bactericidas o antitumorales (Isaza 2007).

## V. CONCLUSIONES

En este proyecto se realizó el estudio toxicológico, preliminar de los extractos obtenidos del látex exudado por los troncos de las plantas obteniéndose que el extracto de *Vismia baccifera* (L.) Triana & Planch. es moderadamente tóxica, el extracto de *Sapium glandulosum* es extremadamente tóxico, el extracto de *Pouteria caimito* es extremadamente toxica, el extracto de *Lacmellea spaciosa* es extremadamente tóxica, el extracto *Ficus yoponensis* Desv., es extremadamente tóxica. Estos hallazgos nos llevan a concluir que todos los extractos son severamente tóxicos en las pruebas inicialmente realizadas en ratones, sin embargo, todos los extractos deben ser estudiados con más detalle en estudios in vitro y con otras concentraciones en ratones y en otros modelos animales para establecer sus posibles aplicaciones terapéuticas o de otro tipo.

En relación a los estudios fitoquímicos podemos concluir que los extractos del látex obtenido de los troncos de las plantas Clusiaceae *Vismia baccifera*, Caimito Sapotaceae *pouteria* y Moraceae *Ficus yoponensis*, Euphorbiaceae *Sapium glandulosum* y

*Lacmellea spaciosa* Woodson tienen alto contenido de resinas por lo que se requieren mayores estudios para determinar si son aptos para uso terapéutico en humanos como embolizantes en el tratamiento de las malformaciones arterio-venosas, el cáncer u otro tipo de enfermedades.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala CECM&CM. (1998). Etnobotánica de los Huaorani de Quehueiri-Ono. Primera ed. Abya-Yala, Quito.
- Brassel F, Meila D. (2015). Evolution of Embolic Agents in Interventional Neuroradiology. Clin Neuroradiol. Oct;25 Suppl 2:333-9.
- Breevort P. (1998). The Booming U. S. Botanical Market: A New Overview. Herbal Gram 44, 33-46.
- Bussmann RW & Douglas S. (2006). Traditional medicinal plant use in Loja province, Southern Ecuador. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 2, 44.
- Bussmann RW, Sharon D. (2015). Plantas medicinales de Los Andes y la Amazonia - La Flora mágica y medicinal del Norte del Perú. Graficart SRL, Trujillo, Perú.
- Carneiro A, Teixeira M, Oliveira V, Fernandes O, Cauper G, & Pohlit A. (2008). Screening of Amazonian plants from the Adolpho Ducke forest reserve, Manaus, state of Amazonas, Brazil, for antimicrobial activity. Mem Inst Oswaldo Cruz 1, 31-8.
- De la torre L, Navarrete H, Muriel P, Macia, M & Balseo H. (eds). (2008). Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad Aarhus. Primera Edición: Enero. Quito & Aarhus.
- Díaz W & Ortega F. (2006). Inventario de recursos botánicos útiles y potenciales de la cuenca del río Morón, Estado Carabobo, Venezuela. ERNSTIA 1, 31-67.

- Di Cesare D, Du Pont H.L, Mathewson J.J, Ashley D, Martínez-Sandoval F, Pennington J.E, & Porter S.B. (2002). A double blind randomized placebo-controlled study of SP-303 (Provir) in the symptomatic treatment of acute diarrhoea among travellers to Jamaica and Mexico. *Am. J. Gastroent.* 97, 2585-2588.
- Garzón, L. (2016). Conocimiento tradicional sobre las plantas medicinales de yarumo (*Cecropia sciadophylla*), carambolo (*Averrhoa carambola*) y uña de gato (*Uncaria tomentosa*) en el resguardo indígena de Macedonia, Amazonas. *Revista Luna Azul* [Internet]. 2016 [citado 1 de diciembre 2020] 43: 386-414. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n43/n43a17.pdf>.
- Brassel F, Meila D. (2015). Evolution of Embolic Agents in Interventional Neuroradiology. *Clin Neuroradiol.* Oct;25 Suppl 2:333-9.
- Gómez-Cansino R, Espitia-Pinzón C, Campos-Lara M, Guzmán-Gutiérrez S, Segura-Salinas E, Echeverría-Valencia G, Torras-Claveria L, Cuevas-Figueroa X & Reyes-Chilpa R. (2015). Antimycobacterial and HIV-1 Reverse Transcriptase Activity of Julianaceae and Clusiaceae Plant Species from Mexico. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 1, 1-8.
- Holodniy M, Koch J, Mistal M, Schmidt J.M, Khandwala A, Pennington J.E & Porter S.B. (1999). A double blind, randomized placebo-controlled phase II study to assess the safety and efficacy of orally administered SP-303 for symptomatic treatment of diarrhoea in patients with AIS. *Am. J. Gastroent* 94, 3267-3273.
- Hu J, Albadawi H, Chong BW, Deipolyi AR, Sheth RA, Khademhosseini A, Oklu R. (2019). Advances in Biomaterials and Technologies for Vascular Embolization. *Adv Mater.* Aug;31(33): e1901071.
- Hussain, H., Green, R. (2017). A patent review of the therapeutic potential of isoflavones (2012-2016). *Expert opinion therapeutic patents.* 27 (10): 1135-1146.
- Isaza, J.H. (2007). Taninos o Polifenoles Vegetales. *Scientia et Technica.* 13 (33): 13-1.
- Jørgensen P.M. & León-Yáñez S. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 75, 1-1182.
- León, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C., Navarrete, H. (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. 2a edición. Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Lizcano LJ, Viloria-Bernal M, Vicente F, Berrueta LA, Gallo B, Martínez-Cañamero M, Ruiz-Larrea MB & Ruiz-Sanz JI. (2012). Lipid Oxidation Inhibitory Effects and Phenolic Composition of Aqueous Extracts from Medicinal Plants of Colombian Amazonia. *Int. J. Mol. Sci.* 13, 5454-5467.
- Luzuriaga, C. (2007). Diagnóstico de Flora Estación Biológica Pindo-Mirador. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.
- Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. y Tuñón, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria.* 17 (6): 271-278.
- Pollock B, Gorman D & Brown P. (2004). Radiosurgery for arteriovenous malformations of the basal ganglia, thalamus, and brainstem. *J. Neurosurgery* 2, 210-4.
- Ríos, M., Koziol, M., Borgtoft, H. & Granda, G. (2007). Plantas útiles del Ecuador: aplicaciones, retos y perspectivas. Primera edición. Abya-Yala. Quito-Ecuador.
- Sobottka, F. Tonial, S. Sytwala, & M. Melzig. (2014). Proteinase activity in latex of three plants of the family Euphorbiaceae. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 50, 559-565.
- Souza P, Sales P, Simeoni L, Silva E, Silveira D, & Magalhães P. (2012). Inhibitory activity of  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase by plant extracts from the

- Brazilian cerrado. *Planta Med* 78, 393-9.
- Tabosa Pereira da Silva C, da Silva Peixoto Sobrinho T, Thijan Nobre de Almeida e Castro V, da Cunha Amaral Lima D & Cavalcanti de Amorim E. (2011). Antioxidant Capacity and Phenolic Content of *Caesalpinia pyramidalis* Tul. and *Sapium glandulosum* (L.) Morong from Northeastern Brazil. *Molecules* 16, 4728-4739. [www.mdpi.com/journal/molecules](http://www.mdpi.com/journal/molecules). Acceso 2016-02-20.
- Tituaña Pilco M, Yáñez Orozco E. (2020). Análisis Florístico y Etnobotánico de la Comunidad Shuin Mamus-Taisha, Amazonía del Ecuador. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/855>. Acceso 2020-11-30.
- Vandebroek I, Calewaert J, et al. (2004). Use of medicinal plants and pharmaceuticals by indigenous communities in the Bolivian Andes and Amazon. *Bulletin of the World Health organization* 82, 4.
- Vickers W.T. & Plowman T. (1984). *Useful Plants of the Siona and Secoya Indians of Eastern Ecuador*. Fieldiana Botany New Series No. 15. Field Museum of Natural History. USA. 2019
- Wagner H, Bladt S, & Zgainski E. M, (1984). "Plant Drug Analysis. A Thin Layer Chromatography Atlas"; traducido al inglés por T. A. Scott, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokio.
- Wayland C. (2001). Gendering local knowledge: medicinal plant use and primary health care in the Amazon. *Medical Anthropology Quarterly* 15, 171-88.

# Efecto *in vitro* de fungicidas para el control de *Colletotrichum* SPP., en frutales Manabí - Ecuador

José Carreño<sup>1</sup>; Luis Sánchez<sup>2</sup>; Ángel, Guzmán-Cedeño<sup>3</sup>;  
Christopher, Suarez-Palacios<sup>4</sup>; Sergio, Vélez-Zambrano<sup>5\*</sup>

## Resumen

La antracnosis ocasionada por *Colletotrichum* spp provoca una de las enfermedades más limitantes en la producción de *Passiflora edulis* y *Carica papaya* en la provincia de Manabí, Ecuador. El objetivo de esta investigación fue determinar la patogenicidad de aislados de *Colletotrichum* en frutos de maracuyá y papaya, así como su sensibilidad *in vitro* a fungicidas. Los experimentos fueron realizados en el Laboratorio de Biología Molecular de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Los frutos sanos de maracuyá, variedad INIAP 2009 y papaya variedad hawaiana, se inocularon por medio de la colecta de fragmentos de micelio fúngico con la punta de un palito de madera esterilizado. Para la sensibilidad *in vitro* de los fungicidas se utilizó un diseño experimental completamente al azar, 8 tratamientos de fungicidas comerciales, con 4 repeticiones y la comparación de medias fue realizada con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). Todos los aislamientos fueron patogénicos en maracuyá y papaya respectivamente, provocaron síntomas característicos de antracnosis de 4 a 5 días después de inoculados. Los fungicidas tebuconazol, propiconazol, difenoconazol, benomil, carbendazim y azoxystrobin inhibieron totalmente el crecimiento miceliar del hongo, mientras que clorotalonil y sulfato de cobre disminuyeron parcialmente el desarrollo de *Colletotrichum* spp. Los fungicidas sistémicos demostraron ser efectivos en el control *in vitro* de *Colletotrichum* spp. aislado de maracuyá y papaya.

**Palabras clave:** antracnosis, enfermedad, hongo

## In vitro effect of fungicides for the control of *Colletotrichum* SPP. In fruit trees Manabí - Ecuador

### Abstract

Anthraxnose caused by *Colletotrichum* spp causes one of the most limiting diseases in the production of *Passiflora edulis* and *Carica papaya* in the province of Manabi, Ecuador. The objective of this research was to determine the pathogenicity of *Colletotrichum* isolates in passion fruit and papaya, as well as their in vitro sensitivity to fungicides. The experiments were carried out in the Molecular Biology Laboratory of the Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. The healthy fruits of passion fruit, variety INIAP 2009 and papaya variety Hawaiian, were inoculated by collecting fragments of fungal mycelium with the tip of a sterilized wooden stick. For the *in vitro* sensitivity of the fungicides a completely randomized experimental design was used, 8 treatments of commercial fungicides, with 4 replicates and the comparison of means was made with Tukey's test ( $P < 0.05$ ). All isolates were pathogenic on passion fruit and papaya respectively, causing characteristic anthracnose symptoms 4 to 5 days after inoculation. The fungicides tebuconazole, propiconazole, difenoconazole, benomyl, carbendazim and azoxystrobin totally inhibited the mycelial growth of the fungus, while chlorothalonil and copper sulphate partially decreased the development of *Colletotrichum* spp. Systemic fungicides proved to be effective in the in vitro control of *Colletotrichum* spp. isolated from passion fruit and papaya.

**Keywords:** anthracnose, disease, fungi

**Recibido:** 19 de octubre de 2020  
**Aceptado:** 29 de diciembre de 2020

<sup>1</sup> Ingeniero agrícola; Ecuaplantas compañía limitada, Quito, Ecuador; carrear197@gmail.com

<sup>2</sup> Ingeniero agrícola; Manahaya S.A. Calle M1 y Av. 23, Manta, Ecuador; luisfranciscosanchezmedr@gmail.com

<sup>3</sup> PhD en Ciencias Agrícolas; Docente universitario Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico, Manabí. Ecuador y Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Ciudadela universitaria vía San Mateo. Manta, Manabí. Ecuador; aguzman@espam.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-2360-7051>

<sup>4</sup> Ingeniero Agrónomo; Biológica S.A., Ecuador; chriss01@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8380-5178>

<sup>5</sup> Magister en Fitopatología; Docente universitario en Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico, Manabí. Ecuador y Universidade de Brasília, DF. Brasil; smvelez@espam.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-3785-7457>

\*Autor para correspondencia: smvelez@espam.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

*Colletotrichum* es uno de los géneros de hongos fitopatógenos de mayor importancia económica, en áreas tropicales y subtropicales de todo el mundo; afecta a una amplia gama de hospedantes, incluyendo verduras, legumbres, cereales y frutas (Bailey 1992; Atghia *et al.*, 2015; Marquez *et al.*, 2018). Las enfermedades inducidas por este hongo incluyen: antracnosis, marchitamiento, pudrición radical, mancha foliar, pudrición de flores y tizón en plántulas (Kim, Oh, y Yang 1999; Kumar *et al.*, 2001; Moral *et al.*, 2014).

En Ecuador, en la provincia de Manabí la producción de frutas como papaya (*Carica papaya* L.) y maracuyá (*Passiflora edulis* F.), son severamente afectadas por el hongo *Colletotrichum* spp. tanto en precosecha como en poscosecha afectando significativamente la calidad de la fruta (Latunde y Akinwunmi, 2001; Tozze *et al.*, 2010; García *et al.*, 2020).

*Colletotrichum* spp. puede ocasionar graves epidemias que resultan en pérdidas superiores al 50% (Sreenivasaprasad y Talhinhos 2005; Hyde *et al.*, 2009). Este fitopatógeno tiene mucha importancia en la fruticultura tropical, por los daños económicos que ocasiona al afectar los frutos. El manejo de esta enfermedad se ha fundamentado en prácticas de control cultural y uso de fungicidas químicos (Monteon *et al.*, 2012; Landero *et al.*, 2016)

Dada la importancia del patógeno y su necesidad de encontrar un control químico eficiente, la presente investigación determinó la eficiencia in vitro de fungicidas para el control de *Colletotrichum* spp., en maracuyá y papaya en Manabí – Ecuador.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolección de muestras

Las colectas de material vegetal, se realizó en las fincas productoras de los cantones Rocafuerte (papaya) y El Carmen (maracuyá), pertenecientes a la provincia de Manabí. Se colectó frutos enfermos que presentaban la sintomatología típica de antracnosis, los frutos se colocaron en fundas plásticas con su respectiva etiqueta, para su posterior procesamiento en el laboratorio de Biología Molecular de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López [ESPAM MFL], ubicado en el sitio El Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar.

## Análisis de Laboratorio

### Aislamiento

Para el aislamiento de los patógenos los frutos se lavaron con agua corriente y jabón líquido, después se secaron en toallas absorbentes, para proceder a cortar fragmentos de 0,5 cm<sup>2</sup> que incluían una parte enferma y una sana de tejido vegetal. El material vegetal se desinfectó con alcohol al 70% (v:v) por 30 segundos e hipoclorito de sodio 2% (v:v) durante un minuto, y se realizaron tres lavados en agua destilada estéril (ADE), para la eliminación de restos de humedad fueron colocados en papel absorbente esterilizado, Whatman Número 42 (Whatman, Maidstone, UK). Se realizó la siembra en la cámara de flujo laminar de 5 fragmentos de frutos en cajas de Petri con medio de cultivo papa dextrosa agar PDA (Difco, Detroit, USA) + antibiótico (gentamicina, ampicilina) y se incubaron a temperatura ambiente de 28 ± 1°C, hasta observar el crecimiento micelial, (Castaño 1994; Leslie y Summerell 2008). Las colonias fúngicas se repicaron hasta obtener cultivos puros.

### Identificación de los aislamientos

Para la identificación morfológica se utilizó cultivos monoconidiales, la identificación del género se realizó con base a las características del micelio, color de la colonia, formación de Acérvulos, forma de conidióforos; forma y tamaño de las conidias. La observación microscópica se realizó con un microscopio marca Olympus CX31. Las estructuras reproductivas del hongo, permitieron determinar que corresponde al género *Colletotrichum* spp., esto se corroboró con el uso de las claves (Barnett y Hunter 1998).

### Prueba de patogenicidad

#### Inoculación

Para determinar la patogenicidad de cada aislado, se inocularon frutos sanos de maracuyá INIAP 2009 y papaya hawaiana, las que se lavaron con agua, detergente y alcohol al 70% (v.v) y secados con papel absorbente esterilizado. Fragmentos de micelio fueron colectados levemente de las placas de petri con crecimiento fúngico por medio del uso de un palito de madera esterilizado, el mismo que se colocó sobre los frutos sanos de maracuyá y papaya con la intención de ocasionar una pequeña herida

para facilitar el ingreso de las estructuras vegetativas de *Colletotrichum* spp. Se realizaron 3 incisiones por cada fruto inoculado (Eizenga, et al., 2002).

Posteriormente los frutos se colocaron en cámaras húmedas provistas de papel absorbente humedecido con agua destilada estéril. Se evaluaron 3 repeticiones y el testigo estuvo conformado por frutos sanos a los que se les colocó un palillo de dientes esterilizado sin crecimiento micelial. Los postulados de Koch se confirmaron con el reaislamiento del hongo inoculado, mediante el protocolo descrito por French y Teddy (1980).

#### Bioensayos de sensibilidad *In Vitro*

Del resultado obtenido en la prueba de patogenicidad se seleccionó el aislado más agresivo para determinar la eficacia *in vitro* de los fungicidas, se utilizó la técnica de medio envenenado.

Se probaron 8 fungicidas amistar 50 wg (azoxystrobin), benocor (benomyl), blanket (tebuconazol), Bumper 25 ce (propiconazol), difecor (difenoconazol), odeon 720 sc (clorotalonil), phyton (sulfato de cobre pentahidratado) y rodazim 500 sc (carbendazim) y 4 réplicas, las dosis que se utilizaron fueron las que recomienda la etiqueta del envase. Se utilizó como testigo discos en medios de cultivo con crecimiento fúngico sin fungicidas, y se incubaron en cámara de crecimiento a  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  aproximadamente.

#### Efectividad de fungicidas

La efectividad de los fungicidas se determinó mediante la prueba de Eficacia de Abbott (1925).

$$E = (\text{Test} - \text{Trat}/\text{Test}) \times 100$$

Donde:

**E:** Efectividad (%)

**Test:** Crecimiento micelial del testigo en cm

**Trat:** Crecimiento micelial del tratamiento en cm

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Pruebas de Patogenicidad

Todos los aislados tanto de maracuyá como de papaya, provocaron lesiones circulares color marrón, hundimiento de la lesión e incluso en algunos casos presencia de esporulación, que son síntomas característicos de antracnosis en frutos, a partir de los 5 días posteriores a la inoculación artificial. Para cumplir con los postulados de Koch se realizaron reaislamientos a partir de las lesiones provocadas, comprobando por medio de identificación morfológica, las semejanzas existentes con los hongos inoculados de forma inicial (Figura 1).

La sintomatología observada coincide con la descrita por Marquez *et al.* (2018) y García *et al.*, (2020), refiere síntomas de pequeñas lesiones con bordes hundidos e irregulares y esporulación de blanco a grisácea en la parte central de frutos de papaya en México, provocados por *Colletotrichum fructicola* y *Colletotrichum plurivorum*, respectivamente. De la misma forma, en frutos de maracuyá, se presentaron lesiones hundidas con masas de esporas de color naranja en la parte central (Tozze, *et al.*, 2010).



Figura. 1 (A y B). Síntomas de antracnosis en frutos de maracuyá INIAP 2009 (A), y papaya Hawaina (B), inoculados artificialmente.

**Efectividad de los fungicidas**

Todos los tratamientos de fungicidas evaluados sobre los aislados de *Colletotrichum* spp. provenientes de maracuyá y papaya consiguieron inhibir el crecimiento miceliar del hongo en relación al Testigo. Los fungicidas difecor (difenoconazol), bumper 25 CE (propiconazol), rodazim 500 sc (carbendazim), benocor (benomil), amistar 50 wg (azoxystrobin) y blanket (tebuconazol), presentaron una eficacia del 100% a diferencia de odeón 720 sc (clorotalonil) que fue de 51,25 y 34,72% y phyton (sulfato de cobre pentahidratado) de 65,97 y 55,42%, en maracuyá y papaya, respectivamente. (Cuadro 1).

Los dos aislados de *Colletotrichum* spp. provenientes de maracuyá y papaya demostraron comportamientos semejantes en relación a los fungicidas utilizados. Resultados similares fueron obtenidos por Gaviria, et al. (2013) que utilizaron fungicidas triazoles (difenoconazol, propiconazol), consiguiendo inhibir de forma total el crecimiento micelial de *Colletotrichum* spp. en mora de castilla, así como azoxystrobin (estrobirulinas) también dio resultados positivos en la investigación realizada por Sundravadana, et al., (2007), para definir estrategias de manejo de antracnosis en mango, utilizando el mencionado fungicida.

Los fungicidas benomil y carbendazim (benzimidazoles) mostraron resultados favorables,

posiblemente a que su mecanismo de acción está relacionado a la inhibición de los polímeros de beta tubulina fundamentales para los procesos de división celular como lo mencionan Zhou, et al. (2016). Sin embargo, esto difiere con lo manifestado por Begum, et al. (2015), donde Carbendazim no consiguió inhibir de forma efectiva el crecimiento micelial de cuatro aislados de *Colletotrichum capsici* (Syd.) E. J. Butler & Bisby. Así como en una investigación de la sensibilidad a carbendazim de aislados de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. en fresa (*Fragaria ananassa*), donde 52,8% de los aislados presentaron resistencia en relación al fungicida, y esto tendría relación con mutaciones en varios loci del gen de la beta-tubulina 2 (TUB2), como lo indica Han et al. (2018). Mutaciones en el mismo gen, en el codón 198, definen la resistencia de *C. gloesporioides* causante de antracnosis en *Mangifera indica* L. a carbendazim Kongtragoul, et al., (2011), y en el gen de beta tubulina 1 de varios aislados de *C. acutatum* a benomil (Nakaune y Nakano, 2007).

Los resultados de este trabajo sugieren que el diagnóstico adecuado del agente causal, el uso racional de fungicidas y el manejo de integrado de la antracnosis, se convierten en actividades necesarias para los cultivos de papaya y maracuyá en la provincia de Manabí.

**Cuadro 1.** Valores promedios (%) de las variables efectividad de fungicidas en maracuyá y papaya

Tratamientos	Maracuyá	Papaya
Odeon 720 sc	51,25 c	34,72 c
Phyton	65,97 b	55,42 b
Blanket	100 a	100 a
Bumper 25 ce	100 a	100 a
Difecor	100 a	100 a
Benocor	100 a	100 a
Rodazim	100 a	100 a
Amistar	100 a	100 a
Probabilidad	≤0,0001	≤0,0001

Medias dentro de columnas con letras distintas difieren significativamente según prueba de Tukey al 5%

**IV. CONCLUSIONES**

Todos los aislados de *Colletotrichum* spp. inoculados en frutos de maracuyá y papaya fueron patogénicos.

Los fungicidas clorotalonil y sulfato de cobre pentahidratado disminuyeron levemente el crecimiento micelial del hongo, mientras que los

fungicidas tebuconazol, propiconazol, difenoconazol, benomil, carbendazim y azoxistrobin inhibieron totalmente el crecimiento micelial de *Colletotrichum* spp., lo que representaría una posible alternativa para el control de este fitopatógeno en condiciones de campo.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, y Walter S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol* 18(2):265-67.
- Atghia, O., Alizadeh, A., Fotouhifar, K., Damm, U., Stukenbrock, E., y Javan-Nikkhah, M. (2015). First Report of *Colletotrichum fructicola* as the causal agent of Anthracnose on Common Bean and Cowpea. *Mycologia Iranica*, 2(2), 139-140. doi: 10.22043/mi.2015.19966
- Bailey, J. (1992). *Colletotrichum*; biology, pathology and control.
- Barnett, H. y Hunter, B. (1998). Illustrated genera of imperfect fungi. St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society.
- Begum, S., Devi, N., Marak, T., Nath, P. y Saha, J. (2015). In Vitro Efficacy of Some Commercial Fungicides Against *Colletotrichum capsici*, the Causal Agent of Anthracnose of Chilli. *Environment & Ecology* 33 (4B): 1863–1866
- Castaño, Jairo. (1994). Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica.
- Eizenga, G., Lee, F. y Rutger, J. (2002). Screening Oryza species plants for rice sheath blight resistance. *Plant Disease* 86(7):808-12.
- French, ER, y TH Teddy. (1980). Métodos de investigación fitopatológica. San José, Costa Rica, IICA». CATIE.
- Gaviria, V., Patiño, L. y Saldarriaga, A. (2013). Evaluación *in vitro* de fungicidas comerciales para el control de *Colletotrichum* spp., en mora de castilla. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(1), 67-75.
- García, R., Cruz, I., Osuna, A. y Marquez, I. (2020). First Report of *Carica papaya* Fruit Anthracnose Caused by *Colletotrichum plurivorum* in Mexico. *Plant disease*. 104:2, 589-589.
- Han, Y. C., Zeng, X. G., Xiang, F. Y., Zhang, Q. H., Guo, C., Chen, F.Y. & Gu Y. Chen. (2018). Carbendazim sensitivity in populations of *Colletotrichum gloeosporioides* complex infecting strawberry and yams in Hubei Province of China. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(6): 1391-1400. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61854-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61854-9).
- Hyde, K., Lei C., McKenzie, E., Yang, Y., Zhang, J., y Prihastuti, H. (2009). *Colletotrichum*: a catalogue of confusion. *Fungal Diversity* 39(1):1-17.
- Kim, Ki Deok, BJ Oh, y JM Yang. (1999). Differential interactions of a *Colletotrichum gloeosporioides* isolate with green and red pepper fruits. *Phytoparasitica* 27(2):97-106.
- Kongtragoul, P., Nalumpang, S., Miyamoto, Y., Izumi, Y. y Akimitsu, K. (2011). Mutación en el codón 198 del gen Tub2 para la resistencia a carbendazim en *Colletotrichum gloeosporioides* que causa la antracnosis del mango en Tailandia. *Journal of Plant Protection Research*, 51 (4), 377-384.
- Kumar, V., Gupta, V., Babu, A., Mishra, R., Thiagarajan, V. y Datta, R. (2001). Surface ultrastructural studies on penetration and infection process of *Colletotrichum gloeosporioides* on mulberry leaf causing black spot disease. *Journal of Phytopathology* 149(11-12):629-33.
- Landero, N., Lara, F., Andrade P., Aguilar, L., y Aguado, G. (2016). Alternativas para el control de *Colletotrichum* spp. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(5), 1189-1198. Recuperado en 18 de septiembre de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016000501189&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000501189&lng=es&tlng=es).
- Latunde-Dada, O. y Akinwunmi O. (2001). *Colletotrichum*: tales of forcible entry, stealth, transient confinement and breakout. *Molecular plant pathology* 2(4):187-98.
- Leslie, J. y Summerell, B. (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons.

- Marquez, I., Cruz, I., Ley, N., Carrillo, A., Osuna, A., y García, R. (2018). First Report of *Carica papaya* Fruit Anthracnose Caused by *Colletotrichum fructicola* in Mexico. *Plant disease*.102: 12. 2649-2649doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0736-PDN
- Monteon Ojeda, Abraham, Mora Aguilera, José Antonio, Villegas Monter, Ángel, Nava Diaz, Cristian, Hernández Castro, Elías, Otero-Colina, Gabriel, & Hernández Morales, Javier. (2012). Temporal analysis and fungicide management strategies to control mango anthracnose epidemics in Guerrero, Mexico. *Tropical Plant Pathology*, 37(6), 375-385. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762012000600001>
- Moral, J., Xaviér, C., Roca, L. F., Romero, J., Moreda, W. y Trapero, A. (2014). La antracnosis del olivo y su efecto en la calidad del aceite. *Grasas y aceites*, 65(2).
- Nakaune R, Nakano M. (2007). Benomyl resistance of *Colletotrichum acutatum* is caused by enhanced expression of beta-tubulin 1 gene regulated by putative leucine zipper protein CaBEN1. *Fungal Genet Biol.* (12):1324-35. doi: 10.1016/j.fgb.2007.03.007. o. PMID: 17507270.
- Sreenivasaprasad, S., y Pedro Talhinhos. (2005). Genotypic and phenotypic diversity in *Colletotrichum acutatum*, a cosmopolitan pathogen causing anthracnose on a wide range of hosts. *Molecular plant pathology* 6(4):361-78.
- Sundravadana, S., Alice, D., Kuttalam, S., y Samiyappan, R. (2007). Efficacy of azoxystrobin on *Colletotrichum gloeosporioides* penz growth and on controlling mango anthracnose. *Journal of Agricultural and Biological Science* 2 (3): 10-15.
- Zhou, Y., Xu, J., Zhu, Y., Duan, Y., y Zhou, M. (2016). Mechanism of Action of the Benzimidazole Fungicide on *Fusarium graminearum*: Interfering with Polymerization of Monomeric Tubulin But Not Polymerized Microtubule. *Phytopathology* 106:8, 807-813.

# Efecto de diversos atributos topográficos sobre el carbono orgánico en varios usos del suelo

Salomón, Barrezueta-Unda<sup>1</sup>

## Resumen

El objetivo de este estudio fue: cuantificar la cantidad de carbono orgánico del suelo (COS) almacenado en tres profundidades y relacionar varios atributos topográficos sobre la densidad del COS en el sitio El Progreso, provincia El Oro-Ecuador. El estudio se realizó en cuatro usos del suelo: banano, cacao joven, cacao maduro y cacao viejo, con valores de COS entre cero a 0,10 m de 25,6g kg, 35,8g kg, 13,2g kg y 10,5g kg respectivamente, y las clases textural predominante son: franco arcillo limosa (0-0,10 cm) y franco arcillosa (0,30-0,40 cm). En cada suelo se delimitó 1 ha para tomar muestras de suelo a: cuatro profundidades cada 10 cm. Los atributos topográficos: area drenada (AS), factor de transporte de sedimentos (LS) y humedad del suelo (WTI), fueron tomados de un modelo de elevación digital (MDE) con una resolución de 12x12m. Los rangos de COS disminuyeron desde parte media de la zona en estudio (banano 38,4-8,1 Mg ha<sup>-1</sup>; cacao joven 36,20-10,50 Mg ha<sup>-1</sup>; cacao viejo 13,80-0,94 Mg ha<sup>-1</sup>) con mayor pendiente (10 a 20%) hacia la parte baja (cacao maduro 18,80-08,40 Mg ha<sup>-1</sup>). El uso de suelo cacao joven mostró el mayor valor de AS (10 286,5) y en LS (11,44). También se determinó diferencias significativas con el factor LS por cultivo y se correlacionó con el total de COS. Por tanto, LS (escorrentia) es el atributo topográfico que más influyo en el almacenamiento de COS.

**Palabras clave:** banano, cacao, modelo digital de elevación; secuestro de carbono.

## Effect of different topographical attributes on organic carbon in several land uses

### Abstract

The aim of this study was: to quantify the amount of soil organic carbon (SOC) stored at three depths and to relate various topographical attributes to the density of SOC at the site El Progreso, El Oro-Ecuador province. The study was conducted in four land uses: banana, young cocoa, mature cocoa and old cocoa, with SOC values between zero and 0,10 m of 25,6 g kg, 35,8 g kg, 13,2 g kg and 10,5 g kg respectively, and the predominant textural classes are: loamy clay (0-0.10 cm) and clay loam (0,30-0,40 cm). In each soil 1 ha was delimited to take soil samples at: four depths every 10 cm. The topographic attributes: drained area (AS), sediment transport factor (LS) and soil moisture (WTI), were taken from a digital elevation model (DEM) with a resolution of 12x12m. The SOC ranges decreased from the middle part of the area under study (banana 38,4-8,1 Mg ha<sup>-1</sup>; young cocoa 36,20-10,50 Mg ha<sup>-1</sup>; old cocoa 13,80-0,94 Mg ha<sup>-1</sup>) with higher slope (10-20%) towards the lower part (mature cocoa 18,80-08,40 Mg ha<sup>-1</sup>). Young cocoa land use showed the highest value of AS (10 286,5) and in LS (11,44). Significant differences were also determined with the LS factor by crop and correlated with the total SOC. Therefore, LS (runoff) is the topographic attribute that most influenced the storage of SOC.

**Keywords:** banana; cocoa; digital elevation model; carbon sequestration.

**Recibido:** 01 de diciembre de 2020

**Aceptado:** 04 de enero de 2021

<sup>1</sup> Doctor en investigación Agraria y Forestal; Profesor titular de la Universidad Técnica de Machala-Ecuador; sabarrezueta@utmachala.edu.ec; <http://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

## I. INTRODUCCIÓN

La pérdida del carbono orgánico del suelo (COS) en las regiones de montañas ubicadas en las zonas tropicales y subtropicales son atribuido al cambio en los usos del suelo (Wang *et al.*, 2018). Los atributos topográficos del terreno como la pendiente, elevación, dirección, factor de transporte de suelo, radiación solar, índice topográfico de humedad del suelo, entre otros, potencia su pérdida (de Blécourt *et al.*, 2017; Singh y Benbi, 2018). Sin embargo, los atributos topográficos difieren en magnitud en los diferentes sistemas agrícolas, por ejemplo en la redistribución del agua sobre los cultivos en terrenos con alta pendiente se incrementa la infiltración y la escorrentía (Senthilkumar *et al.*, 2009).

Los atributos topográficos de mayor influencia sobre el carbono son: altitud y pendiente que tienen un efecto significativo en la composición y la diversidad de las especies, por ende, influyen en el índice de generación de la biomasa que se almacena en el suelo; mientras que el aspecto o dirección de la pendiente inciden en la erosión del suelo, incrementando la escorrentía, por tanto la pérdida de suelo con la fracción de carbono orgánica (Zhang *et al.*, 2018).

En este marco, la topografía del terreno controla muchos procesos hidrológicos, geomorfológicos y edafológicos, que influyen en los atributos físicos, químicos y biológicos del suelo. De esta manera, los atributos topográficos derivados de un modelo de elevación digital (MED), se puede utilizar para explicar la diferencia entre los niveles de COS entre los diferentes horizontes del suelo. La estrecha relación entre la topografía y el desarrollo del suelo es suficiente para desarrollar a partir de los DEM los modelos predictivos del secuestro de carbono

(Malone *et al.*, 2009).

La Cordillera de los Andes, que atraviesa el Ecuador, las montañas disminuyendo su altitud en la región sur hacia el litoral, donde la agricultura ha devastado grandes cantidades de bosque, cambiando el uso del suelo hacia los sistemas agrarios tales como: banano, cacao y pastos (Hamer *et al.*, 2013; Paul *et al.*, 2008). En la provincia de El Oro, estos cambios del uso de suelo corresponde en su mayoría a la cuenca baja del Río Jubones (El Progreso, Pasaje, Quera, Ducos, Rajaro, etc.), principal fuente hídrica de la zona que proporciona agua para los cultivos descritos y para las ciudades de mayor población de la provincia (Barrezueta-Unda *et al.*, 2017). Con este contexto, se parte de la hipótesis que los suelos de la cuenca baja del Río Jubones por el cambio en el uso de suelo de montaña a sistema agrarios, la disponibilidad de COS almacenado está afectado por los atributos topográficos. Por tanto, el objetivo de este estudio fue: cuantificar la cantidad de carbono orgánico del suelo almacenado en tres profundidades y relacionar varios atributos topográficos con la densidad del carbono en el sitio El Progreso, provincia El Oro-Ecuador.

## II MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del estudio

El levantamiento de la información se realizó en el sitio El Progreso, ubicado en la provincia de El Oro (Ecuador), entre las coordenadas geográficas: 3°17 '22" S; 79°45' 30" O (Figura 1). La precipitación media anual es de 912 mm y la temperatura media anual de 23°C. El paisaje de la zona está compuesto por las estribaciones bajas (< 500 m) de la cordillera andina occidental, cuyas laderas externas disminuyen de norte a sur.

