

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

UTEQ

ISSN:1390 - 4051

e-ISSN:1390 - 4043

Vol. 18, Núm. 1 | Enero 2025

Índice de contenido

Efecto del aceite esencial de <i>Ruta graveolens</i> (Ruda) en altas concentraciones sobre <i>Staphylococcus aureus</i> subesp <i>aureus</i> cepa ATCC® 25904. <i>Effect of Ruta graveolens (Rue) essential oil in high concentrations on Staphylococcus aureus subsp aureus strain ATCC® 25904</i>	1
Efecto de la fertilización orgánica en el comportamiento agronómico de <i>Beta vulgaris</i> L. en el subtrópico ecuatoriano. <i>Effect of organic fertilization on the agronomic behavior of Beta vulgaris L. in the Ecuadorian subtropics</i>	8
Response of trinexapac-ethyl-treated wheat to glyphosate drift. <i>Respuesta del trigo tratado con trinexapac-etilo a la deriva de glifosato</i>	15
Características morfológicas e industriales en cultivares de arroz “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” en la costa ecuatoriana. <i>Morphological and industrial characteristics in rice cultivars “Vinces UG-03” and “Vinces UG-10” on the Ecuadorian coast</i>	23
Enmiendas biológicas con fertilización mineral en la producción de tabaco en el subtrópico de La Maná. <i>Biological amendments with mineral fertilization in tobacco production in the La Maná subtropical region</i>	31
Agronomic behavior and chemical composition of three varieties of grasses at different harvest ages. <i>Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de pastos en diferentes edades de cosecha</i>	41
Diagnóstico del uso del fuego en actividades agrícolas en el sitio Estancia Vieja, cantón Portoviejo, Manabí, Ecuador. <i>Diagnostic of the use of fire in agricultural activities at the Estancia Vieja site, Portoviejo canton, Manabí, Ecuador</i>	48
Fragmentación del bosque semideciduo en el sector Caña Brava del cantón Santa Ana. <i>Fragmentation of semi-deciduous forest in the Caña Brava sector of Santa Ana canton</i>	64
Almacenamiento y distribución de carbono orgánico en suelos de bosque natural y sistemas agrícolas de cacao en Palenque, Pasaje - Ecuador. <i>Storage and distribution of organic carbon in two natural forest soils and agricultural systems of cacao land use systems in Palenque, Pasaje - Ecuador</i>	71
Condiciones referenciales del manglar del estero salado en la ciudad de Guayaquil. <i>Reference conditions of the salt marsh mangrove estuary in the Guayaquil city</i>	82
Modificación química del almidón de maíz amarillo y morado: Efecto sobre su resistencia a la digestión <i>in vitro</i> . <i>Chemical modification of yellow and purple corn starch: Effect on its resistance to in vitro digestion</i>	92
Estudio técnico para la producción de gelatina a base de escamas de pescado en la ciudad de Portoviejo <i>Technical study for the production of gelatin based on fish scales in the city of Portoviejo</i>	100

Efecto del aceite esencial de *Ruta graveolens* (Ruda) en altas concentraciones sobre *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* cepa ATCC® 25904

Effect of *Ruta graveolens* (Rue) essential oil in high concentrations on *Staphylococcus aureus* subsp *aureus* strain ATCC® 25904

Mayra Andrea Montero Recalde¹ , Carlos Enrique Aroca Izurieta² , Álvaro Jeanpool Aroca Tirado³ , María Angélica Chuquimarca Chuquimarca³ , Julio César Pujos⁴ , Esteban Santiago Guevara⁵

¹Asesora académica independiente, Ecuador.

²Colegio Unidad Educativa Nueva Concordia, Ecuador.

³Médico veterinario, Ecuador.

⁴Instituto Superior Luis A. Martínez, Ecuador.

⁵Agrocalidad.

Autor de correspondencia: mayrismontero@gmail.com

Recibido: 15/11/2023. Aceptado: 09/10/2024

Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia antimicrobiana del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) sobre *Staphylococcus aureus* subsp *aureus* cepa ATCC® 25904. La planta fue recolectada del sector de Inapisi de la parroquia de Constantino Fernández, el aceite obtenido fue a través del método de hidrodestilación, se evaluaron 10 concentraciones (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%) en dilución con agua bidestilada, cada dilución se manejó con un total de 5 ml y se adicionó tween 80 como emulsificador al 0,1%. Los resultados demostraron que la concentración mínima inhibitoria determinada del aceite esencial se definió en el 30% y con respecto a la concentración mínima bactericida evidenciada por el cero crecimiento de colonias en placa, la cual se la estableció al 40% de concentración; el estudio de sensibilidad antimicrobiana precisó estadísticamente con la prueba de Tukey al 0,5% diferencias significativas entre tratamientos, siendo el mejor al 90% de concentración con 25,25 mm de formación de halos de inhibición, no obstante los tratamientos a partir del 30% presentaron formación de halos de manera importante, concluyendo que el aceite esencial de *Ruta graveolens* posee eficacia antimicrobiana sobre la cepa evaluada a partir del 30% de concentración.

Palabras clave: sensibilidad antimicrobiana, concentración mínima inhibitoria, concentración mínima bactericida, hidrodestilación.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the antimicrobial efficacy of the essential oil of ruda (*Ruta graveolens*) on *Staphylococcus aureus* subsp *aureus* strain ATCC® 25904. the plant was collected from the Inapisi sector of Constantino Fernández, the oil was obtained with the hydrodistillation technician, 10 concentrations were evaluated (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%) in dilution with double distilled water, each dilution was handled a total of 5 ml and tween 80 was added as 0,1% as emulsifier, the results showed that the determined minimum inhibitory concentration of the essential oil was defined at 30%; with respect to the Bactericidal minimum concentration evidenced by the zero growth of colonies on the plate, which was established at 40% concentration; the antimicrobial sensitivity study statistically show significant differences between treatments with the 0,5% Tukey test, the best being at 90% concentration with 25,25 mm of inhibition halo formation, however the treatments starting at 30% and showed significant halos formation, concluding that *Ruta graveolens* oil has antimicrobial efficacy on the strain evaluate.

Keywords: antimicrobial sensitivity, minimum inhibitory concentration, minimal bactericidal concentration, hydrodistillation.

Introducción

Ruta graveolens, conocida como planta de ruda, es de tipo perenne, y pertenece a la familia *Rutaceae*, proviene de Europa, que llegó al Ecuador en la época de la conquista, a esta planta la cultivan de manera ornamental ya que presentan hojas de colores azul y amarillo, los campesinos e indígenas la utilizan principalmente como hierba medicinal, ya que en varias culturas ancestrales es utilizado por efectos en varias dolencias como gastrointestinales, además de antiparasitario y emenagogo (Conway y Slocumb, 1979) e importantes efectos antiinflamatorios y antimicrobianos (Mejri *et al.*, 2010); lo cual se le atribuye a la presencia de metabolitos secundarios principalmente de alcaloides, terpenos, cumarinas y flavonoides (Zekry *et al.*, 2018), ensayos del aceite esencial de ruda han demostrado la actividad antibacteriana sobre bacterias Gram positivas como Gram negativas (Rojas *et al.*, 2011) y su uso se ha convertido como una alternativa al abuso de antimicrobianos tradicionales, con el fin de controlar las resistencias de los microorganismos (Zekry *et al.*, 2018).

La presencia en los últimos años de multiresistencias de diferentes grupos de bacterias a los antibióticos; así las bacterias del género *Staphylococcus* resistentes a la meticilina, principalmente *S. aureus* y *S. pseudointermedius*, se han convertido un problema en la profesión veterinaria como en la medicina general, y la aparición de éstas cepas resistentes a múltiples fármacos ha conducido a varias dificultades en el tratamiento de enfermedades infecciosas (Jeyachandran *et al.*, 2014), causante de altos índices de mortalidad y morbilidad en animales de abasto como mascotas, sin dejar a un lado el riesgo zoonótico que éstas representan (Ríos *et al.*, 2015), el uso de varias plantas medicinales en remedios naturales se ha incrementado de manera drástica y por ende la determinación de sus componentes químicos y sus usos posibles en la medicina, volviéndose una prioridad para los farmacólogos como para la comunidad científica (Reddy y Al-Rajab, 2016).

Hoy en día existe un gran interés por la medicina ancestral, específicamente la medicina herbaria, que han producido numerosos estudios, los mismos que han sido divulgados, pero no muy reproducidos de manera industrial, y es por eso que existe un número limitado de productos registrados de tipo herbario en el campo médico general (Martínez y Gómez, 2013), además de las ventajas del uso de los compuestos herbarios como medicina alternativa, la accesibilidad por costos ha determinado como opción de tratamiento que se ha mantenido hasta la actualidad en ciertas poblaciones humanas en Latinoamérica (Gallegos, 2016); por lo tanto las múltiples propiedades del aceite esencial de *Ruta graveolens* han sido investigadas como herramientas a futuro en la solución de los problemas ligados a la resistencia de varios microorganismos que causan enfermedades tanto en plantas como animales (Pino-Pérez *et al.*, 2018), por lo tanto el objetivo de la investigación fue determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI), concentración mínima bactericida (CMB)

y sensibilidad antimicrobiana, a partir de las concentraciones del 10% al 100% del aceite esencial de ruda sobre la cepa certificada de *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC® 25904.

Material y métodos

Material vegetal

En febrero 4 del 2020 en el sector de Inapisi de la parroquia Constantino Fernández a 2 600 m.s.n.m. del cantón Ambato-Ecuador, se recolectó la planta de ruda macho (*Ruta graveolens*) en floración, la muestra botánica fue valorada e identificada por el PhD Carlos Vásquez, docente investigador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato. El material fue puesto a secar bajo sombra durante 10 días y reservada para su posterior procesamiento. La investigación tuvo dos fases, en la primera se determinó la concentración mínima inhibitoria, concentración mínima bactericida, macrodilución en caldo a partir de las 10 concentraciones del aceite esencial (10%-100%) de la ruda, la cual estuvo compuesta por tres testigos de los cuales dos fueron tween 80 y agua bidestilada y un testigo positivo que es la vancomicina. En la segunda fase se determinó la sensibilidad antibacteriana en placa petri, a partir de las mismas concentraciones (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% y 100%) con tres testigos, y cuatro repeticiones por cada concentración y se evaluó estadísticamente la significancia mediante la prueba de Tukey al 5%, se trató de un diseño de bloques al azar.

Obtención del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*)

Para la preparación del aceite de ruda se tomó las hojas y flores, las cuales fueron previamente lavadas con agua destilada, para después trozarlas y pesarlas (Torrenegra-Alarcón *et al.*, 2016), el total del material sumó un 20 libras y posteriormente se las ubicó en una olla con 200 ml de agua destilada y mediante hidrodestilación se obtuvo el aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) el proceso tomó 4 horas aproximadamente (Ferhat *et al.*, 2014), finalmente se obtuvo 50 ml de aceite, gracias a la ayuda del hidrodestilador artesanal (Véliz-Jaime *et al.*, 2019) en el laboratorio de química de la carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad Técnica de Ambato, el mecanismo de formación de aceite en la máquina resultó mediante el mecanismo de formación de vapor saturado al calentarse la mezcla, la cual fluye hacia un condensador, que al movilizarse en la prolongación curvada del conducto de salida del equipo el vapor se condensa y al enfriarse a la temperatura ambiental se obtiene una emulsión líquida que al separarse en el decantador de tipo florentino, las mismas que deben conservarse en frascos ámbar para evitar la degradación de sus componentes (Cerutti y Neumayer, 2004).

Preparación de concentraciones del aceite esencial de *Ruta graveolens* (ruda)

Las concentraciones preparadas fueron: 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% y 100% del aceite esencial de ruda, la obtención de las concentraciones fueron a partir del método volumen a volumen (v/v), en 5 ml como solución total en cada concentración utilizada y el agua bidestilada como el solvente, a lo cual se le añadió tween 80 como sustancia emulsificante, a un porcentaje del 0,1% (Valles *et al.*, 2014).

Cepa bacteriana

Se utilizó la cepa bacteriana certificada *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC® 25904, adquirida por la empresa en el Ecuador Medibac a través de la empresa Corporate Headquarters, Minnesota en Estados Unidos, la cual fue utilizada para determinar los efectos antimicrobianos del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*).

Activación de la cepa bacteriana

La cepa certificada *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC® 25904, se la activó según indicaciones de la empresa comercializadora, para la activación se procedió a tomar una alícuota, la cual fue hidratada previamente y se la colocó en 5 ml de caldo cerebro corazón, para después realizar una estriación tipo escocés (Haddouchi, *et al.*, 2013) en agar sal manitol en placa y llevada a incubar a temperatura de 37 °C durante 24 horas, en estufa bacteriológica, ubicada de manera invertida y debidamente rotulada (Cockerill *et al.*, 2012).

Preparación del inóculo bacteriano para la determinación de CMI y CMB

Para la preparación del inóculo se tomó cuatro colonias pequeñas de la cepa certificada y se las transfirió al medio líquido cerebro corazón e incubadas por 37 °C durante 2 horas (López-Rivera *et al.*, 2018), y con la ayuda del espectrofotómetro a 0,5 de absorbancia se estandarizó el inóculo a una concentración de $1,5 \times 10^8$ unidades formadoras de colonias (Cockerill *et al.*, 2012).

Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

La CMI del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) se realizó mediante el método de macro dilución en caldo según la NCCLS (Cockerill *et al.*, 2012), cada inóculo fue estandarizado a una turbidez de 0,5 de la escala de McFarland (1×10^8 ufc / mL), la cual fue preparada previamente suspendiendo colonias aisladas de la cepa en estudio con caldo cerebro corazón y posteriormente cultivadas en placa de sal manitol durante 24 horas (Cockerill *et al.*, 2012), de manera seguida las 10 concentraciones en tubo (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%) del aceite esencial de ruda se le agregó agua bidestilada como solvente, a lo cual se adicionó el emulsificante tween 80 al 0,1%, ayudados por un vórtex cada tubo durante 5 minutos e incubándolos a

37 °C por 24 horas (Haddouchi *et al.*, 2013), la observación de la concentración más baja sin crecimiento visible de la cepa bacteriana se la determinó como la concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial de ruda (Hafezian *et al.*, 2016).

Determinación de la concentración mínima bactericida (CMB)

Para establecer la CMB se tomó los tubos que mostraron menor turbidez en la determinación de la CMI y se fueron sembrados en placa, en agar sal manitol y se los incubó a 37 °C por 24 horas (Valles *et al.*, 2014), determinándose a la CMB como la concentración más baja que mata al 99,9% de bacterias (Haddouchi *et al.*, 2013).