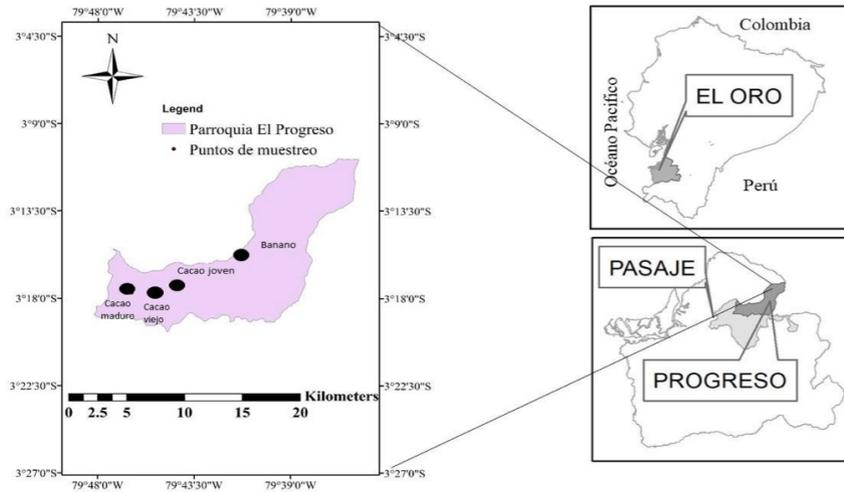


Figura 1. Ubicación del estudio

Toma de muestras de suelo

Las muestras de suelo se tomaron en cuatro usos del suelo: banano, cacao joven, cacao maduro

y cacao viejo. Todos los cultivos tuvieron un manejo monocultivo y de tipo agricultura orgánico, carentes de sistemas de riego automatizados (Tabla 1).

Tabla 1. Localización y características del uso del suelo en estudio

Usos del suelo	Pendiente (%)			Edad (años)
	Media	Mínima	Máxima	
Banana (clon Lacatan)	8,19	3,34	16,18	<25
Cacao joven (clon CCN51)	12,87	5,42	19,00	1
Cacao maduro (clon CCN51)	2,90	1,66	5,42	4
Cacao viejo (Clon Nacional)	15,48	2,43	2,06	>30

En cada uso de suelo se delimitó 1 hectárea, que se dividió en cinco subparcelas de 50 m por 50 m. El muestreo de la subparcela se realizó en forma de L, de 25 m de largo en vertical siguiendo la pendiente y 25 m en horizontal que se ubicó en la dirección que toma el aspecto de la montaña mismas que fueron demarcadas los puntos de muestreo a los 0 m, y al final de los 25 m en vertical y horizontal. Las muestras de suelo se tomaron con intervalos de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m y 0,30-0,40 m de profundidad; estructura de muestreo desarrollada por Singh y Benbi (2018) y modificada por Barrezueta et al. (2020).

Las muestras de suelo para determinar la densidad aparente (Da) fueron tomadas en cilindro metálicos de 5 cm de diámetro por 5 cm de alto, procurando que la muestra no se altere al extraer con un barreno. También se tomaron aproximadamente 1 kg de suelo con una pala, las

cuales fueron secadas al aire y tamizadas con tamiz de 2 mm para determinar los porcentajes de carbono orgánico, mediante el método de Walkley y Black (1934). Adicional se realizó la determinación de: arena, limo y arcilla por el método de Bouyucuos, y el pH (relación 1: 25 suelo:H<sub>2</sub>O) en el laboratorio de Suelos de Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala.

Cálculo del carbono orgánico (COS) almacenado en el suelo

La cantidad de COS almacenado (concentración en el suelo fino < 2 mm) se calculó según la ecuación (1) (Minasny *et al.*, 2006), multiplicando el carbono orgánico (g kg) por la Da del suelo (kg m<sup>3</sup>), la profundidad (d) del muestreo (0.10 m) y por el factor 10 000 m<sup>2</sup> correspondientes a la superficie de las parcelas.

$$COS\ stock\ (Mg\ ha^{-1}) = Da * d * COS * 10\ 000\ (1)$$

Modelo de elevación digital (MED)

Para determinar los atributos topográficos se descargó de la plataforma Alaska Satellite Facility (<https://www.asf.alaska.edu/>) provisto por la NASA una cuadrícula de 12,5 m x 12,5 m del área de estudio. Los DEM extraídos corresponden al frame 7130/path 109 y frame 7120/path 109 del 13 de marzo de 2009. Luego se realizó una

composición con la herramienta Arctoolbox, dentro del programa ArcGis versión 10.3 (ESRI, 2014), obteniendo el DEM de la parroquia El Progreso (Figura 2a) y luego el aspecto de la pendiente (Figura 2b) y el mapa de sombra (Figura 2). También con el programa se realizó el cálculo de los atributos topográficos que se detallan a continuación.

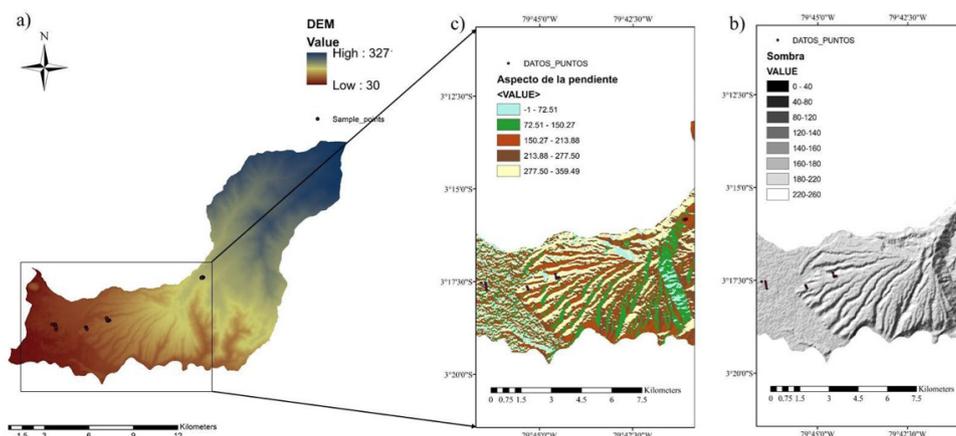


Figura 2. Delimitación del área en la parroquia El Progreso y puntos de muestreo: a) Modelo de elevación digital (MED), b) Clasificación del aspecto de la pendiente y c) Mapa de sombra

Flujo acumulado o área específica drenaje (*AS-Area of specific drainage*)

Se calcula por la suma de las células de la red que drenan a una célula receptora, luego se calcula la dirección del flujo de agua y cuántas unidades de agua recibe cada celda (Schmidt y Persson, 2003). Las celdas de salida que no reciben flujo son los altos topográficos locales y las crestas de las montañas (Schmidt y Persson, 2003). Se calculó con la ecuación (2).

$$AS = AC * \frac{L^2}{[(2L^2)^{1/2}]}$$

Siendo: AS = Área de drenaje específica, AC = Area de flujo acumulado (número de celdas), L= Longitud de la dirección del flujo.

Cálculo del índice de transporte potencial de sedimentos (LS- length of surface run-off)

Es una medida de la capacidad de transportar sedimentos del flujo de agua en un punto dado del paisaje (Moore y Wilson, 1992). El factor LS se calculó con la ecuación (3), propuesta por Wischmeier y Smith (1975).

$$Factor\ LS = (n + 1) * \left(\frac{AS}{22.13}\right)^n * \left(\frac{\sin \beta}{0.0896}\right)^m \quad (3)$$

Siendo: AS: área drenada específica; sin β: el seno de la pendiente (rad); n=0,4 ; y m=1,3

Cálculo índice Topográfico de humedad (TWI-topographic wetness index)

El índice de humedad topográfico (TWI-topographic wetness index) fue introducido por Beven y Kirkby (1979) como parte del modelo de escorrentía TOPMODEL y es probablemente el índice topográfico más aplicado. La ecuación (4) para obtener los valores de TWI es la descrita por Schmidt y Persson (2003).

$$Factor\ LS = (n + 1) * \left(\frac{AS}{22.13}\right)^n * \left(\frac{\sin \beta}{0.0896}\right)^m$$

Siendo: tan β = tangente de la pendiente local de la superficie del suelo; AS= área drenada específica.

Los valores obtenidos del índice TWI, se interpreta de la siguiente manera: las ubicaciones

con un área de pendiente ascendente grande reciben un valor de índice alto, y se espera que tengan una disponibilidad de agua relativamente más alta que las ubicaciones con un área de pendiente ascendente pequeña por lo tanto reciben un valor de índice menor. Las cumbres más empinadas reciben un valor pequeño y se espera que se drenen mejor a los lugares con pendientes suaves, que reciben un alto valor de índice. Por consiguiente, el TWI es una medición de las condiciones hidrológicas de un sitio determinado en el paisaje (Sørensen et al., 2006).

#### Extracción de datos

Con la herramienta ArcToolbox en Analysis tools, proximity (ArcGis versión 10.3) se generó un buffer de 12,5 m en cada punto de muestreo por uso de suelo. Este proceso generó valores estadísticos de media que fueron los utilizados en el análisis estadístico posterior.

#### Análisis estadístico

Las propiedades físico-químicas del suelo fueron tratadas con la media en todas las muestras de suelo. La variabilidad entre las posiciones de los usos del suelo de los niveles COS en los perfiles del suelo se realizó un ANOVA unidireccional. También, se evaluaron los efectos de los atributos topográficos AS, LS y TWI por uso de suelo sobre la media de COS almacenado mediante un ANOVA bidireccional. Cuando el resultado de ANOVA detectó una diferencia significativa, se realizó la prueba de HDS Tukey (significancia 5%). Todas las operaciones estadísticas se realizaron con el programa STATISCA versión 8 (Startsoft, 2007).

### III. RESULTADOS

La profundidad del suelo en el que se tomaron las muestras (hasta 40 cm), es el área de mayor actividad bioquímica, por lo que es determinante el uso de suelo y las propiedades carbono orgánico (CO), Da y los porcentajes de arena, limo y arcilla (Wilcke et al., 2002). Resultado que se presentan en Tabla 2.

Los valores de CO son menores en el cacao viejo y se incrementan en el cacao joven, banano y cacao maduro, respectivamente. Los picos más altos de CO se ubican entre cero a 0.10 m (25,6 g kg,

banano – 35,8 g kg, cacao joven – 13,2 g kg, cacao maduro; 10,5 g kg, cacao viejo) y disminuyeron hasta las capas comprendidas entre 0,20-0,30 m (3,0 g kg, cacao maduro; 3,2 g kg, cacao viejo) y de 0,30-0,40 m (5,2 g kg, banano; 8,4 g kg, cacao joven). Distribución de CO, que no tuvo relación con el pH del suelo que fue ácido en banano (rango pH 6,1-5,74), cacao joven (rango, 5,14-5,8) y cacao viejo (5,67-5,71), mientras el uso de suelo cacao maduro los valores de pH fueron ligeramente alcalinos con una variación entre de 7,36 (0-0.10 m) a 7,12 (0,30-0,40 m).

En el caso de la Da, los valores más altos oscilan entre 1,42 gm<sup>3</sup> (0,0-0,10 m) a 1,56 gm<sup>3</sup> (0,20-0,3 m) y 1,46 gm<sup>3</sup> (0,0-0,10 m) a 1,68 gm<sup>3</sup> (0,30-0,040 m) en banano y cacao maduro, respectivamente, rangos que indican una ligera compactación de los horizontes (SAGARPA, 2012), mientras en el cacao joven el menor valor corresponde a 1,08 g m<sup>3</sup> (0-0,10 m). La relación del descenso significativo del CO a medida que aumenta la Da en zonas de pendiente moderada, también fue corroborado por Zhao *et al.*, (2016) y Zhu *et al.*, (2017). La intensidad en el laboreo del suelo tiene influencia en la Da, así como también el aporte de biomasa que forma el mantillo (hojarasca), aumentando los niveles de CO en la capa orgánica del suelo (0,0-0,10 m), en este caso el uso anterior (bosque) del suelo cacao joven pudo influenciar en los niveles de CO a pesar de tener una pendiente que osciló entre 5,42% a 19%.

Los porcentajes de arena y limo fueron muy próximos en las dos primeras capas, pero aumento los niveles de arcilla en decremento del limo en las siguientes capas, como se muestra en la Tabla 2 con rangos 31,20–38,80%, 24,0–47,20%, 19,60–39,33% para arena, limo y arcilla respectivamente entre 0-0,10 m y de 34,0–38,22%, 23,11–30,40%, 34,8–38,67% respectivamente entre 0,30 m a 0,40 m. Distribución granulométrica similar fue determinada por Barrezueta *et al.* (2020) en suelos del orden Alfisol e Inceptisol de la provincia El Oro. Estos valores sugieren que son suelos moderadamente erosionados, principalmente en la ladera superior y media de la zona en estudio. Koning *et al.* (2003) en la cordillera de los andes ecuatoriano también encontraron suelos de textura fina que reduce el contenido de CO a medida que

disminuye la pendiente y aumenta la profundidad de muestreo. Por otra parte, el contenido de arcilla afecta de forma positiva al almacenamiento de CO (Ruiz Potma Goncalves *et al.*, 2017), aunque los valores de arcilla aumentaron en 30-40 cm, se

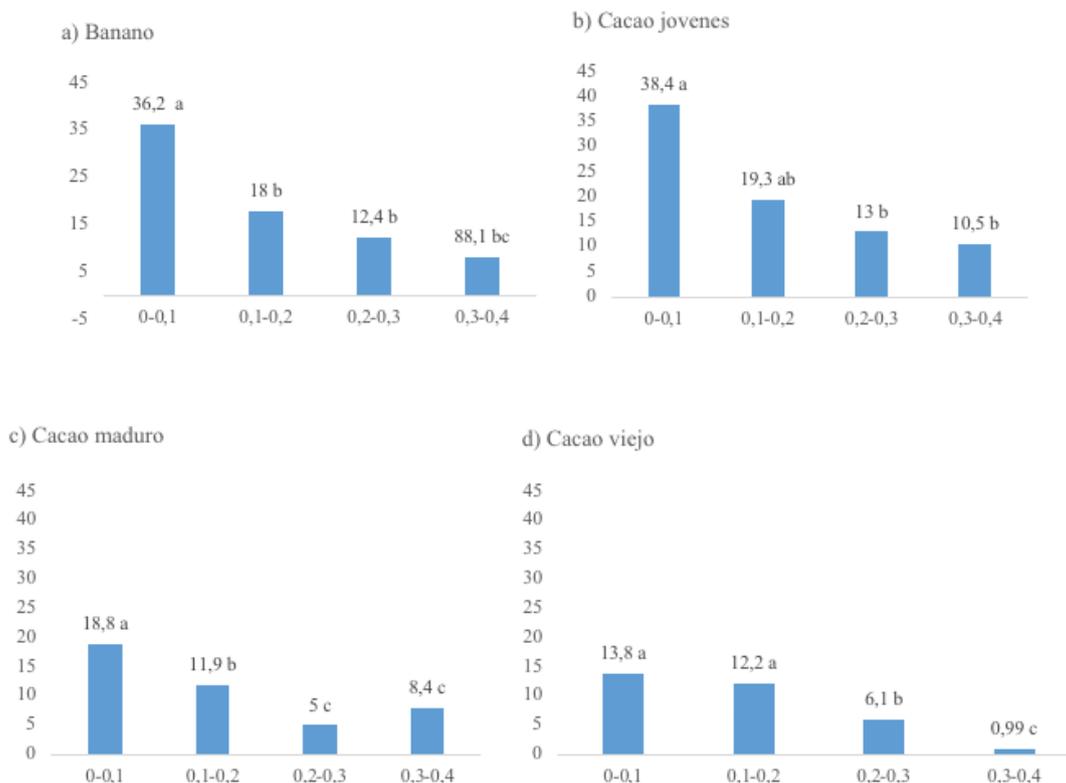
observó una relación inversa en los usos del suelo banano y cacao joven, donde el carbono disminuyó, resultados encontrados en otras investigaciones con pendientes > 20% (Beach *et al.*, 2018; de Blécourt *et al.*, 2017; Singh y Benbi, 2018).

**Tabla 2.** Análisis descriptivos de varias propiedades físicas y químicas de los usos de suelo en estudio

Usos del suelo	Profundidad (m)	Carbono (g kg)	Da (g m <sup>3</sup> )	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Banano						
	0-0,10	25,6	142	38,80	41,60	19,60
	0,10-0,20	12,2	1,52	40,40	37,20	22,40
	0,20-0,30	8,0	1,56	36,40	31,60	32,00
	0,30-0,40	5,2	1,54	34,40	28,80	36,80
Cacao joven						
	0-0,10	35,8	1,08	31,20	47,20	21,60
	0,10-0,20	15,4	1,26	30,80	36,80	32,40
	0,20-0,30	10,4	1,26	31,20	32,80	36,00
	0,30-0,40	8,4	1,26	34,00	27,60	38,40
Cacao maduro						
	0-0,10	13,2	1,46	33,60	39,20	27,20
	0,10-0,20	7,8	1,56	33,60	34,00	32,40
	0,20-0,30	3,0	1,68	34,80	30,00	35,20
	0,30-0,40	5,0	1,68	34,80	30,40	34,809
Cacao viejo						
	0-0,10	10,5	1,39	36,67	24,00	39,33
	0,10-0,20	8,2	1,47	38,00	24,00	38,00
	0,20-0,30	3,8	1,59	40,00	21,33	38,67
	0,30-0,40	7,55	1,48	38,22	23,11	38,67

Los niveles de COS almacenados mostraron diferencias significativas en todos los usos de suelo por profundidad (Figura 3). Los picos más altos de COS almacenado fue entre 0-0.10 m en cacao joven (38.4 Mg ha<sup>-1</sup>; Figura 3b), seguido de banano (36.2 Mg ha<sup>-1</sup>, Figura 3a), luego los valores descienden a la mitad entre 0.10-0.20 m (19.3 Mg

ha<sup>-1</sup> y 18.0 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Mientras que el COS almacenado en cacao maduro y cacao viejo estuvieron bajo los 18.8 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 3c) y 13.80 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 3d), respectivamente. Comportamiento del COS similar al determinado por Barrezueta Unda *et al.*, (2018) en suelos con siembra de cacao menor a 5 años en la provincia de El Oro.



**Figura 3.** Comparación de medias por uso de suelo y profundidad del carbono orgánico almacenado: a) Banano, b) Cacao joven, c) Cacao maduro, d) Cacao viejo.

El análisis estadístico de los atributos topográficos AS, LS y WTI se presentan en la Tabla 3. Los valores de AS no indican significancia estadística entre los usos del suelo. El valor más alto corresponde a las áreas de mayor pendiente ascendente (Figura 4a), para los usos de suelo cacao joven (10 286,50 m<sup>2</sup>) y banano (3 312,25 m<sup>2</sup>). En ambos usos del suelo algunos puntos de muestreo se tomaron en sitios con un micro-relieve de pendiente escarpada (cóncava), provocando valores máximos (10 142,50 m<sup>2</sup> en banano y 51 195,00 m<sup>2</sup> en cacao joven) que tienen influencia en la desviación estándar de los datos. Una mayor área de drenaje con pendiente cóncava es un factor negativo para una mayor acumulación de COS (Liu *et al.*, 2013), en este caso los suelos se ubican en sitios de aspecto cóncavo en especial entre cacao maduro y cacao viejo (Figura 2b). Así mismo, una mayor exposición solar tiene gran influencia en los tres usos de suelo de cacao (Figura 2c).

La escorrentía representada en el factor LS presenta significancia estadística ( $p < 0,05$ ) entre

el cacao joven y el cacao viejo con respecto al resto de usos del suelo, también se observa en la Figura 4b que la escorrentía toma diferentes direcciones, movilizandolos sedimentos del suelo hacia el interior de la montaña en banano y hacia el exterior en los usos del suelo cacao. El valor extrema de LS, se registra en el cacao joven (28,43) ubicado en la parte media de la montaña, y los mayores promedios por uso de suelo se ubican en: cacao joven (11,44 m<sup>2</sup>), cacao viejo (9,90 m<sup>2</sup>), banano (6,23 m); que son los usos de suelo con mayor pendiente (Tabla 1). El menor valor fue de 1,03 que corresponde al uso de suelo cacao maduro, que se encuentra en la zona de mayor acumulación de sedimentos (Figura 4b). Cambio abrupto que está en relación con el aspecto de la pendiente que es menos cóncava en el uso del suelo cacao maduro (Figura 2b).

Por otra parte, los resultado de LS son inferiores a 7,27, determinados por Moreira de Souza y Trondoli Matricardi, (2013), que probó varias resolución de MED (30x30 m y 90x90 m).

En el estudio la resolución es menor por tanto los valores del factor LS disminuyen, reduciendo la incertidumbre en la estimación de la escorrentía (Nabiollahi *et al.*, 2019).

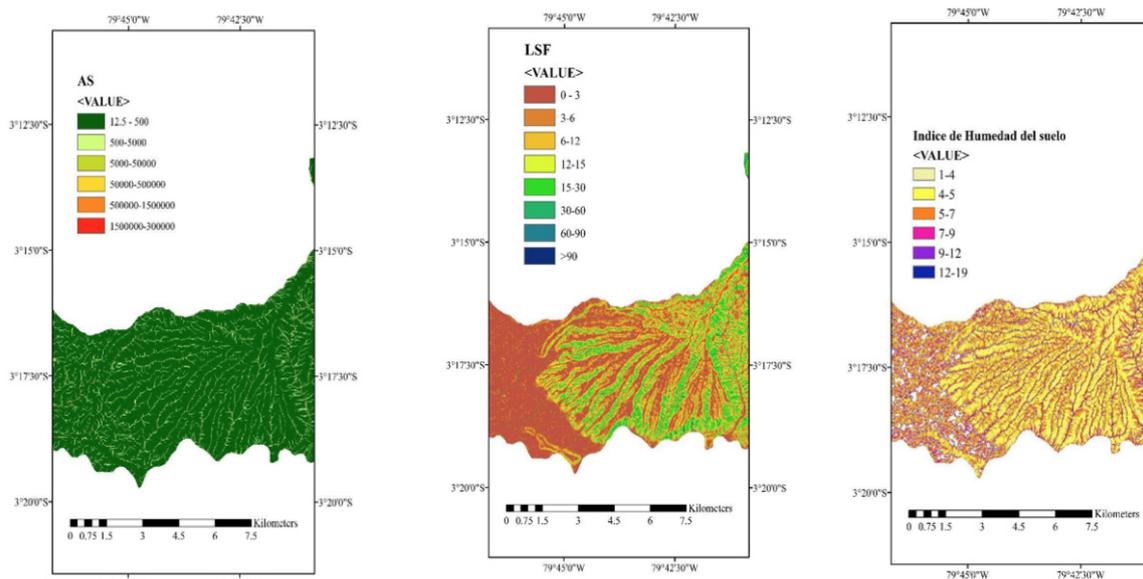
El factor de humedad medido con el índice WTI muestra significancia entre los usos del suelo. El mayor valor máximo de WTI se ubica en cacao joven (10,17), mientras que el mayor valor medio corresponde al cacao maduro (7,19) que se encuentra en el terreno más plano (Figura 4c), y el menor valor medio corresponde al cacao viejo (5,21). Sørensen *et al.* (2006) calcularon un rango de 2 a 14 del atributo WTI con un DEM de resolución 10x10 m, con aumento del índice parte plana de la montaña, similar a lo determinado en el estudio. Schmidt y Persson (2003), mencionan

al interpretar los mapas WTI, que se debe evaluar el movimiento lateral del agua en el terreno, con el rango de elevación y la pendiente, en el cacao maduro existe menor escorrentía (rango LS, 0,69-1,31) y ubicada en el pie de la montaña por tanto es un área de acumulación de sedimentos (menor elevación y pendiente) aunque se encuentra en un área de mayor exposición solar que el uso de suelo banano (Figura 2c), pero los factores señalados pudieron incidir en la significancia estadística calculada.

Por otra parte, Seibert *et al.*, (2007) encontraron una fuerte correlación entre los suelos de pH neutros en el horizonte orgánico, que mostraban valor de WTI mayores, similar efecto observado en el uso del suelo cacao maduro (Tabla 3).

**Tabla 3.** Análisis descriptivos de varias propiedades físicas y químicas de los usos de suelo en estudio

Atributos topográficos	AS			LS			WTI		
	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max
Banano	3 312,25	28,13	10	6,23 ab	2,60	14,69	634 ab	4,68	8,56
Cacao joven	10 286,50	34,38	51	11,44 a	4,72	28,43	6,14 ab	4,57	10,17
Cacao maduro	174,50 a	25,00	547,50	1,03 b	0,69	1,31	7,19 a	5,62	8,79
Cacao viejo	77,71 a	15,63	177,50	9,90 a	1,40	18,35	5,21 b	4,41	6,06



**Figura 4.** Atributos topográficos obtenidos para el área en estudio: a) Área de contribución (AS), b) factor de escorrentía o transporte de sedimentos (LS), c) índice de humedad del suelo (WTI)

La Tabla 4, indica la significancia del total de COS por uso de suelo y las diferentes capas de donde se tomaron las muestras en el factor LS. La mayor acumulación de COS por uso de suelo se produce en el cacao joven (81,26 Mg ha<sup>-1</sup>, seguido de banano (74,62 Mg ha<sup>-1</sup>), cacao maduro (44,16 Mg ha<sup>-1</sup>) y el cacao viejo (32,11 Mg ha<sup>-1</sup>), y en profundidad la capa de 0-0,10 m presentan el mayor almacén de COS con 107,23 Mg ha<sup>-1</sup>, resultados que desciende a 27,04 Mg ha<sup>-1</sup> en la última capa de 0,30-0,40 m. La interacción de los factores fijos también mostró diferencias significativas sobre el total de COS, Sin embargo, no existió diferencias estadísticas entre

la interacción cultivo x profundidad. Dorji *et al.* (2014) encontraron significancia entre los usos de suelo con los atributos topográficos de aspecto y dirección de la pendiente y una mayor acumulación de COS en la posición más alta de la montaña, atribuyendo este resultado a la acumulación de biomasa de las especies vegetales, en el estudio el factor LS pudo incidir en un transporte de CO, hacia las posiciones más baja del sitio en estudio, pero el continuo aporte de biomasa desde las plantas de banano, aunque esté en una zona de menor sombra y mayor escorrentía puede aportar mayor CO en el suelo, en especial en la primera capa.

**Tabla 4.** Análisis de varianza (ANOVA) de dos vías calculados para los factores COS total cultivo y COS total profundidad.

Factores (Mg ha <sup>-1</sup> )	Usos del suelo				p-valor 0.05		
	Banano	Cacao joven	Cacao maduro	Cacao viejo	AS	LS	WTI
Total COS cultivo	74,62	81,26	44,16	32,11	0,184	0,001	0,19
Total COS profundidad	107,23	61,41	36,47	27,04			
interacción						0,002	
Cacao viejo						0,12	

#### IV. CONCLUSIONES

Los usos de suelo con mayor almacenamiento de carbono en el sitio El Progreso, corresponde a los usos de suelo cacao joven y banano, que se localizan en la sección media y alta de la montaña respectivamente. En todos los usos de suelo la mayor acumulación de COS se presenta en la primera capa con descenso a medida que se profundiza el muestreo.

El uso de suelo cacao maduro mostró el menor y mayor pico del factor LS y de WTI, en ese orden. También se determinó diferencias significativas con el factor LS por cultivo. Por tanto, la escorrentía (LS) es el atributo topográfico que más influye en el almacenamiento de COS.

#### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrezueta-Unda, S., Prado-Carpio, E., & Jimbo-Sarmiento, R. (2017). Características del Comercio de cacao a nivel intermediario en la provincia de El Oro-Ecuador. *European Scientific Journal*, 13(16), 273–282. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n16p273>

Barrezueta-Unda, S., Velepucha, K., Solano, M., & Hurtado, L. (2020). Secuestro de carbono orgánico del suelo en pastizales de la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 13(32), 14–26. <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/901/1002>

Barrezueta Unda, S., Luna-Romero, E., & Barrera-León, J. (2018). Almacenamiento del carbono en varios suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro-Ecuador. *Agroecosistemas*, 6(1), 147–154.

Beach, T. P., Ulmer, A., Beach, T., Ulmer, A., Cook, D., Brennan, M. L., Luzzadder-beach, S., Doyle, C., Eshleman, S., & Krause, S. (2018). Geoarchaeology and tropical forest soil catenas of northwestern Belize. *Quaternary International*, 463(January), 198–217. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.02.031>

Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24(1), 43–69. <https://doi.org/10.1080/02626667909491834>

- de Blécourt, M., Corre, M. D., Paudel, E., Harrison, R. D., Brumme, R., & Veldkamp, E. (2017). Spatial variability in soil organic carbon in a tropical montane landscape: associations between soil organic carbon and land use, soil properties, vegetation, and topography vary across plot to landscape scales. *SOIL*, 3(3), 123–137. <https://doi.org/10.5194/soil-3-123-2017>
- Dorji, T., Odeh, I., & Field, D. (2014). Vertical Distribution of Soil Organic Carbon Density in Relation to Land Use/Cover, Altitude and Slope Aspect in the Eastern Himalayas. *Land*, 3(4), 1232–1250. <https://doi.org/10.3390/land3041232>
- ESRI. (2014). *ArcGIS* (10.3). [www.esri.com](http://www.esri.com)
- Garcia-Pausas, J., Casals, P., Camarero, L., Huguet, C., Sebastià, M.-T., Thompson, R., & Romanyà, J. (2007). Soil organic carbon storage in mountain grasslands of the Pyrenees: effects of climate and topography. *Biogeochemistry*, 82(3), 279–289. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9071-9>
- Hamer, U., Potthast, K., Burneo, J. I., & Makeschin, F. (2013). Nutrient stocks and phosphorus fractions in mountain soils of Southern Ecuador after conversion of forest to pasture. *Biogeochemistry*, 112(1–3), 495–510. <https://doi.org/10.1007/s10533-012-9742-z>
- Koning, G. H. J. De, Veldkamp, E., & López-Ulloa, M. (2003). Quantification of carbon sequestration in soils following pasture to forest conversion in northwestern Ecuador. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(4), 1–12. <https://doi.org/10.1029/2003GB002099>
- Liu, F., Zhang, G.-L., Sun, Y.-J., Zhao, Y.-G., & Li, D.-C. (2013). Mapping the Three-Dimensional Distribution of Soil Organic Matter across a Subtropical Hilly Landscape. *Soil Science Society of America Journal*, 77(4), 1241–1253. <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0317>
- Malone, B. P., McBratney, A. B., Minasny, B., & Laslett, G. M. (2009). Mapping continuous depth functions of soil carbon storage and available water capacity. *Geoderma*, 154(1–2), 138–152. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.10.007>
- Moore, I. D., & Wilson, J. P. (1992). Length-slope factors for the revised universal soil loss equation: simplified method of estimation. *Journal of Soil & Water Conservation*, 47(5), 423–428.
- Moreira de Souza, G., & Trondoli Matricardi, E. A. (2013). Análise comparativa dos modelos de elevação SRTM, ASTER GDEM e TOPODATA para estimar o fator topográfico da USLE. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 4435–4442.
- Nabiollahi, K., Eskandari, S., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R., & Triantafyllis, J. (2019). Assessing soil organic carbon stocks under land-use change scenarios using random forest models. *Carbon Management*, 10(1), 63–77. <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1553434>
- Paul, S., Flessa, H., Veldkamp, E., & López-Ulloa, M. (2008). Stabilization of recent soil carbon in the humid tropics following land use changes: evidence from aggregate fractionation and stable isotope analyses. *Biogeochemistry*, 87(3), 247–263. <https://doi.org/10.1007/s10533-008-9182-y>
- Ruiz Potma Goncalves, D., Sá, J. C. de M., Mishra, U., Cerri, C. E. P., Ferreira, L. A., & Furlan, F. J. F. (2017). Soil type and texture impacts on soil organic carbon storage in a sub-tropical agro-ecosystem. *Geoderma*, 286, 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.10.021>
- SAGARPA. (2012). Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo. In *Línea de Base del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales Subíndice* (pp. 1–66). FAO.
- Schmidt, F., & Persson, A. (2003). Comparison of DEM data capture and topographic wetness indices. *Precision Agriculture*, 4(2), 179–192. <https://doi.org/10.1023/A:1024509322709>
- Seibert, J., Stendahl, J., & Sørensen, R. (2007). Topographical influences on soil properties in boreal

- forests. *Geoderma*, 141(1–2), 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.05.013>
- Senthilkumar, S., Kravchenko, A. N., & Robertson, G. P. (2009). Topography Influences Management System Effects on Total Soil Carbon and Nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*, 73(6), 2059. <https://doi.org/10.2136/sssaj2008.0392>
- Singh, P., & Benbi, D. K. (2018). Soil organic carbon pool changes in relation to slope position and land-use in Indian lower Himalayas. *Catena*, 166(March), 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.006>
- Sørensen, R., Zinko, U., & Seibert, J. (2006). On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(1), 101–112. <https://doi.org/10.5194/hess-10-101-2006>
- Startsoft. (2007). *Statistica* (No. 8). [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- Wang, X., Yoo, K., Wackett, A. A., Gutknecht, J., Amundson, R., & Heimsath, A. (2018). Soil organic carbon and mineral interactions on climatically different hillslopes. *Geoderma*, 322(2), 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.021>
- Wilcke, W., Yasin, S., Abramowski, U., Valarezo, C., & Zech, W. (2002). Nutrient storage and turnover in organic layers under tropical montane rain forest in Ecuador. *European Journal of Soil Science*, 53, 15–27.
- Wischmeier, W., & Smith, D. (1975). Predicting rainfall erosion losses: Losses from cropland east of the Rocky Mountains. In *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning* (p. 60 pp). Department of Agriculture.
- Zhang, X., Liu, M., Zhao, X., Li, Y., Zhao, W., Li, A., Chen, S., Chen, S., Han, X., & Huang, J. (2018). Topography and grazing effects on storage of soil organic carbon and nitrogen in the northern China grasslands. *Ecological Indicators*, 93(June), 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.068>
- Zhao, W., Zhang, R., Huang, C., Wang, B., Cao, H., Koopal, L. K., & Tan, W. (2016). Effect of different vegetation cover on the vertical distribution of soil organic and inorganic carbon in the Zhifanggou Watershed on the loess plateau. *Catena*, 139, 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.003>
- Zhu, M., Feng, Q., Qin, Y., Cao, J., Li, H., & Zhao, Y. (2017). Soil organic carbon as functions of slope aspects and soil depths in a semiarid alpine region of Northwest China. *CATENA*, 152, 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.01.011>

## Calidad morfológica en plántulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal

Guillermo, Romero-Marcano<sup>1</sup>; Ramón, Silva-Acuña<sup>2\*</sup>; Iván José, Maza<sup>3</sup>

### Resumen

Con el objetivo de evaluar la calidad morfológica de plántulas de moringa producidas en sustratos compuestos por suelo de textura areno francosa y estiércol seco y tamizado de bovino, ovino, porcino, equino, cunícola, pollinaza y gallinaza, mezclados en proporción 2:1 (v/v), respectivamente, y previamente caracterizados física y químicamente; se condujo un experimento en casa de cultivo, en el diseño de bloques al azar con siete tratamientos, tres repeticiones, 18 plántulas por unidad experimental y cuatro plántulas útiles. Se cuantificó el índice de velocidad y el porcentaje total de emergencia (IVE y PE respectivamente), la evolución del índice de esbeltez e índice de esbeltez final en las plántulas y otros índices de calidad correspondiente a biomasa fresca aérea y radicular a los 42 días después de la siembra. Las variables cuantificadas fueron procesadas por prueba de Friedman y análisis de varianza y comparadas mediante suma de rangos y contrastes ortogonales al 5% de significancia. Tanto para el IVE como para el PE, los sustratos a base de estiércol porcino, equino y bovino presentaron los valores más elevados, mientras los sustratos con pollinaza y gallinaza no resultaron adecuados. Las curvas evolutivas del índice de esbeltez en los sustratos con estiércol porcino y cunícola mantuvieron ritmo de crecimiento aéreo sostenido. El sustrato suelo - estiércol porcino resultó la mejor opción para la crianza de moringa en condiciones de vivero. El índice de Dickson, permitió indicar calidad para las plántulas de moringa en condiciones de vivero.