Sensibilidad antimicrobiana

Se utilizó el método de difusión en agar para evaluar la susceptibilidad antimicrobiana según la NCCLS (Cockerill *et al.*, 2012), primeramente se sembró la cepa bacteriana *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC® 25904 por estriación múltiple en agar Mueller Hinton, seguidamente se empapó cada disco en blanco de marca OXOID® con cada una de las concentraciones del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*), con cuatro discos por cada tratamiento y un testigo por cada tratamiento, en este experimento se consideró 2 testigos negativos: emulsificante tween 80 y agua bidestilada y un testigo positivo el antibiótico vancomicina; una vez empapados se los dejó reposar por 10 minutos en la cámara de flujo laminar, después de este tiempo fueron ubicados en cada caja petri con el uso de pinza anatómica esterilizada, en total se procesaron 10 cajas petri y cada una llevó siete discos, de los cuales 4 fueron las repeticiones de cada concentración, un disco de tween 80, uno de agua bidestilada correspondiente a los testigos negativos y un disco de vancomicina de 16 ug como testigo positivo, cada uno ubicados a una distancia adecuada evitando la posible interposición de los halos de inhibición, finalmente se los llevó a incubar por 24 horas a 37 °C, y después de este tiempo se procedió a la medición de los halos de inhibición con la ayuda de un regleta milimétrica Hiantibiotic ZoneScale®.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de la actividad de las 10 concentraciones del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) sobre la cepa certificada de *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC® 25904, con los respectivos controles negativos como positivo, la metodología realizada valoró de manera cualitativa por la turbidez presente en cada tubo, las concentraciones del 10% y 20% presentaron positivo a turbidez (+), se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI) al 30% de la concentración del aceite esencial, considerada como la concentración menor que permitió el decrecimiento visible (+/-) de la bacteria gram

positiva evaluada, así como lo detallan (Al-Shuneigat *et al.*, 2015) en el cual en la investigación que realizó estableció una mejor actitud sobre bacterias de pared celular positiva que del grupo de gram negativas, de manera similar lo refieren (Fredj *et al.*, 2007) que al determinar en su estudio la CMI de la cepa de *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC 25932® fue la que mostró la menor CMI (285 $\mu\text{l ml}^{-1}$) evaluada entre grupos de bacterias en estudio.

De igual manera en la investigación de Reddy y Al-Rajab (2016) establecen una CMI de (1,0 $\mu\text{l ml}^{-1}$) siendo baja en comparación con otras bacterias gram negativas importantes como *Pseudomona aeruginosa* (75,0 $\mu\text{l ml}^{-1}$), recalando que estas dos últimas metodologías utilizadas fueron en micro dilución y los resultados de esta investigación se lo realizó por método de macro dilución, destacando no obstante que la capacidad antimicrobiana por parte del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) logra efectos desde concentraciones pequeñas para varios grupos de microorganismos como bacterias, hongos y parásitos como lo precisan Luján *et al.* (2010), existen muchas investigaciones las cuales concuerdan con los efectos del aceite esencial sobre *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC 25904® que abarcan desde 100 a 200 $\mu\text{g/mL}$ de determinación de la CMI como lo concluyen Rojas *et al.* (2011), o de 31 mg/mL como lo que detallan Elansary *et al.* (2020) en su investigación más actualizada sobre el tema. El mecanismo de efecto antibacteriano del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) se debe a la prevalencia de compuestos

oxigenados como la 2-undecanona como lo denotan Pino *et al.* (2014), ya que este compuesto permite un mayor efecto inhibidor sobre la bacteria *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* que sobre las bacterias gram negativas como lo explican Delgadillo *et al.* (2017), manifestándose este efecto específico sobre este grupo bacteriano por sus componentes alcohólicos y aldehídicos como lo recalcan (Gebregiorgis y Mahamadail, 2017). Además, la actividad biológica antimicrobiana de la ruda dependerá de varios factores así: parte de la planta recolectada, fuente geográfica, las condiciones de suelo, así como también del tiempo en su cosechada, como dependerá también de los métodos de extracción (Ojala *et al.*, 2000).

Según manifiestan Ojala *et al.* (2000) los metabolitos obtenidos de plantas silvestres son consideradas hoy en día como los nuevos antibióticos, además que los estudios de ruda sobre las bacterias gram positivas según lo manifiestan Chaffar *et al.* (2015) presentan una amplia actividad bacteriana que se mantiene en diferentes concentraciones estudiadas tanto en macrodilución como microdilución, y según lo precisan Rojas *et al.* (2011), la actividad antibacteriana de los aceites esenciales siempre será difícil de acotar a uno solo de sus componentes por la variabilidad y complejidad de los mismos; sin embargo, según lo manifiesta el autor, está documentado que la presencia de compuestos con funciones cetónicas pueden colaborar con este efecto antimicrobiano importante.

Tabla 1. Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial de *Ruta graveolens* (ruda)

	Diluciones aceite esencial (%)										Control negativo Tween 80	Control negativo Agua Bidestilada	Control positivo Vancomicina
Cepa	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
Turbidez													
<i>Staphylococcus aureus</i> subesp <i>aureus</i> ATCC® 25904	+	+	+/-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-

Turbidez positiva (+), Decrecimiento bacteriano +/-, Turbidez negativa (-).

Tabla 2. Determinación de la concentración mínima bactericida (CMB) del aceite esencial de *Ruta graveolens* (ruda)

	Siembra en placa Concentraciones del aceite										Control negativo Tween 80	Control negativo Agua bidestilada	Control positivo Vancomicina
Cepa	10 %	20 %	3 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %			
Turbidez													
<i>Staphylococcus aureus</i> subesp <i>aureus</i> ATCC® 25904	+	+	+/-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-

Crecimiento de colonias (+), Decrecimiento de colonias (+/-), Cero colonias en placa (-).

En la Tabla 2 se presentan los resultados de los tubos que mostraron menor turbidez o ausencia, los cuales al ser llevados a siembra en placa, con sus respectivos controles negativos y positivo, se obtuvo que la concentración mínima bactericida (CMB), considerada como la menor concentración que permite la muerte del 99,9% de bacterias, se la estableció al 40% de concentración del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*), lo cual está en concordancia con la investigación de Chafar *et al.* (2015), en la cual los datos de determinación se acercan mucho entre CMI y CMB de 240 μL mL^{-1} a 465 μL mL^{-1} , concluyendo que se trata de un aceite de alta potencia antimicrobiana sobre varios grupos bacterianos que favorecerían como medicamentos para la cura de enfermedades infecciosas como lo señalan también Azalework *et al.* (2017) en el cual la investigación estableció que la CMB de 500 μL mL^{-1} con respecto a la CMI de 285 μL mL^{-1} mantienen valores no muy alejados entre sí, lo que nos refiere que los demás estudios con respecto a la presente investigación aunque mantienen métodos diferentes de determinación nos indican que las dos determinaciones de valoración antimicrobiana, esto es CMI y CMB se encuentran no muy alejadas entre sí como en la presente de investigación del 30% para CMI y de 40% para la CMB.

Según la investigación realizada por Franca y Nascimento (2015) la CMB sobre las bacterias gram positivas *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Micrococcus flavus* y *Micrococcus luteus* se presentan en menores concentraciones que las bacterias gram negativas como *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Salmonella typhi* y *Enterobacter aerogenes*, lo cual se corrobora en la presente investigación, en la cual ya en la concentración al 40% se determinó la muerte del 99,9% bacterias en siembra en placa, en la siguiente investigación mencionada por Rodrigues *et al.* (2008) en la cual se detalla la amplia actividad sobre varias cepas de *Staphylococcus aureus* a partir del 4%, lo cual difiere de la investigación, debido a la metodología utilizada, el tipo de extracto y su forma de obtención, la investigación realizada por García-Luján *et al.* (2006) determinó que los aceites esenciales mantienen concentraciones mínima inhibitorias como bactericidas más bajas que los extractos alcohólicos, sobre todas las cepas analizadas de *Staphylococcus aureus* de tipo hospitalarias y de resistencia múltiple, lo cual demuestran según Haddouchi *et al.* (2013) que la ruda manifiesta elevados efectos antimicrobianos hacia este grupo bacteriano en

particular.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la prueba de sensibilidad antimicrobiana, mediante el método de difusión en agar, de todas las concentraciones del 10% al 100% del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*), con los respectivos controles, determinándose eficacia antimicrobiana a partir del 30% de concentración en adelante, con la presencia de halos de inhibición bacteriana desde 5,75 mm correspondientes al 30% hasta 25,25 mm al 90% de concentración, estableciendo que existe diferencia significativa entre los tratamientos de mayor y menor concentración, los resultados se asemejan a los obtenidos por Al-Shuneigat *et al.* (2015), en el cual se determinó para *Staphylococcus aureus* subp *aureus* 20 mm de inhibición en placa, 22 mm especificados Franca y Nascimento (2015) para el mismo género bacteriano, 23,40 mm establecido por Reddy y Al-Rajab (2016) siendo uno de los más altos alcanzados en investigaciones desarrolladas por el autor; en contraposición con el estudio realizado por los investigadores (Fredj *et al.*, 2007) en el cual se estableció 6,0 mm para la cepa de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, así también de 15,15 mm detallado por Rodrigues *et al.* (2008) debido a que se trata de un extracto.

La investigación realizada por Franca y Nascimento (2015) mostró igualmente una elevada actividad antimicrobiana sobre la cepa de *S. aureus* con una zona de inhibición de 25,60 mm, comparada con la presente investigación de 25,25 mm teniendo el efecto antimicrobiano superior a todas las bacterias gram positivas y gram negativas analizadas (*Micrococcus*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Pseudomona*, *Salmonella* y *Enterobacter*), las diferencias en la susceptibilidad se debe principalmente a las características de la planta al momento de realizar la obtención del aceite, método de extracción, fecha de recolección, que pueden modificar las características de los componentes como lo detalla Amabye y Mahamadail (2015), el ejemplo más claro lo especifica la investigación realizada por Rojas *et al.* (2011), en el cual la actividad antimicrobiana de la ruda como aceite obtenidos de diferentes zonas de una misma provincia, determinaron diferentes efectos de susceptibilidad antimicrobiana, de la misma manera la investigación realizada por Gebregiorgis y Mahamadail (2017) obtuvieron inhibiciones antimicrobianas de 13 mm y 14 mm del extracto con cloroformo y extracto metanólico de la ruda respectivamente.

Tabla 3. Sensibilidad antimicrobiana del aceite esencial en milímetros (mm) de ruda (*Ruta graveolens*) sobre la cepa *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC® 25904

Cepa	Concentraciones						Valor de P
	10%	20%	30%	40%	50%	E. E	
<i>S. aureus</i>	1,00 ^f	1,00 ^f	5,75 ^e	8,25 ^{de}	11,00 ^d	0,86	<0,001
<i>S. aureus</i>	60%	70%	80%	90%	100%	E. E	Valor de P
	15,50 ^c	17,25 ^c	20,50 ^b	25, 25 ^a	21,00 ^b	0,86	<0,001

abcedef= Medias con una letra común entre columnas no son significativamente diferentes, E.E error estándar.

Conclusiones

El aceite esencial de *Ruta graveolens* conocida como ruda, evidenció una eficacia antimicrobiana en altas concentraciones *in vitro* sobre la cepa de *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC® 25904, así es que la concentración mínima inhibitoria (CMI) se estableció al 30% y la concentración al 40% se la determinó como la concentración mínima bactericida (CMB), correspondiente a la mínima concentración del aceite en producir la muerte del 99,9% de bacterias en placa.

La sensibilidad antimicrobiana de la cepa *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC® 25904 al aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) demostró importantes halos de inhibición en concentraciones altas comprendidas entre el 30% al 100%, determinando así que el 90% de concentración del aceite se comportó como el mejor tratamiento al formar halos de 25,25 mm, así como la elevada sensibilidad de la cepa de *Staphylococcus aureus* subesp *aureus* ATCC® 25 904 ante el aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*).

Referencias Bibliográficas

- Al-Shuneigat, J. M., Al-Tarawneh, I. N., Al-Qudah, M. A., Al-Sarayreh, S.A., Al-Saireh, Y. M. y Alsharafa, K. Y. (2015). The chemical composition and the antibacterial properties of *Ruta graveolens* L. Essential Oil Grown in Northern Jordan. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 8(2), 139–143. <https://doi.org/10.12816/0027560>
- Amabye, T. G. y Shalkh, T.M. (2015). Phytochemical Screening and Evaluation of Antibacterial Activity of *Ruta graveolens* L. - A Medicinal Plant Grown around Mekelle, Tigray, Ethiopia. *Natural Products Chemistry y Research*. 03(06): 1-4. <https://doi.org/10.4172/2329-6836.1000195>
- Azalework, H.G., Sahabjada, Jafri. A., Arshad, M.D. y Malik, T. (2017). Phytochemical Investigation, Gc-MS Profile and Antimicrobial Activity of a Medicinal Plant *Ruta Graveolens* L. From Ethiopia. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 9(6): 29–34. <https://doi.org/10.22159/ijpps.2017v9i6.16812>
- Cerutti, M. y Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. *Invenio*. 7(12): 149–155. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87701214>
- Chافتar, N., Girardot, M., Labanowski, J., Ghrairi, T., Hani, K., Frere, J. y Imbert, C. (2015). Comparative evaluation of the antimicrobial activity of 19 essential oils. En Donelli, G. (eds), *Advances in Microbiology, Infectious Diseases and Public Health. Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 901, pp. 1-15). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/5584_2015_5011
- Cockerill, F., Wikler, M., Alder, J., Dudley, M., Eliopoulos, G., Ferraro, M., Hardy, D., Hecht, D., Hindler, J., Jetel, D., Powell, M., Swenson, J., Thomson, R., Traczewski, M., Turnidge, J., Weinstein, M. y Zimmer, B. (2012). *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard*.
- Conway, G. y Slocumb, J. (1979). Plants used as abortifacients and emmenagogues by Spanish New Mexicans. *Journal of Ethnopharmacology*. 1(3): 241–261. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(79\)80014-8](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(79)80014-8)
- Delgadillo, L., Bañuelos, R., Delgadillo, O., Silva, M. y Gallegos, P. (2017). Composición química y efecto antibacteriano *in vitro* de extractos de *Larrea tridentata*, *Origanum vulgare*, *Artemisia ludoviciana* y *Ruta graveolens*. *Nova Scientia*, 9(19): 273. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i19.1019>
- Elansary, H., Szopa, A., Kubica, P., Ekiert, H., El-Ansary, D., Al-Mana, F. y Mahmoud, E. (2020). Polyphenol content and biological activities of *Ruta graveolens* L. and *Artemisia abrotanum* L. in northern Saudi Arabia. *Processes*. 8(5): 1–18. <https://doi.org/10.3390/PR8050531>
- Ferhat, M., Kabouche, A. y Kabouche, Z. (2014). Comparative compositions of essential oils of three *Ruta* species growing in different soils. *Journal of Materials and Environmental Science*. 5(3): 735–738. bit.ly/3TDgGyX
- Franca, J. y Nascimento, A. (2015). Composition and antibacterial activity of *Ruta graveolens* L. (Rutaceae) volatile oils, from São Luís, Maranhão, Brazil. *South African Journal of Botany*. 99: 103–106. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.03.198>
- Fredj, M., Marzouk, B., Chraief, I., Boukef, K. y Marzouk, Z. (2007). Analysis of Tunisian *Ruta graveolens* L. oils from Jemmel. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 5(1): 52–55. bit.ly/47xMMSw
- Gallegos, M. (2016). Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. *Anales de La Facultad de Medicina*. 77(4): 327. <https://doi.org/10.15381/anales.v77i4.12647>
- García-Luján Concepción. (2006). *Actividad antibacteriana de extractos vegetales en cepas hospitalarias de Staphylococcus aureus con resistencia múltiple*. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. bit.ly/3XQB0zz
- Haddouchi, F., Chaouche, T., Zaouali, Y., Ksouri, R., Attou, A. y Benmansour, A. (2013). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from four *Ruta* species growing in Algeria. *Food Chemistry*. 141(1): 253–258. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.007>