**Palabras clave:** Sustratos orgánicos, emergencia e índices de calidad

## Morphological quality in moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Seedlings produced in substrates composed of soil and animal manure

### Abstract

In order to evaluate the morphological quality of moringa seedlings produced on substrates composed of loamy sand textured soil and dry and sieved bovine, ovine, porcine, equine, rabbit, chickens and poultry manure, mixed in proportion 2: 1 (v/v), respectively, and previously characterized physically and chemically; an experiment was conducted in the grow house, in the design of randomized blocks with seven treatments, three repetitions, 18 seedlings per experimental unit and four useful seedlings. The speed index and the total percentage of emergence (IVE and PE respectively), the evolution of the slenderness index and final slenderness index in the seedlings and other quality indexes corresponding to fresh aerial and root biomass were quantified 42 days after sowing. The quantified variables were processed by Friedman test and analysis of variance and compared by sum of ranges and orthogonal contrasts at 5% significance. For both EVI and SP, substrates based on pig, horse and cattle manure showed the highest values, while substrates with chickens and poultry manure were not suitable. The evolutionary curves of the slenderness index for substrates with pig and rabbit manure maintained a sustained air growth rate. The soil-pig manure substrate was the best option for raising moringa in nursery conditions. Dickson's index indicated quality for moringa seedlings in nursery conditions.

**Keywords:** Organic substrates, emergency and quality indices.

**Recibido:** 14 de febrero de 2020

**Aceptado:** 28 de julio de 2020

<sup>1</sup> Ingeniero en producción animal; Docente de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos, Venezuela; guillermo.ro80@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7324-4354>

<sup>2</sup> PhD. Docente del Postgrado de Agricultura Tropical; Universidad de Oriente, Campus Juanico, Maturín, Venezuela; [dramonsilvaa@gmail.com](mailto:dramonsilvaa@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-1235-9283>

<sup>3</sup> Doctor en Ciencias Agrícolas; Docente del Postgrado de Agricultura Tropical, Universidad de Oriente, Campus Juanico, Maturín, Venezuela; [imaza.udomonagas@gmail.com](mailto:imaza.udomonagas@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-9539-6364>

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

## I. INTRODUCCIÓN

Catalogado como “El árbol milagroso”, la moringa resulta un cultivo muy atractivo, se caracteriza por presentar alto contenido de proteína en sus hojas, ser fuente valiosa de vitamina A y calcio, posee propiedades antimicrobianas e incluso potencialidades en la prevención y tratamiento del cáncer; además, es señalado para el control del colesterol y glucosa sanguínea (Olson y Fahey, 2011) con propiedades terapéuticas para tratar asma, epilepsia, enfermedades visuales y cutáneas, así como también fiebre y hemorroides (Sanjay y Dwivedy, 2015). Entre sus bondades industriales, resalta el tratamiento de aguas turbias (Lijesh y Malhotra, 2016) y la producción de biodiesel (Mofijur *et al.*, 2014).

Para el establecimiento de plantaciones de moringa, se requiere la producción de plántulas en condiciones de vivero y es de particular importancia su calidad. El término calidad de plántula fue definido por Thompson (1985) como el mejor balance de crecimiento entre el tallo y la raíz, relacionado con mayor supervivencia post trasplante; otros autores la definen como, la capacidad de adaptación y desarrollo de las plantas a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de siembra, influenciada por las

características del germoplasma y de las técnicas de reproducción en vivero (Valenzuela *et al.*, 2005; García, 2006; Prieto *et al.*, 2009).

La calidad de la planta suele ser relativa y depende del tipo de variable utilizada en su determinación, existen cuatro tipos de calidades: Calidad genética, biológica, fisiológica, y morfológica; siendo esta última entendida como la respuesta fisiológica de la plántula a condiciones agroclimáticas y de manejo (Serrada *et al.*, 2005). Para determinar la calidad morfológica, se utilizan variables cuantitativas y cualitativas. Entre las cuantitativas se pueden mencionar la altura, diámetro de tallo, número de hojas, biomasa aérea y radicular, forma y desarrollo radicular y consistencia del pilón (Quiroz *et al.*, 2001); para las cualitativas se considera el aspecto y desarrollo de la plántula, entre otras la capacidad de colonización del pilón, presencia o ausencia de raíz principal, cantidad de raíces secundarias y raíces suculentas y color de las raíces (Domínguez *et al.*, 2001).

La interpretación de las variables puede resultar difícil y en ocasiones engañosa, por ello se han desarrollado diferentes índices (Dickson *et al.*, 1960; Thompson, 1985) para evaluar calidad de plántula (Cuadro 1) permitiendo estándares de producción en vivero de acuerdo a la especie (Quiroz *et al.*, 2001).

**Cuadro 1.** Índices morfológicos de calidad de plántulas en vivero

Índice	Objetivo	Ecuación	Interpretación de la calidad
Esbeltez <sup>1</sup>	Prever la supervivencia y crecimiento post trasplante	$IE = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$	Las menores dimensiones son las adecuadas
Relación Pa/Pr <sup>1</sup>	Predecir la supervivencia post trasplante	$PAR = \frac{\text{Masa aérea (g)}}{\text{Masa radicular (g)}}$	
Índice de Dickson (QI) <sup>2</sup>	Diferenciar plantas aptas para siembra	$ICD = \frac{\text{Masa total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Masa aérea (g)}}{\text{Masa radicular (g)}}}$	Magnitudes cercanas a la unidad son las deseables
Lignificación (IL) <sup>3</sup>	Determina el porcentaje de lignificación	$IL = \left[ \frac{\text{Masa seca total (g)}}{\text{Masa húmeda total (g)}} \right] 100$	Valores altos son los recomendados

<sup>1</sup>Birchler *et al.* (1998); <sup>2</sup>Dickson *et al.* (1960); <sup>3</sup>Muñoz *et al.* (2014).

Entre las particularidades de estos cuatro índices morfológicos, destacan:

- **Índice de esbeltez:** indicador de la resistencia de la planta y relacionado con las variables, desecación por el viento, supervivencia y crecimiento potencial en sitios secos. El valor calculado debe ser

menor a seis, y el menor valor indica que se trata de arbolitos más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad; mientras que, valores superiores a seis presentan predisposición a daños por viento, sequía y helada (Rodríguez, 2008).

- **Relación parte aérea / parte radicular**

**(Pa/Pr):** Esta proporción representa una adecuada relación entre las masas secas aérea y radicular, que debe fluctuar entre 1,5 y 2,5; valores mayores indican desproporción entre masas y describen un sistema radicular insuficiente para suministrar nutrimentos a la parte aérea de la plántula (Morales, 2018).

- **Índice de Dickson (QI):** Dickson *et al.* (1960), proponen una relación basada en otros índices; este valor permite obtener un coeficiente de calidad específico para cada situación, que revela mejores evidencias de las diferencias biométricas entre plántulas de una muestra y predice su comportamiento post trasplante. El coeficiente se interpreta de la siguiente manera, mientras más elevado sea su valor en una planta o muestra de ellas, mejor es la calidad, con respecto a las otras (Rodríguez, 2008).
- **Índice de lignificación:** El crecimiento es considerado “el incremento irreversible de materia seca o volumen, como función del genotipo y el complejo ambiental” (Krug, 1997), por ello, el valor porcentual de lignificación se utiliza como indicador de la calidad y potencial de la plántula para sobrevivir en campo. Su valor representa la proporción de materia seca desarrollada, al señalar el grado de lignificación o endurecimiento de las estructuras morfológicas (Sáenz *et al.*, 2010).

Las diferencias de un vivero a otro, en términos de calidad morfológica o fisiológica de las plántulas, se fundamentan de acuerdo al objetivo de producción, experiencia e insumos disponibles. Entre los factores de manejo vinculados a la calidad de plántula se indican, tamaño del contenedor, densidad de siembra, técnica de trasplante, tipo de sustrato, riego, fertilización, inoculantes, temperatura, luz, manejo de la raíz; además, se agregan, los cuidados fitosanitarios, el apropiado endurecimiento (Rodríguez, 2008) y el germoplasma (Rojas, 2002).

El éxito en la producción de plántulas depende del sustrato (Ruano, 2003), siendo la mezcla cuidadosamente elegida, para repercutir positivamente en el porcentaje y velocidad de emergencia (Aparicio *et al.*, 1999); de manera similar,

influencia la biomasa aérea de la planta (Arteaga *et al.*, 2003) determinando su calidad (Arteaga *et al.*, 2003 y Valenzuela *et al.*, 2005). Por otro lado, se considera sustrato a todo material sólido, natural, sintético o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo *in situ*, que permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando papel de soporte para la planta (Terés, 2001) y al mismo tiempo interviene en la nutrición de la misma (Quiroz *et al.*, 2009).

La FAO (2002) establece algunas características ideales para el sustrato: 1-elevada capacidad de retención de agua y de fácil disponibilidad (20-30%); 2-elevada aireación (20-30%); 3-baja densidad aparente  $0,22 \text{ (g.cm}^3\text{)}^{-1}$ , elevada porosidad (85%), baja salinidad ( $2 \text{ mS.cm}^{-1}$ ), elevada capacidad tampón (pH de 5,5 a 6,5), lenta descomposición, estructuralmente estable, reproducible, disponible y manejable, así como de menor costo.

La materia orgánica es uno de los componentes fundamentales de los sustratos, cuya finalidad básica es aumentar la capacidad de retención de agua y nutrimentos para las plantas, es por ello, que el estiércol de bovinos y de otros animales son muy utilizados como fuente orgánica en la composición de los sustratos para diversos tipos de cultivo (Dos Santos *et al.*, 2014). Los subproductos pecuarios poseen propiedades favorables para ser incorporados al sustrato agrícola, por su riqueza en materia orgánica, nutrimentos esenciales (NPK) y, en oligoelementos, involucrados en diversos procesos fisiológicos; así como también por sus tenores de agua y presencia de microorganismos benéficos (Soto, 2003).

En sistemas de producción animal, los excrementos sólidos y semisólidos denominados estiércoles, corresponden a mezclas de orina, heces y alimento desperdiciado. La composición física y química del estiércol difiere entre granjas, en función de la especie producida, su alimentación y las condiciones particulares de producción y procesamiento del estiércol (Dao y Cavigelli, 2003).

La composición media nutrimental de los estiércoles más utilizados en agricultura se presenta en el Cuadro 2., el estiércol porcino y la gallinaza destacan como materiales ricos en nutrimentos de fácil liberación, entre los menos nutritivos se ubican los estiércoles de bovino y equino, fuertemente condicionados por su alta relación C/N (Romero, 1997).

**Cuadro 2.** Contenido total de nutrimentos en algunos estiércoles de origen animal

Variable	Tipos de estiércol						
	Bovino	Ovino	Porcino	Equino	Cunícola	Pollinaza	Gallinaza
Humedad (%)	36	18	20	25	72	29	30
pH	8	7,5	7,2	7	-	-	7,4
Materia orgánica (%)	70	55	68	60	14,18	53	70
Nitrógeno total (%)	1,5	2,5	3,7	1,2	0,4	3,3	3,7
Fosforo (%)	0,6	0,6	2	0,2	0,5	0,4	2,2
Potasio (%)	2,5	2,2	30	2,5	0,6	0,9	2,7
Calcio (%)	3,2	8	7,5	6	-	1,27	5,7
Magnesio (%)	0,8	0,2	2,3	0,2	-	-	1
Sodio (%)	1,6	0,1	0,3	0,1	-	-	1,1
Zinc (ppm)	130,6	-	-	-	-	-	516
Manganeso (ppm)	264	-	-	-	-	-	474
Hierro (ppm)	354	-	-	-	-	-	4902
Relación C/N	26	18	13	33	19	-	11
Mineralización (% 1 <sup>er</sup> año)	35	32	65	30	-	-	90

Fuente. Romero (1997); FEADER (2018)

Ante los anteriores argumentos y evidencias bibliográficas se plantea esta investigación con el objetivo de evaluar la calidad morfológica para plántulas de moringa (*M. oleifera* Lam.) producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

## II. MATERIALES Y METODOS

### Ubicación del estudio

El ensayo se realizó en casa de cultivo del Postgrado en Agricultura Tropical ubicado en *Campus* Juanico, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, en Maturín, localizado entre las coordenadas 9° 45' LN y 63° 11' LO, a la altitud de 65 m y temperatura promedio anual de 26,37 °C (INE, 2009). El experimento se condujo por 42 días, a partir de la siembra.

### Preparación de los sustratos y colmado de envases

Se utilizó estiércol de siete especies de interés zootécnico: bovino, ovino, porcino, equino, cunícola, pollo de engorde (Pollinaza) y gallina ponedora (Gallinaza); obtenidos en las Fincas “La Campiña”, “Oripopo”, “La Bufalera” y “Las Palmas Ranch”, del municipio Maturín, estado Monagas. Las muestras fueron recolectadas directamente del sitio de almacenamiento, secadas bajo techo y pasadas por tamiz de 5 mm.

Se empleó suelo de textura areno francosa (aF), proveniente de la Finca “La Campiña”, ubicada en la parroquia San Simón, municipio Maturín, y se mezcló con cada estiércol tamizado y seco en la proporción 2:1 (v/v), respectivamente. Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 2 kg de capacidad y el llenado se realizó manualmente. Los sustratos experimentales fueron caracterizados físicas y químicamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Caracterización físico-química de los sustratos experimentales (estiércol+suelo)

Sustrato	Granulometría (%)		Porcentaje			Da	pH	CE	P
	<2mm	≥2mm	PT	Pa	MO	mg/m3		ms.cm-1	ppm
Bovino	18	82	39,18	1,17	12,82	0,99	6,64	0,0041	23,2
Ovino	28	72	41,22	3,22	19,39	0,85	7,08	0,0101	70,0
Porcino	16	84	39,47	1,46	10,94	1,04	5,65	0,0046	62,8
Equino	22	78	45,61	6,14	11,26	0,85	6,89	0,0060	44,8
Cunícola	19	81	41,52	3,51	17,01	0,92	7,38	0,0046	77,6
Pollinaza	36	64	42,10	4,09	18,71	0,93	7,82	0,0088	78,8
Gallinaza	34	66	41,96	3,22	29,29	0,88	8,18	0,2831	79,6

PT: Porosidad total; Pa: Porosidad de aireación; MO: Materia orgánica; Da: Densidad aparente; CE: Conductividad eléctrica y tenores de fosforo (P).

### Selección de semillas y siembra

Se utilizó semillas de moringa cosechadas en abril-2019, provenientes de un banco de semillas ubicado en el sector Paso Hondo, municipio Ezequiel Zamora, estado Monagas. De la semilla cosechada, se realizó una selección en relación a tamaño, apariencia uniforme en coloración y sin lesiones en el tegumento. Se sembraron 2 semillas por bolsa, a 2 cm de profundidad, a continuación el sustrato fue saturado con agua corriente y de allí en adelante se aplicó riego con frecuencia interdiaria. Una vez ocurrida la emergencia se mantuvo una planta por bolsa y el raleo se realizó con una tijera.

### Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques al azar con siete tratamientos representados por los siguientes sustratos compuestos de suelo y estiércol animal: S<sub>1</sub>: bovino; S<sub>2</sub>: ovino; S<sub>3</sub>: porcino; S<sub>4</sub>: equino; S<sub>5</sub>: cunícola; S<sub>6</sub>: pollinaza y S<sub>7</sub>: gallinaza; con tres repeticiones por tratamiento, para un total de 21 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental estuvo representada por lotes de 18 plántulas, de las cuales fueron evaluadas las cuatro plántulas centrales. Se cuantificó el índice de velocidad de emergencia y porcentaje total de emergencia, así como también la evolución del índice de esbeltez e índice de esbeltez final en las plántulas y otros índices de calidad correspondiente a biomasa fresca aérea y radicular.

### Índice de velocidad de emergencia y porcentaje total de emergencia

Por unidad experimental durante los primeros 14

días post siembra, se realizó conteo diario del número de plántulas emergidas; posteriormente se calculó el índice de velocidad de emergencia (IVE) mediante la expresión propuesta por Maguire (1962):

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{N_i}$$

En donde:

Xi= Número de plántulas emergidas por día; Ni=Número de días después de la siembra; n= Número de conteos 1, 2..., n conteos. El porcentaje total de emergencia (%E) por unidad experimental, se obtuvo mediante el conteo del total de plántulas emergidas a los 14 días post siembra, sustituido en la expresión descrita por García-López *et al.* (2016):

$$\% E = \frac{\text{Numero plántulas emergidas en el ultimo conteo}}{\text{Numero de semillas sembradas}}$$

### Evolución del índice de esbeltez e índice de esbeltez final en plántula

Por unidad experimental, entre los 14 y 42 días post siembra, se cuantificó a intervalos de siete días: la altura en cm, mediante una cinta métrica rígida, desde la base del tallo hasta la yema apical de la planta y el diámetro del tallo (mm) mediante un vernier digital Mitutoyo Absolute Digimatic, colocado a nivel del cuello de la plántula.

Con los valores de altura y diámetro del tallo, se calculó en cada momento, el índice de esbeltez, mediante el cociente entre la altura (cm) y el diámetro del tallo (mm) (Birchler *et al.*, 1998); y a los 42 días post siembra, se calculó el índice de esbeltez final.

**Otros índices de calidad en plántula**

A los 42 días después de la siembra se determinó, la biomasa fresca aérea y radicular: Las fracciones aérea y radicular de cada plántula fueron pesadas en fresco, en balanza analítica OHAUS Adventurer SL AS214; adicionalmente se determinó volumen radicular (cm<sup>3</sup>) por el principio de Arquímedes, colocando cada raíz en un cilindro graduado con volumen de agua conocido. Las fracciones aérea y radicular de cada plántula fueron colocadas en bolsas de papel y llevadas a estufa de ventilación forzada MENMERT, Western Germany, a 75 °C, hasta obtener peso seco constante; cuantificándose la masa del material deshidratado, en balanza analítica OHAUS Adventurer SL AS214, determinándose de esta manera la biomasa seca aérea y radicular:

A partir de dicha información, se calcularon los tres índices de calidad:

1. Relación parte aérea/parte radicular (Pa/Pr): el cociente masa seca aérea (g) entre masa seca raíz (g).
2. Calidad de Dickson (QI): (Birchler *et al.*,

$$QI = \frac{\text{Masa total seca}}{\text{Índice de esbeltez} + \text{Relación MA/MR}}$$

3. Lignificación (IL): cociente masa seca total entre la masa fresca total por cien (Muñoz *et al.*, 2014).

**Análisis estadístico**

Los valores obtenidos en las variables cuantificadas y/o determinadas fueron sometidos a análisis exploratorio de parametricidad, mediante las pruebas de Levene y Wilk Shapiro para comprobar homogeneidad de varianzas y normalidad de los errores, respectivamente. Las variables cuantificadas que no cumplieron los supuestos para el análisis de varianza fueron analizadas por vía no paramétrica empleando la prueba de Friedman y las diferencias significativas interpretadas por comparación de suma de rangos.

Los índices de calidad calculados a los 42 días post siembra (Esbeltez final, relación Pa/Pr, Calidad de Dickson y Lignificación) fueron analizados mediante procedimiento ANAVA y las diferencias significativas entre sustratos fueron interpretadas mediante contrastes ortogonales (Silva-Acuña *et al.*,

2000) (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Contrastes ortogonales elaborados en función de la estructura de los tratamientos o sustratos evaluados.

Tratamientos o sustratos	Contrastes ortogonales			
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
Bovino	-3	-1	0	0
Ovino	-3	1	0	0
Porcino	2	0	-2	0
Equino	2	0	1	-1
Cunícola	2	0	1	1
ΣC <sub>i</sub> <sup>2</sup>	30	2	6	2

En el planteamiento de las hipótesis expresadas en cada uno de los contrastes indicados en el Cuadro 4 se observa las siguientes comparaciones ortogonales: C<sub>1</sub>-Sustratos de rumiantes (Bovino y Ovino) vs. Sustratos de no rumiantes (Porcino, Equino y Cunícola); C<sub>2</sub>-Dentro de los rumiantes: Sustrato bovino vs. Sustrato ovino; C<sub>3</sub>-Dentro de los no rumiantes: Sustrato de omnívoro (Porcino) vs. Sustrato de herbívoro (Equino y Cunícola); C<sub>4</sub>-Dentro de no rumiantes herbívoros: Sustrato Equino vs Sustrato Cunícola.

Las relaciones funcionales entre el índice de esbeltez por sustrato y el tiempo fueron estudiadas mediante análisis de regresión, considerando como variable independiente el tiempo (días post siembra) y como variable dependiente el índice de esbeltez. Para las variables altura (cm), diámetro de tallo (mm) y volumen radicular (cm<sup>3</sup>) a los 42 días post siembra, se calculó por sustrato, la estadística descriptiva referida a los valores de la media, desviación estándar y coeficiente de variación (%).

Los procedimientos estadísticos fueron realizados con el programa InfoStat versión 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018), considerando el nivel de significancia a 5% de probabilidad.

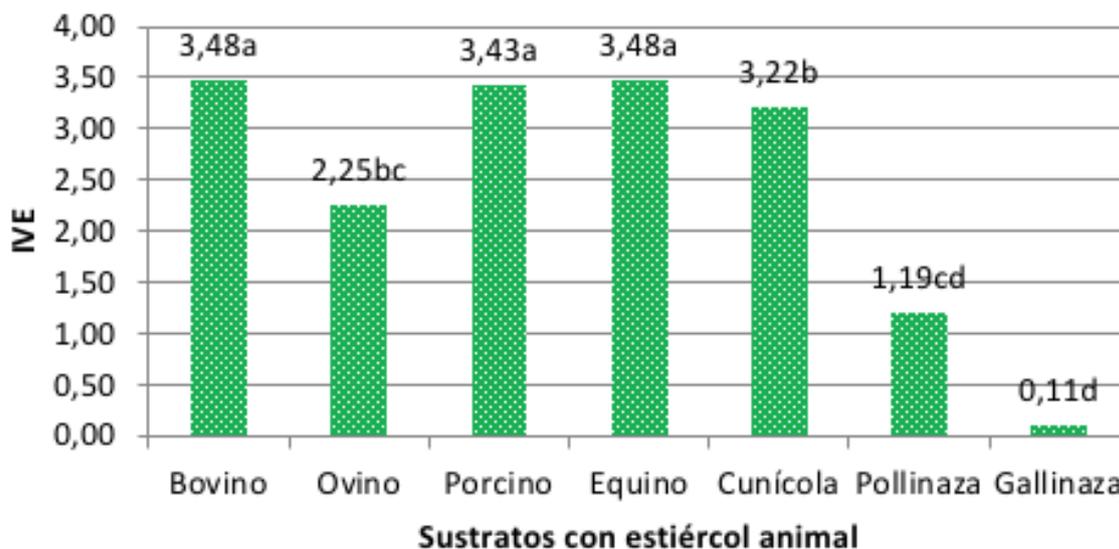
**III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Índice de velocidad de emergencia y porcentaje total de emergencia en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal**

En la Figura 1 se presentan los índices de velocidad de emergencia (IVE) obtenidos en los siete sustratos de origen animal evaluados. El análisis estadístico detectó diferencias significativas a favor

de los sustratos: bovino, porcino y equino, similares entre si y distintos de los demás sustratos, con valores de 3,48; 3,43 y 3,48; respectivamente, un segundo grupo representado por el sustrato cunícola

con índice de velocidad de emergencia de 3,22 y el tercer grupo con los menores valores de IVE que agrupan los sustratos ovinos, pollinaza y gallinaza con índices de 2,25, 1,19 y 0,11 respectivamente.



F (Levene) = 2,07ns; W (Wilk Shapiro) = 0,88\*; (a, b, c y d) Valores promedios con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente por suma de rangos al 5% de probabilidad.

**Figura 1.** Índice de velocidad de emergencia (IVE) de plántulas de moringa en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

Los sustratos bovino, equino o porcino ofrecieron a la semilla de moringa condiciones adecuadas para la germinación efectiva y rápida emergencia de las plántulas, siendo que desde el punto de vista químico estos sustratos (Cuadro 3), presentan valores de pH ligeramente ácido y CE baja en comparación al resto de ellos, condiciones estas consideradas ideales para producir plántulas forestales (Toral *et al.*, 2000); sin embargo, aunque se insista en la literatura que *M. oleifera* presenta gran plasticidad ecológica y edafoclimática, con amplia tolerancia de pH como señalado por Cerrato (2013); Mendoza (2013); Padilla *et al.* (2017), en el presente estudio se muestra de manera consistente, la evidente particularidad de preferencia del cultivo por específicas características del sustrato, en relación al pH y la conductividad eléctrica.

En relación a la velocidad de emergencia de la semilla, se observó disminución a medida que aumenta el tenor de pH y CE en el sustrato (Cuadro 3), condición esta que causó inhibición o retraso en la aparición de plántulas en los sustratos más alcalinos y/o con más contenido de sales (Romero-

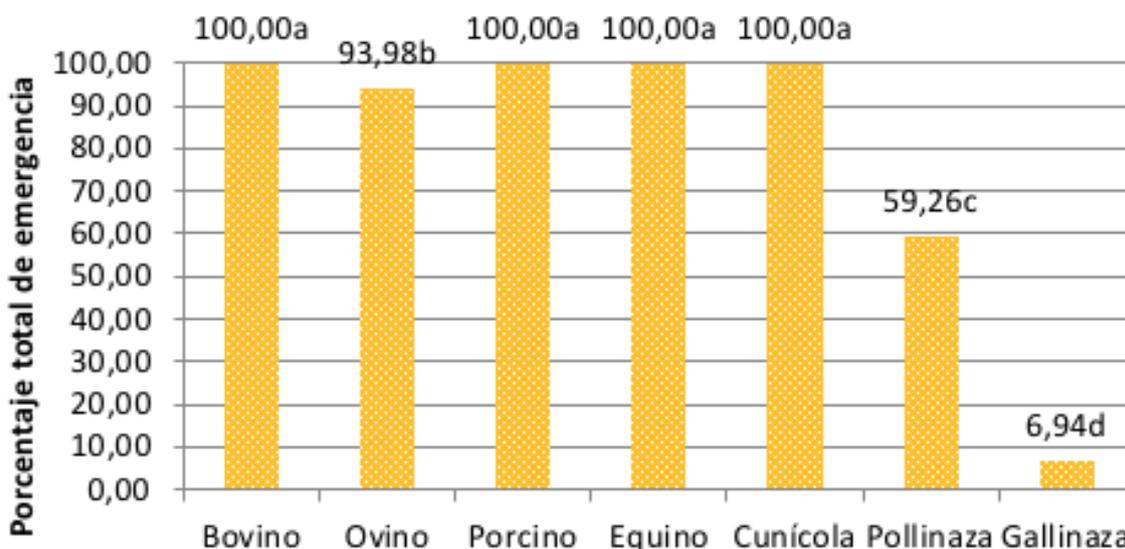
Marcano *et al.*, 2018). En tal sentido, los sustratos de aves (Pollinaza y gallinaza) resultan ser los menos favorables, debido a su alto contenido de bases y sales, combinado con niveles elevados de nitrógeno amoniacal. Este comportamiento está asociado a la dieta que reciben esas especies en sistemas intensivos (FEADER, 2018). El sustrato pollinaza resultó menos agresivo, posiblemente debido a la incorporación de cascarilla de arroz, que equilibra su relación C/N como fue señalado por Sosa *et al.* (2016).

El porcentaje total de emergencia obtenido por sustrato se muestra en la Figura 2. Se observa la formación de cuatro grupos de tratamientos diferentes entre sí. Las diferencias significativas observadas refuerzan el comportamiento descrito anteriormente, siendo que, los sustratos bovino, porcino, equino y cunícola lograron 100% de plántulas emergidas a los 14 días post siembra y fueron similares estadísticamente y diferentes de los demás, seguidos del sustrato ovino con 93,98% diferente de todos los otros sustratos, mientras los sustratos de aves, pollinaza y gallinaza, registraron los menores valores de emergencia total de 59,26 y

6,94%, siendo estadísticamente distintos a los demás y entre sí.

Los sustratos con estiércol de aves, a pesar de sus virtudes nutritivas (Cuadro 2), resultaron inviables para la producción de plántulas de moringa, esto porque en condiciones comerciales se esperaría un rendimiento mínimo de 80% de plántulas vivas, que

pueda justificar la inversión realizada (Bauer *et al.*, 2003; Latorre y Bachiller, 2007). Otras estrategias de manejo de los sustratos de pollinaza y gallinaza, deben estudiarse, considerando desde la realización de pre-tratamientos para disminuir el pH y la conductividad eléctrica y/o evaluar dosis mínimas de aplicación, para su futura incorporación en sustratos de vivero.



F (Levene) = 2,80<sup>ns</sup>; W (Wilk Shapiro) = 0,65<sup>\*\*</sup>; (a, b, c y d) Valores promedios con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente por suma de rangos al 5% de probabilidad.

**Figura 2.** Porcentaje total de emergencia de plántulas de moringa en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

El crecimiento deficiente de las pocas plántulas emergidas en los sustratos con estiércol de aves, obligó el descarte de estos dos tratamientos (Pollinaza y Gallinaza); la posterior determinación de los índices de calidad morfológica solo fue posible en los cinco tratamientos restantes (Bovino, Ovino, Porcino, Equino y Cunícola).

### Evolución del índice de esbeltez en plántulas de moringa producidas con sustratos orgánicos de origen animal

En la Figura 3 se puede observar por el coeficiente de determinación el adecuado ajuste polinomial cuadrático para el índice de esbeltez en los cinco sustratos con estiércol animal, evaluados luego de la emergencia total. Se observa, que entre los 14 y 42 días post siembra ocurre aumento progresivo en la esbeltez de la plántula de moringa, en todos los sustratos comparados. Adicionalmente, en función

del comportamiento de las curvas polinomiales es posible visualizar tres formas distintas de tendencia de aumento progresivo de la esbeltez: la primera tendencia de forma cóncava pronunciada observada para el sustrato bovino, se constata que el incremento en esbeltez se inicia lento y posteriormente acelera (Figura 3; A); mientras que para el segundo caso en los sustratos ovino y equino, el incremento en esbeltez se inicia acelerado y luego disminuye, la curva es convexa (Figura 3, B), estos sustratos alcanzan un índice de esbeltez alrededor de 8,70 cuando la curva alcanza el plató y la tendencia de ambos es a disminuir; y finalmente para los sustratos cunícola y porcino, ambas curvas son cóncavas aplanadas, en este caso el incremento en esbeltez mantiene un ritmo creciente, durante todo el periodo; sin embargo, en el sustrato cunícola es más acelerado. El índice de esbeltez final del sustrato cunícola resulto ser el más elevado entre los evaluados y el de porcino

el más bajo, respectivamente (Figura 3, C).

Con el avance de la edad, la plántula de moringa se hace más esbelta, es decir presenta mayor crecimiento en altura con respecto al crecimiento en diámetro del tallo, describiendo un patrón típico de crecimiento acelerado (Medina *et al.*, 2007), que puede variar en magnitud, conforme varían las condiciones físicas y químicas del sustrato de crianza (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2014).

Las tres variantes de evolución en esbeltez constatadas en la moringa, muestran las distintas formas de respuesta del cultivo ante limitaciones intrínsecas del sustrato, posiblemente prevalezcan en mayor proporción las de tipo químico, asociadas a menor fertilidad y mayores niveles de pH y conductividad eléctrica, respectivamente; tal situación estaría asociada a mayor condición de estrés en las plántulas, en consecuencia, menor crecimiento

en diámetro de tallo, con respecto al crecimiento en altura, de esta manera afectando la esbeltez de la planta. Sol-Quintas *et al.* (2016) reportan en plantas adultas de moringa, correlaciones positivas del crecimiento aéreo con respecto a los contenidos nutritivos (N, P, K y MO) del abono orgánico utilizado, y correlación negativa respecto al pH del mismo; por otro lado, Becerra (1981) señala que el crecimiento aéreo (altura y diámetro) puede variar de manera significativa por influencia genética y ambiental, donde la altura, expresa efectos genéticos (herencia), y el diámetro del tallo, las condiciones de ambiente. En ambos casos señalados por la literatura (Sol-Quintas *et al.*, 2016; Becerra, 1981) la condición de nutrimentos en el sustrato y la particular fenología de la moringa, respectivamente, podrían estar afectando de manera significativa la evolución del índice de esbeltez.

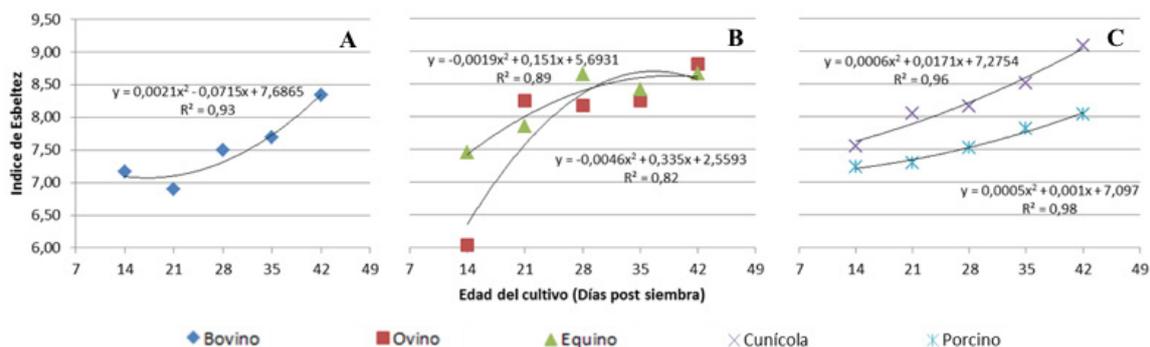


Figura 3. Evolución del índice de esbeltez en plántulas de moringa producidas en sustrato bovino (A); sustratos ovino y equino (B) y sustratos cunícola y porcino (C).

En el sustrato bovino, se observa que a partir de los 21 días, la baja fertilidad (Cuadro 2) empieza a influir sobre el crecimiento de la planta, limitando el desarrollo lateral del tallo, mientras persiste el crecimiento en altura; aunque, en los sustratos ovino y equino, el efecto limitativo es más inmediato, influenciado principalmente por mayores tenores de pH y CE (Cuadro 3), siendo a partir de los 35 días, donde se observa la fase estable, en la cual posiblemente por adaptación natural, empieza a promoverse el desarrollo lateral del tallo.

Para los sustratos cunícola y porcino, el efecto es uniforme, debido probablemente al relevante aporte nutritivo de ambos sustratos (Cuadro 3), que

mantuvo una tasa proporcional de desarrollo (Apical - Lateral) en la plántula; sin embargo, la evidente fertilidad del sustrato cunícola, no pudo compensar su limitación de pH elevado, presentando la mayor tasa de incremento en esbeltez, que indica en la plántula, superioridad de crecimiento en altura.

La recurrente respuesta fisiológica de la moringa, ante variaciones de pH y CE en el sustrato, podría estar influenciada por la presencia de algún (os) compuesto (s) alcalino (os) de naturaleza salina (Romero-Marcano *et al.*, 2018); lo que sugiere la existencia de macro o micronutrimentos, aun no identificados, que afectan el normal desarrollo del cultivo en vivero.

**Índices de calidad en plántulas de moringa con 42 días post siembra, producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal**

En el Cuadro 5 se presenta el resumen del ANAVA y los contrastes ortogonales establecidos entre sustratos, para los cuatro índices de calidad determinados, se observa total independencia entre los índices de calidad con referencia a la distribución de efectos comparativos significativos.

El índice de esbeltez no mostró diferencia

significativa alguna entre sustratos; mientras, la relación parte aérea/parte radicular presentó diferencias significativas solo en los contrastes asociados con los sustratos no rumiantes (Porcino, equino y cunícola); por su parte, el índice de Dickson mostró diferencias en la mayoría de las comparaciones, con excepción para el contraste entre los herbívoros (Equino y cunícola), mientras que, el índice de lignificación, mostró diferencias significativas en todos los contrastes establecidos tanto en rumiantes como en no rumiantes.

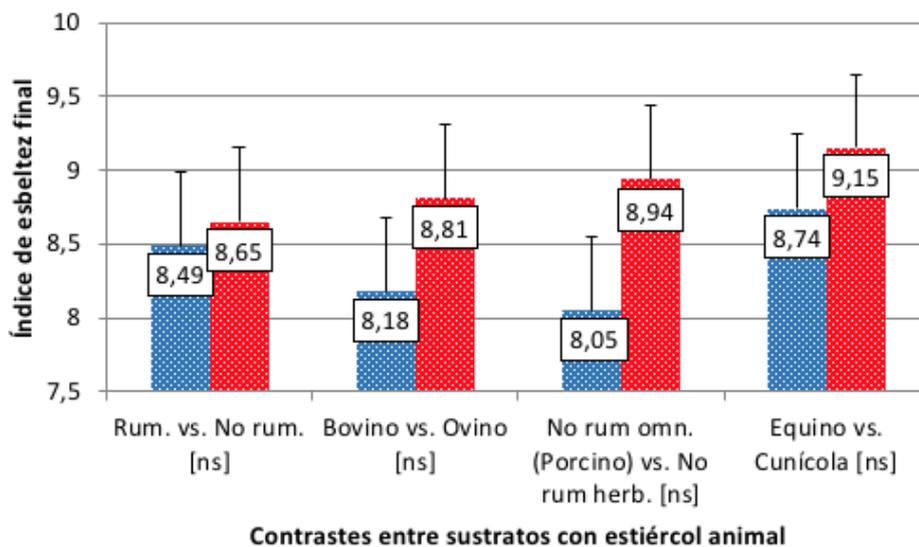
**Cuadro 5.** Resumen del análisis de varianza de las comparaciones ortogonales entre sustratos, para los índices de calidad morfológica en plántulas de moringa.

Fuente de variación	Gl	Cuadrados medios			
		Esbeltez	Relación Pa/Pr	QI	IL
Rumiantes vs. No rumiantes	1	0,08 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	<b>0,03**</b>	<b>7,54**</b>
<i>Dentro de rumiantes:</i>					
Bovino vs. Ovino	1	0,60 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	<b>0,02**</b>	<b>3,02**</b>
<i>Dentro de no rumiantes:</i>					
Omnívoro (Porcino) vs. Herbívoros	1	1,60 <sup>ns</sup>	<b>1,73**</b>	<b>0,03**</b>	<b>0,32*</b>
<i>Dentro de no rumiantes herbívoros:</i>					
Equino vs. Cunícola	1	0,26 <sup>ns</sup>	<b>1,59*</b>	0,01 <sup>ns</sup>	<b>0,26*</b>
Bloque	2	0,12 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,02**	0,04 <sup>ns</sup>
Error	8	0,75	0,14	1,4xE <sup>-3</sup>	0,03
CV (%)		0,09	15,29	12,85	1,09
F (Levene)		2,32 <sup>ns</sup>	2,20 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	3,82 <sup>ns</sup>
W (Wilk Shapiro)		0,92 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>

Pa/Pr: Parte aérea/parte radicular; QI: Índice de calidad de Dickson; IL: Índice de lignificación; ns: No significativo; \* y \*\*: Significativo a 5 y 1 % de probabilidad por prueba de F, respectivamente.

A pesar de las variantes en esbeltez observadas por sustrato durante el periodo de crianza de las plántulas, el índice de esbeltez final no mostró diferencias significativas al 5% de probabilidad,

siendo similar entre los sustratos de origen rumiante y no rumiante, así como las comparaciones dentro de cada uno de los grupos. Los valores promedios de índice de esbeltez final obtenidos a los 42 días post siembra oscilaron entre 8,05 y 9,15 (Figura 4).



Rum: Ruminante; Omn: Omnívoro; Herb: Herbívoro; ns: No significativo.

**Figura 4.** Índice de esbeltez final en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

Para el índice de esbeltez, se constató variabilidad dentro y entre los componentes de crecimiento aéreo, altura y diámetro del tallo, con coeficientes de variación disimiles y sin patrón lógico respecto a cada sustrato (Cuadro 6), que muy probablemente diluyeron las diferencias de esbeltez final entre tratamientos. De acuerdo con la literatura, parece hábito, no encontrar efecto significativo sobre el

crecimiento aéreo, al criar plántulas de moringa en sustratos enriquecidos (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2014; Duarte, 2015; Gutiérrez *et al.*, 2015; Sol-Quintas *et al.*, 2016), lo cual puede atribuirse al crecimiento acelerado y alta capacidad de adaptación, propios del cultivo, donde la planta posiblemente restrinja su crecimiento radicular, en pro de mantener el crecimiento aéreo.

**Cuadro 6.** Altura de plántula y diámetro de tallo obtenidos por sustrato, en plántulas de moringa con 42 días post siembra.

Sustratos	Altura de plántula (cm)		Diámetro del tallo (mm)	
	$\bar{X} \pm DE$	CV (%)	$\bar{X} \pm DE$	CV (%)
Bovino	43,90±5,14	11,70	5,30±0,49	9,21
Ovino	<b>43,02±9,33</b>	21,70	<b>4,90±1,03</b>	21,11
Porcino	<b>52,47±8,13</b>	15,49	<b>6,62±1,11</b>	16,75
Equino	43,59±7,92	19,48	5,05±0,86	17,09
Cunicola	47,64±6,67	13,99	5,27±0,79	14,91

$\bar{X}$ : Media; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

En moringa, la altura de plántula, no parece ser una referencia adecuada para definir el momento óptimo de trasplante, ya que existen rutinas que recomiendan trasplantar al alcanzarse de 25 a 30 cm de altura en vivero (Chepote, 2018), medida obtenida en este experimento en corto tiempo (21 días); además de ello, se agrega que las plántulas poseían un tallo delgado (entre 2 y 3 mm de diámetro),

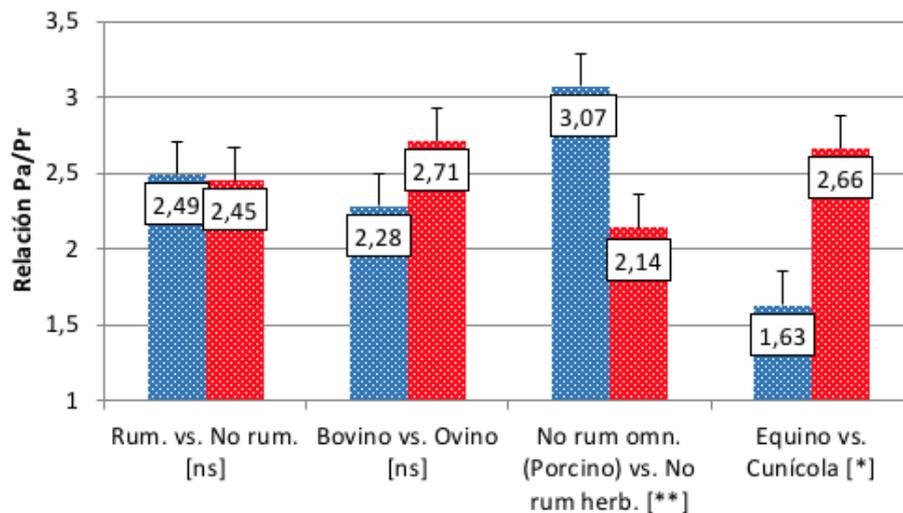
altamente susceptibles al doblamiento y a daños por fauna nociva, lo que dificultaría su supervivencia post trasplante (Prieto *et al.*, 2009); estas razones respaldan el hecho de no usar la altura como indicador del momento de trasplante.

Los valores promedios de esbeltez final obtenidos en esta investigación (Figura 4), categorizan las plántulas de moringa, como de baja calidad, de

acuerdo con el criterio utilizado para Coníferas (Rueda-Sánchez *et al.*, 2014), donde se considera una planta de alta calidad aquella con índice por debajo de 6 puntos. El particular y acelerado ritmo de crecimiento aéreo de la moringa, justificado por las elevadas concentraciones de zeatina (citoquinina) en hojas y tallos de esta especie vegetal (Makkar y Becker, 1995); además de ello, el tipo de raíz napiforme, que representa un buen medio de anclaje para la planta (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2014) le confieren a la moringa, la particularidad de promover mayor crecimiento en longitud, incluso en sustratos no enriquecidos (Noguera-Talavera *et al.*, 2014), por lo que naturalmente, su relación altura/diámetro tenderá a ser elevada (>6 puntos), influenciando de manera significativa el índice de esbeltez, por

consecuencia no resultando favorable para el cultivo como indicador de calidad de las plántulas. En cuanto a labores de manejo, en plantas delgadas con desproporción del crecimiento (altura/diámetro), ese índice de esbeltez podría mejorarse mediante ajuste en la densidad del cultivo y/o aplicación de poda aérea (Muñoz *et al.*, 2014).

En la Figura 5 se presentan los valores para el índice relación masa parte aérea/parte radicular (Pa/Pr) obtenidos en cada sustrato. El análisis estadístico mostró significancia al 5 y 1% de probabilidad, únicamente en los sustratos no rumiantes, donde según la jerarquía inversa propia del índice, los sustratos de herbívoros (2,14) fueron superiores al sustrato omnívoro (Porcino) (3,07) y entre los sustratos herbívoros, el sustrato equino (1,63) fue superior al cunícola (2,66).



**Contrastes entre sustratos con estiércol animal**

Rum: Rumiante; Omn: Omnívoro; Herb: Herbívoro; ns: No significativo; \* y \*\*: Significativos a 5 y 1% de probabilidad por prueba de F, respectivamente.

**Figura 5.** Relación de las masas de la parte aérea/parte radicular (Pa/Pr) en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal

Al interpretar este índice, se evidencia un crecimiento desproporcionado de la plántula en los sustratos porcino y cunícola, siendo superior el crecimiento aéreo en comparación al crecimiento radicular; lo cual en ambos casos puede atribuirse mayormente al aporte de fósforo (P), antes descrito en estos materiales (Cuadro 3) y/o a otros macro y micronutrientes que pudieran estar presentes en ellos (FEADER, 2018); sin embargo, en el sustrato cunícola, se observó además efecto restrictivo en el desarrollo radicular de la plántula, ubicándose entre

los sustratos con menor volumen de raíz (Cuadro 7), producto de la alcalinidad del material, que también favoreció de manera directa la magnitud del índice. De acuerdo con el criterio de Rueda-Sánchez *et al.* (2014) para este índice, solamente las plántulas criadas en el sustrato equino calificarían como de buena calidad, por presentar valor por debajo de 2 puntos; con suficiente porción radicular para el suministro de energía a los tejidos aéreos, que facilita la adaptación del cultivo a ambientes adversos (Pace *et al.*, 1999; Gonçalves *et al.*, 2001).

**Cuadro 7.** Volumen de raíz obtenido por sustrato, en plántulas de moringa con 42 días post siembra.

Sustratos	Volumen de raíz (cm <sup>3</sup> )	
	$\bar{X} \pm DE$	CV (%)
Bovino	6,33±1,87	29,60
Ovino	<b>4,00±1,76</b>	43,95
Porcino	8,00±1,81	22,61
Equino	6,58±2,47	37,46
Cunícola	<b>5,50±1,44</b>	26,29

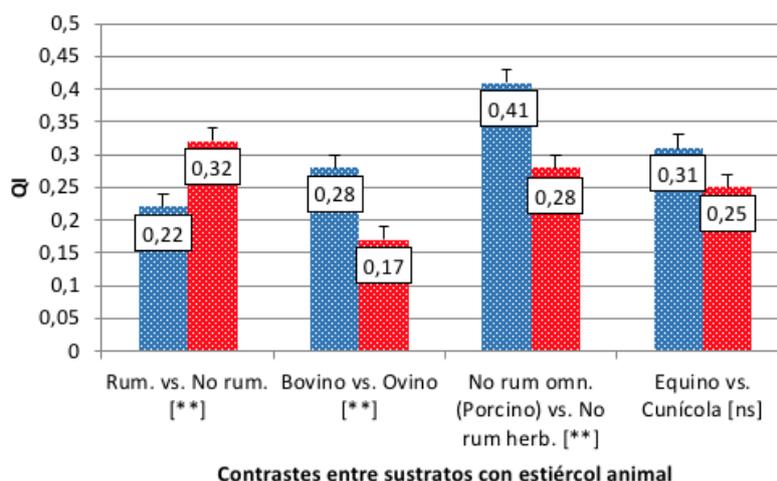
$\bar{X}$ : Media; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

Tal comportamiento coincide con lo reportado por Noguera-Talavera *et al.* (2014), quienes en sustratos de baja fertilidad lograron para moringa, una relación Pa/Pr de 1,55. El estiércol equino, a pesar de ser pobre en nutrimentos, se caracteriza por presentar bondades físicas (Morales *et al.*, 2009), pudiendo duplicar en porosidad al resto de los sustratos evaluados (Cuadro 3), lo que posiblemente contribuyó para el mayor desarrollo radicular de la plántula de moringa.

En cuanto al índice de calidad de Dickson, la Figura 6 muestra los valores obtenidos por sustrato con estiércol animal, donde el análisis estadístico detectó diferencia significativa al 1% de probabilidad, entre los sustratos rumiantes y no rumiantes, con superioridad de los no rumiantes (0,32), así como también, en sustratos rumiantes, el sustrato bovino (0,28) fue estadísticamente superior al ovino (0,17);

mientras en los sustratos no rumiantes, el sustrato omnívoro (Porcino) (0,41) mostró superioridad con respecto a los sustratos herbívoros (0,28). La comparación entre sustratos herbívoros (Equino y cunícola), no mostró diferencias significativas.

De manera general, se observa mayor calidad de plántula en los sustratos de origen no rumiante, tal comportamiento puede estar vinculado directamente al mayor aporte nutricional de estos estiércoles, siendo determinante las características de la dieta de estas especies animales, más exigentes en proteína, vitaminas y minerales (Rostagno *et al.*, 2017) estos materiales coinciden en ser ricos en los elementos N, P y K (FEADER, 2018), los cuales estimulan el buen desarrollo de la plántula de moringa, lo que demuestra la exigencia nutricional de este cultivo; sin embargo, en sustratos no enriquecidos la *M. oleifera* ha alcanzado valores de QI hasta de 0,79, luego de 70 días en vivero (Noguera-Talavera *et al.*, 2014).



Rum: Rumiante; Omn: Omnívoro; Herb: Herbívoro; \*\*: Significativo al 1% de probabilidad por prueba de F; ns: No significativo

**Figura 6.** Índice de Dickson (QI) en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

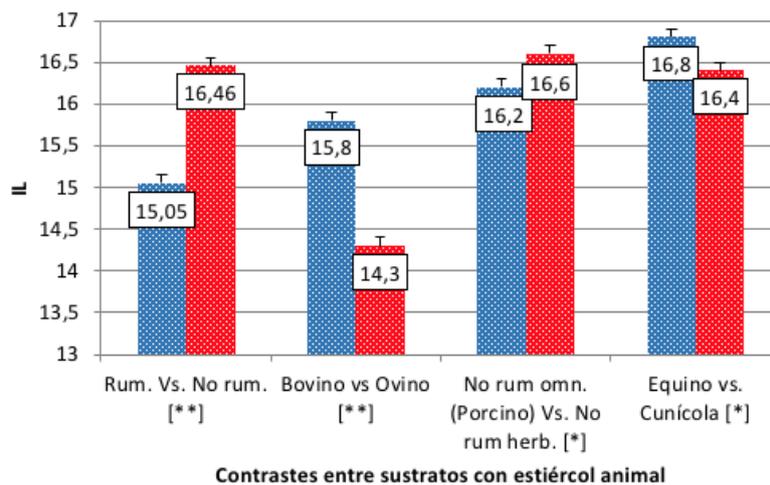
Al comparar ambos sustratos rumiantes (Bovino vs. Ovino), se constató que además de la fertilidad es indispensable considerar de manera conjunta la presencia en el sustrato de altos niveles de pH y CE, porque a pesar de ser el estiércol ovino mucho más rico en nutrimentos que el bovino (FEADER, 2018), sus mayores tenores de pH y CE incidieron en la producción de plántulas de menor calidad; definitivamente existen compuestos o elementos alcalinos no identificados, que al presentarse en el sustrato, perjudican no solo la germinación, sino también la asimilación de nutrimentos de la plántula de moringa.

En tal sentido, el sustrato porcino presentó el mejor balance, combinando buen aporte nutricional con niveles adecuados de pH y CE (FEADER, 2018), lo que se tradujo en mayor índice de calidad de Dickson para las plántulas de moringa criadas en este sustrato. En cuanto a magnitud del índice, basado en la escala para coníferas (Rueda-Sánchez *et al.*, 2014), los valores de QI obtenidos en los cinco sustratos resultan deficientes, siendo óptimo un índice superior a 0,5 puntos; lo que genera por lo menos dos posibles consideraciones: 1- Se requiere mayor tiempo de permanencia de las plántulas de moringa en condiciones de vivero para lograr alcanzar mayores valores del QI ó 2- los rangos de clasificación del QI para coníferas no aplican para el

cultivo moringa.

El índice de lignificación obtenido por sustrato se presenta en la Figura 7, el análisis estadístico mostró efectos significativos al 1 y 5% de probabilidad en las comparaciones establecidas; siendo estadísticamente superiores los sustratos de origen no rumiante (16,46) a los de origen rumiante (15,05); en sustratos rumiantes, fue superior el sustrato bovino (15,8) al sustrato ovino (14,3); mientras que en sustratos no rumiantes, fueron superiores los sustratos de herbívoros (16,6) con respecto al sustrato de omnívoro (Porcino) (16,2) y entre los sustratos herbívoros, el sustrato equino (16,8) fue superior al sustrato cunícola (16,4).

El índice de lignificación (IL) entre sustratos mostro comportamiento similar al índice de Dickson (QI), con excepción de los contrastes entre sustratos no rumiantes, donde la superioridad de los sustratos herbívoros y en especial del sustrato equino suponen la presencia, de elementos específicos que estimulan mayores reservas de materia seca en la plántula de moringa; siendo que los macroelementos (C, O, H, N, P, K, S, Ca y Mg) constituyen aproximadamente 99,5% del total de la materia seca en la planta (Hernández-Gil, 2002) y son absorbidos y/o procesados de manera variable en los tejidos vegetales (Gandica-Omaña y Peña, 2015), uno o varios de estos elementos, serian determinantes en la diferencia de materia seca observada entre los sustratos evaluados.



Rum: Rumiante; Omn: Omnívoro; Herb: Herbívoro; \*\* y \*: Significativos a 1 y 5% de probabilidad por prueba de F, respectivamente.

Figura 7. Índice de lignificación en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

En general, los bajos valores de IL (<20%) obtenidos en los distintos sustratos están asociados al rápido crecimiento de la *M. oleifera*, que generalmente presenta vástagos más suculentos en comparación a otras especies forrajeras, lo cual puede comprometer su total sobrevivencia en campo (Duarte, 2015); estos resultados reafirman la necesidad de extender el periodo de crianza de la plántula de moringa en vivero, además de requerir prácticas de poda, que permitan modificar el patrón de crecimiento de la plántula y estimular su endurecimiento (SENA, 2000; Noguera-Talavera *et al.*, 2014).

La ambigüedad y poca efectividad de estos cuatro índices morfológicos al momento de definir la calidad de plántula en moringa, radica en el particular y rápido crecimiento vegetativo de este cultivo en condiciones de vivero, que impide lograr valores cercanos a los rangos ideales y sugiere, estandarizar el proceso de crianza y determinar en cada índice, rangos de calidad de mayor pertinencia; siendo necesario evaluar factores complementarios como: tiempo de crianza y realización de poda en vivero, en función de la calidad final de plántula y de su sobrevivencia luego del trasplante.

#### IV. CONCLUSIONES

Para las variables velocidad de emergencia y porcentaje total de emergencia de plántulas de moringa, los sustratos a base de estiércol porcino, equino y bovino presentaron los valores más elevados, mientras que los sustratos a base de pollinaza y gallinaza resultaron ser los menos adecuados.

En las curvas del índice de esbeltez a lo largo del periodo cuantificado se verificó que los sustratos a base de estiércol porcino y cunícola permiten un ritmo de crecimiento aéreo sostenido en la plántula de moringa.

Entre los sustratos evaluados, el de suelo - estiércol porcino en relación 2:1 (v/v) constituye la primera opción para la crianza de plántulas de moringa en condiciones de vivero.

Con excepción del índice de Dickson, los otros índices evaluados (Esbeltez, Relación Pa/Pr, e Índice de lignificación) no permitieron indicar calidad para las plántulas de moringa en condiciones de vivero, tal condición está asociada al rápido crecimiento de la planta de moringa.

#### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, R., Cruz, H. y Alba, J. (1999). Efecto de seis sustratos en la germinación de *Pinus patula* Sch. Et Cham, *Pinus montezumae* Lam., y *Pinus pseudostrubus* Lindl., en condiciones de vivero. *Foresta Veracruzana*, 1(2):31-36.
- Arteaga M., León S. y Amador C. (2003). Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Martínez en vivero. *Foresta Veracruzana*, 5:9-15.
- Bauer, G., Weilenmann, E., Perretti, A. y Monterrubianesi, G. (2003). Germinación y vigor de semillas de soja del grupo de maduración III cosechadas bajo diferentes condiciones climáticas. *Revista Brasileira de Sementes*, 25(2):53-62.
- Becerra, L. (1981). Algunos factores climáticos y su influencia en el incremento en diámetro de nueve especies forestales en Chapingo, México. Departamento de Bosques. (Tesis de Pregrado) Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/629/62980108/>.
- Birchler, T., Rose R., Royo, A. y Pardos M. (1998). La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Invest. Agr. Sist. For.*, 7(1,2):109-121.
- Cerrato, I. (2013). Cultivo de Moringa (*Moringa oleifera*). [Documento en línea]. Disponible en: <http://pronagro.sag.gob.hn/dmsdocument/298>.
- Chepote, M. (2018). Siembra del cultivo de moringa (*Moringa oleifera*) en la pampa de Villacurí, Departamento de Ica. Tesis de grado. Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 35p. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3223/F01-C44-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Dao, T. y Cavigelli, A. (2003). Mineralizable carbon, nitrogen, and water-extractable phosphorus release from stockpiled and composted manure and manure-amended soils. *Agron. J.* 95:405-413. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.4050>

- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini M., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2018). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Dickson, A., Leaf, A. y Hosnerm, J. (1960). Quality appraisal of white pine seedling stock in nurseries. *For. Chron.*, 36:10-13. <https://pubs.cif-icf.org/doi/abs/10.5558/tfc36010-1>
- Domínguez, L., Murrias, G., Herrero, N. y Peñuelas, J. (2001). Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: implicaciones prácticas. *Ecología*, 15:213-223.
- Dos Santos, V., Alves, R., Melo, G. y Martins Filho, S. (2014). Uso de diferentes substratos na produção de mudas de cupuaçuzeiro. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer – Goiânia 10 (18): 2941-2953. <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/Uso%20de%20diferentes.pdf>
- Duarte, C. (2015). Evaluación del comportamiento de dos especies forrajeras Marango (*Moringa oleifera* Lam.), y *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* De Witt) en la fase de vivero en la Universidad Nacional Agraria, Managua. Tesis de grado. [Documento en línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/35166921.pdf>.
- Fanjay, P. y Dwivedi, K. (2015). Shigru (*Moringa oleifera* Lam.): A critical review. *International Journal of Ayurveda and Pharmaceutical Chemistry*, 3(1):217-227. <http://ijapc.com/volume3-first-issue/Volume3-Iss-12015-p217-227.pdf>
- FAO. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-s8630s.pdf>.
- FEADER. Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural. (2018). Estiércoles. Caracterización, analítica e implicaciones sobre su aprovechamiento fertilizante. [Documento en línea]. Disponible en: [https://www.aragon.es/documents/20127/674325/IT\\_268-18.pdf/23bb772e-8894-b8f4-525d-0a6e7131db78](https://www.aragon.es/documents/20127/674325/IT_268-18.pdf/23bb772e-8894-b8f4-525d-0a6e7131db78).
- Gandica-Omaña, H. y Peña, H. (2015). Acumulación de materia seca y balance de nutrientes en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en ambiente protegido. *Bioagro*, 27(2):111-120.
- García, M. (2006). Control y mejora de la calidad del proceso productivo. Jornada de Difusión y Capacitación para Viveristas Forestales del Noreste de Entre Ríos. INTA, Concordia, Entre Ríos, Argentina. [Documento en línea]. Disponible en: [http://www.inta.gov.ar/CONCORDIA/info/documentos/Forestacion/Jornada%20para%20viveristas%20forestales\\_EEA%20Concordia%20julio%20de%202006.pdf](http://www.inta.gov.ar/CONCORDIA/info/documentos/Forestacion/Jornada%20para%20viveristas%20forestales_EEA%20Concordia%20julio%20de%202006.pdf).
- García-López, J., Ruiz-Torres, N., Lira-Saldivar, R. Vera-Reyes, I. y Méndez-Argüello, B. (2016). Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nano partículas. [Documento en línea]. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%C3%A9cnicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%C3%B3n%2C%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiol%C3%B3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>.
- Gonçalves, R., Fernandes, F. y Ferreira, F. (2001). Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 36(1):79-88.
- Gutiérrez, J., Ortiz, R. y Méndez, C. (2015). Efectividad de riegos artesanales sobre el crecimiento de *Moringa oleifera* Lam. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua. 40p.
- Hernández-Gil, R. (2002). Nutrición mineral de las plantas. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/>.
- INE. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. (2009). Datos meteorológicos, Estación Meteorológica 80435: Maturín, estado Monagas. [Documento en línea]. Disponible en: [www.ine.gov.ve/sintesisestadistica2009/estados/monagas/cuadros/EM1Maturin.xls](http://www.ine.gov.ve/sintesisestadistica2009/estados/monagas/cuadros/EM1Maturin.xls).

- Krug, H. (1997). Environmental influences on development growth and yield. En: Wien, H.C. (Ed.). The physiology of vegetable crops. CABI Publishing, London. pp. 101-180. <https://www.cabi.org/ISC/abstract/19970308135>
- Latorre, E. y Bachiller, J. (2007). Proyecto de prefactibilidad para la creación de un vivero de especies nativas en el municipio de Sesquile (Cundinamarca). Trabajo de grado. Administrador de empresas agropecuarias. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 166p.
- Lijesh, K. y Malhotra, R. (2016). Reduction of turbidity of water using *Moringa oleifera*. International Journal of Applied Engineering Research, 11(2):1414-1423.
- Maguire, J. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. Crop Sci., 2:176-177.
- Makkar, H. y Becker, K. (1995). Studies on utilization of *Moringa oleifera* leaves as animal feed Institute for Animal Production in the tropics and Subtropics. University of Hohehheim. Germany. 60p.
- Medina, M., García, D., Clavero, T. y Iglesias, J. (2007). Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. Zootecnia Tropical, 25(2):83-93.
- Mendoza, J. (2013). Características agronómicas de la moringa (*Moringa oleifera* Lam.) y su posible adaptación a las condiciones de Chile. [Documento en línea]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/114958>.
- Mofijur, M., Masjuki, H., Kalam, M., Atabani, A., Fattah, I. y Mobarak, H. (2014). Comparative evaluation of performance and emission characteristics of *Moringa oleifera* and Palm oil based biodiesel in a diesel engine. Industrial Crops and Products, 53:78-84. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669013006882>
- Morales, P. E. (2018). Indicadores de calidad de planta en viveros forestales del estado de Tamaulipas Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Subdirección de Posgrado. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. 103p <http://eprints.uanl.mx/15965/1/1080290166.pdf>
- Morales, J., Fernández, M., Montiel, A. y Peralta, B. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). BIOTecnia, 11(1):19-26.
- Muñoz, H., Sáenz, J., Coria, V., García, J., Hernández, J. y Manzanilla, G. (2014). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6(27):72-89.
- Noguera-Talavera, A., Reyes-Sánchez, N., Membreño, J., Duarte-Aguilar, C. y Mendieta-Araica, B. (2014). Calidad de plántulas de tres especies forrajeras (*Moringa oleifera* Lam., *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan*) en condiciones de vivero. La Calera, 14(22):21-27.
- Olson, M. y Fahey, J. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82:1071-1082.
- Pace, L., Foloni, J., Tiritan, C. y Rosolem, C. (1999). Desenvolvimento radicular e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão submetidos à compactação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Programas e Resumos Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Brasília. p 27.
- Padilla, C., Valenciaga, N., Crespo, G., González, D. y Rodríguez, I. (2017). Requerimientos agronómicos de *Moringa oleifera* (Lam.) en sistemas ganaderos. Livestock Research for Rural Development, 29(11):218. <http://www.lrrd.org/lrrd29/11/idal29218.html>
- Pastor, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros. Tierra, 17 (3):231-235. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Prieto, J., García, J., Mejía, J., Huchin, A. y Aguilar, J. (2009). Producción de planta del Género Pinus en

- vivero en clima templado frío. Publicación Especial N° 28. Campo experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, México. 47p.
- Quiroz, I., García, E., González, O., Chung, P. y Soto, H. (2009). Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Concepción, Chile. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26345>
- Quiroz, M., Flores, L., Pincheira, M. y Villarroel, A. (2001). Manual de viverización y plantación de especies nativas. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. 160p. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/1438>
- Rodríguez, T. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156p.
- Rojas, F. (2002). Metodología para la evaluación de calidad de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) en vivero. *Revista Chapingo. Serie Ciencias forestales y del ambiente*. 8:75-81. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62980109>
- Romero, L. (1997). Abonos orgánicos y químicos en producción sanidad y absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, México. 95p.
- Romero-Marcano, G., Silva-Acuña, R. y Sánchez-Cuevas, M. (2018). Tipos de sustrato y frecuencias de riego sobre características agronómicas de la moringa (*Moringa oleifera* Lamark) cv. Super Genius en condiciones de vivero. *Saber*, Universidad de Oriente, Venezuela, 30:228-237.
- Rostagno, H., Teixeira, L., Hannas, M., Juarez, D., Sakomura, N., Perazzo, F., Saraiva, A., Teixeira M., Borges, P., De Oliveira, R., De Toledo, S. y De Oliveira, C. (2017). Tablas brasileras para aves y cerdos. [Documento en línea]. Disponible en: <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2018/09/tablas-brasilec3b1as-aves-y-cerdos-cuarta-edicion-2017-11.pdf>.
- Ruano, M. (2003). Viveros forestales: Cultivo de brinzales forestales en envase. Sustrato o medio de cultivo. Mundi-prensa. España. pp 126-143.
- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J., Saenz-Reyez, T., Muñoz F, H, J., Prieto-Ruiz J. Á., Orozco G, G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(22):58-73. <https://www.redalyc.org/pdf/634/63439004005.pdf>
- SENA. SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. (2000). Formación de plantas. En: Operario Calificado en Labores Culturales. pp.18-38. <https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/2109/3024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Serrada, H., Navarro, M. y Pemán, J. (2005). La calidad de las repoblaciones forestales: una aproximación desde la selvicultura y la ecofisiología. *Investigación agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 14:462-481.
- Silva-Acuña, R., Álvarez, V. y Silva-Acuña, A. (2000). Como comparar correctamente tratamientos de naturaleza cualitativa. *Agronomía Tropical*, 50(2):151-155.
- Sol-Quintas, G., Valdés-Rodríguez, O. y Pérez-Vásquez, A. (2016). Efecto de la poda y fertilización orgánica en *Moringa oleifera* Lam. en la región centro de Veracruz, México. *Revista Electrónica de Ciencia Administrativa*, 1:101-121.
- Sosa, N., Orcellet, J. y Gambaudo, S. (2016). Uso agronómico de los residuos orgánicos de origen animal. [Documento en línea]. Disponible en: [nsf/0/243E1ECDAD30C0518525808E00757199/\\$FILE/Art%203.pdf](https://nsf/0/243E1ECDAD30C0518525808E00757199/$FILE/Art%203.pdf)
- Soto, G. (2003). Abonos orgánicos: Definiciones y procesos. En: Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. CIA. San José, Costa Rica. pp. 21-51.
- Terés, V. (2001). Relaciones aire-agua en sustrato de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. España. 525p.

- Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking. In: Evaluating seedling quality; Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Test. M. L. Duryea (Ed.). Forest Res. Lab., Oregon State University, Corvallis, Or. USA. pp: 59-71.
- Toral, M., Campos, D., Fratti, A. y Varela, R. (2000). Manual de producción de plantas forestales en contenedores. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco, Jalisco, México. 204p.
- Valdés-Rodríguez, O., Muñoz-Gamboa, C., Pérez-Vázquez, A. y Martínez-Pacheco, L. (2014). Análisis y ajuste de curvas de crecimiento de *Moringa oleífera* Lam. en diferentes sustratos. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan, 2(2):66-70.
- Valenzuela, O., Gallardo, C., Alorda, M., García, A. y García D. (2005). Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales, *IDIA XXI*. 8:55-57. [https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/4525/INTA\\_CRBsAsNorte\\_EEASanPedro\\_Valenzuela\\_Tecnologia\\_Sustratos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/4525/INTA_CRBsAsNorte_EEASanPedro_Valenzuela_Tecnologia_Sustratos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

# Eficiencia del número de hembras vírgenes en la captura de machos adultos de *Plutella xylostella* L. en el cultivo de Brassicas

Henry, Briceño-Yen<sup>1\*</sup>; Luísa, Alvarez-Benaute<sup>2</sup>;  
Agustina, Valverde-Rodriguez<sup>3</sup>

## Resumen

Para determinar la eficiencia del número de hembras vírgenes (HV) en la captura de machos adultos de *Plutella xylostella* L, se diseñaron y se instalaron trampas delta provista de jaulas conteniendo uno, dos, tres HV y un testigo en blanco (jaula vacía) con tres repeticiones, en los cultivos de las Brassicaceas, a una distancia de 35 m entre las jaulas evitando el rango de traslape de feromonas de la hembra. El registro diario en horas de la mañana durante tres días consecutivos con el recambio de hembras al séptimo día en tres ocasiones permitió determinar la eficacia de los tratamientos. Los tres tratamientos presentaron la captura de adultos siendo el tratamiento con tres HV el que presentó mayor número de adultos capturados (767) por encima de 16 adultos/día, seguido por el tratamiento con dos HV (199), el tratamiento con una HV (22) y finalmente el testigo que no presenta captura, con diferencias significativas comparado con los otros tres tratamientos ( $p < 0.05$ ). Los resultados obtenidos demuestran que la mayor captura está relacionada al número de HV colocadas debido a la concentración de feromona emitida por las hembras vírgenes.

**Palabras clave:** Hembras vírgenes, trampa, feromona, captura, *Plutella xylostella* L

## Efficiency of the number of virgin females in the capture of adult males of *Plutella xylostella* L. in the Brassicas culture

## Abstract

To determine the efficiency of the number of virgin females (HV) in the capture of adult males of *Plutella xylostella* L, delta traps with cages containing one, two, three HVs and a blank control (empty cage) with three repeats were designed and installed in the Brassicaceas cultures at a distance of 35 m between the cages avoiding the overlapping range of the female pheromones. Daily recording in the morning for three consecutive days with the replacement of females on the seventh day on three occasions made it possible to determine the effectiveness of the treatments. The three treatments showed the capture of adults, with the treatment with three HVs being the one that showed the highest number of adults captured (767) above 16 adults/day, followed by the treatment with two HVs (199), the treatment with one HV (22) and finally the control that did not show capture, with significant differences compared to the other three treatments ( $p < 0.05$ ). The results obtained show that the highest capture is related to the number of VH placed due to the concentration of pheromone emitted by the virgin females.

**Keywords:** Virgin females, pheromone, traps, capture, *Plutella xylostella* L.

**Recibido:** 31 de octubre de 2020

**Aceptado:** 30 de diciembre 2020

<sup>1</sup> MSc. Producción agrícola; Profesor de Ingeniería Agronómica en Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco, Perú; hbriceno@unheval.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-0629-3014>

<sup>2</sup> Ingeniero agrónomo; Profesor de Ingeniería Agronómica en Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco, Perú; lalvarez@unheval.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0001-6961-9870>

<sup>3</sup> MSc. En ciencias agrarias; Profesor de Ingeniería Agronómica en Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco, Perú; avalverde@unheval.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0003-1522-4827>

\*Autor para correspondencia: hbriceno@unheval.edu.pe;

## I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempo atrás se viene difundiendo que la demanda de alimentos de origen vegetal se verá incrementada considerablemente en los próximos años, debido principalmente al incremento de la población, y además los sistemas de producción agrícola, se enfrentan un serio problema con la competencia generada por las plagas de insectos herbívoros los cuales reducen considerablemente la producción de los cultivos, hecho que ha traído como consecuencia el uso indiscriminado de insecticidas los cuales pueden ser eficaces en un determinado momento, pero por el bajo conocimiento de los productores agrarios quienes utilizan dosis inadecuadas, subdosifican o sobre dosifican, sin respetar los intervalos de aplicación y periodos de carencia a la cosecha, además no hacen uso de otras medidas de control, esto ha conducido a que dichas plagas hayan generado resistencia y contaminación tanto en el medio ambiente, y los alimentos, todo ello debido a su gran capacidad de adaptación. Existen en la actualidad estrategias y mecanismos alternativos que pueden complementarse con la finalidad de reducir los daños ocasionados por las plagas, los cuales se pueden utilizar tanto para evaluar la fluctuación, control y monitoreo poblacional, siendo el uso de feromonas sexuales el más importante. Al respecto, Wyatt (2003) establece que las feromonas ofrecen oportunidades excepcionales para estudiar problemas biológicos fundamentales. El progreso reciente en el campo es rápido. La emoción proviene de la convergencia de técnicas poderosas de diferentes áreas de la ciencia, incluida la química y el comportamiento animal, combinadas con nuevas técnicas en genómica y biología molecular. Quizás por primera vez, ahora podemos investigar cuestiones en todos los niveles: molecular, neurobiológico, hormonal, conductual, ecológico y evolutivo. En tal sentido Gonzales et al (2012) concluyen que la aplicación de feromonas y otros semioquímicos ha demostrado ser útil para el manejo y control de decenas de especies económicamente importantes en la producción agrícola, muchas de ellas del orden Lepidoptera. Más importante, sin embargo, es destacar el potencial aún inexplorado sobre el uso del canal químico de comunicación en insectos para su control.