- Hafezian, M., Asgarpanah, J. y Rahimifard, N. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from the endemic species *pyncocycla bashagardiana* Mozaff. *Latin American Journal of Pharmacy*. 35(7): 1634–1639. http://www.latamjpharm.org/resumenes/35/7/LAJOP_35_7_1_20.pdf
- Jeyachandran, S., Oyyappan, D. y Baskaralingam, V. (2014). Discrete Nanoparticles of *Ruta Graveolens* Induces the Bacterial and Fungal Biofilm Inhibition. *Cell Communication & Adhesion*. 21: 229–238. <https://doi.org/10.3109/15419061.2014.926476>
- López-Rivera, R., Espinosa-Andrews, H., García-Márquez, E. y Herrera-Rodríguez, S. (2018). Efecto antifúngico de emulsiones a base de aceite esencial de orégano mexicano (*Lippia graveolens*), contra *Candida albicans*. *Revista Salud Jalisco*. 1: 42–45. <http://www.medigraphic.com/pdfs/saljalisco/sj-2018/sj181g.pdf>
- Martínez, Y. y Gómez, L. (2013). Social impact of an intervention strategy for the rational prescription of natural medicines implemented in Céspedes during 2011. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 18(4): 609–618. <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v18n4/pla12413.pdf>
- Mejri, J., Abderrabba, M. y Mejri, M. (2010). Chemical composition of the essential oil of *Ruta chalepensis* L: Influence of drying, hydro-distillation duration and plant parts. *Industrial Crops and Products*. 32(3): 671–673. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.05.002>
- Ojala, T., Remes, S., Haansuu, P., Vuorela, H., Hiltunen, R., Haahela, K. y Vuorela, P. (2000). Antimicrobial activity of some coumarin containing herbal plants growing in Finland. *Journal of Ethnopharmacology*. 73: 299–305. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00279-8](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00279-8)
- Pino-Pérez, O., Rojas-Fernández, M., Sánchez-Pérez, Y. y Espinosa-Castaño, I. (2018). Actividad antibacteriana de aceites esenciales obtenidos de plantas de origen cubano sobre *Streptococcus suis*. *Revista de Salud Animal*. 40(3): 1–5. <http://scielo.sld.cu/pdf/rsv/v40n3/2224-4700-rsa-40-03-e03.pdf>
- Pino, O., Sánchez, Y., Roja, M., Abreu, Y., Correa, T., Martínez, D. y Montes de Oca, R. (2014). Composición Química y Actividad Antibacteriana del Aceite Esencial de *Ruta Chalepensis* L. *Rev. Protección Veg.* 29(3): 220–225. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v29n3/rpv11314.pdf>
- Reddy, D. y Al-Rajab, A. (2016). Chemical composition , antibacterial and antifungal activities of *Ruta graveolens* L volatile oils. *Cogent Chemistry*. 2: 1–11. <https://doi.org/10.1080/23312009.2016.1220055>
- Ríos, A., Barquero, M., Ortiz, G., Ayllón, T., Smit, L., Rodríguez-Dominguez, M. y Sánchez-Días, A. (2015). *Staphylococcus* multirresistentes a los antibióticos y su importancia en medicina veterinaria. *Clin.Vet. Peq. Anima*. 35(3): 149–161. <https://www.clinvetpeqanim.com/img/pdf/223473834.pdf>
- Rodrigues, J., Melo, M. y Lima, E. (2008). In vitro antimicrobial activity of plants in Acute Otitis Externa. *Rev.Bras Otorrinolaringol*. 74(1): 118–124. [https://doi.org/10.1016/S1808-8694\(15\)30761-8](https://doi.org/10.1016/S1808-8694(15)30761-8)
- Rojas, J., Mender, T., Rojas, L., Gullien, E., Buitrago, A., Lucena, M. y Cárdenas, N. (2011). Estudio comparativo de la composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Ruta graveolens* L. recolectada en los estados Mérida y Miranda, Venezuela. *Avances En Química*. 6(3): 89–93. <https://www.redalyc.org/pdf/933/93321324005.pdf>
- Torrenegra-Alarcón, M., Granados-Conde, C., Durán-Lengua, M., León-Méndez, G., Yáñez-Rueda, X., Martínez, C. y Pájaro-Castro, N. (2016). Composición Química y Actividad Antibacteriana del Aceite Esencial de *Minthostachys mollis*. *Orinoquia*. 20(1): 69–74. <https://www.redalyc.org/pdf/896/89647074008.pdf>
- Valles, M., Alvarado, P., Rodríguez, I., Saldaña, W., Reyes, W. y Vargas, A. (2014). Efecto del aceite esencial de *Origanum vulgare* en la supervivencia de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella thypi*, *Salmonella paratyphi* y *Salmonella enteritidis* en carne de cerdo pasteurizada y refrigerada. *Revista Rebiol*, 34(1): 57–68. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccebciol/article/view/589/551>
- Véliz-Jaime, M., González-Díaz, Y. y Martínez-Despaigne, Y. (2019). Technical and economic evaluation of the project to obtain essential oils. *Tecnología Química*. 39(1): 207–220. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v39n1/2224-6185-rtq-39-01-207.pdf>
- Zekry, E., Mahmoud, R., El-Baky, A., Yehia, S., Abd, M., Hakeem, E., Mohamed, M. y Salah, M. (2018). Chemical composition and antimicrobial activities of essential oils of *Ruta graveolens* plants treated with salicylic acid under drought stress conditions. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*. 4(2): 254–264. <https://doi.org/10.1016/j.fjps.2018.09.001>



Efecto de la fertilización orgánica en el comportamiento agronómico de *Beta vulgaris* L. en el subtrópico ecuatoriano

Effect of organic fertilization on the agronomic behavior of *Beta vulgaris* L. in the Ecuadorian subtropics

Kleber Augusto Espinosa Cunuhay¹, José Luis Núñez Muñoz¹, Jonathan Alexis Benites García², Jonathan Enrique Vizúete Corrales²

¹Universidad Técnica de Cotopaxi Ext. La Maná, Ecuador.