Uno de los principales problemas en el cultivo

de las crucíferas en todo el mundo es la presencia de la polilla de la col o conocido también como la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) sostiene Furlog et al (2013), Zhu et al (2018). Perfora superficialmente las hojas con excepción de las nervaduras, contamina con las heces y mal forman la planta señala Mera (2018). Sin un debido control sus daños son muy altos, reducen el rendimiento y la calidad hasta un 75 % de pérdidas afirman Mera (2018) y; Su (2020). Las larvas son el estado perjudicial, con piezas bucales de tipo masticadora perfeccionadas para raspar o lacerar las hojas de la planta. Es el insecto plaga más destructivo de las brassicáceas en todo el mundo según Bertolaccini et al; (2010) las polillas adultas pueden permanecer en vuelo continuo durante varios días mientras cubren distancias de hasta 1000 km por día, pero no se sabe cómo sobreviven las polillas a temperaturas tan bajas y a gran altitud, afirma al respecto Talekar, (1993).

Facilitado por sus múltiples generaciones, un período de crecimiento corto, alrededor de 18 días, y su población puede aumentar hasta 60 veces de una generación a la siguiente, sostiene, De Bortoli, (2013). La mayor superposición de generaciones y el abuso de varios plaguicidas, ha hecho que esta plaga haya desarrollado con bastante facilidad la resistencia a varios plaguicidas, según Zhan et al,(2014); Kang et al (2017); su capacidad de *Plutella xylostella* L. para alcanzar cierto nivel de resistencia ha sido documentado en varios estudios, afirman Li et al (2016). Por lo tanto, es necesario seleccionar continuamente nuevas estrategias para el control de esta especie; entre las más saludables con el medio ambiente es el Manejo Integrado de Plagas (MIP) y entre sus componentes el uso del Control Etológico a base de Feromonas Sexuales con Hembras Vírgenes (HV). Esta estrategia también ayuda a realizar una predicción oportuna de la aparición de la plaga, usando trampa de feromonas para detectar su infestación temprana, resaltan Witzgall, et al (2010); Fite et al (.2020). Para que el insecto pueda ser controlado en su etapa inicial antes de ocasionar pérdidas económicas a los agricultores.

La feromona de sexual de los lepidópteros se ha utilizado con éxito en los trabajos de monitoreo, captura masiva y alteración del apareamiento de una diversidad de plagas de insectos, afirman

Guerrero et al, (2014); Keathley et al (2013) Spears y Ramirez (2015); Espitia et al (2020), Salazar-Blanco et al (2020). La técnica no tiene efecto sobre los organismos no objetivo, es amigable con el medio ambiente y compatible con programas sostenibles de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y con los programas de control biológico, también puede ser económicamente favorable en comparación con los métodos químicos, sostienen Burke et al (2011), Vacas et al (2009) y tiene la ventaja añadida de que los trabajadores no tienen que ser excluidos de la zona durante el tratamiento. Nakanishi et al (2013).

Las feromonas en insectos son compuestos orgánicos volátiles liberados por la hembra y específicos para cada especie, reportan Mori et al (2013, Panzavolta et al (2014), Aurelian et al (2015.). Estos compuestos son sintetizados químicamente, aplicados en dispensadores y colocados en el campo para la atracción y captura específica de los machos de la especie a la cual corresponde la feromona. (Salazar et al 2020). Por lo que el uso de las hembras vírgenes con capacidad de emitir los compuestos volátiles como señales químicas sexuales para la atracción de machos resulta exitoso. Esta comunicación sexual en Lepidópteros esta mediada por feromonas, que son liberados por las hembras para atraer a los machos e inducir la pre-cópula o el apareamiento. Concluyen Cañas et al (2017) y Sandoval (2020).

En una investigación sobre el uso de Feromonas sexuales para el control de la polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Núñez et al (2009), señalan que en el testigo las capturas son significativamente menores en trampas con hembras vírgenes respecto a trampas con feromonas, asimismo afirman que las feromonas sexuales afectan el comportamiento de machos y pueden ser una herramienta importante para el control de esta plaga, además afirman que en cuanto al uso de trampas con hembras vírgenes como indicador de la desorientación de los machos, las capturas registradas son al menos 10 veces inferiores a aquellas registradas en trampas de feromonas.

La emisión de la feromona esta mediada por un comportamiento típico en hembras conocido como “llamado”, el cual ocurre cuando estas realizan la exposición de la glándula sexual ubicada en la región

caudal, liberando la feromona sexual como estímulo para atraer al sexo opuesto, afirman Sandoval (2020), Carde y Haynes (2004). Para que el sistema de detección y monitoreo sea eficiente se debe tomar en cuenta la cantidad de compuestos químicos.

En tal sentido el objetivo de la investigación fue determinar la eficiencia del número de hembras vírgenes (emisores de la feromona natural) de *Plutella xylostella* L. para la captura de machos adultos en el cultivo col (*Brassica oleracea* var. capitata) y coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Investigación Frutícola Olerícola de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, ubicado en el distrito de Pilleco Marca, de la provincia y región Huánuco, dentro de las coordenadas 09° 45' LS; 76° 26' W y a una altitud de 1947 msnm, cuya temperatura media anual es 18.7 °C y la precipitación es 388 mm. El estudio abarco un área de 5 hectáreas donde se tenían sembríos de col y coliflor, que se encontraban en la etapa crítica de daño de la larva y una mayor incidencia de adultos de *Plutella xylostella* L, y se realizó entre los meses julio a agosto 2019., asimismo se tienen parcelas colindantes establecidas de palto y otros frutales, además de cultivos de maíz y camote. Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar con cuatro tratamientos HV1, HV2, HV3 y HVO (tres números diferentes de HV más un testigo sin HV) y tres repeticiones. Se instalaron trampas delta provista de jaulas conteniendo 1, 2 y 3 hembras vírgenes y un testigo en blanco (jaula vacía), en sentido contrario al viento para evitar el estrés de la hembra, a una distancia de 35 m entre las jaulas evitando así el rango de alcance de la feromona de la hembra. Se realizó la revisión diaria a las 8:00 am para cuantificar la captura de adultos, por un periodo de tres días consecutivas y en tres ocasiones con un nuevo recambio de hembras a los 7 días. Los datos fueron analizados a través del ANOVA y para determinar el efecto de los tratamientos a través de la significancia existente se ocupó la prueba de comparación de Duncan y el análisis de correlación de Pearson y Coeficiente de Determinación para

verificar la correlación positiva o negativa entre sus variables y la relación existente.

### III. RESULTADOS

#### Evaluación de la eficacia de hembras vírgenes de *Plutella xylostella* L. en campo.

La eficacia de cada uno de los tratamientos fue evaluada mediante la comparación del sumatorio total de capturas de machos adultos/tratamiento vs Capturas en la trampa control y la comparación de capturas entre todas las trampas.

Para el tratamiento HV1. La primera semana de estudio, se tuvo siete machos de *Plutella xylostella* L. caídas en las trampas distribuidos en los diferentes bloques. En la segunda y tercera semana se registra un ascenso ligero, esto puede ser debido a la mayor cantidad de adultos sobrevolando en el área del

huerto.

En el caso del tratamiento HV2, la primera semana del estudio hubo un efecto atractivo notable, observándose hasta 38 machos capturados, con el mayor incremento en las siguientes dos semanas, siendo las capturas de 77 y hasta 84 machos caídos en las trampas respectivamente (Fig. 1). Esto debido por la tasa de liberación de la feromona provocada por las dos hembras vírgenes por trampa.

Para el caso de los tratamientos HV3, los efectos de las trampas es bastante notable desde la primera semana de evaluación, las capturas fluctúan entre 208, 233 y 326 respectivamente. Según estos resultados se podría explicar que los machos de *P. xylostella* L interactúan estrechamente con la cantidad de la feromona liberada, a mayor cantidad resulta que tiene un mayor efecto atractivo.

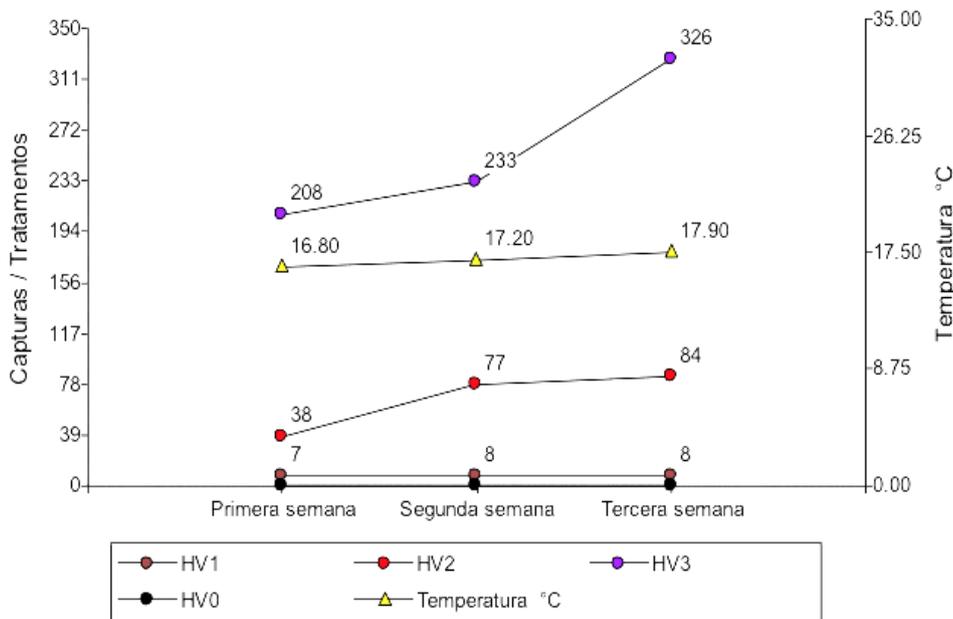


Figura 1. Capturas de polillas por trampa/semana en parcelas con tratamiento. HV1 (una hembra virgen), HV2 (dos hembra vírgenes), HV3 ( tres hembras vírgenes) HV0 (Control. Cero hembras vírgenes).

El tratamiento HV3 se diferencia estadísticamente de los demás tratamientos (Test de LSD Fisher,  $P < 0,05$ ), con altas capturas, siendo mayor en las tres evaluaciones realizadas, seguida por el tratamiento

HV2 que también registra atracción y captura de machos en comparación con el tratamiento testigo que no registra ningún dato cuantitativo. Tabla 1.

### Comparación de medias entre tratamientos

**Tabla 1.** Registro de capturas (media ± EE) de machos adultos de *Plutella xylostella* L. en los huertos bajo diferentes tratamientos de trampas con hembras vírgenes, 2019

Tratamientos / hembra / trampa	Semana.1 (media ± EE)	Semana.2 (media ± EE)	Semana.3 (media ± EE)
HV3 tres	69.3 ± 0.81 a	77.7 ± 1.51 a	109.00 ± 2.08 a
HV2 dos	12.7 ± 0.81 b	25.7 ± 1.51 b	28.00 ± 2.08 b
HV1 uno	2.33 ± 0.81 c	2.33 ± 1.51 c	2.67 ± 2.08 c
HV0 Jaula vacía/control	0.00 ± 0.81 c	0.00 ± 1.51 c	0.00 ± 2.08 c

Valores que comparten letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples Test de LSD Fisher ( $p < 0.05$ ).

A corto plazo, los tratamientos HV1, HV2 Y HV3 son eficaces en la captura de machos, a excepción de la HV0, que no resulta ser atractivo para machos adultos de *Plutella xylostella* L.

#### IV. DISCUSIÓN

Según las comparaciones estadísticas entre los tratamientos, a mayor número de hembras vírgenes dispuestas en trampas delta, resulta ser suficiente para capturar mayor número de individuos machos de la especie e impedir la copula de la misma. Esto explica que a mayor número de hembras mayor es la concentración de feromona sexual emitida, posiblemente esto incremente el radio de alcance feromonal y por ende mayor captura. Las diferencias en los resultados obtenidos a mayor número de hembras vírgenes son similares a los registrados en una investigación realizada por León y Banner (2018), al evaluar tres números diferentes de hembras de *Elasmopalpus lignosellus* por trampa (1, 2 y 3 HV+ Testigo). Los tres tratamientos presentan captura de adultos sin embargo el tratamiento con tres Hembras Vírgenes fue el que presentó mayor número de adultos totales capturados. Sin embargo, el éxito de control de poblaciones no fue evaluada en el presente estudio. Varios estudios señalan que el tipo de emisor de feromonas empleado, las altas temperaturas, los fuertes vientos frecuentes aceleran la liberación de feromonas y/o aumentan la tasa de emisión, provocando una reducción importante en la cantidad presente en las trampas, sostienen Angeli et al (2007). En caso del presente estudio se ha empleado como emisor las hembras vírgenes, que posiblemente simula el comportamiento exacto dado en la naturaleza, sin embargo, las hembras podrían estar con cierto estrés por el mecanismo de enjaulamiento que se ocupa en esta técnica. Existen

escasos antecedentes al respecto al uso de hembras vírgenes, sin embargo se registran numerosos trabajos del uso de feromonas sexuales sintéticas, tal como se reportan en los estudios de Luo et al., (2020). quienes probaron cuatro dosis para determinar la mayor efectividad en el número de capturas de machos, estas proporciones de feromonas sexuales produjeron resultados diferentes en los experimentos de campo, el aumento de la dosis de 0.1, 0.4, 0.7 a 1 mg / septum aumentó el tamaño de las capturas de polillas masculinas.

La densidad de la feromona o la tasa de liberación, tipo de dispensador y la altura del dispensador de feromona son importantes para la aplicación adecuada y rentable de la técnica ya sea la captura masiva o disrupción sexual de la plaga con fines de control ( Epstein *et al.*, 2011 ; Sunil *et al.*, 2014 ). Por ejemplo, en estudios con polilla de la manzana (*Cydia pomonella*) se observó que, el porcentaje de interrupción de la orientación del macho hacia las trampas cebadas con feromonas aumentó significativamente en función del aumento de la densidad de los fuentes de liberación (desde 0 a 1.000 /ha), mientras que otro ensayo con el objetivo de determinar la dosis mínima de feromona y la óptima distribución de dispensadores para la confusión sexual efectiva de *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae), utilizó varias densidades del compuesto 12.4, 10, 6.4 g de i.a./ha respectivamente comparados con un tratamiento de 20.4 g de i.a./ha (recomendación estándar) y un tratamiento químico (insecticidas) Los resultados sugieren que con la menor cantidad de feromonas/ha el mecanismo de confusión sexual es exitoso, lo que conllevaría a una reducción significativa en el coste de los tratamientos (Alfaro *et al.*, 2009 [35]). Otros estudios como los de Gordon, (2005), quien evaluó 2 diferentes dosis

de feromona 165 y 110 g / ha., y según los resultados, las comparaciones del % de disrupción para cada tratamiento fue similar, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos por lo que una baja concentración de feromona es suficiente para mantener un buen control de pequeñas poblaciones de *L. botrana*.

Durante el desarrollo de las evaluaciones en el periodo de estudio las temperaturas fluctuantes estuvieron entre 16,50 a 17,90 °C. Estos datos no son tan lejanas a los reportados por otros autores y en otras especies de polillas; Por ejemplo, el rango óptimo de temperatura para el apareamiento de *C. pomonella*, va de 12,5°C a 33,0°C y la actividad de vuelo de la generación invernante ocurre cuando las temperaturas superan los 15°C y entre las 18:30 y las 02:00 h (Fernández, 2012). Asimismo en el caso de *Lobesia botrana* (Lepidoptero: Tortricidae) los adultos de la primera generación emergen cuando la temperatura ambiente sobrepasa un umbral de 10 ° C. e inician los vuelos cuando las temperaturas sobrepasan los 12°C. (Thiery y Moreau, 2005).

## V. CONCLUSIONES

Existe relación directa entre número de hembras vírgenes con la emisión de feromona sexual hecho que se evidencia en la mayor captura de machos de la especie *Plutella xylostella* L.

El tratamiento con tres HV presentó mayor número de adultos capturados (767), el tratamiento con dos HV (199) y el tratamiento con una HV (22). El testigo sin HV no registro captura.

El método utilizado puede considerarse como parte de una estrategia de control de la plaga en los cultivos de Brassicas.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfaro, C., Navarro-Llopis, V., & Primo, J. (2009). Optimization of pheromone dispenser density for managing the rice striped stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker), by mating disruption. *Crop Protection*, 28(7), 567-572.

Angeli, Gino., Anfora, Gianfranco., Baldessari, Mario., Germinara, G. S., Rama, F., De Cristofaro, A., & Ioriatti, C. (2007). Mating disruption of codling moth *Cydia pomonella* with high densities of Ecodian

sex pheromone dispensers. *Journal of applied entomology*, 131(5), 311-318.

Aurelian, V. M., Evenden, M. L., & Judd, G. J. R. (2015). Diversity and abundance of arthropod by-catch in semiochemical-baited traps targeting apple clearwing moth (Lepidoptera: Sesiidae) in organic and conventional apple orchards in British Columbia, Canada. *The Canadian Entomologist*, 147(2), 227-243.

Bertolaccini, I.; Sánchez, D. y Arregui, C. (2010) Incidencia de algunos factores naturales de mortalidad de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), en el área centro-este de Santa Fe, Argentina. *Horticultura Argentina* 29(68): Ene.-Abr. 2010

Burke, A. F., Cibrián-Tovar, D., Llanderal-Cázares, C., PLASCENCIA-GONZÁLEZ, A., & López-Pérez, I. (2011). Adiciones y aportaciones para el género *Enoclerus* Gahan (Coleoptera: Cleridae) en bosques de clima templado en México. *Acta zoológica mexicana*, 27(1), 145-167.

Cañas-Hoyos, N.; Lobo-Echeverri, T; Saldamando-Benjumea, C. I. (2017). Chemical Composition of Female Sexual Glands of Spodoptera frugiperda 1 Corn and Rice Strains from Tolima, Colombia. *South western Entomologist*, 42(2), 375-394.

Cardé, R. T.; Haynes, K. F. (2004). Structure of the pheromone communication. *Advances in insect chemical ecology*, 283.

De Bortoli, S. A., Polanczyk, R. A., Vacari, A. M., De Bortoli, C. P., & Duarte, R. T. (2013). *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758)(Lepidoptera: Plutellidae): Tactics for integrated pest management in Brassicaceae. Weed and pest control-conventional and new challenges. Rijeka: InTech, 31-51.

Epstein, D. L., Stelinski, L. L., Miller, J. R., Grieshop, M. J., & Gut, L. J. (2011). Effects of reservoir dispenser height on efficacy of mating disruption of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in apple. *Pest management science*, 67(8), 975-979.

- Espitia, E., Wilches, W., Barreto- Triana, N., Cely-Pardo, L., Fuentes, J. C., Herrera, C., ... & Diaz, M. C. (2020). Implementación del manejo integrado de la polilla guatemalteca en parcelas demostrativas en Colombia. Comité organizador y científico.
- Fernández, D. E., Avilla Hernández, J., & Ribes Dasi, M. (2012). *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). Aspectos de su taxonomía, comportamiento y monitoreo aplicados a programas de control en grandes áreas.
- Fite, T., Damte, T., Tefera, T. y Negeri, M. (2020). Evaluación de tipos de trampas comerciales y señuelos sobre la dinámica poblacional de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) y sus efectos sobre insectos no objetivo. *Cogent Food & Agriculture*, 6 (1), 1771116.
- Furlong, MJ, Wright, DJ y Dosdall, LM (2013). Ecología y manejo de la polilla del dorso de diamante: problemas, avances y perspectivas. *Revisión anual de entomología*, 58 , 517-541.
- González R, A.,Altesor, P., Sellanes, C & Rossini, C. (2012). Aplicación de Feromonas Sexuales en el Manejo de Lepidópteros Plaga de Cultivos Agrícolas. 343-360. En: J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos. El Colegio de la Frontera Sur. México.* 446 p.
- Gordon, D., Zahavi, T., Anshelevich, L., Harel, M., Ovadia, S., Dunkelblum, E., & Harari, A. R. (2005). Mating disruption of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae): effect of pheromone formulations and concentrations. *Journal of economic entomology*, 98(1), 135-142.
- Guerrero, S., Brambila, J., & Meagher, R. L. (2014). Efficacies of four pheromone-baited traps in capturing male *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae) moths in Northern Florida. *Florida Entomologist*, 97(4), 1671–1678.
- Kang, S. M., M. Waqas, M. Hamayun, S. Asaf, A. L. Khan, A. Y. Kim, Y. G. Park, and I. J. Lee. 2017. Gibberellins and indole3-acetic acid producing rhizospheric bacterium *Leifsonia xyli* SE134 mitigates the adverse effects of copper-mediated stress on tomato. *J. Plant Interact.* 12: 373-380.
- Keathley, C. P., Stelinski, L. L., & Lapointe, S. L. (2013). Attraction of a native florida leafminer, *Phyllocnistis insignis* (Lepidoptera: Gracillariidae), to pheromone of an invasive *Citrus leafminer*, *P. Citrella* : Evidence for mating disruption of a native non-target species. *Florida Entomologist*, 96(3), 877–886.
- León, N., & Banner, E. (2018). Eficiencia del número de hembras vírgenes en la captura de adultos de *Elasmopalpus lignosellus*, Zeller.(Lepidoptera: Pyralidae) en espárrago (*Asparagus officinalis* L.).
- Li, Z., Zalucki, M. P., Yonow, T., Kriticos, D. J., Bao, H., Chen, H., ... & Furlong, M. J. (2016). Population dynamics and management of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in China: the relative contributions of climate, natural enemies and cropping patterns. *Bulletin of entomological Research*, 106(2), 197.
- Luo, M., Fu, Liang, Y. Y., Zheng, X. G., Wei, H. Y. (2020). Mating Disruption of *Chilo suppressalis* From Sex Pheromone of Another Pyralid Rice Pest *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Insect Science*, 20(3), 19.
- Mera Enríquez, E. J. (2018). Determinación de los factores asociados en la presencia de polilla del repollo (*Plutella xylostella* L.), en el cultivo de col (*Brassica oleracea* L), en la provincia de Imbabura cantón Antonio Ante sector Sagrado Corazón de Jesús (Bachelor's thesis, El Angel: UTB, 2018).
- Mori, B. A., & Evenden, M. L. (2013). Factors affecting pheromone-baited trap capture of male *Coleophora deauratella*, an invasive pest of clover in Canada. *Journal of Economic Entomology*, 106(2), 844–854
- Nakanishi, T., Nakamuta, K., Mochizuki, F., & Fukumoto, T. (2013). Mating disruption of the carpenter moth, *Cossus insularis* (Staudinger)(Lepidoptera: Cossidae) with synthetic sex pheromone in Japanese pear orchards. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 16(3), 251-255.

- Núñez, P., Zignago, A, Paullier, J., & Núñez, S. (2009). Feromonas sexuales para el control de la polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). *Agrociencia Uruguay*, 13(1), 20-27.
- Panzavolta, T., Bracalini, M., Bonuomo, L., Croci, F., & Tiberi, R. (2014). Field response of non-target beetles to *Ips sexdentatus* aggregation pheromone and pine volatiles. *Journal of Applied Entomology*, 138(8), 586–599.
- Salazar-Blanco, José Daniel, Cadet-Piedra, Eduardo y González-Fuentes, Francisco. (2020). Monitoreo de Spodoptera spp. en caña de azúcar: uso de trampas con feromonas sexuales. *Agronomía Mesoamericana*, 31 (2), 445-459.
- Sandoval Cáceres, Y. P (2020) Comportamiento sexual y éxito reproductivo del barrenador de la caña *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794)(Lepidoptera: Crambidae) en laboratorio.
- Spears, L. R., & Ramirez, R. A. (2015). Learning to love leftovers: Using by-catch to expand our knowledge in entomology. *American Entomologist*, 61(3), 168–173.
- Su, C., & Xia, X. (2020). Sublethal effects of methylthio-diafenthion on the life table parameters and enzymatic properties of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.)(Lepidoptera: Plutellidae). *Pesticide biochemistry and physiology*, 162, 43-51.
- Sunil, T., Leskey, T. C., Nielsen, A. L., Piñero, J. C., & Rodríguez-Saona, C. R. (2014). Use of pheromones in insect pest management, with special attention to weevil pheromones. Integrated pest management, current concepts and ecological perspective. *Abrol*, DP (Editor), 141-168.
- Talekar N, Shelton A (1993) Biology, ecology, and management of the diamond back moth. *Annu Rev Entomol* 38:275–301
- Thiery, D., & Moreau, J. (2005). Relative performance of European grapevine moth (*Lobesia botrana*) on grapes and other hosts. *Oecologia*, 143(4), 548-557.
- Vacas, S., Alfaro, C., Navarro-Llopis, V., & Primo, J. (2009). The first account of the mating disruption technique for the control of California red scale, *Aonidiella aurantii* Maskell (Homoptera: Diaspididae) using new biodegradable dispensers. *Bulletin of entomological research*, 99(04), 415-423.
- Witzgall, P., Kirsch, P., & Cork, A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36(1), 80–100.
- Wyatt, T. (2003). Prefacio. En Feromonas y comportamiento animal: comunicación por olfato y gusto (p. Xiii). *Cambridge: Cambridge University Press*. DOI:10.1017/CBO9780511615061.001
- Zhao Qihong, Ying Wang, Ye Cao, Anguo Chen, Min Ren, Yongsheng Ge, Zongfan Yu, Shengyun Wan, Anla Hu, Qingli Bo, Liang Ruan, Hang Chen, Shuyang Qin, Wenjun Chen, Chuanlai Hu, Fangbiao Tao, Dexiang Xu, Jing Xu, Longping Wen, Li Li. (2014). Potential health risks of heavy metals in cultivated topsoil and grain, including correlations with human primary liver, lung and gastric cancer, in Anhui province, Eastern China. *Science of the Total Environment*. Volumes 470–471, Pages 340–347.
- Zhu, L., Li, Z., Zhang, S., Xu, B., Zhang, Y., Zalucki, MP, ... y Yin, X. (2018). Dinámica de la población de la polilla del dorso de diamante, *Plutella xylostella* L., en el norte de China: los efectos de la migración, los patrones de cultivo y el clima. *Ciencia del manejo de plagas*, 74 (8), 1845-1853.

## Regionalización de la cadena de valor: oportunidades y desafíos para América Latina en la nueva era del Sars-Cov-2.

Luis, Peñafiel-Chang<sup>1</sup>

### Resumen

Este artículo analiza como la evolución de la tecnología y el comercio mundial junto al inesperado acontecimiento del SARS-CoV-2 han acelerado la tendencia de la regionalización de la cadena de valor (RCV) ofreciendo oportunidades para que las economías de América Latina (AL) se desarrollen. En ese sentido se realizó un diagnóstico de la participación de AL en la RCV y se analizó un conjunto de índices sociales, económicos y políticos que brindan elementos a las economías para adaptarlas a las nuevas necesidades surgidas mediante el diseño de cambios estructurales. Los resultados muestran que los gobiernos que mejoran las condiciones de factores en materia de comercio internacional hacen más atractivo al país a inversiones extranjeras y nacionales, estas medidas son de carácter general y son relevantes para el progreso de la región.

**Palabras clave:** Cadenas de Valor, Globalización, Coronavirus, América Latina

## Regionalization of the value chain: opportunities and challenges for Latin America in the new era of Sars-Cov-2.

### Abstract

This article analyses how the evolution of technology and world trade together with the unexpected event of SARS-CoV-2 have accelerated the trend of value chain regionalisation (VC) offering opportunities for Latin American (LA) economies to develop. In this respect, a diagnosis was made of LA's participation in the VC and a set of social, economic and political indices was analysed, providing elements for the economies to adapt to the new needs that have arisen through the design of structural changes. The results show that governments that improve factor conditions in international trade make the country more attractive to foreign and domestic investment; these measures are of a general nature and are relevant to the region's progress.

**Keywords:** Value Chains, Globalization, Coronavirus, Latin America

**Recibido:** 1 de diciembre de 2020

**Aceptado:** 5 de enero de 2021

<sup>1</sup> Economista de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil-Ecuador; Doctorando en Economía en la Pontificia Universidad Católica Argentina; lueduardo1994@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5571-3978>

## I. INTRODUCCIÓN

Los mercados internacionales han aprendido con el SARS-CoV-2 que dependemos de China. El problema con la dependencia es que basta que ocurra cualquier desastre natural (como una pandemia) para que todo el mundo se quede desabastecido de productos básicos como medicamentos, mascarillas o respiradores (Brooks, 2020).

Actualmente, las empresas deben tener en cuenta otros riesgos más allá de la pandemia, hablamos también de la política. Como se sabe, Trump inició una guerra comercial contra China, pero Trump no es el único que quiere dejar de hacer negocios con Pekín (Aldama, 2020). Y es que basta con que pase algo como el cierre de fábricas o la imposición de aranceles a los productos chinos para que la cadena de suministros de muchas industrias se vean afectadas, volviendo a la cadena de suministros muy frágil.

Lo que han intentado algunas compañías es compensar el cierre aumentando la producción de sus fábricas en países como Vietnam, Camboya, Bangladesh, Filipinas, Etiopía, entre otros. Por lo cual, las empresas han empezado abrir fábricas fuera de China, de tal manera se benefician del mercado chino, pero además intentan establecerse en otro sitio para protegerse de cualquier imprevisto.

No obstante, los cambios del coronavirus están abriendo la posibilidad de una nueva fase en el comercio mundial más expansiva. En consecuencia, este trabajo se enfoca en proponer elementos que ayuden al diseño de políticas donde América Latina pueda tomar mejores decisiones para potenciar su crecimiento.

Lo anterior requiere un conjunto de factores que se procuren poner a disposición de las empresas, para que estas lleven a cabo sus inversiones con una disminución atractivas de los riesgos, es decir, que las empresas puedan observar a América Latina como deseable para la expansión de sus comercios, puesto que esto llevará un posible impacto en los niveles de crecimiento regional dado que hay evidencia de una correlación positiva entre la inversión y el PIB per cápita en los países en vías de desarrollo (Perry, 2005; Elías, Fernández and Ferrari, 2006; Flores, 2006; Coremberg et al., 2007; Ghosh, 2007; Herranz, Barraza and Legato, 2009; Chávez Muñoz, 2010; Novales, 2011; Alcides, 2015; Suanes; Macarena;

Roca-Sagalés; Oriol, 2015; Escartin, Velasco and González-Abril, 2017; Mordecki and Ramírez, 2018; Mamingi and Martin, 2018; Armendáriz and Carrasco, 2019).

### Diagnóstico de la evolución del comercio mundial

Existe un amplio consenso en que la intensa comunicación e interdependencia del comercio mundial entre los distintos países del mundo arrancó cuando Estados Unidos puso en marcha el plan Marshal. El objetivo era ayudar a la reconstrucción de aquellos países de Europa Occidental devastados por la segunda guerra mundial, el plan requirió de la eliminación a las barreras al comercio, aumento de la productividad y menor regulación a las empresas, entre otras. Ayudando a Europa a salir del agujero, Estados Unidos conseguiría un socio comercial de primera línea, y que tiene lugar hasta nuestros días.

De Asia vendría la segunda fase del comercio internacional en la década del 70 que, basados en los bajos salarios con largas jornadas de trabajo, la abundancia de mano de obra, la creación de las zonas francas y la carencia de derechos laborales resultaron atractivos para las empresas multinacionales y la inversión extranjera. Además, los gobiernos con fuerte proteccionismo y dominio de las industrias estratégicas, más el control de la modernización, dio lugar a Japón y los tigres asiáticos para que comenzaran a llenar el mercado mundial con sus productos. Y es que no solo han sido exportadores sino también importadores de productos de Estados Unidos y Europa.

Lo que se consideraría una tercera fase del comercio mundial es lo que hemos visto en los últimos años, ese giro hacia el comercio con China. El mismo empezaría a inicios de los años 80 cuando el partido político comunista tradicional chino fue transformándose a través de unas reformas económicas abriendo paso a la creación de zonas económicas especiales y a la privatización (BBC News, 2019).

Siendo la apertura de concesiones de licencias a los empresarios para desarrollar la libre empresa y la inversión extranjera en que China impulso su crecimiento económico mediante exportaciones de maquinaria y equipos a bajo costo. Al igual que en la fase anterior, los bajos salarios con largas jornadas

de trabajo y la mano de obra barata llevó a muchas empresas a optar por externalizar la producción a China.

Ahora estamos viendo como China se ha convertido en la fábrica del mundo y ha evolucionado a tal nivel que hoy hablamos del gran mercado del mundo (Caballero, 2019). Ya no se ve a China solo como un sitio para fabricar sino como un sitio para vender. En definitiva, estamos hablando de un verdadero mercado de 1.400 millones de personas que cada vez ganan más dinero, es decir, que cada vez tienen más yuanes para comprar productos.

En parte esto ha provocado que las empresas que fueron a China atraídas por su mano de obra barata, se vieran con el paso del tiempo en una encrucijada a consecuencia de la llegada de nuevas empresas, obligando a las compañías a tener que competir por los trabajadores en el mercado laboral, traduciendo este impacto en el crecimiento de los salarios. Han crecido hasta tal punto que desde hace ya varios años los niveles salariales de China equivalen o superan los de parte de Europa (Cotizalia, 2017).

Y claro, que china sea un mercado ya es por sí solo un incentivo para mantener las fábricas en china por mucho que suban los salarios de los trabajadores porque los costos de transporte también son elevados, si se tienen que mover toneladas de productos en barco a través de un viaje transoceánico de varias semanas.

Pero si todo lo que se produce en China, se puede vender en China, las empresas se ahorran costes logísticos, esto ha provocado que muchas fábricas permanezcan en territorio chino dado que la demanda en ese país ha crecido tanto, que ya sería viable montar una fábrica solo para vender productos en China.

De hecho, Apple cerró su última línea de producción en Estados Unidos en 2004, para entonces su mayor parte de ensamblaje de productos se había mudado a China. Sin embargo, en 2013 y 2019 ya habían vuelto a fabricar ordenadores en Texas porque con los salarios en alza, más el transporte desde China y la guerra comercial entre Washington y Pekín han hecho que la ventaja competitiva del país asiático frente a Estados Unidos sea mucho menor que hace unos años (Suárez, 2019). Y esto no significa que las empresas se hayan ido de China, lo

que ha pasado es que las empresas se quedan porque ahora China es su mercado. Es decir, el objetivo ya no es producir bienes en China para exportarlos, sino también para venderlos.

En eso estábamos cuando llegó el acontecimiento que cambió todo, el “Coronavirus”. De un momento a otro se ralentizó la economía, se cerraron empresas y se vio afectado las cadenas globales de valor (CGV) de varias industrias. Este riesgo ha hecho más visible que depender de China genera un montón de problemas volviendo a la cadena global de suministros muy frágil (Olivera, 2020).

Todo esto nos lleva a preguntarnos ¿cuál es la siguiente fase del comercio internacional? La respuesta podríamos encontrarla en la tendencia de la movilidad de inversiones de las empresas en su mayoría estadounidenses y otras tantas chinas, que han empezado a trasladar su producción a otros países para protegerse de cualquier imprevisto (Morales, 2020).

### **Rol de la tecnología y la mano de obra en la nueva fase del comercio mundial**

En los últimos 25 años la tecnología ha evolucionado notablemente, es decir, cada vez las máquinas son mejores y tienen más funciones de forma automática (SGI, 2020). Todo esto va a suponer un cambio revolucionario para algunas industrias. La automatización, la inteligencia artificial, la nano tecnología, el 5G, la impresión en 3D y la fabricación aditiva, entre otras tecnologías transformarán la fabricación intensiva en mano de obra, en fabricación intensiva de capital (Navarro, 2018). Es decir, que cada vez va hacer más interesante para las empresas tener una fábrica moderna con maquinaria de última generación antes que una fábrica anticuada con muchos trabajadores.

Dicho de otra forma, el factor salario ya no será tan importante para decidir donde situar una fábrica. Todo esto supondría que las empresas les interesarían montar varias fábricas a nivel regional, ahorrándose gastos logísticos y si la mano de obra es más cara la suplen con automatización (Arbache, 2020).

Ya no interesaría tanto tener mano de obra barata como tener a disposición buenas infraestructuras, buenos proveedores, energía barata y trabajadores bien formados para manejar la maquinaria. Estamos hacia una tendencia que ya se estaba dando en los

últimos años, la llamada regionalización de la cadena de valor (RCV) que según los datos proporcionados por la Organización Mundial del Comercio (OMC), lo que se produce en la “Fábrica de Asia” (las grandes economías de Asia Pacífico) se venden en Asia, lo que se produce en la “Fábrica del Norte” (los tres gigantes del T-MEC) se vende en Norteamérica y lo que se produce en la “Fábrica Europea” (la Unión Europea y el reino Unido) se queda en Europa (OMC, 2020).

## II. ANÁLISIS

Las empresas nunca antes habían enfrentado todos los desafíos como los de hoy en día. Desde las economías desarrolladas hasta las economías emergentes como también las empresas y el comercio son cada vez más sensibles a la incertidumbre. Según el informe global de riesgos (Marsh & McLennan and Zurich Insurance Group, 2020) son las tensiones geopolíticas, las preocupaciones económicas, la deficiencia en la respuesta climática, el impacto de la pérdida de biodiversidad, el déficit de gobernanza tecnológica y los sistemas de salud bajo nuevas presiones, representan los riesgos globales más urgentes en la actualidad.

Por tal motivo, el comercio mundial se ve cada vez más afectado por la incertidumbre, y sin lugar a dudas la causa actual más grande es la llegada del SARS - CoV - 2 y la subsecuente crisis económica que impacta de manera diferenciada a cada región, es más las regiones que recibieron el shock económico de peor manera son el Este de África, Medio Oriente y América Latina. Sin embargo, las zonas que han presentado los mejores niveles de comercio intrarregional y (CRV) más saludables han podido enfrentar mejor la caída del nivel de actividad mundial.

En ese sentido y pensando en el futuro escenario del comercio mundial se analizará la participación de América Latina en la regionalización de la cadena de valor junto a un conjunto de índices sociales, económicos y políticos que brinden elementos que ayuden a diseñar cambios estructurales que requieren las economías para prepararlas a las nuevas necesidades surgidas, donde los riesgos políticos y la aparición de gérmenes infecciones en una parte del mundo o sector se extienden a otras regiones, causando daños inesperados.

### **América Latina y su participación en el comercio mundial.**

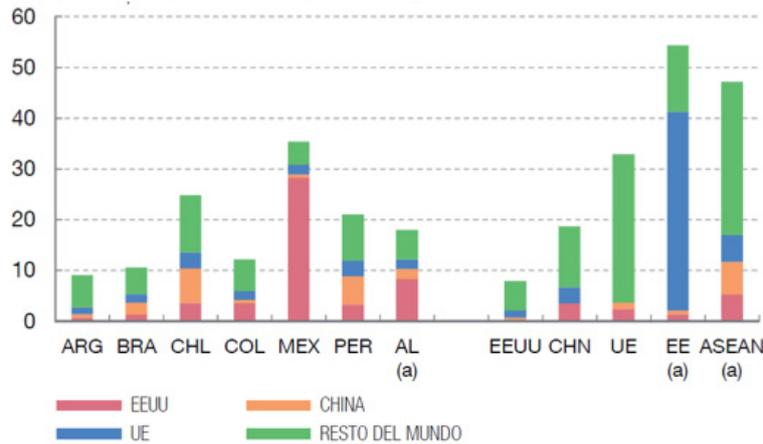
Se puso de manifiesto con la aparición de la pandemia la falta de regionalización para América Latina, es decir, la histórica dependencia de materias primas y la escasa complementariedad entre las economías de la región hicieron que los niveles de comercio intrarregional se mantuvieran por debajo del 20%, mientras que 50% hasta un 60% son los niveles de intercambio para las regiones de Asia, Europa y América del norte (EA, 2020).

En términos generales, América Latina respecto a otras regiones emergentes tiene un grado de apertura al comercio internacional menor y además una elevada heterogeneidad entre países, por un lado, algunas economías son más abiertas como Chile, Perú o México que alcanzan tasas entre el 50% al 80% de apertura comercial respecto del PIB y otras más cerradas como Argentina, Brasil o Colombia con tasas entre el 30% al 40% (ver figura 1). Además, en su conjunto la suma de sus exportaciones de bienes supone un 45% del PIB con un alto de grado de vinculación con China y Estados Unidos (ver figura 2).



**Figura 1.** Apertura Comercial de América Latina.

Notas: El eje horizontal contiene países: ARG (Argentina), BRA (Brasil), CHL (Chile), COL (Colombia), MEX (México), PER (Perú), AL (Agregado de Arg, Bra, Chl, Col, Méx y Per), EE (Europa del Este: UE-13), ASEAN (Asociación de las Naciones del Sudeste Asiático). Y el eje vertical representan las importaciones más las exportaciones (% del PIB). Fuente: (Banco de España, 2020).

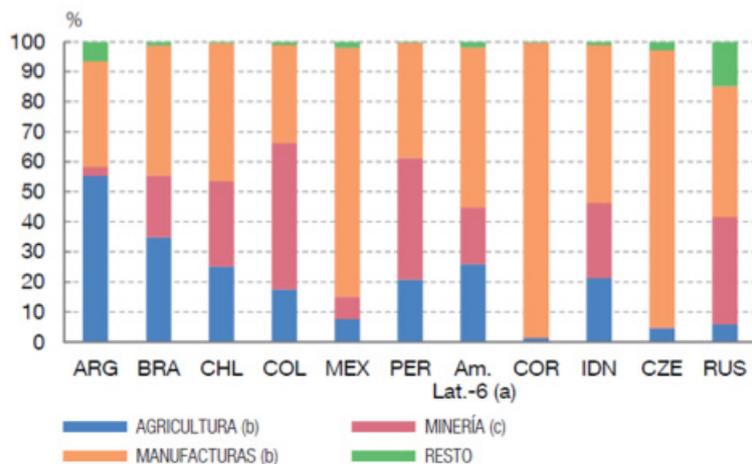


**Figura 2.** Destino de las exportaciones de bienes de América Latina

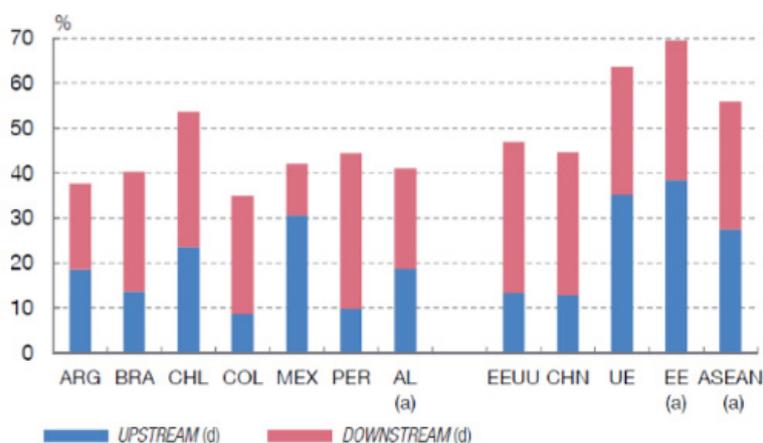
Notas: El eje horizontal contiene países: ARG (Argentina), BRA (Brasil), CHL (Chile), COL (Colombia), MEX (México), PER (Perú), (a)AL (Agregado de Arg, Bra, Chl, Col, Méx y Per), EEUU (Estados Unidos), CHN (China), UE (Unión Europea), (a)EE (Europa del Este: UE-13), (a)ASEAN (Asociación de las Naciones del Sudeste Asiático). Y el eje vertical representa el % de exportaciones de bienes sobre el PIB. Fuente: (Banco de España, 2020)

Por otro lado, los confinamientos adoptados como medidas para enfrenar la pandemia han ocasionado una caída en la demanda y precio de las materias primas, siendo un problema para América Latina por su predominancia del sector exportador (ver figura

3). A todo esto, se suma las notables disrupciones en las cadenas globales de valor (CGV) afectando negativamente en mayor medida a México y Chile por su fuerte vínculo con las industrias estadounidenses y chinas respectivamente (ver figura 4).



**Figura 3.** Composición de las exportaciones por tipo de producto de América Latina  
 Notas: El eje horizontal contiene países: ARG (Argentina), BRA (Brasil), CHL (Chile), COL (Colombia), MEX (México), PER (Perú), (Lat-6) Am (Agregado de Arg, Bra, Chl, Col, Méx y Per), COR (Corea del Sur), IDN (Indonesia), CZE (República Checa), RUS (Rusia). Y el eje vertical representa la tasa de las exportaciones por tipo de producto. Fuente: (Banco de España, 2020).



**Figura 4.** América Latina y su participación en las cadenas globales de valor  
 Notas: El eje horizontal contiene países: ARG (Argentina), BRA (Brasil), CHL (Chile), COL (Colombia), MEX (México), PER (Perú), (a)AL (Agregado de Arg, Bra, Chl, Col, Méx y Per), EEUU (Estados Unidos), CHN (China), UE (Unión Europea), (a)EE (Europa del Este: UE-13), (a)ASEAN . Y el eje vertical representa la tasa de participación en las cadenas globales de valor. (d)Upstream hace referencia a la proporción de las exportaciones utilizadas como input por industrias en otros países que producen bienes o servicios con el objetivo de exportar a países terceros y (d) Downstream hace referencia a la proporción de las exportaciones conformadas por el valor añadido de bienes y servicios extranjeros que se usan como input para producir bienes y servicios para la exportación. Fuente: (Banco de España, 2020).

No obstante, pese a que las economías latinoamericanas han sido activas en cuanto se refiere a acuerdos comerciales dentro y fuera de la región firmando noventa y siete acuerdos en los últimos veinte años (ver figura 5), el crecimiento del comercio

y la capacidad de integración latinoamericana en las (CGV y CRV) se ven limitados por la diversa fragmentación regulatoria de acuerdos comerciales existentes en lo referente a los estándares laborales, reglas de origen, entre otros.

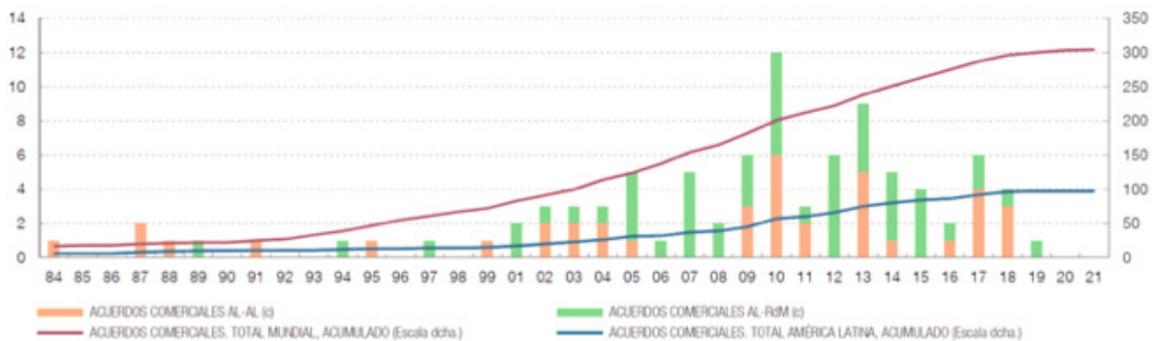


Figura 5. Tipo y número de acuerdos comerciales de América Latina

Notas: El eje horizontal representa los años y el eje vertical el número de acuerdos. AL-AL (c) son los acuerdos entre países de América Latina. AL-Rdm son los acuerdos donde al menos un país miembro es de América Latina y al menos otro no lo es. Fuente: (Banco de España, 2020).

### Condiciones de América Latina. Diseño de políticas estratégicas para la región.

Es todo un desafío pensar en (CRV) para América Latina, no solo por la fragmentada red de acuerdos comerciales preferenciales, bilaterales y multilaterales intrarregionales que ha querido ser resuelta en parte por organismos como el Mercado común del Sur, Asociación latinoamericana de integración, Comunidad Andina, entre otros, sino también por la falta de disposición de buenas condiciones estructurales y políticas. Es decir, condiciones que incentiven las inversiones de empresas en general que procuran conseguir la

eficiencia en la producción de bienes y servicios.

Según (Giglo, 2007) el marco de condiciones que influye en los procesos de evaluación en el momento de seleccionar la ubicación geográfica no son solo factores cuantitativos como las exenciones o rebajas tributarias, sino también otros más de tipo cualitativos que siguen las empresas para sus nuevas inversiones, tales como: i) facilidad para hacer negocios; ii) un ambiente político y social estable; iii) calidad y confiabilidad de la infraestructura; iv) profesionales técnicos; v) facilidad para contratar ejecutivos; vi) bajos niveles de corrupción; vi) baja criminalidad; entre otros (ver tabla 1).

Tabla 1. Factores críticos de decisión.

Autor	Factores	Porcentaje citado como "muy importante"
(Giglo, 2007)	Acceso a consumidores	77
	Ambiente político y social estable	64
	Facilidad para hacer negocios	54
	Calidad y confiabilidad de la infraestructura y servicios básicos	50
	Habilidad para contratar profesionales técnicos	39
	Habilidad para contratar ejecutivos	38
	Nivel de corrupción	36
	Costos Laborales	33
	Seguridad y criminalidad	33
	Habilidad para contratar personal calificado	32
	Impuestos nacionales	29
	Costos de los servicios básicos	28
	Caminos	26
	Acceso a materias primas	24

Disponibilidad, calidad de universidades y formación técnica	24
Disponibilidad de terrenos con servicios habilitados	24
Impuestos locales	24
Acceso a proveedores	23
Relaciones laborales y sindicatos	23
Servicio de transporte aéreo	23

Notas: Los factores críticos de selección fueron hechos en base a una encuesta a empresas transnacionales.

Fuente: Políticas activas para atraer inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4572/1/S0700049\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4572/1/S0700049_es.pdf)

De manera que, los factores estructurales son el punto de partida para diseñar políticas que hagan atractiva a la región en las nuevas tendencias del comercio mundial. Por el momento, América Latina dispone de una brecha que en lo posible debe ser

aminorada respecto a China, Estados Unidos e Irlanda (ver tabla 2), con el propósito de lograr convertirse en una oferta atractiva para las (CGV y CRV) y de tal manera diferenciarse de las demás regiones del mundo.

**Tabla 2.** Índices sociales, económicos y políticos de América Latina.

País	IDL	IPC	IRP	IC	DB	ICH	IDPI
Argentina	2,77	45	51,4	62,26	126	0,61	5,08
Bolivia	2,15	31	48,6	56,13	150	n/a	3,93
Brasil	2,93	35	56	68,31	124	0,56	5,56
Chile	3,21	67	70,5	49,6	59	0,67	6,88
Colombia	2,67	37	58,5	54,94	67	0,59	5,55
Costa Rica	2,49	56	59,2	55,59	74	0,62	6,48
Ecuador	2,72	38	51,1	52,66	129	0,6	4,8
El Salvador	2,25	34	49,1	67,84	91	0,5	4,7
Guatemala	2,2	26	48,4	58,59	96	0,46	5,01
Honduras	2,47	26	45,8	76,65	133	0,49	4,83
México	2,85	29	57,6	57,31	60	0,61	5,22
Panamá	3,13	36	62,8	46,2	86	0,53	5,68
Paraguay	2,55	28	51,1	49,6	125	0,53	4,56
Perú	2,28	36	59,5	65,65	76	0,59	5,13
Uruguay	2,43	71	62,7	53,02	101	0,6	6,32
China	3,75	41	69,1	31,18	31	0,67	6,03
Estados Unidos	4,05	69	78,3	47,7	6	0,76	8,2
Irlanda	3,29	74	78,8	45,68	24	0,81	7,61

Notas: Índice de desempeño logístico (IDL): mide la calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte (1 = baja a 5 = alta); Índice de percepción de corrupción (IPC): corrupción que perciben los expertos y los ejecutivos de empresas del sector público de un país. (0 = alta corrupción a 100 = Baja corrupción); Índice de riesgo político (IRP): 49 = inestable a 100 = estable; Índice de criminalidad (IC): medida que permite determinar qué tan seguro es un país (15 = menor criminalidad a 73 = mayor criminalidad); Doing Bussines (DB): se refiere a las regulaciones que afectan 12 áreas del ciclo de vida de una empresa (1 = mayor facilidad para hacer negocio a 190 = menores facilidades para hacer negocios); Índice de capital humano (ICH): cuantifica la participación de la salud y la educación a la productividad además de los niveles de ingresos de la próxima generación (0 = más bajos a 1 = más alto); Índices de derecho de propiedad internacional (IDPI): califica a las instituciones que respetan los derechos de propiedad física y los derechos de propiedad intelectual (0 = peor puntaje a 10 = mejor puntaje).

### III. CONCLUSIONES

El presente artículo se centralizó en el protagonismo que tiene la cadena regional de valor (CRV) para el desarrollo de América Latina (AL), para lo cual, primeramente, se analizaron las tendencias del comercio internacional, el rol de la tecnología y del trabajo. Seguidamente se analizó la participación de AL en la CRV y CGV, junto a un conjunto de índices sociales, económicos y políticos. Ambas secciones fueron oportunamente revisadas dando como resultado una demostración juiciosa para referir que la conjetura del documento se cumple.

El razonamiento de este trabajo resulta interesante en cuanto se evidencian dos hechos estilizados para que América Latina logre tener una participación de la cadena regional de valor más efectiva. Por una parte, la fragmentación regulatoria de los acuerdos existentes impide mejorar y ampliar la articulación del grado de integración comercial, no solo dentro de la región sino también fuera de ella. Por otro, mejorar los pésimos índices de condiciones económicas, sociales y políticos tales como un marco institucional eficiente y transparente asimismo recursos humanos calificados y también un ambiente agradable a los negocios abierto al comercio internacional que brinden un entorno propicio y atractivo para que las inversiones que requiere la CRV prosperen.

En síntesis, la tendencia del comercio internacional es avanzar hacia escenarios cada vez más inciertos, por lo cual por evidente que parezca, los gobiernos deben esforzarse en generar las condiciones necesarias de factores que hacen atractiva a la región para que las CRV se desarrollen.

### IV. REFERENCIAS

Alcides, P. (2015) 'Uso de Variables de actividad económica en la estimación del PIB Per Cápita Microterritorial', *Cuadernos de Economía*, 34, pp. 349–376. doi: 10.15446/cuad.econ.v34n65.45936. Este.

Aldama, Z. (2020) *2.200 millones para que las empresas Japonesas dejen China*, *El correo*. Available at: <https://www.elcorreo.com/economia/empresas/2200-millones-para-empresas-japonesas-vuelvan-de-china-20200413211732-ntrc.html>.

Arbache, J. (2020) *Pandemia y cadenas de valor globales*, *Banco de Desarrollo de América Latina*. Available at: <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/06/pandemia-y-cadenas-de-valor-globales/>.

Armendáriz, E. and Carrasco, H. (2019) 'El gasto en inversión pública de América Latina. Cuánto, quién y en qué', *Banco Interamericano de Desarrollo*. Available at: <https://publications.iadb.org/es/el-gasto-en-inversion-publica-de-america-latina-cuanto-quien-y-en-que>.

Banco de España (2020) 'Informe de economía latinoamericana. Primer semestre de 2020', *Artículos Analíticos. Boletín Económico*. España, (2/2020), pp. 1–32.

BBC News, M. (2019) *70 años del triunfo del comunismo: cómo China pasó de ser un país pobre y rural a una superpotencia mundial*, *BBC News Mundo*. Available at: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-46611462>.

Brooks, D. (2020) *Coronavirus | Cuánto depende el mundo de los medicamentos que produce China y que riesgos implica en la actual pandemia*, *BBC News Mundo*. Available at: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-52566973>.

Caballero, D. (2019) *China, la fábrica del mundo que factura 78.852 al segundo*, *ABC Economía*. Available at: [https://www.abc.es/economia/abci-made-china-gigante-asiatico-tomando-mundo-201912230138\\_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.abc.es/economia/abci-made-china-gigante-asiatico-tomando-mundo-201912230138_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F).

Chávez Muñoz, N. M. (2010) 'Renta per cápita como medida de desarrollo económico en latinoamérica', *Equidad y Desarrollo*, (14), pp. 37–48. doi: 10.19052/ed.199.

Coremberg, A. et al. (2007) *Macroeconomía del desarrollo: Patrones de la inversión y el ahorro en la Argentina*.

Cotizalia, L. (2017) *El salario en la industria china ya está como en Portugal o Grecia y superan a*

- México, *El Confidencial*. Available at: [https://www.elconfidencial.com/economia/2017-02-27/los-salarios-en-china-ya-estan-como-en-grecia-portugal-y-superan-a-mexico\\_1339316/](https://www.elconfidencial.com/economia/2017-02-27/los-salarios-en-china-ya-estan-como-en-grecia-portugal-y-superan-a-mexico_1339316/).
- EA (2020) *Las cadenas regionales de valor y América Latina, Embajada Abierta*. Available at: <https://www.embajadaabierta.org/post/las-cadenas-regionales-de-valor-y-america-latina>.
- Eliás, S., Fernández, R. and Ferrari, A. (2006) 'Inversión Extranjera Directa y Crecimiento Económico: Un análisis empírico', *Universidad Nacional del Sur*, p. 25. Available at: [https://aaep.org.ar/anales/workso6/Elias\\_Fernandez\\_Ferrari.pdf](https://aaep.org.ar/anales/workso6/Elias_Fernandez_Ferrari.pdf).
- Escartin, E., Velasco, F. and González-Abril, L. (2017) 'La tasa de variación del PIB en un modelo simple de determinación de la renta', *Revista de Metodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 23(1), pp. 210–222.
- Flores, G. (2006) 'La salud como factor de crecimiento económico', *Posgrado y Sociedad*, 6.
- Ghosh, J. (2007) 'Macroeconomía y políticas de crecimiento', *Centro de Estudios Económicos y Planificación Facultad de Ciencias Sociales Universidad Jawaharlal Nehru*, p. 46.
- Giglio, N. (2007) *Políticas efectivas para atraer inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe, CEPAL - Serie Estudios y Perspectivas*. Available at: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4572/S0700049\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4572/S0700049_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Herranz, A. Á., Barraza, S. and Legato, A. (2009) 'Inversión extranjera directa y crecimiento económico en Latinoamérica', *Informacion Tecnologica*, 20(6), pp. 115–124. doi: 10.1612/inf.tecnol.4116it.08.
- Mamingi, N. and Martin, K. (2018) 'La inversión extranjera directa y el crecimiento en los países en desarrollo: El caso de los países de la Organización de Estados del Caribe Oriental', *Cepal Review*, 2018(124), pp. 85–106. doi: 10.18356/cdf8aa9b-es.
- Marsh & McLennan and Zurich Insurance Group (2020) *The Global Risks Report 2020*. Available at: <https://www.marsh.com/mx/insights/research/global-risks-report-2020.html#:~:text=El Informe Global de Riesgos,y en la próxima década>.
- Morales, L. (2020) *Empresas estadounidenses quieren irse de China*. *Diario de las Américas, Diario de las Américas*. Available at: <https://www.diariolasamericas.com/eeuu/empresas-estadounidenses-quieren-irse-china-n4200166>.
- Mordecki, G. and Ramírez, L. (2018) '¿Qué es lo primero: el crecimiento del PIB o la inversión? El caso de una economía pequeña y abierta', *Trimestre Económico*, LXXXV(1), pp. 115–136.
- Navarro, M. (2018) *Inteligencia artificial, industria y empleo, MKM*. Available at: <https://revistabyte.es/tema-de-portada-byte-ti/inteligencia-artificial-y-empleo/>.
- Novales, A. (2011) 'Real Academia de Ciencias Morales y Políticas', *Económico, Crecimiento Pobreza, Desigualdad Y Académico, Intervención*, pp. 1–16.
- Olivera, X. (2020) *El papel de la cadena de suministro global de China puede disminuir; Los directores financieros que examinan la cadena de suministro futura; Aavenir recauda \$ 2 millones, Azul Partners*. Available at: <https://spendmatters.com/mx-latam/el-papel-de-la-cadena-de-suministro-global-de-china-puede-disminuir-los-directores-financieros-que-examinan-la-cadena-de-suministro-futura-aavenir-recauda-2-millones/>.
- OMC (2020) *Desplome del comercio ante la pandemia de COVID-19, que está perturbando la economía mundial, Organización Mundial del Comercio*. Available at: [https://www.wto.org/spanish/news\\_s/pres20\\_s/pr855\\_s.htm#:~:text=El comercio mundial de mercancías,la pandemia de COVID-19.&text=El volumen del comercio de,la ralentización del crecimiento económico](https://www.wto.org/spanish/news_s/pres20_s/pr855_s.htm#:~:text=El comercio mundial de mercancías,la pandemia de COVID-19.&text=El volumen del comercio de,la ralentización del crecimiento económico).
- Perry, G. (2005) *Crecimiento en America Latina. En busca del tiempo perdido*. Banco Mund. Bogotá.

- SGI (2020) ‘La regionalización de las cadenas de valor de bienes y servicios. “ Más Iberoamérica : retos y oportunidades en la Región y en terceros mercados ”’, in. Available at: <https://www.segib.org/wp-content/uploads/Nota-informativa.-La-regionalizacio--n-de-las-cadenas-de-valor-de-bienes-y-servicios.-Ma--s-Iberoame--rica-retos-y-oportunidades-en-la-Regio--n-y-en-terceros-mercados.-21.07.20.pdf>.
- Suanes; Macarena; Roca-Sagalés; Oriol (2015) ‘Crecimiento Económico Y Desigualdad En América Latina \*’, *El Trimestre Económico*, Vol. LXXXI, pp. 675–706.
- Suárez, J. (2019) *Trump muestra con orgullo la nueva fábrica de Apple en texas*, *Comercio*. Available at: <https://comercio.live/2019/11/20/trump-muestra-con-orgullo-la-nueva-fabrica-de-apple-en-texas/>.

## Guía de manejo de pacientes COVID19 en terapia intensiva - Hospital Pablo Arturo Suárez

Jorge, Vélez-Paez<sup>1\*</sup>; Mario, Montalvo-Villagómez<sup>2</sup>;  
Fernando, Jara-González<sup>3</sup>; Santiago, Aguayo-MoscOSO<sup>4</sup>; Wendy,  
Tercero-Martínez<sup>5</sup>; Lenin, Saltos-Íñiguez<sup>6</sup>; Patricio, Vega-Luzuriaga<sup>7</sup>;  
Jesús Elías Dawaher<sup>8</sup>

### Resumen

El 31 de diciembre, en Wuhan-China, se reportó que 27 personas habían sido diagnosticadas con una neumonía de causa desconocida, el 7 de enero de 2020 los científicos chinos aislaron el virus causante de la enfermedad, un coronavirus beta que se denominó SARS-CoV-2. El 11 de marzo de 2020, la OMS declara al COVID-19 como pandemia. En Ecuador, el 29 de febrero se anunció el primer caso confirmado de coronavirus, y el 13 de marzo se registró la primera muerte por COVID-19 en el país. En Quito, el primer hospital de la salud pública en recibir pacientes infectados fue el Hospital Pablo Arturo Suárez. El 1 de abril del 2020, la terapia intensiva recibe su primer paciente; para ello se realizó cambios estructurales para tener un centro con bioseguridad nivel 3 y se redactó un protocolo de manejo; de ello, es relevante decir que ante una entidad nueva y desconocida, la aplicación de los conocimientos en ciencias básicas y fisiopatología hizo que seamos el único hospital que adoptó el uso de corticosteroides y anticoagulación total desde el inicio de la pandemia, medidas terapéuticas en ese momento inciertas y controversiales.

**Palabras clave:** COVID-19, UCI, tratamiento, SARS Cov-2, guías de manejo.

## Management guide for COVID19 patients in intensive therapy - Hospital Pablo Arturo Suárez

### Abstract

On 31 December 2019, in Wuhan-China, 27 people were reported to have been diagnosed with pneumonia of unknown cause. On 7 January 2020, Chinese scientists isolated the virus that caused the disease, a beta coronavirus that was called SARS-CoV-2. On 11 March 2020, the WHO declared COVID-19 a pandemic. In Ecuador, on 29 February the first confirmed case of coronavirus was announced, and on 13 March the first death from COVID-19 was recorded in the country. In Quito, the first public health hospital to receive infected patients was the Pablo Arturo Suárez Hospital. On April 1, 2020, the intensive care unit received its first patient; structural changes were made to have a level 3 biosafety centre and a management protocol was drawn up. It is important to note that in the face of a new and unknown entity, the application of knowledge in basic sciences and physiopathology meant that we were the only hospital to adopt the use of corticosteroids and total anticoagulation from the beginning of the pandemic, therapeutic measures which were uncertain and controversial at the time.

**Keywords:** COVID-19; ICU, treatment, SARS Cov-2, guidelines.

**Recibido:** 03 de Agosto de 2020  
**Aceptado:** 26 de noviembre de 2020

<sup>1</sup> Doctor en medicina; Hospital Pablo Arturo Suárez; Universidad Central del Ecuador; jlvelez@uce.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-6956-4475>

<sup>2</sup> Doctor en medicina; Hospital Pablo Arturo Suárez, Ecuador; marpatmontvill@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2987-7095>

<sup>3</sup> Doctor en medicina; Hospital Pablo Arturo Suárez, Ecuador; fernandojara@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2132-7187>

<sup>4</sup> Doctor en medicina; Hospital Pablo Arturo Suárez, Ecuador; drsaguayo@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4919-5497>

<sup>5</sup> Doctor en medicina; Hospital Pablo Arturo Suárez, Ecuador; wendytercero317@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5207-7611>

<sup>6</sup> Doctor en medicina; Hospital Pablo Arturo Suárez, Ecuador; aries27m@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0111-6569>

<sup>7</sup> Licenciado en comunicación social; Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSP); Dr. Leopoldo Izquieta Pérez; [tkrbh1954@hotmail.es](mailto:tkrbh1954@hotmail.es); <https://orcid.org/0000-0001-9623-0633>

<sup>8</sup> Doctor en medicina; Hospital Pablo Arturo Suárez, Ecuador; jedawaher@hotmail.com

\*Autor para correspondencia: [jlvelez@uce.edu.ec](mailto:jlvelez@uce.edu.ec)

## I. INTRODUCCIÓN

A finales de diciembre de 2019, en la ciudad china de Wuhan se reportó un brote de neumonía atípica de aparente etiología viral. El brote se ligó a un mercado abierto de esa ciudad. Luego de las investigaciones respectivas el Centro de Control y Prevención de Enfermedades chino, el 4 de enero de 2020 activó el protocolo de respuesta de emergencia nivel 2 y se identificó un nuevo coronavirus como el agente causal (Zhu N. et al., 2020).

Los coronavirus fueron descritos en la década de los sesenta (Tyrrell, 1966), son virus de ARN monocatenario y con una nucleocápside helicoidal. En seres humanos algunos causan infecciones respiratorias altas de tipo resfriado común. Sin embargo, aparecieron dos cepas altamente patógenas originado de reservorios animales y que desencadenaron dos epidemias en este siglo: el SARS-CoV durante los años 2002 a 2004 (Síndrome Respiratorio Agudo Severo o SARS por sus siglas en inglés), y MERS-CoV en el año 2012 (Síndrome Respiratorio de Medio Oriente o MERS por sus siglas en inglés), con varios miles de casos.

El Comité Internacional de Taxonomía de Virus nombró oficialmente al virus actual como SARS-CoV-2 que causa la enfermedad por coronavirus COVID-19 (Coronavirus Infectious Disease 2019), el día 11 de febrero de 2020. Desde ese momento el virus ha tenido una rápida expansión inicialmente en China con al menos 80000 casos, pero rápidamente se expandió fuera de China, afectando a todos los continentes habitados (Jimenez A., 2020; Meraz Y., 2020).

Su crecimiento ha sido exponencial en prácticamente todo el planeta, generando emergencias sanitarias sin precedentes en muchos países, como por ejemplo Italia, España, Brasil, Estados Unidos e inclusive en el Ecuador. El 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró a COVID-19 una pandemia. Para el 06 de abril ha afectado alrededor de 184 países o regiones del mundo, con más de 1350000 casos. Con corte 12 de diciembre, en Ecuador se han registrado alrededor de 200.765 son casos confirmados con pruebas PCR, de los cuales 9.323 han fallecido (MSP, 2020) afectando principalmente a Pichincha con la mayoría de los casos y en segundo lugar Guayas. A

nivel mundial se han registrado 71.623.753 casos y 1.603.577 muertes. (Jhons Hopkins, 2020).

Se debe considerar que el deterioro clínico que puede desencadenar el requerimiento de ventilación mecánica en los pacientes puede ocurrir durante la segunda semana de la aparición de la enfermedad. La disnea e incluso la insuficiencia respiratoria aguda, aparece con una mediana de 8 días después de inicio de los síntomas, oscilando entre 5 a 13 días (Huang C. et al., 2020).

La presente guía se enfoca en la atención de pacientes con neumonía por COVID19 ingresados a la Unidad de Terapia Intensiva y se basa a los conocimientos disponibles hasta el momento, la cual por tratarse de una nueva enfermedad puede ser modificada a la luz de nuevas evidencias y lineamientos emitidos por instancias nacionales e internacionales.

## II. RECOMENDACIONES TÉCNICAS SOBRE USO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Los datos presentados en esta recomendación técnica son estimaciones aproximadas y basadas en ejercicios de simulación del uso de Equipos de Protección Personal (EPP) en brotes de virus con mecanismos de transmisión similares (SARS y MERS). Es de esperar un incremento en el consumo de EPP según la gravedad de la enfermedad y el número de Procedimientos Generadores de Aerosoles (PGA) a realizar en estos pacientes (Phan LT et al., 2020; Chan JF et al., 2020; Holsue et al, 2020).

- Casos sospechosos y confirmados de COVID19 deben de ser aislados en habitaciones individuales y bien ventiladas. Cuando esto no esté disponible, deben de ser agrupados en conjunto (aislamiento por cohorte).
- Para cada paciente/día se recomienda, ver tabla 1:
  - ◊ Batas médicas descartables, aproximadamente unas 25 unidades
  - ◊ Mascarillas médicas, alrededor de 25 unidades
  - ◊ Equipo de protección respiratoria (N95, FFP2 o equivalente)–1 unidad
  - ◊ Guantes, no estériles –50 unidades
  - ◊ Gafas (herméticamente cerradas) o protector facial –1 unidad

**Tabla 1.** Precauciones estándar y uso de equipo de protección personal en COVID-19: OMS/OPS

Tipo de atención	Higiene de manos	Batas	Mascarilla médica	Respirador (N95 o FFP2)	Gafas (protección ocular) o Protector facial (protección facial)	Guantes
Triaje	X		X			
Toma de muestras para diagnóstico laboratorial	X	X		X	X	X
Caso sospechoso o confirmado de 2019-nCoV que requiere admisión al establecimiento de salud SIN PGA	X	X	X		X	X
Caso sospechoso o confirmado de 2019-nCoV que requiere admisión al establecimiento de salud y PGA	X	X		X	X	X

a. EPP A COLOCARSE CHECK LIST

Se utilizará para el ingreso en la sala, 2 tipos de trajes, para evitar el desperdicio, con el fin de optimizar recursos:

Equipo 1:

1. Terno quirúrgico desechable
2. Bata desechable con puño reforzado
3. Botas
4. Gorro
5. Gafas
6. Mascarilla N 95
7. Visor facial
8. Bata
9. Guantes de nitrilo por 2 (segunda piel y guante externo).