²Consultor Independiente, Ecuador.

Autor de correspondencia: kleber.espinosa@utc.edu.ec

Recibido: 28/10/2023. Aceptado: 12/08/2024

Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” en la parroquia Guasaganda de la provincia de Cotopaxi, con el objetivo de poder evaluar diferentes dosis de abonos orgánicos en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris*) se empleó un diseño de bloques completamente al azar con la prueba de separación de medias de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$). El estudio involucró 374 plantas de acelga distribuidas en cinco tratamientos: T0= Testigo absoluto, T1= Testigo químico cuya formulación comercial es 10-30-10, T2= Vermicompost al 25% (0,34 kg/m²), T3= Vermicompost al 50% (0,69 kg/m²) y T4= Vermicompost al 75% (1,04 kg/m²). Las variables analizadas incluyeron longitud y ancho de hoja, número y peso de hojas en la cosecha, peso por planta en la cosecha, peso neto por parcela, número de raíces en la cosecha y el análisis de costos. Los resultados indicaron que la dosis más efectiva de vermicompost fue de 0,69 kg/m², destacándose en variables como altura de planta, ancho de hoja, número de hojas en la cosecha y peso de hoja. En cuanto a las variables peso por planta, peso neto por parcela y número de raíces, también se observaron mejoras significativas con esta dosis.

Palabras clave: evaluación, comportamiento, acelga, dosis, vermicompost.

Abstract

The research was carried out at the “Sacha Wiwa” Experimental Center in the Guasaganda parish of the province of Cotopaxi, with the aim of evaluating different doses of organic fertilizers in the cultivation of chard (*Beta vulgaris*) a completely randomized block design was used with the Tukey multiple range means separation test ($p < 0,05$). The study involved 374 chard plants distributed in five treatments: T0 = Absolute control, T1 = Chemical control whose commercial formulation is 10-30-10, T2 = Vermicompost at 25% (0,34 kg / m²), T3 = Vermicompost at 50% (0,69 kg / m²) and T4 = Vermicompost at 75% (1,04 kg / m²). The variables analyzed included leaf length and width, number and weight of leaves at harvest, weight per plant at harvest, net weight per plot, number of roots at harvest, and cost analysis. The results indicated that the most effective dose of vermicompost was 0,69 kg/m², standing out in variables such as plant height, leaf width, number of leaves at harvest, and leaf weight. Regarding the variables weight per plant, net weight per plot, and number of roots, significant improvements were also observed with this.

Keywords: evaluation, behavior, chard, dose, vermicompost.

Introducción

La producción de acelga requiere un considerable suministro de agua y nutrientes, según lo indicado por Venegas-González *et al.* (2019). Además, depende de condiciones edafoclimáticas específicas, como suelos altamente fértiles y temperaturas no superiores a los 20 °C, tal como menciona Scheelbeek *et al.* (2018). Dado que la hortaliza prospera en condiciones de baja temperatura y relativamente alta humedad, las plantas son susceptibles a diversos patógenos, especialmente aquellos que afectan el follaje, según señala Garibaldi *et al.* (2018).

Durante la mitad del presente siglo la transición hacia un sistema agrícola basado en la tecnología moderna de uso de los fertilizantes químicos y otros insumos modificados han traído efectos desastrosos por su incidencia en la degradación del suelo y la contaminación del ambiente (Chilón, 2017). Un abono orgánico ampliamente recomendado es el vermicompost, que ha demostrado ser un estimulante del rendimiento en diversos cultivos, proporcionando parcialmente los nutrientes requeridos por las plantas, según menciona Pastor *et al.* (2016), sino que también influye en sus características físicas, mejorando su fertilidad, permeabilidad y la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades, según registrada por Murillo *et al.* (2020).

Con el creciente interés nutricional en el consumo de acelga a nivel mundial, China lidera la producción con el 22,53% del mercado global, seguida de España con el 13,1%. Otros productores importantes incluyen Bélgica (12,08%), México (10,02%), Polonia (5,54%), Países Bajos (5,34%) y Ecuador, que representan el 4,16% del mercado global, generando ingresos por valor de 159 millones de dólares en el 2021.

Según Rosas *et al.* (2018) La acelga son fuentes de vitaminas y minerales y es un cultivo que se desarrolla todo el año. Por lo tanto, el objetivo principal de la investigación fue evaluar la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo de la acelga (*Beta vulgaris*) en la parroquia Guasaganda.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” la finca está ubicada a 0°47'42.0"S y 79°09'22.0"W con una elevación de 469 msnm, perteneciente a la diócesis de Latacunga, ubicado en la parroquia Guasaganda de la provincia de Cotopaxi, cantón La Maná. Las condiciones agrometeorológicas del sector presentan una serie de parámetros meteorológicos que influyen significativamente en su clima y condiciones ambientales. Estos parámetros proporcionan una visión detallada de las condiciones climáticas promedio en el área de la investigación. La altitud promedio en la zona de estudio es de 503 metros sobre el nivel del mar, lo que puede influir en la temperatura y la presión atmosférica. La temperatura media anual es de

22 °C, lo que indica un clima templado o cálido durante todo el año, con variaciones estacionales moderadas. La humedad relativa promedio es del 88%, lo que sugiere un ambiente húmedo y propenso a la condensación de vapor de agua en forma de niebla o rocío, cuyos datos se tomaron de la estación meteorológica de la Hacienda San Juan perteneciente a la red de estaciones del (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2019).

Se registran alrededor de 570 horas de luz solar al año en la zona de estudio, lo que indica una exposición moderada a la radiación solar. La precipitación anual es significativa, alcanzando un promedio de 2761 mm por año, lo que sugiere un clima húmedo con una estación lluviosa bien definida. La topografía se describe como regular, lo que puede implicar terrenos uniformes o ligeramente ondulados, sin grandes elevaciones o depresiones. La textura del suelo se clasifica como franco arenoso, lo que sugiere una composición de suelo con una buena capacidad de drenaje y retención de nutrientes.

Estos parámetros proporcionan una base sólida para comprender el entorno climático y ambiental de la zona de estudio, lo que es crucial para diversas actividades, como la agricultura, la planificación urbana y la conservación del medio ambiente.

Diseño experimental

Se utilizaron un total de cinco tratamientos incluyendo el testigo con varias dosis, se utilizó un total de 25 camas de 1,50 m x 2 m de largo, con un área total de 150 m². Dando así de 375 plantas y 15 unidades experimentales por cada tratamiento.

Tabla 1. Tratamientos

Orden	Tratamiento	Código
1	Testigo Absoluto	T
2	Testigo Químico 10-30-10	TQ
3	Fertilizante Orgánico (Vernicompost 25%) 0,34 kg	FO 25%
4	Fertilizante Orgánico (Vernicompost 50%) 0,69 kg	FO 50%
5	Fertilizante Orgánico (Vernicompost 75%) 1,04 kg	FO 75%

Descripción de los tratamientos

Testigo Absoluto (T): Este tratamiento sirve como punto de referencia o control en el experimento. En él, no se aplicaron intervenciones ni tratamientos adicionales, permitiendo así comparar los resultados obtenidos con las condiciones naturales o estándar.

Testigo Químico 10-30-10 (TQ): En este tratamiento, se aplica un fertilizante químico en dosis de 0,20 kg por

parcela cuya composición específica de nutrientes es 10% de nitrógeno, 30% de fósforo y 10% de potasio. Se utiliza como una referencia para comparar el efecto de los fertilizantes orgánicos.

Fertilizante Orgánico (Vermicompost 25%) (FO 25%): Este tratamiento implica la aplicación de un fertilizante orgánico compuesto principalmente por un 25% de vermicompost, en una cantidad de 0,34 kg por m² de área experimental.

Fertilizante Orgánico (Vermicompost 50%) (FO 50%): Similar al tratamiento anterior, pero con una concentración de vermicompost del 50%, aplicado a una tasa de 0,69 kg por m².

Fertilizante Orgánico (Vermicompost 75%) (FO 75%): Este tratamiento presenta la concentración más alta de vermicompost, con un 75% de contenido, aplicado a una tasa de 1,04 kg por m².

Análisis estadístico

Se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos, un testigo químico y un testigo absoluto y cinco repeticiones por tratamiento, totalizando quince unidades experimentales, los mismos que se obtuvieron luego del análisis de efecto de borde. Además, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Todos los análisis estadísticos fueron ejecutados mediante el paquete estadístico Infostat.

Variables evaluadas

Se procedió a evaluar la altura de las plantas en intervalos de 15, 30, 45 y 60 días después de su trasplante. En este proceso, se utilizó una cinta métrica para medir la distancia desde la superficie del suelo hasta la punta de la hoja en posición vertical, registrando los datos en centímetros.

Para la variable del ancho de la hoja, se realizaron mediciones a los 15, 30, 45 y 60 días posteriores al trasplante. Utilizando una cinta métrica, se midió la distancia horizontal desde el extremo izquierdo hasta el derecho de la hoja, y los

datos fueron registrados en centímetros.

El número de hojas a la cosecha se determinó contabilizando todas las hojas completamente desarrolladas de las unidades experimentales en cada tratamiento de la parcela. Se estableció un promedio para esta variable.

En cuanto al peso de la hoja a la cosecha, se pesaron las hojas de cada unidad experimental seleccionada. Para registrar estos datos, se empleó una balanza digital, expresando los resultados en gramos.

El peso por planta a la cosecha, se obtuvo sumando el peso total de cada unidad experimental seleccionada en las parcelas correspondientes a los distintos tratamientos. Los datos fueron registrados en gramos utilizando una balanza digital.

Asimismo, se determinó el peso neto por parcela, tomando en cuenta el peso total de cada una de las parcelas establecidas para cada tratamiento. Se utilizó una balanza digital para la obtención de estos datos, expresados en gramos.

Finalmente, para la variable del número de raíces a la cosecha, se llevó a cabo un conteo de las raíces en las unidades experimentales seleccionadas de cada parcela correspondiente a cada tratamiento establecido.

Resultados

Después de recopilar los datos de los tratamientos en relación con la variable altura de planta (Tabla 2), se observó que el T4 demostró ser el más efectivo, presentando los mejores resultados a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante, con promedios de 14,69; 18,59; 35,85 y 55,77 cm, respectivamente. Los mismos que corresponden a los tratamientos con vermicompost en dosis de 0,34 y 1,04 kg/m², mostrando resultados medios. En contraste, el tratamiento con abono completo (10-30-10) exhibió valores inferiores en comparación con los tratamientos que incluyeron vermicompost.

Tabla 2. Efecto de la fertilización orgánica en el comportamiento agronómico de *Beta vulgaris* L en la variable altura de planta

Tratamientos	Altura de planta (cm)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
Testigo absoluto	5,89 b	8,77 b	9,43 b	9,52 b
Abono completo (10-30-10)	11,02 a	14,13 a	22,10 a	25,90 a
Vermicompost 0,34 kg/m ²	11,30 a	13,49 a	27,63 a	52,43 a
Vermicompost 0,69 kg/m ²	14,69 a	18,59 a	35,85 a	55,77 a
Vermicompost 1,04 kg/m ²	11,30 a	16,82 a	32,03 a	52,70 a
CV (%)	35,1	30,5	34,16	30,92
p-valor	0,1348	0,0362	0,0012	<0,0001

Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas (Tukey, $p > 0,05$).

Tabla 3. Efecto de la fertilización orgánica en el comportamiento agronómico de *Beta vulgaris* L en la variable ancho de hoja

Tratamientos	Ancho de planta (cm)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
Testigo absoluto	1,53 a	2,67 a	2,83 a	2,55 a
Abono completo (10-30-10)	2,83 a	4,53 a	6,44 a	8,20 a
Vermicompost 0,34 kg/m ²	2,76 a	4,46 a	9,97 a	17,52 a
Vermicompost 0,69 kg/m ²	3,47 a	6,10 a	12,06 a	17,50 a
Vermicompost 1,04 kg/m ²	2,98 a	5,68 a	10,91 a	16,47 a
CV (%)	41,30	34,92	36,20	31,23
p-valor	0,25	0,11	0,007	< 0,0003

Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas (Tukey, $p > 0,05$).

Al monitorear las plantas en el estudio y como se evidencia en la Tabla 3, se observó que la variable de ancho de hoja presentó los mejores resultados en el tratamiento con abono vermicompost, especialmente a los 15, 30 y 45 días, con promedios de 3,47 cm, 6,10 cm y 12,06 cm, respectivamente. A los 60 días, la dosis de 0,34 kg/m² de abono vermicompost alcanzó el mejor promedio con 17,52 cm.

Por otro lado, el tratamiento con abono completo (10-30-10) mostró resultados superiores al grupo de control, pero inferiores a los tratamientos que incorporaron vermicompost.

Después de realizar el recuento del número de hojas en la cosecha según los distintos tratamientos, se determinó que la mayor cantidad de hojas se observa de manera más destacada con el uso de vermicompost en una dosis de 0,34 kg/m², con un promedio de 7,60 hojas. Le sigue el vermicompost en dosis de 0,69 y 1,04 kg/m², con promedios de 7,50 y 6,93 hojas respectivamente. Por otro lado, el tratamiento con abono completo (10-30-10) mostró valores superiores al grupo de control, pero inferiores a los tratamientos con vermicompost en cuanto al número de hojas.

Después de analizar el peso de las hojas por tratamiento durante la cosecha, se concluyó que la mayor cantidad de peso se observó en el tratamiento de abono vermicompost en una dosis de 1,04 kg/m², con un promedio de 70,13 g. Le siguen en orden los tratamientos de vermicompost con dosis de 0,34 y 0,69 kg/m², registrando promedios de 65,13 g y 69,37 g, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento con abono completo (10-30-10) mostró un rendimiento superior al testigo, pero inferior a los tratamientos que emplearon abono orgánico, con un promedio de peso mínimo observado en el testigo, alcanzando los 1,54 g.