Equipo 2:

1. Terno quirúrgico desechable
2. Botas
3. Gorro
4. Gafas
5. Mascarilla N 95
6. Escafandra (médico que maneje la vía aérea y enfermera para procedimientos con aerosoles)
7. Visor facial
8. Bata
9. Guantes de nitrilo por 2 (segunda piel y guante externo) (World Health Organization, 2020)

Para retirarse el equipo se realizará higienización de manos.

b. PACIENTE SOBRE INFECTADO

Pacientes en quienes se sospeche de sobreinfección bacteriana (la infección bacteriana se puede presentar debido a: 1) coinfección, al momento del inicio de la enfermedad, o 2) infección secundaria, que surge durante el curso de la enfermedad o la estancia hospitalaria.) (Cochrane Iberoamérica, 2020) se utilizará bata de aislamiento desechable, y guantes de manejo, como cualquier caso de aislamiento de contacto; al retirarse el equipo de aislamiento de contacto, deberá realizar lavado de manos con gel de alcohol, para pasar al siguiente paciente

c. OPTIMIZACION DEL USO DE MASCARILLAS Y VISORES

Respirador N95 o su equivalente (por ejemplo, FFP 2) se la utilizará por 24 horas de manera discontinua sin sobrepasar 6h de uso, para los ingresos programados a la sala Covid, se colocarán en bolsa de papel y se almacenará en la parte limpia de forma personal.

**Monogafas:** Serán sumergidas en hipoclorito al 0,5% al menos 15 minutos y posteriormente lavadas con agua y jabón de clorhexidina. Finalmente se colgarán hasta que se sequen (personal de limpieza) y antes de salir a la sala limpia, serán nuevamente desinfectadas con alcohol al 70%.

**Visores externos:** Serán sumergidas en hipoclorito al 0,5% al menos 15 minutos, posteriormente se lavarán con agua y jabón de clorhexidina finalmente se colgarán hasta que se sequen (personal de limpieza) y antes de salir a la

sala limpia serán nuevamente desinfectadas con alcohol al 70%, se utilizara el plástico recambiable por 24 horas, siendo eliminado al finalizar el turno de 24 horas.

Para el almacenamiento se colocarán en funda de plástico desechable y se guardarán de forma personal (Judson SD et al., 2019)

## 1. FLUJO DE INGRESO Y SALIDA DE LA SALA COVID

### a. GRUPOS DE GUARDIA

7:30 am -13:00 horas

Del equipo de 3 enfermeras, 1 ingresará con traje de Katzman y será quien se encargue de funciones que generan aerosoles y cubrir contingencias por si sucede algún desplazamiento de tubo, back desinflado, aspirar secreciones o toma de muestras de secreción traqueal. Lo mismo sucederá para un médico del grupo que ingresa en la mañana, quien estará preparado para cualquiera de estas emergencias, de ser posible poner al que tenga más experiencia en vía aérea para esta función.

Se debe ingresar desayunado y haciendo sus necesidades fisiológicas, se recomienda limitar la ingestión de líquidos

- Para el pase de visita entra todo el equipo: 2 médicos tratantes, 3 residentes, 3 enfermeras
- Indicaciones y evolución (se dejará evolucionado y con indicaciones)
- Se procurará en la medida de lo posible recibir los ingresos en este horario y hacer todos los abordajes pertinentes
- Al cambio de turno se sale duchado al área limpia
- Este equipo se puede usar de acuerdo con las necesidades de los pacientes.

Regularmente la visita termina a las 11:00 am luego de verificar que todo esté completo y revisado; por lo que podrán permanecer dentro únicamente un médico y una enfermera (la del traje de Katzman) y el resto del equipo sale a descansar y comer

13:00 -19:00 horas

- Médicos tratantes si es requerido y/o para el pase de visita de la tarde), un residente, una o dos enfermeras
- Si no hay necesidad de ningún manejo

adicional permanecerán un médico y una enfermera que deberán permanecer en trabajo mutuo y con apoyo.

- Se debe ingresar luego de almuerzo y haciendo sus necesidades fisiológicas; se recomienda limitar la ingestión de líquidos

19:00 -01:00 horas

- Médico tratante, un residente, una enfermera
- Se debe ingresar merendando y haciendo sus necesidades fisiológicas se recomienda limitar la ingestión de líquidos

01:00 -07:00 horas

- Médico tratante, todos los residentes, una o dos enfermeras
- Realizar sus necesidades fisiológicas; se recomienda limitar la ingestión de líquidos
- Toma de muestras
- Preparar la entrega de turno

Se entregará el turno en el área limpia, debido a la dificultad para mantener buena comunicación (dificultad para hablar utilizando respiradores) y dificultad para escuchar mientras se mantiene el traje. Entregarán dos médicos de los que salen de guardia y un médico residente permanecerá adentro; recibirán tratantes de la mañana y dos residentes de los que ingresan; el tercer residente que ingresa entrará a la sala para apoyar al médico saliente con los pendientes que hagan falta.

### b. GRUPOS DE TRABAJO DE DESCANSO SALA COVID.

En los descansos existen áreas específicas para el personal de enfermería y personal médico quienes deben usar todo el tiempo mascarilla y siempre respetando el distanciamiento.

Grupo 1 (7:30 -13:00): 2 médicos tratantes, 3 enfermeras, 3 residentes. Deben salir en grupo al almuerzo y descansar. Tiempo promedio 1 hora.

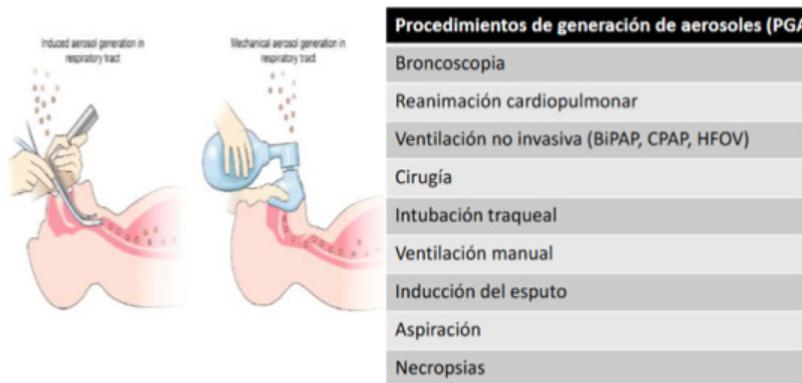
Grupo 2 (14:00 a 19:00): un médico residente, una enfermera.

Grupo 3:(19:00 a 01:00): un médico residente, una enfermera, un médico tratante.

Grupo 4: (01:00 a 0700): un médico residente, una enfermera, un médico tratante.

### c. PROCEDIMIENTOS GENERADORES DE AEROSOLES.

## Procedimientos generadores de aerosoles (PGA)



El número de trabajadores de salud expuestos debe ser limitado

Figura 1. Procedimiento generadores de aerosoles. (Judson SD et al., 2020; Viruses 2019, 11, 940; doi:10.3390/v11100940; Jin Y-H et al., 2020)

Para todos estos procedimientos generadores de aerosoles se colocará traje de Katzman y equipo completo ya mencionado (op. cit.)

d. FLUJO DE ENTRADA Y SALIDA DEL PERSONAL EN LA UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA



Figura 2. Flujo de entrada y salida del personal.

### 2. EXAMENES DE LABORATORIO DE INGRESO Y SEGUIMIENTO

#### a. LABORATORIO

Al ingreso:

Hemograma, glucosa, urea, creatinina, enzimas hepáticas,

Lactato deshidrogenasa (LDH), Proteína C reactiva gasometría (arterial o venosa según situación clínica), lactato.

Dímero-D, ferritina Interleucina 6 (IL6), troponina. Hisopado rectal para bacteria productora de carbapenemasa (KPC)

Para seguimiento en relación pruebas reactantes de fase aguda se sugiere:

PCR (proteína C reactiva) cada 48 horas

Dímero D, cada 48 horas, menor tiempo si la clínica lo amerita

Ferritina al inicio, si al inicio está dentro de parámetros referenciales se solicitará si la clínica lo amerita en relación a una descompensación (cada 48 horas). Hisopado rectal en día lunes, como se tiene protocolizado.

Procalcitonina y cultivos universales en caso de sospecha de sobre infección.

b. TRANSPORTE DE MUESTRAS:

Uso de tres contenedores:

Contenedor 1: tubos de toma de muestra

Contenedor 2: medio de transporte habitual

Contenedor 3: funda plástica cerrada con ligas, evitar que se llene de aire y genere aerosoles, no amarrarla

c. ESTUDIOS DE IMAGEN:

Radiografía anteroposterior de tórax cada 72 horas y si hay alguna modificación o cambio importante en la evolución.

Valoración pulmonar y cardíaca con ultrasonido.

Tomografía computarizada simple de tórax bajo criterio del especialista de guardia, entendiendo el riesgo de generación de aerosoles y contaminación durante el procedimiento.

Mantener el equipo de Radiografía dentro de la sala.

### 3. SÍNDROMES CLÍNICOS ASOCIADOS A LA INFECCIÓN POR SARS-COV2.

Los síntomas usualmente se presentan 3 a 6 días posteriores a la exposición. El tiempo estimado desde el primer síntoma hasta el desarrollo de neumonía (confirmada por imágenes) es de aproximadamente 5 días; hasta la hospitalización o ingreso, en promedio 7 días. El tiempo para el desarrollo de síndrome de distrés respiratorio (en los casos que ocurra) es 8 a 9 días y 9,5 a 10,5 días hasta la admisión en una la terapia intensiva.

La estancia media hospitalaria es de 10 días. De un 5 a 10% de los pacientes tendrán una enfermedad severa/crítica. Las complicaciones más frecuentes durante la hospitalización son: síndrome de distress respiratorio, falla cardíaca, arritmias y shock, daño renal agudo y disfunción hepática

**Enfermedad Respiratoria No complicada de Bajo Riesgo:** se asocia a síntomas de las vías respiratorias altas como congestión nasal, tos seca

o con poca producción de esputo en ciertos casos. El examen físico de estos pacientes generalmente no presenta ruidos sobreañadidos a la auscultación pulmonar, sin hipoxemia con saturaciones superiores al 94% y frecuencia respiratoria menor o igual a 20. Esta variante clínica debuta principalmente en pacientes *sin factores de riesgo y generalmente en menores de 60 años.*

**Enfermedad Respiratoria No complicada de Alto Riesgo:** en mayores de 60 años y/comorbilidades asociadas, con clínica de infección respiratoria alta sin desaturación, se ha observado también en estos pacientes anosmia y pérdida del gusto.

**Neumonía leve:** confirmada con imagen de tórax y sin signos de gravedad con saturación de oxígeno (SatO<sub>2</sub>) a aire ambiente superior a 90% y menor de 95%, Frecuencia Respiratoria menor a 25, sin factores de riesgo ni factores de mal pronóstico, escala CURB 65 (Confusión, Urea, Respiración, Presión) menor de 2 puntos, Fine I/II (Escala validada por Fine et al) con alteración en los estudios de imagen (infiltrado unilateral).

**Neumonía Grave:** CURB65 mayor o igual a 2 o FINE mayor a II, con SatO<sub>2</sub> mayor de 92%, frecuencia respiratoria mayor de 30 o PaO<sub>2</sub> menor de 60 mmHg, sin criterios de Síndrome de Distrés Respiratorio del Adulto (SDRA). En los estudios de imagen se evidencia infiltrados bilaterales basales alveolares.

**Neumonía Grave con criterios de Síndrome de Distress Respiratorio del Adulto (SDRA),** dada por PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> menor de 300 o Shock Séptico, o qSOFA 2 de 3 puntos, con hipotensión arterial que persiste tras instaurar volumen de resucitación y que requiere terapia con vasopresores para mantener PAM mayor de 65 mmHg y lactato mayor de 2 mmol/l en ausencia de hipovolemia. Amerita manejo en Unidad de Cuidados Intensivos.

Otras alteraciones se presentan a nivel hepático se observa alteraciones de AST y ALT. En pacientes con COVID 19 en enfermedad leve hay alteraciones de transaminasas entre el 18.2% (AST) y el 19.8% (ALT) y hasta un 62% en pacientes con casos severos que requieren terapia intensiva.

En la infección por SARS COV19 se ha encontrado alteraciones cardíacas que pueden llevar a congestión severa asociada o a miocardiopatía e incluso

miocarditis viral.

No se debe suspender medicación previa por cardiopatía estructural

El SARS-COV-2 se asocia a receptores ACE 2 de las neuronas; provoca daño endotelial y paso directo al cerebro que lleva al daño neuronal, por este mismo mecanismo lleva también a microhemorragias. Existe también movimiento del SARS-COV-2 a la placa cribiforme cerca del bulbo olfatorio (anosmia e hiposmia), evidenciada en etapa temprana de la enfermedad.

La infección grave por SARS-COV-2 causa una sepsis viral y daño multiorgánico que involucra daño pulmonar desde Neumonía hasta Síndrome de Distress Respiratorio del Adulto; acidosis metabólica y desordenes del microambiente interno, así como injuria cardíaca y renal y en casos extremos la muerte asociada a la cascada inflamatoria grave que conlleva esta patología (Huang C. et al., 2020; Guan WJ et al. 2020; Zhou F, et al. 2020; Wu C. et al. 2020).

#### 4. TRATAMIENTO DE LA INSUFICIENCIA RESPIRATORIA HIPOXÉMICA Y EL SÍNDROME DE DIFICULTAD RESPIRATORIA AGUDA (SDRA).

Se tiene que identificar la insuficiencia respiratoria hipoxémica grave en los pacientes con disnea que no responden al tratamiento convencional con oxígeno, según los siguientes criterios:

- Relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> menor de 100.
- Requerimientos de FiO<sub>2</sub> superiores a 0,6.
- Signos de taquipnea persistente y utilización de musculatura accesoria.

La insuficiencia respiratoria hipoxémica en el SDRA se suele asociar a un desequilibrio o cortocircuito en la relación ventilación/perfusión pulmonar y es común que se requiera terapia con ventilación mecánica.

#### “No usar” cánulas de alto flujo o ventilación mecánica no invasiva (VMNI)

Los lineamientos sobre ventilación mecánica no invasiva no especifican ninguna recomendación particular pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica (excepto en edema pulmonar cardiogénico e insuficiencia respiratoria posquirúrgica) o virus

epidémicos). Los riesgos que se pueden incurrir son:

- Demora en la conexión a ventilación mecánica,
- Volúmenes corrientes elevados
- Presiones transpulmonares nocivas.
- Generación importante de aerosoles (Poston J. et al., 2020; World Health Organization, 2020).

El procedimiento de intubación endotraqueal debe ser realizada por un médico experimentado que aplique las medidas pertinentes para evitar la transmisión.

#### Las recomendaciones siguientes se deben a los adultos con SDRA en ventilación mecánica:

- Se debe usar volúmenes corrientes más bajos para la ventilación mecánica (de 4 a 8 ml/kg del peso corporal previsto), se puede calcular el volumen inicial, individualizándola con base a la compliance del paciente con la fórmula ( $V_t = DP \times \text{Compliance estática}$ )
- Presiones inspiratorias más bajas (presión meseta menor a 30 cm H<sub>2</sub>O).
- Presión de conducción (driving pressure) menor de 15.
- Poder mecánico menor de 15 (podrá sacrificarse según el paciente)
- Empezar con Presión Positiva al final de la Expiración (PEEP, por sus siglas en inglés) de 10 y elevarla en 2 puntos sucesivamente o en base a la medición de la mecánica ventilatoria, hasta conseguir una PEEP óptima.

Titulación de PEEP: ultrasonido pulmonar (patrón de síndrome intersticial difuso más seguimiento de sobrecarga de presión del ventrículo derecho); curva de presión volumen; incremento progresivo en dos puntos hasta lograr mejoría de la oxigenación, mantener buen paCO<sub>2</sub> y mantener estabilidad cardiovascular menor dosis de vasopresores (op. cit. 2020, Ministerio de Salud del Gobierno de España, 2020; Pérez-Padilla JR, 2004)

- Procurar hipoxemia e hipercapnea permisiva.

Saturación de oxígeno objetivo 80-85% PaCO<sub>2</sub> 55mmHg con pH mayor de 7,25 si no se logra mantener pH utilizar infusión de bicarbonato (fórmulas corregidas para 2800m.sn. m. y calcular el espacio muerto que se debe intentar reducirlo) (Hospital General Massachussets, 2020).

- En pacientes con hipoxemia refractaria, pasar a ventilación en decúbito prono temprano; probando esta estrategia por 6 horas. Si funciona, mantener por 24 a 48 horas o extender hasta 72 según la severidad. El objetivo de prona extendida: disminuir la exposición del personal que se mantengan en contacto y por ende reducir el uso de EPP (traje de Katzman) (Ministerio de Salud del Gobierno de España, 2020; Pérez-Padilla JR 2004).

#### 5. TRATAMIENTO ANTIMICROBIANO Y FARMACOLÓGICO.

- Pacientes que al ingreso se sospeche sobreinfección agregada (leucocitosis mayor 15000 cel/mm<sup>3</sup>, neutrofilia con ausencia de linfopenia, presencia de consolidado tipo neumónico evidenciado en imágenes, fiebre persistente de difícil control):
  - Ampicilina + Sulbactam 3 gramos intravenoso cada 6 horas asociado a Claritromicina 500mg intravenoso cada 12 horas por 5 días.
- Heparina de bajo peso molecular 1 miligramo por kilogramo peso día.
- Corticoides (metilprednisolona 1-2 mg/kg/día durante 5 a 7 días), solo en pacientes

con Síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) grave y valores de ferritina sérica alta (se asume síndrome liberador de citoquinas\* y/o síndrome hemofagocítico). No usar si el paciente está recibiendo hidrocortisona para manejo del choque séptico (Phan LT et al. 2020; Poston JT, et al, 2020; World Health Organization, 2020; The group Collaborative RECOVERY, 2020). El esquema anterior se utilizaba hasta junio 2020.

- Posterior a los hallazgos del estudio RECOVERY se indica a todo paciente que ingresa a la terapia intensiva, dexametasona 6mg intravenoso cada día por 10 días.

#### EVALUACIÓN DE SEVERIDAD

Síndrome Liberador de Citocinas: empeoramiento de la función respiratoria con evidencia de elevación de ferritina a valores sobre 500 ng/ml (dato cardinal), elevación de IL-6 mayor de 40pg/dl o dímero D mayor de 1000 ng/ml (Chan JF et al., 2020; Borghesi A. et al., 2020).

Se establece en el paciente algunas escalas de severidad, estableciéndose el mayor riesgo con un Score NEWS (National Early Warning Score, NEWS es un sistema de puntuación ponderada, basada en un sistema de calificación con los siguientes parámetros: frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, temperatura, tensión arterial sistólica, frecuencia cardíaca y estado de alerta) (Elguea P, 2019) mayor de 5 puntos y score de severidad radiológica mayor de 5 puntos (ver anexos) (op. cit. Borghesi A.; Shi C. et al., 2020).

#### TRATAMIENTO BASADO EN LA SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD Ver tabla 2.

**Tabla 2.** Tratamiento en la enfermedad grave y crítica. Abreviaturas: > mayor de; < menor de; CrCl: depuración de creatinina.

SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD.	FÁRMACOS.
<p><b>ENFERMEDAD GRAVE:</b> Pacientes con insuficiencia respiratoria pero sin disfunción multiorgánica: Paciente que requiere ventilación mecánica Y no requiere vasopresores, CrCl&gt; 30 ml / min, ALT &lt;5x límite superior de la normalidad</p> <p><b>ENFERMEDAD CRÍTICA:</b> Pacientes con insuficiencia respiratoria y disfunción multiorgánica. Pacientes que requiere ventilación mecánica Y que requiere vasopresores o CrCl &lt;30 ml / min o recibe HD ALT&gt; 5 veces el límite superior de lo normalidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si los niveles de Dímero D son superiores a 1000 ng/ml y al tener una prevalencia de 60% de trombosis en los pacientes de nuestro centro se recomienda Heparina de Bajo Peso molecular a dosis de anticoagulación plena (1mg/kg cada 12 horas).</li> <li>• Si los niveles de ferritina son superiores a 500 ng/ml, pensar en tormenta de citoquinas y administra dexametasona 6 miligramos diarios durante 10 días).</li> <li>• No se recomienda al uso de hidroxicloroquina, cloroquina, azitromicina e ivermectina.</li> <li>• No se recomienda el uso de Tocilizumab.</li> <li>• No se recomienda el uso de lopinavir/ritonavir.</li> <li>• Considerar el uso de Redemsivir de tenerlo disponible.</li> </ul>

## 6. INTERVENCIONES DE TERAPIA INTENSIVA

### a. Intervenciones no recomendadas

- Ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO).
- Óxido nítrico inhalado
- Bolos de metilprednisolona (15mg/kg) en ninguna etapa de la enfermedad, excepto en los casos de diagnóstico de neumonía organizada (OP)
- Oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO), en paciente con contraindicación absoluta (Pérez-Padilla JR et al., 2004).

### b. Manejo del choque

Se prioriza en todos los pacientes graves: Colocación de acceso venoso central eco guiado (ultrasonido vascular, CEUS)

Ventajas: menos intentos de punción, valoración del posicionamiento, posición adecuada en desembocadura de vena cava superior; postprocedimiento permite descartar neumotórax (disminuye exposición de tecnólogos de imagen) (Vezzani A. et al., 2020; Lia, X. et al., 2020).

Colocar acceso arterial: monitoreo y toma de muestras.

Es necesario considerar seguimiento, medición de valores de lactato, marcadores periféricos, temperatura, llenado capilar, mottling score, parametros microdinamicos, saturación venosa central de oxígeno (SvcO<sub>2</sub>), Delta de CO<sub>2</sub>, aclaramiento de lactato. No realizar varias gasometrías al día, (se debe disminuir el número de procedimientos para menor exposición) (The group Collaborative RECOVERY, 2020).

Mantener una estrategia restrictiva de fluidos en el manejo de los pacientes con neumonía secundaria.

Mantener la presión arterial media mayor de 65mmHg, que garantice un flujo sanguíneo adecuado, evitando alteraciones microcirculatorias y la sobrecarga de líquidos (evaluación dinámica del uso de fluidos). Considerar uso de cristaloides sobre coloides y el uso temprano de noradrenalina; si se termina la noradrenalina, usar epinefrina (valorando siempre función cardíaca).

Usar un segundo vaso presor según se considere refractariedad en el manejo del choque (dosis de noradrenalina 0,3ug/kg/min) y verificar mediante el

uso de ecocardiografía la disfunción miocárdica para el manejo inotrópico (la miocarditis fulminante tiene 40% de mortalidad).

Al ser considerado refractario, se deberá considerar (por el médico tratante) el uso de corticoides para manejo de la posible insuficiencia suprarrenal, como se mencionó anteriormente

Para el manejo del choque se debe individualizar al paciente:

Noradrenalina 16mg en 84ml de dextrosa al 5% a dosis mínima para mantener Tensión Arterial Media (TAM) en 65mmHg.

Epinefrina 20 mg en 80 ml de cloruro de sodio al 0,9%, dosis mínima para mantener flujo adecuado.

Dobutamina 500mg en 125 de dextrosa al 5% en agua, dosis mínima para mantener TAM 65mmHg.

Dopamina 400 mg en 90ml de cloruro de sodio al 0,9% a dosis mínima para mantener TAM 65mmHg (no usar nunca como primer vasopresor).

Mantener la ventilación controlada bajo sedación que sea suficiente, por un mínimo de 24 a 48 horas en pacientes con SDRA severo (World Health Organization, 2020; Pérez-Padilla JR, 2020; The group Collaborative RECOVERY, 2020; Tinku Joseph, Mohammed Ashkan, 2020; Rahman A. et al., 2020).

### c. Concentración de dosis

Fentanilo 2000microgramos en 60 ml de cloruro de sodio al 0,9%; infundir la mínima dosis posible para mantener escala de sedación agitación de Richmond o RASS (Richmond Agitation Sedation Scale) -5, hasta dosis máxima 3 microgramos /kg/h

Midazolam 200 mg en 60 ml de cloruro de sodio al 0,9% infundir la mínima dosis para mantener RASS – 5.dosis máxima 0,3mg/Kg/h.

Propofol al 2%, 50ml a pasar intravenoso a 1mg/kg/h con el objetivo de llegar a RASS – 5. Cambiar cada 12 horas. Infusión máxima 4mg/kg/h

Remifentanil 10 mg en 100 ml de cloruro de sodio al 0,9% a dosis mínima para mantener RASS -5; iniciar 0,02mg/kg/h.

Rocuronio 400mg en 100 ml de cloruro de sodio al 0,9%; infundir a dosis de 0,5-1mg/kg/h.

Monitorizar rutinariamente y establecer protocolos para la analgesia, sedación y delirio con escalas clínicas validadas, en pacientes que requieran sedación profunda.

Bloqueantes neuromusculares: se recomienda un abordaje que combine tanto la evaluación clínica del paciente y la monitorización objetiva.

El objetivo de concentrar las dosis, tanto en sedación como en aminas vaso activas, es la disminución de la sobrecarga hídrica que afecta considerablemente a estos pacientes.

#### **d. Otros medicamentos:**

Fiebre mayor de 38.5 grados se debe usar paracetamol hasta un máximo de 4 veces al día, calculando dosis ponderal. No usar ibuprofeno como antipirético (no se dispone de presentación intravenosa) (World Health Organization, 2020; Pérez-Padilla JR, 2020; The group Collaborative RECOVERY, 2020; Tinku Joseph, Mohammed Ashkan, 2020; Rahman A. et al., 2020)

#### **e. Nutrición:**

Establecer puntuaciones o scores de nutrición (score Nutric) (El puntaje NUTRIC está diseñado para cuantificar el riesgo de eventos adversos en el paciente crítico que pueden ser modificados por terapia nutricional agresiva) (Heyland DK, 2011).

Dieta rica en proteína, hidratos de carbono. Ingesta ideal de calorías; 25-30kg/(kg-d); proteínas 1,5g/(kg-día).

Si el puntaje es mayor 3 se debe incrementar el aporte de nutrición (mayor de 18 gramos de proteína / vez) añadiendo proteínas a los aportes de alimentos brindados, por vía enteral (Rahman A. et al., 2020).

#### **f. Protección gástrica**

Úlceras de estrés: usar antagonistas de los receptores H2 o inhibidor de la bomba de protones en pacientes con factores de riesgo: ventilación mayor de 48 horas; disfunción de la coagulación; terapia de sustitución renal, enfermedad hepática, scores de falla orgánica elevados.

#### **g. Secreciones pulmonares:**

Para reducir la secreción pulmonar y mejorar la función respiratoria, se recomienda usar drogas anticolinérgicas (bromuro de ipatropio con dispositivo cerrado, inhalador de dosis medida o MDI por sus siglas en inglés) para reducir las secreciones, mejorar la relajación del músculo y mejorar la ventilación pulmonar (Tinku Joseph, Mohammed

Ashkan, 2020).

### **III. DISCUSIÓN**

Un nuevo coronavirus fue identificado a fines de 2019 como la causa de un grupo de casos de neumonía en Wuhan, China. Desde entonces se ha propagado rápidamente y ha provocado una pandemia. La Organización Mundial de la Salud designó el término de enfermedad COVID-19. El virus que causa COVID-19 se denomina síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS-CoV-2). La principal morbilidad y mortalidad por COVID-19 se debe en gran parte a la neumonitis viral aguda que evoluciona al síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA).

La pandemia actual de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-2019) se ha extendido por todo el mundo, lo que supone una gran presión sobre los recursos de cuidados críticos debido a la gran cantidad de pacientes que necesitan terapia intensiva.

Las características clínicas de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) son inespecíficas y no se distinguen fácilmente de otras causas de neumonía adquirida en la comunidad grave

### **IV. CONCLUSIONES**

A medida que los países intensifican sus esfuerzos para prevenir o retrasar la propagación de COVID-19, el mundo debe prepararse para la posibilidad de que las medidas de contención y mitigación pueden fallar. La UCI debe prepararse para un potencial aumento de pacientes y optimizar el trabajo, para un diagnóstico y aislamiento rápido, manejo y prevención de infecciones. Se deben disminuir las infecciones nosocomiales. Se debe promover la colaboración a nivel local, regional, nivel nacional e internacional, con un enfoque en la investigación de alta calidad y la práctica basada en la evidencia, el intercambio de datos y recursos, será clave para el éxito de estos esfuerzos.

### **V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

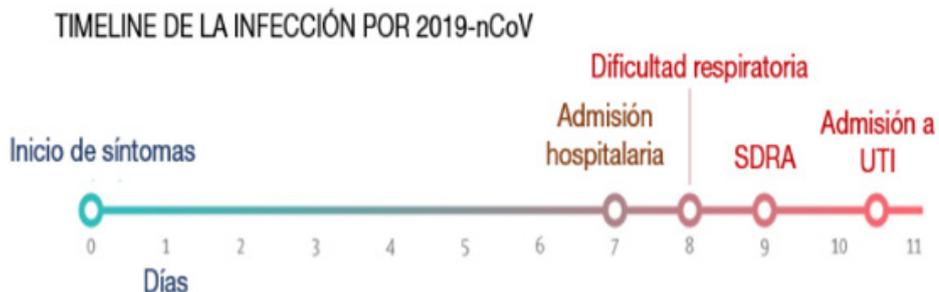
Borghesi A, Zigliani A, Masciullo R et al. Radiographic severity index in COVID-19 pneumonia: relationship to age and sex in 783 Italian patients, 27 March 2020, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [+<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-19498/v1>]

- Chan JF, Yuan S, Kok KH, To KK, Chu H, Yang J, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *Lancet*. 2020
- Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected. Interim guidance 13 March 2020. World Health Organization. Disponible en: [https://www.who.int/publications-detail/clinical-management-of-severe-acute-respiratory-infection-when-novel-coronavirus-\(ncov\)-infection-is-suspected](https://www.who.int/publications-detail/clinical-management-of-severe-acute-respiratory-infection-when-novel-coronavirus-(ncov)-infection-is-suspected)
- Cochrane Iberoamérica, 2020, Infección bacteriana en pacientes con COVID-19  
Disponible en <https://es.cochrane.org/es/infecci%C3%B3n-bacteriana-en-pacientes-con-covid-19>
- Documento técnico. Manejo clínico del COVID-19: unidades de cuidados intensivos. 19 de marzo de 2020. Ministerio de Salud, Gobierno de España. Disponible en: [https://www.mschs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Protocolo\\_manejo\\_clinico\\_uci\\_COVID-19.pdf](https://www.mschs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Protocolo_manejo_clinico_uci_COVID-19.pdf)
- Elguea Echavarría Pedro Alejandro, 2019, Implementación de una escala de gravedad para la activación del equipo de respuesta rápida: NEWS 2 Disponible en <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2019/ti192h.pdf>
- Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, Liang WH, Ou CQ, He JX, Liu L, et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N Engl J Med* 2020.
- Heyland DK, Dhaliwal R, Jiang X, Day AG. Identifying critically ill patients who benefit the most from nutrition therapy: the development and initial validation of a novel risk assessment tool. *Critical Care*. 2011;15(6):R268. Disponible en: [https://www.criticalcarenutrition.com/docs/PEPuPCollaborative/Puntaje%20NUTRIC\\_PEP%20uP.pdf](https://www.criticalcarenutrition.com/docs/PEPuPCollaborative/Puntaje%20NUTRIC_PEP%20uP.pdf)
- Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, Zhang L, Fan G, Xu J, Gu X, Cheng Z. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*. 2020 Jan 24.
- Holshue ML, DeBolt C, Lindquist S, Lofy KH, Wiesman J et al. First Case of 2019 Novel Coronavirus in the United States. *N Engl J Med*. 2020 Jan 31.
- Jimenez A, Meraz Y. COVID-19: a aplanar la curva. Podcast de Medscape (16/03/2020). Disponible en [https://espanol.medscape.com/verarticulo/5905155\\_1](https://espanol.medscape.com/verarticulo/5905155_1)
- Jin Y-H, Cai L, Cheng Z-S, Cheng H, Deng T, Fan Y-P, et al. A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia (standard version). *Military Medical Research*. 2020 Feb 6;7(1):4.
- Jhons Hopkins University & Medicine, Coronavirus Resource Center. Disponible en <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- Judson SD et al., *Viruses* 2019, 11, 940; doi:10.3390/v11100940
- Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaivas M, Augoustides JG, Elbarbary M, et al. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med*. 2012 Jul;38 (7):1105–17.
- Liao, X., Wang, B. & Kang, Y. Novel coronavirus infection during the 2019–2020 epidemic: preparing intensive care units—the experience in Sichuan Province, China. *Intensive Care Med* 46, 357–360 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00134-020-05954-2>
- Massachusetts General Hospital COVID-19 Treatment Guidance. Version 1.0 3/17/2020. Disponible en: <https://www.massgeneral.org/news/coronavirus/treatment-guidance>
- Ministerio de Salud Pública, Actualización de casos de coronavirus en Ecuador Disponible en <https://www.salud.gob.ec/actualizacion-de-casos-de-coronavirus-en-ecuador/>

- OPS – OMS Prevención y control de infecciones y nuevo coronavirus (COVID-19): precauciones estándares y uso de equipos de protección personal Disponible en : [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_docman&view=download&category\\_slug=materiales-presentaciones-webinars-9190&alias=51800-prevencion-y-control-de-infecciones-y-nuevo-coronavirus-covid-19-precauciones-estandares-y-uso-de-equipos-de-proteccion-personal-1&Itemid=270&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=materiales-presentaciones-webinars-9190&alias=51800-prevencion-y-control-de-infecciones-y-nuevo-coronavirus-covid-19-precauciones-estandares-y-uso-de-equipos-de-proteccion-personal-1&Itemid=270&lang=es)
- Phan LT, Nguyen TV, Luong QC, Nguyen TV, Nguyen HT, Le HQ, et al. Importation and Human-to-Human Transmission of a Novel Coronavirus in Vietnam. *New England Journal of Medicine*. 2020.
- Pérez-Padilla JR. La altitud modifica la relación entre la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y el cortocircuito: impacto en la valoración de la lesión pulmonar aguda. *Arch Bronconeumol*. 2004 Oct 1;40(10):459–62.
- Poston JT, Patel BK, Davis AM. Management of Critically Ill Adults With COVID-19. *JAMA* [Internet]. 2020 Mar 26 [cited 2020 Mar 28]; Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2763879>
- RECOVERY Collaborative Group Dexamethasone in Hospitalized Patients with Covid-19 – Preliminary Report. *N Engl J Med* (2020). July 17, 2020. DOI: 10.1056/NEJMoa2021436
- Rahman A, Hasan RM, Agarwala R, Martin C, Day AG, Heyland DK. Identifying critically-ill patients who will benefit most from nutritional therapy: Further validation of the “modified NUTRIC” nutritional risk assessment tool. *Clinical Nutrition*. 2016 Feb 1;35(1):158–62.
- Rahman A, Hasan RM, Agarwala R, Martin C, Day AG, Heyland DK. Identifying critically-ill patients who will benefit most from nutritional therapy: Further validation of the “modified NUTRIC” nutritional risk assessment tool. *Clinical Nutrition*. 2016 Feb 1;35(1):158–62.
- Shi C, Wang C, Wang H, Yang C, Cai F, Zeng F et al. The potential of low molecular weight heparin to mitigate cytokine storm in severe covid-19 patients: a retrospective clinical study. *medRxiv* 2020.03.28.20046144; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.28.20046144>
- Tinku Joseph (India); Dr. Mohammed Ashkan (Irán).INTERNATIONAL PULMONOLOGIST’S CONSENSUS ON COVID-19 Chief Editors Dr. 2020. Disponible en: <https://www.unah.edu.hk/dmsdocument/9674-consenso-internacional-de-neumologos-sobre-covid-19-version-ingles>
- Tyrrell DA, Bynoe ML. Cultivation of viruses from a high proportion of patients with colds. *Lancet*. 1966;1:76–77. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4158999/>
- Toledo J. Prevención y control de infecciones y nuevo coronavirus (COVID-19): precauciones estándares y uso de equipos de protección personal. Feb 19, 2020. OPS/OMS. Disponible en <https://bit.ly/2HDK2bg>
- Vezzani A, Brusasco C, Palermo S, Launo C, Mergoni M, Corradi F. Ultrasound localization of central vein catheter and detection of postprocedural pneumothorax: an alternative to chest radiography. *Crit Care Med*. 2010 Feb;38(2):533–8.
- World Health Organization (2020). National use of personal protective equipment for coronavirus disease 2019 (COVID-19) Interim guidance. 27 February 2020. Disponible en <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331498>.
- Wu C, Chen X, Cai Y, Xia J, Zhou X, Xu S, et al. Risk Factors Associated With Acute Respiratory Distress Syndrome and Death in Patients With Coronavirus Disease 2019 Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Intern Med* [Internet]. 2020
- Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N Eng J Med*. 2020.
- Zhou F, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *The Lancet*, Marzo 2020

VI. ANEXOS

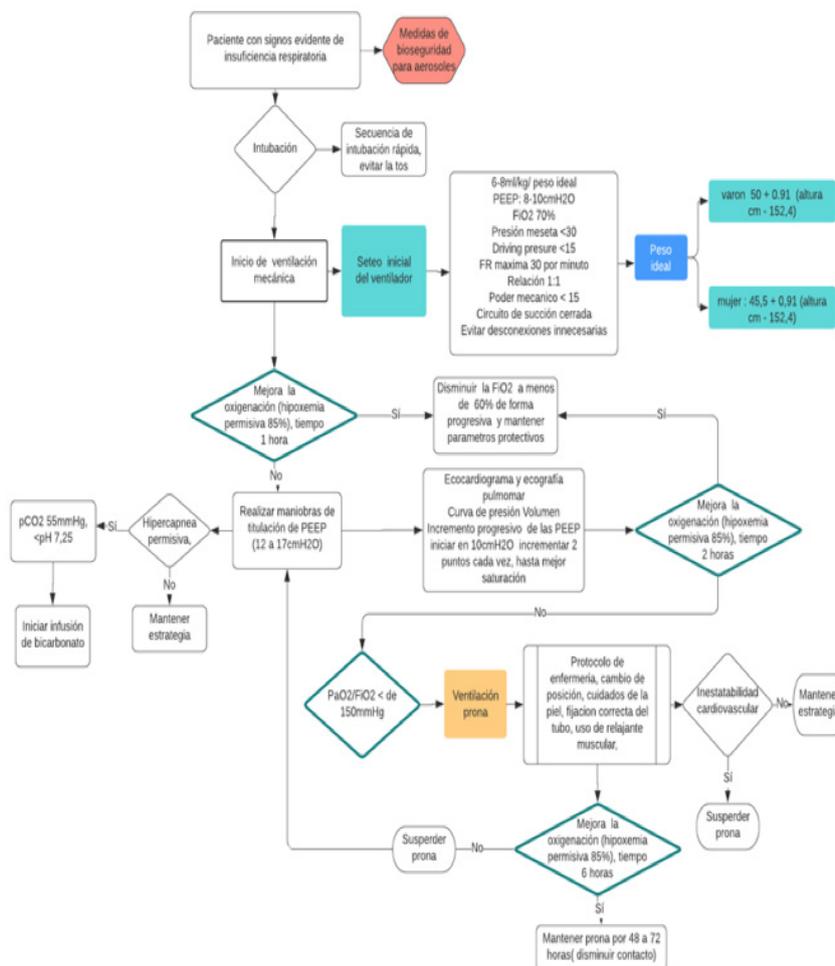
ANEXO 1. Cronología de la infección por SARS 2 – COV y anexos. (tomado de “The Lancet, 2020”)



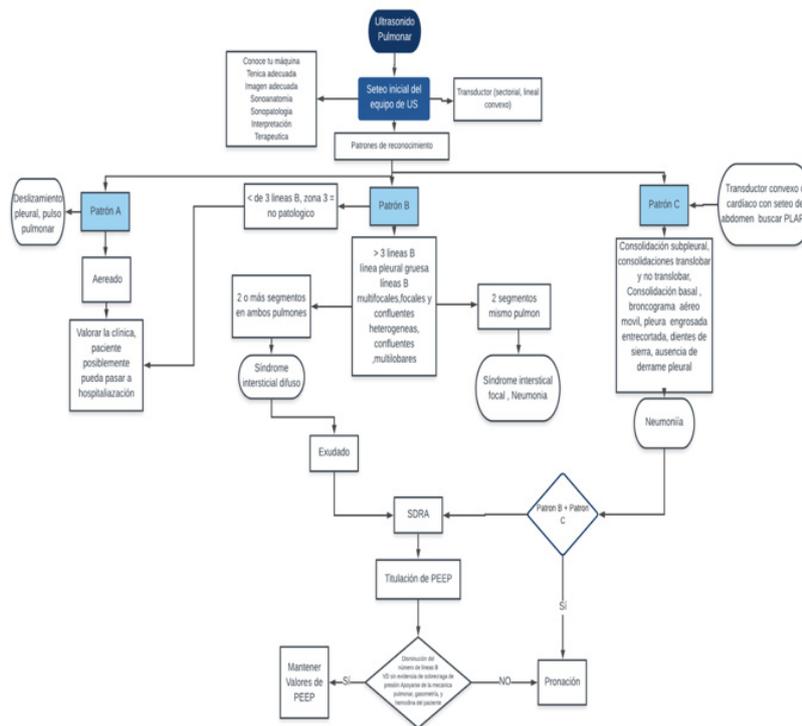
Media de tiempo desde el inicio de los síntomas (fiebre 98%, tos 75%, mialgias o fatiga 44% y otros)

Basado en infografía de THE LANCET

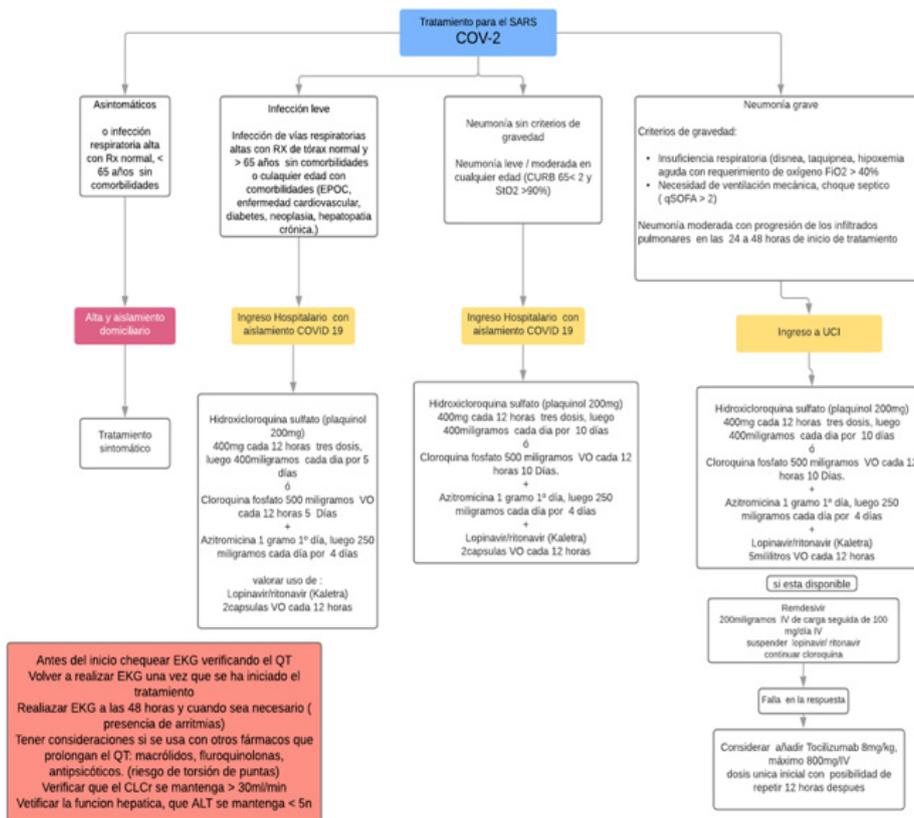
ANEXO 2. Manejo de la insuficiencia respiratoria en Terapia Intensiva.



**ANEXO 3.** Uso de la ecografía en el manejo del paciente crítico COVID 2019.



**ANEXO 4.** Triaje y tratamiento de los pacientes críticos COVID-2019.



**ANEXO 5.** Score News en COVID

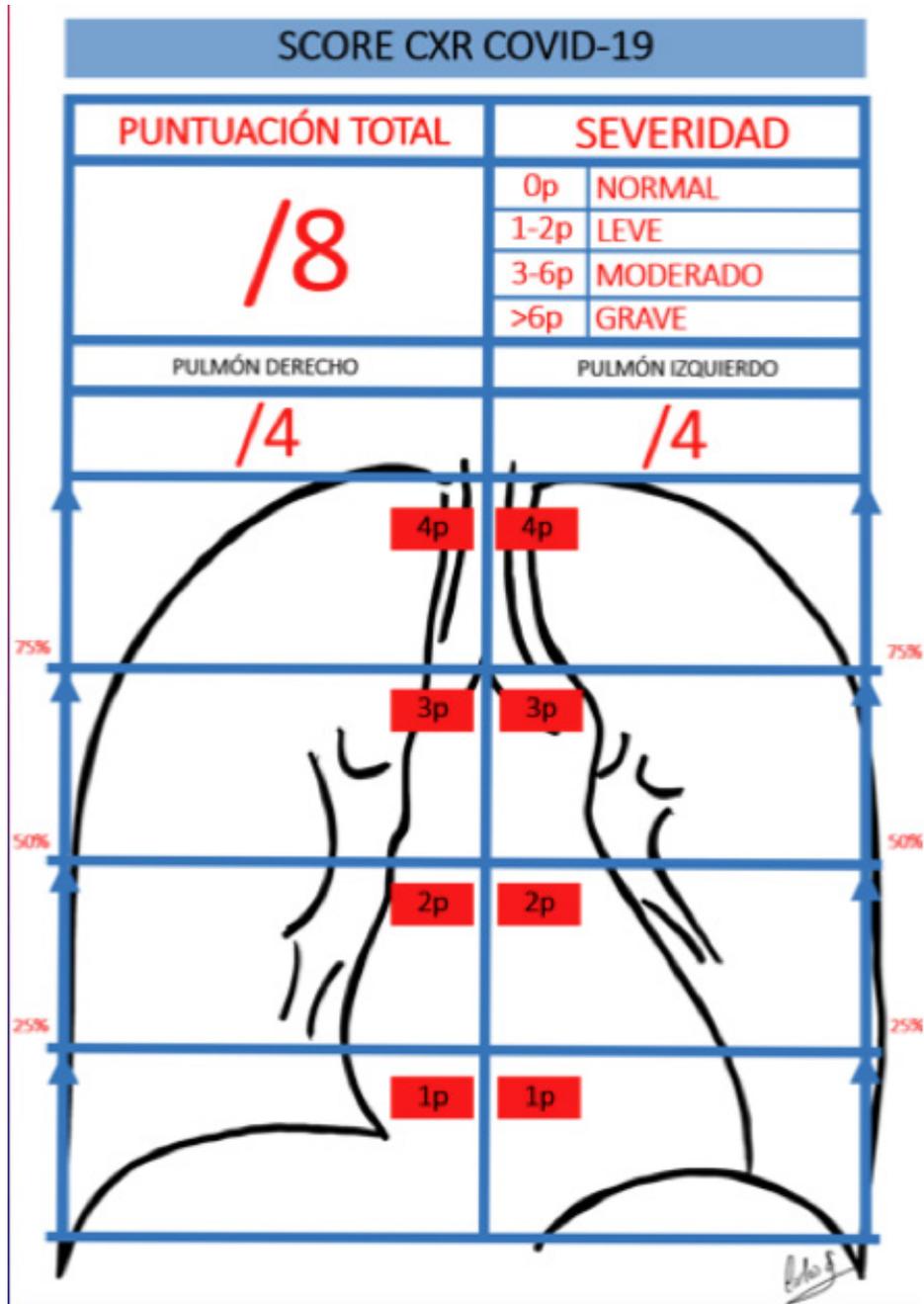
Puntaje de alerta temprana para pacientes infectados con 2019-nCoV							
PARAMETERS	3	2	1	0	1	2	3
Años				<65			≥65
Ritmo respiratorio	≤8		9 - 11	12 - 20		21 - 24	≥25
Saturaciones de Oxígeno	≤91	92 - 93	94 - 95	≥96			
Cualquier oxígeno suplemental		Yes		No			
BP sistólica	≤90	91 - 100	101 - 110	111 - 219			≥220
Ritmo cardíaco	≤40		41 - 50	51 - 90	91 - 110	111 - 130	≥131
Conciencia				Alerta			Somnolencia Letargia Coma Confusión
Temperatura	≤35.0		35.1 - 36.0	36.1 - 38.0	38.1 - 39.0	≥39.1	

Reglas de alerta temprana para pacientes infectados con 2019-nCoV					
Puntuación	Calificación de riesgo	Nivel de advertencia	Frecuencia de monitoreo	Respuesta clínica	Solución
0	/		Q12h		/
1 - 4	Bajo	Amarillo	Q6h	Evaluación por enfermera de cabecera	Mantener el monitoreo existente / Aumentar la frecuencia del monitoreo / informar al médico
5 - 6 o 3 en un parámetro	Medio	Naranja	Q1-2h	La enfermera de cabecera notifica al médico para su evaluación	Mantener el tratamiento existente / Ajustar el plan de tratamiento / CCRRT * consulta remota
≥7	Alto	Rojo	Continua	La enfermera de cabecera notifica al médico para la evaluación de emergencia de cabecera / consulta remota CCRRT	Consulta CCRRT en el sitio
≥7	Alto	Negro	Continua	✓ Los pacientes son extremadamente graves con enfermedades irreversibles en etapa terminal que enfrentan la muerte, tales como lesión cerebral irreversible grave, insuficiencia orgánica irreversible múltiple, enfermedad hepática o pulmonar crónica en etapa terminal, tumores metastásicos, etc. ✓ Debe ser discutido urgentemente por el grupo de expertos sobre la decisión de admisión.	

Adaptado de: Greenhalgh T, Treadwell J, Burrow R, Roberts N. NEWS (or NEWS2) score when assessing possible COVID-19 patients in primary care?. April 8, 2020. Disponible: <https://www.cebm.net/covid-19/should-we-use-the-news-or-news2-score-when-assessing-patients-with-possible-covid-19-in-primary-care/>

ANEXO 6. Escala de severidad radiológica



Adaptado de: Borghesi A, Zigliani A, Masciullo R et al. Radiographic severity index in COVID-19 pneumonia: relationship to age and sex in 783 Italian patients, 27 March 2020, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [+<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-19498/v1+>]

## Normas de Publicación

La **Revista Ciencia UNEMI** es una revista científica indizada y arbitrada, de publicación cuatrimestral a partir del año 2016. Dirigida a la población universitaria, que publica principalmente trabajos originales de investigación científica, ensayos y comunicaciones originales preferentemente en las áreas prioritarias de la revista. Su objetivo es divulgar las realizaciones científicas y tecnológicas de la UNEMI, así como las que se realicen en otras universidades y centros de investigación en el país y en el exterior, en las áreas relacionadas con Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; Salud Pública y Educación y Cultura.

### CONDICIONES GENERALES

Las contribuciones que se publiquen en **Ciencia UNEMI** deben estar enmarcadas en los requisitos fijados en la presente Norma y aceptadas por el Comité Editorial. Todos los trabajos deben ser originales e inéditos, en idioma español o inglés, y no estar en proceso de arbitraje por otras revistas. Los derechos de publicación de los trabajos son propiedad de Ciencia UNEMI, se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cumplan las condiciones siguientes: sin fines comerciales, no se realicen alteraciones de sus contenidos y se cite su información completa (nombre y apellido del autor, Ciencia UNEMI, número de volumen, número de ejemplar y URL exacto del documento citado). Los autores deberán indicar nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeñan y dirección completa, incluyendo teléfono, fax y correo electrónico. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

### CONTRIBUCIONES

El Comité Editorial acepta tres (3) tipos de contribuciones para publicación en las distintas áreas de la Revista Ciencia UNEMI: Los Artículos Científicos, los Artículos Técnicos, y los Ensayos. Los Artículos Científicos son el resultado de trabajos de investigación, bien sea bibliográfico o experimental, en el que se han obtenido resultados, se discutieron y se llegaron a conclusiones que signifiquen un aporte innovador en Ciencia y Tecnología. Los Artículos Técnicos son el resultado de trabajos de grado o de investigación en el ámbito universitario e industrial, bien sea experimental y/o no experimental, que signifiquen un aporte tecnológico para la resolución de problemas específicos en el sector industrial. Los Ensayos son aquellas contribuciones producto de investigaciones destinadas a informar novedades y/o adelantos en las especialidades que abarca Ciencia UNEMI. Estos deben ser inéditos y no se aceptarán los que hayan sido ofrecidos a otros órganos de difusión.

### PRESENTACIÓN

Todas las contribuciones deben ser enviadas en formato electrónico. La redacción del manuscrito debe realizarse en

español o inglés.

Éste debe ser redactado en tercera persona y tiempo verbal presente. El mismo debe ser escrito utilizando el procesador de texto Microsoft Office Word® tipeadas a una sola columna, a interlineado simple, con un espaciado posterior entre párrafos de 6 puntos, en papel tamaño A4 (21,0 x 29,7 cm), tipo de letra Times New Roman, tamaño 12, justificado, sin sangría y con márgenes de 2,5 cm en todos los lados: inferior, superior, izquierdo y derecho.

Las contribuciones deben tener una extensión mínima de 4 páginas y 16 como máximo. Los ensayos deben tener mínimo 30 referencias bibliográficas. Las ilustraciones, gráficos, dibujos y fotografías serán denominadas Figuras y serán presentadas en formatos jpg. Las figuras deben ser en original, elaboradas por los autores. No se aceptan figuras escaneadas. Las fotografías deben ser de alta resolución, nítidas y bien contrastadas, sin zonas demasiado oscuras o extremadamente claras. Las tablas y las figuras se deben enumerar (cada una) consecutivamente en números arábigos, en letra Times New Roman, tamaño 10. Éstas deben ser incluidas lo más próximo posible a su referencia en el texto, con su respectivo título en la parte superior si es una tabla o inferior si es una figura. En el caso de que la información contenida sea tomada de otro autor, se debe colocar la fuente. Todas las ecuaciones y fórmulas deben ser generadas por editores de ecuaciones actualizados y enumeradas consecutivamente con números arábigos, colocados entre paréntesis en el lado derecho. Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Las unidades deben ser colocadas en el Sistema Métrico Decimal y Sistema Internacional de Medida. Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o la abreviatura.

Citas bibliográficas en el texto: las citas deberán hacerse señalando en el texto el apellido del primer autor seguido por el del segundo autor o por et al si fueran más de dos autores, y el año de publicación. Por ejemplo: (Campos, 2012),... Campos (2012), (Da Silva y González, 2015), (Alvarado et al, 2014). Cuando se incluyen dos o más citas dentro de una misma frase, las citas se arreglan en orden cronológico. Citas que tengan el mismo año de publicación se arreglan en orden alfabético. Cuando se cite a autores que hayan publicado más de una referencia en el mismo año, se diferenciarán con las letras a, b, c, etc., colocadas inmediatamente después del año de publicación (por ejemplo, 2011a). Si el (los) mismo (s) autor (es) tiene (n) varias publicaciones con distintas fechas pueden citarse juntas en el texto (Campos *et al.*, 2014, 2015). Se recomienda que los autores revisen directamente las fuentes originales, en lugar de acudir a referencias de segunda mano; sólo cuando no sea posible localizar la fuente primaria de información se aceptará citar un trabajo mediante otra referencia. Ejemplo: (Ramírez, 2008, citado por Alvarado, 2015). Teniendo en cuenta que en el apartado de referencias sólo se señalarán los autores de los artículos realmente consultados, o sea, Alvarado (2015) en este caso.

## COMPOSICIÓN

Cada contribución deberá ordenarse en las siguientes partes: título en español, datos de los autores, resumen y palabras clave en castellano; título, resumen y palabras clave en inglés; introducción, metodología o procedimiento, resultados, conclusiones, referencias bibliográficas y agradecimientos.

**1. Título en español.** Debe ser breve, preciso y codificable, sin abreviaturas, paréntesis, fórmulas, ni caracteres desconocidos. Debe contener la menor cantidad de palabras (extensión máxima de 15 palabras) que expresen el contenido del manuscrito y pueda ser registrado en índices internacionales.

**2. Datos de los autores.** Debe indicar el primer nombre y primer apellido. Se recomienda para una correcta indización del artículo en las bases internacionales, la adopción de un nombre y un solo apellido para nombres y apellidos poco comunes, o bien el nombre y los dos apellidos unidos por un guión para los más comunes (Ej. María Pérez-Acosta). En otro archivo se debe indicar la información completa de cada autor: nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeña y dirección completa, incluyendo número de teléfono, fax e imprescindible correo electrónico.

**3. Resumen en español y Palabras clave.** Debe señalar el objetivo o finalidad de la investigación y una síntesis de la metodología o procedimiento, de los resultados y conclusiones más relevantes. Tendrá una extensión máxima de 200 palabras en un solo párrafo con interlineado sencillo. No debe contener referencias bibliográficas, tablas, figuras o ecuaciones. Al final del resumen incluir de 3 a 10 palabras clave o descriptores significativos, con la finalidad de su inclusión en los índices internacionales.

**4. Título, Resumen y Palabras Clave en inglés (Abstract y Keywords).** Son la traducción al inglés del título, resumen y palabras clave presentadas en español.

**5. Introducción.** Se presenta en forma concisa una descripción del problema, el objetivo del trabajo, una síntesis de su fundamento teórico y la metodología empleada. Se debe hacer mención además del contenido del desarrollo del manuscrito, sin especificar los resultados y las conclusiones del trabajo.

## 6. Desarrollo:

• **Materiales y Métodos (Metodología):** se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se realizó el trabajo, se describen los métodos y materiales desarrollados y/o utilizados.

• **Resultados:** se presenta la información y/o producto pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos en secuencia lógica.

• **Discusión de resultados:** se presentan los argumentos que sustentan los resultados de la investigación. Se examinan e interpretan los resultados y se sacan las conclusiones derivadas de esos resultados con los respectivos argumentos que las sustentan. Se contrastan los resultados con los referentes teóricos, justificando la creación de conocimiento como resultado del trabajo.

**7. Conclusiones.** Se presenta un resumen, sin argumentos, de los resultados obtenidos.

**8. Referencias bibliográficas.** Al final del trabajo se incluirá una lista denominada "Referencias"; la veracidad de estas citas, será responsabilidad del autor o autores del artículo. Debe evitarse toda referencia a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, no universalmente accesibles. Las referencias bibliográficas se citan en estricto orden alfabético, iniciando con el apellido del primer autor seguido de la (s) inicial (es) de su(s) nombre (s). Si todos los autores son idénticos en dos o más referencias, la fecha de publicación dictará su ordenamiento en la lista final. Si se da el caso de que existan dos o más artículos, de los mismos autores y publicados en el mismo año, en la lista de referencias se incluirán por orden alfabético de los títulos de los artículos, agregando una letra como sufijo. Al final del trabajo se indicarán las fuentes, como se describe a continuación, según se trate de:

**a. Libro:** A continuación se describen varias formas de citar un libro.

Libro con autor: Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título en cursiva, Ciudad y país, Editorial. Por ejemplo:

Hacyan, S., (2004), *Física y metafísica en el espacio y el tiempo. La filosofía en el laboratorio*, México DF, México: Fondo nacional de cultura económica.

Libro con editor: En el caso de que el libro sea de múltiples autores es conveniente citar al editor. Apellido editor, Iniciales nombre editor. (Ed.). (Año). Título. Ciudad, País: Editorial. Por ejemplo:

Wilber, K. (Ed.). (1997). *El paradigma holográfico*. Barcelona, España: Editorial Kairós

Libro en versión electrónica: Los libros en versión electrónica pueden venir de dos maneras: Con DOI y Sin DOI. El DOI (Digital Object Identifier), es la identificación de material digital, único para cada libro.

Libros en línea sin DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. Recuperado de <http://www.xxxxxx.xxx>

De Jesús Domínguez, J. (1887). *La autonomía administrativa en Puerto Rico*. Recuperado de <http://memory.loc.gov/>

Libros Con DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. doi: xx.xxxxxxxx

Montero, M. y Sonn, C. C. (Eds.). (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. doi: 10.1007/ 978-0-387-85784-8

Capítulo de un libro. Se referencia un capítulo de un libro cuando el libro es con editor, es decir, que el libro consta de capítulos escritos por diferentes autores: Apellido, A. A., y Apellido, B. B. (Año). Título del capítulo o la entrada. En A. A. Apellido. (Ed.), Título del libro (pp. xx-xx). Ciudad, País: Editorial

Molina, V. (2008). "... es que los estudiantes no leen ni escriben": El reto de la lectura y la escritura en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. En H. Mondragón (Ed.), *Leer, comprender, debatir, escribir. Escritura de artículos científicos por profesores universitarios* (pp. 53-62). Cali, Valle del Cauca: Sello Editorial Javeriano.

**b. Artículos científicos:** Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título, Nombre de la revista en cursiva, Volumen, Número, Páginas. Por ejemplo:

Corominas, M., Roncero, C., Bruguca, E., y Casas, M. (2007). Sistema dopaminérgico y adicciones, *Rev Mukuel*, 44(1), 23-31.

**REFERENCIA SEGÚN EL TIPO DE ARTÍCULO:**

**Artículos con DOI:**

Bezuidenhout, A. (2006). Consciousness and Language (review). *Language*, 82(4), 930-934. doi: 10.1353/lan.2006.0184

**Artículo sin DOI impreso:**

Fields, D. (2007). Más allá de la teoría neuronal. *Mente y Cerebro*, 13(24), 12-17.

**Artículo sin DOI digital:**

Mota de Cabrera, C. (2006). El rol de la escritura dentro del currículo de la enseñanza y aprendizaje del inglés como segunda lengua (esl/efl): Una perspectiva histórica. *Acción Pedagógica*, 15(1), 56-63. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/accionpe/>

**REFERENCIA SEGÚN LA CANTIDAD DE AUTORES:**

**Un autor:**

Tarlaci, S. (2010). A Historical View of the Relation Between Quantum Mechanics and the Brain: A Neuroquantologic Perspective. *NeuroQuantology*, 8(2), 120-136.

**Dos a siete autores:** Se listan todos los autores separados por coma y en el último se escribe "y".

Tuszynski, J., Sataric, M., Portet, S., y Dixon, J. (2005). Physical interpretation of micro tubule self-organization in gravitational fields. *Physics Letters A*, 340(1-4), 175-180.

**Ocho o más autores:** Se listan los primeros seis autores, se ponen puntos suspensivos y se lista el último autor.

Wolchik, S. A., West, S. G., Sandler, I. N., Tein, J.-Y., Coatsworth, D., Lengua, L.,...Griffin, W. A. (2000). An experimental evaluation of theory-based mother and mother-child programs for children of divorce. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68, 843-856.

**c. Simposios, Congresos o Conferencias:** Autor, A. & Autor, A. (Fecha) del evento. Evento llevado a cabo en el Nombre de la organización, Lugar. Por ejemplo:

Rojas, C., & Vera, N. (Agosto de 2013). ABMS (Automatic BLAST for Massive Sequencing). 2° Congreso Colombiano de Biología Computacional y Bioinformática CCBCOL. Congreso llevado a cabo en Manizales, Colombia.

**d. Informes:** para citar un informe de alguna organización, institución gubernamental o autor corporativo se debe seguir el siguiente formato: Nombre de la organización. (Año). Título del informe (Número de la publicación). Recuperado de <http://xxx.xxxxxx.xxx/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2012). Tecnologías de la información y las comunicaciones. Recuperado de: <http://www.dane.gov.co>

**e. Trabajo de Grado o Tesis:** Autor, A., & Autor, A. (Año). Título de la tesis (Tesis de pregrado, maestría o doctoral). Nombre de la institución, Lugar. Por ejemplo:

Aponte, L., & Cardona, C. (2009). Educación ambiental y evaluación de la densidad poblacional para la conservación de los cóndores reintroducidos en el Parque Nacional Natural Los Nevados y su zona amortiguadora (tesis de pregrado). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

**INSTRUCCIONES DE ENVÍO**

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido anteriormente especificados. Los trabajos (en el respaldo digital) deben ser entregados en la Secretaría del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, Ciencia UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro, ubicada en la Ciudadela Universitaria, km 1½ vía a la Parroquia Virgen de Fátima; o si lo desea, enviar el artículo al email: [ciencia\\_unemi@unemi.edu.ec](mailto:ciencia_unemi@unemi.edu.ec), o a través de la página web: [ojs.unemi.edu.ec](http://ojs.unemi.edu.ec). Para mayor información dirigirse a las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, o comunicarse por los teléfonos +593 04 2715081, ext. 3210. En caso de requerirlo, escribir al correo electrónico antes mencionado.

**PROCESO EDITORIAL**

1. Recepción de artículos. El Comité Editorial efectuará una primera valoración editorial consistente en comprobar la adecuación del artículo a los objetivos de la revista, así como el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas de publicación. El Comité Editorial hará las correcciones pertinentes, sin alterar el contenido del mismo. Si encontrara fallas que pudieran afectarlo, las correcciones se harán de mutuo acuerdo con su autor. La recepción del artículo no supone su aceptación.

2. Sistema de revisión por pares (peer review). Los artículos preseleccionados serán sometidos a un proceso de arbitraje. Se asignarán dos o más revisores especializados en la materia, que evaluarán el artículo de forma confidencial y anónima (doble ciego), en cuanto a su contenido, aspectos formales, pertinencia y calidad científica. La aceptación definitiva del manuscrito está condicionada a que los autores incorporen en el mismo todas las correcciones y sugerencias de mejora propuestas por los árbitros.

3. Decisión editorial. Los criterios para la aceptación o rechazo de los trabajos son los siguientes: a) Originalidad; b) Precisión en el tema; c) Solidez teórica; d) Fiabilidad y validez científica; e) Justificación de los resultados; f) Impacto; g) Perspectivas/aportes futuros; h) Calidad de la escritura; i) Presentación de las tablas y figuras; y e) Referencias. Finalizado el proceso de evaluación, se notificará al autor principal la aceptación o rechazo del trabajo.

Los autores del artículo recibirán una constancia de su aceptación para publicarlo. Una vez publicado el artículo se les enviarán tres (3) ejemplares de la Revista respectiva y un certificado de haber publicado. Los trabajos no aceptados serán devueltos a sus autores indicándoles los motivos de tal decisión.

**Tabla. Parámetros de Evaluación**

CARACTERÍSTICA	N°	CRITERIO	ENSAYO	ARTÍCULO
<b>Innovación / Originalidad del artículo</b>	1.	Las ideas planteadas son nuevas	SI	SI
	2.	Las ideas planteadas son interesantes	SI	SI
	3.	Las ideas planteadas pueden aportar un nuevo enfoque para tratar un viejo problema	SI	SI
<b>Precisión en el tema / coherencia con los objetivos</b>	4.	Se especifica de forma clara el tipo de artículo del que se trata	SI	SI
	5.	Se especifica de forma clara el fin u objetivo que persigue el artículo.	SI	SI
<b>Solidez teórica y calidad de los argumentos</b>	6.	La estructura del artículo es la adecuada.	SI	SI
	7.	Existe orden, coherencia y sistematicidad en las ideas expuestas.	SI	SI
	8.	Las ideas planteadas se basan en argumentos sólidos, ya demostrados por otros autores o en estudios anteriores.	SI	SI
	9.	Los argumentos presentados están actualizados (a partir del 2004 en adelante).	SI	SI
<b>Nivel científico, diseño experimental, metodología</b>	10.	La metodología empleada es la adecuada, tiene calidad y garantías científicas	NO	SI
	11.	En el artículo se describe de forma suficiente el método y procedimiento para que un lector interesado pueda reproducirlo	NO	SI
	12.	Las hipótesis o las preguntas de investigación se han planteado adecuadamente.	NO	SI
	13.	Se ha definido claramente el diseño experimental.	NO	SI
	14.	Los instrumentos de medición y experimentación utilizados tienen calidad y garantías científicas	NO	SI
	15.	Se consigue integrar en un marco nuevo y más simple de resultados que antes implicaban un marco más complejo	NO	SI
<b>Presentación y justificación de los resultados / conclusiones</b>	16.	El artículo aporta resultados de importancia teórica o práctica.	SI	SI
	17.	Los datos presentados son válidos	SI	SI
	18.	Los datos y resultados son claramente expuestos mediante fórmulas, tablas y figuras	SI	SI
	19.	El tratamiento de datos va encaminado hacia la comprobación de las hipótesis o las preguntas de investigación.	NO	SI
	20.	La interpretación que se hace de los resultados es inequívoca.	SI	SI
	21.	Las conclusiones se basan en los argumentos planteados o resultados obtenidos.	SI	SI
	22.	Las conclusiones van en concordancia con el objetivo planteado.	SI	SI
<b>Impacto del tema presentado en el artículo</b>	23.	Las conclusiones presentadas son de interés para la comunidad académica	SI	SI
	24.	El contenido del artículo se constituye en un aporte significativo al conocimiento anteriormente desarrollado en su área.	SI	SI
<b>Perspectivas / futuros trabajos</b>	25.	El artículo es relevante para la discusión de problemas en su área.	SI	SI
	26.	El artículo abre posibilidades para realizar investigaciones futuras	SI	SI
<b>Calidad de la escritura</b>	27.	La redacción del artículo es clara y entendible	SI	SI
<b>Legibilidad de figuras y tablas</b>	28.	Las figuras y tablas se encuentran correctamente enumeradas y con su respectivo título	SI	SI
<b>Bibliografía</b>	29.	El artículo contiene al menos 30 citas bibliográficas.	SI	NO
	30.	El artículo contiene citas bibliográficas claramente definidas	SI	SI

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS PARA AUTORES

Ciudad, fecha.....20....

DIRECTOR DE LA REVISTA CIENCIA UNEMI

Universidad Estatal de Milagro

Milagro, Ecuador

Presente.

Por medio del presente documento y fundamentado en lo dispuesto en la Ley de Derecho de Autor el (los) suscrito (s) .....[Nombres y apellidos de autor (es)] he (hemos) remitido para su publicación en la Revista Ciencia UNEMI, editada por la Universidad Estatal de Milagro, el trabajo intitulado (título completo)..... para que de forma exclusiva reproduzca, publique, edite, fije, comunique y transmita públicamente en cualquier forma o medio impreso o electrónico inclusive internet e incluir en índices nacionales e internacionales o bases de datos en caso de ser aprobado el artículo de mi (nuestra) autoría. Por lo tanto el (los) autor (es) firmante (s) DECLARA (MOS):

- Que el trabajo de investigación entregado es un trabajo original.
- Que no ha sido publicado previamente por ningún medio.
- Que no ha sido remitido simultáneamente a otras publicaciones impresas o digitales, ni está pendiente de valoración, para su publicación, en ningún otro medio, en ningún formato.
- Que en caso de ser publicado el artículo, transfieren todos los derechos de autor a la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro, sin cuyo permiso expreso no podrán reproducirse ninguno de los materiales publicado en la misma.
- Que el trabajo presentado no contiene material escandaloso, calumnia, difamación, obscenidad, fraude o cualquier otro material ilegal; y ni el trabajo, ni el título vulnera ningún derecho de autor, derecho literario, marca o derecho de propiedad de terceras personas. Asumo (asumimos) la total responsabilidad de todos los extremos y opiniones contenidos en el trabajo remitido.

En virtud de lo anterior, manifiesto (manifestamos) expresamente que no me (nos) reservo (reservamos) ningún derecho en contra de la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro.

Atentamente

.....  
Nombres y firma de autor (es)

Enviar por correo electrónico o entregar en las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, de la Universidad Estatal de Milagro.

Correos: ciencia\_unemi@unemi.edu.ec

**REVISTA CIENCIA UNEMI**

Volumen 14 - Número 35, Enero-Abril 2021

ISSN-1390-4272 Impreso

ISSN 2528-7737 Digital

Universidad Estatal de Milagro

Ciudadela Universitaria, km 1.5 vía Milagro km 26

Conmutador: 04 2 970-881, ext. 3210

Milagro, Ecuador

# CIENCIA

UNEMI

Indexada en:



[www.unemi.edu.ec](http://www.unemi.edu.ec)

[www.facebook.com/unemionline](https://www.facebook.com/unemionline)  
[/unemionline](https://www.facebook.com/unemionline)

facebook

[www.flickr.com/rppp-unemi](https://www.flickr.com/rppp-unemi)  
[rppp-unemi](https://www.flickr.com/rppp-unemi)



[www.twitter.com/UNEMI\\_ec](https://www.twitter.com/UNEMI_ec)  
[@UNEMI\\_ec](https://www.twitter.com/UNEMI_ec)

twitter

[www.youtube.com/UnemiTube](https://www.youtube.com/UnemiTube)  
[UnemiTube](https://www.youtube.com/UnemiTube)



Dirección: Cda. Universitaria, Km. 1,5 vía Milagro Km. 26  
Conmutador: (04) 2 715-081 / 2 715-079

E-mail: [rektorado@unemi.edu.ec](mailto:rektorado@unemi.edu.ec)  
Milagro - Guayas - Ecuador