Se observaron diferencias estadísticas en el peso por planta en el momento de la cosecha entre los tratamientos que emplearon abono orgánico, el tratamiento químico y el grupo de control. En particular, el uso de vermicompost como abono orgánico en una dosis de 1,04 kg/m² resultó en un peso promedio de 439,27 g por planta, superando a los tratamientos

con dosis de 0,69 kg/m² y 0,34 kg/m², que alcanzaron valores medios de 413,32 g y 336,27 g, respectivamente. Cabe destacar que el tratamiento con abono completo (10-30-10) mostró un promedio de 72,20 g, siendo este valor inferior en comparación con los tratamientos que utilizaron abonos orgánicos.

Como se evidencia en la Tabla 4, se presentan diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos en cuanto al peso neto por parcela. El tratamiento que registró el mayor valor fue aquel que utilizó abono orgánico vermicompost en una dosis de 1,04 kg/m², alcanzando un peso de 7174,20 g. Le siguieron los tratamientos con dosis de 0,69 y 0,34 kg/m², con pesos de 5441,20 g y 4525,2 g, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento con abono completo (10-30-10) mostró valores inferiores, registrando un peso de 1268,40 g. Cabe destacar que el grupo de control, representado por el testigo, obtuvo el menor porcentaje con 176,00 g.

Después de completar la fase de cosecha, se llevó a cabo un exhaustivo conteo de las raíces, y al analizar los datos recopilados, el tratamiento más efectivo fue el uso de vermicompost en una dosis de 1,04 kg/m², alcanzando un destacado porcentaje del 10,26% en la cantidad de raíces. Este resultado fue seguido de cerca por el tratamiento de vermicompost con una dosis de 0,34 kg/m², que mostró un porcentaje del 10,13% en el desarrollo de las raíces. Asimismo, se observó un rendimiento favorable en el tratamiento de vermicompost en dosis de 0,69 kg/m², con un porcentaje del 9,83% en la cantidad de raíces.

En contraste, el tratamiento de abono completo (10-30-10) presentó un rendimiento inferior, mostrando un porcentaje de solo el 6,33% en el desarrollo de raíces. Estos hallazgos destacan la eficacia del abono vermicompost y sugieren que la dosis de 1,04 kg/m² puede ser la más beneficiosa para fomentar el crecimiento y desarrollo radicular en comparación con los otros tratamientos evaluados.

Tabla 4. Efecto de la fertilización orgánica en el comportamiento agronómico de *Beta vulgaris* L en las variables de rendimiento

Tratamientos	Número de hojas a la cosecha	Peso de hojas a la cosecha (g)	Peso por planta a la cosecha (g)	Peso por parcela a la cosecha (g)	Número de raíces a la cosecha (g)
Testigo Absoluto	1,60 b	1,54 b	4,80 c	176,00 c	1,20 b
Abono completo (10-30-10)	4,80 ab	12,53 b	72,20 b	1268,40 b	6,33 a
Vermicompost 0,34 kg/m ²	7,60 a	65,13 a	336,27 a	4525,20 a	10,13 a
Vermicompost 0,69 kg/m ²	7,55 a	69,37 a	413,32 a	5441,20 a	9,83 a
Vermicompost 1,04 kg/m ²	6,93 a	70,13 a	439,27 a	7174,20 a	10,26 a
CV (%)	30,37	46,75	56,61	47,95	55,44
p-valor	0,0002	<0,0001	0,0003	0,0001	0,01

Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas (Tukey, $p > 0,05$).

Discusión

Los resultados de la investigación presentan discrepancias en la variable altura de planta con respecto a los obtenidos por Soria (2015). En su estudio de los efectos de los abonos orgánicos sobre la acelga, reportó promedios inferiores a los 30 y 45 días, de 15,56 cm y 40,54 cm, respectivamente, en la altura de las plantas. Por otro lado, Meléndez (2015) indica en su trabajo valores superiores a los 15, 30 y 45 días, con mediciones de 18,48 cm, 30,15 cm y 55,15 cm, de igual manera Campo *et al.* (2014) reporta valores inferiores a los reportados con esta investigación con 12,6 cm, para Candia y Quiroga (2018) donde obtuvieron promedios de 56,80 cm en su cuarta cosecha y a su vez Medina-Hernández *et al.* (2023) reporta una altura de planta de 45,61 cm, respectivamente.

Es importante destacar que los resultados alcanzados en la variable ancho de hoja en la presente investigación fueron inferiores a los reportados por Meléndez (2015). Donde a los 15, 30 y 45 días obtuvo promedios de 7,91 cm, 13,90 cm y 15,84 cm, respectivamente. En contraste, los resultados obtenidos en la variable ancho de hoja descrita por Soria (2015) en su investigación a los 30 y 45 días fueron superiores, con mediciones de 14,18 cm y 23,24 cm, mientras que a los 60 días, los datos de nuestra investigación también superaron los obtenidos por este investigador, registrando 17,45 cm, al igual que los resultados de Murga-Orrillo *et al.* (2019), cuyos valores en su estudio son superiores con 43,2 cm, de igual manera para Héctor-Ardisana *et al.* (2021) donde son superiores con 20,61 cm respectivamente.

El número de hojas registradas en nuestra investigación fue menor en comparación con los obtenidos por Scheelbeek (2018) fueron superiores a los de nuestra investigación, con 8,16 hojas, de igual manera para León *et al.* (2016) donde

reportan 7 hojas utilizando materia orgánica siendo inferiores respectivamente para Rodríguez-Ortiz *et al.* (2020) el manejo integral del suelo con diferentes enmiendas nutricionales tiene un efecto importante en la producción.

En relación al peso, los resultados obtenidos en este trabajo fueron menores a los reportados por Soria (2015), quien en su investigación registró un promedio de 43,80 g de peso. Estos datos contrastan con los obtenidos por Venegas-González *et al.* (2019), donde el peso promedio fue de 750,10 g. De igual manera Rodríguez *et al.* (2023) reportó un peso seco de 12,5 g, resultados que son superiores a los obtenidos en la presente investigación.

Finalmente, el peso neto por parcela a la cosecha fue superior a los obtenidos por Grasso *et al.* (2018), con 8,50 kg/m². No obstante, estos resultados contrastan con los de Echer *et al.* (2012), cuyos rendimientos fueron de 160 kg/ha, superando así los valores obtenidos en nuestra investigación.

Conclusiones

La mejor dosis de vermicompost es de 0,69 kg/m² en las variables como: altura de planta, ancho de hoja, número de hojas a la cosecha, peso de hoja, mientras que en las variables peso por planta, peso neto por parcela y número de raíces fue vermicompost 1,04 kg/m².

Mediante la utilización de abonos orgánicos generamos menor costo para el agricultor, con mejores resultados y libre de contaminación debido al uso de productos químicos, de igual manera con el uso de abonos orgánicos podemos recuperar los suelos saturados por el uso indiscriminado de productos químicos.

Referencias bibliográficas

- Campo Martínez, A. del P., Acosta Sánchez, R. L., Morales Velasco, S. y Prado, F. A. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79–87. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/322>
- Chilón Camacho, E. (2017). Revolución Verde Agricultura y suelos, aportes y controversias. *Apthapi*, 3(3) 844-859. <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/195>
- Candia Pacheco, L. R. y Quiroga Sossa, M. (2018). Producción de acelga (*Beta vulgaris*) en sistema vertical a diferentes distancias en ambiente protegido: Luis Ruddy Candia Pacheco; Moisés Quiroga Sossa. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5(2), 101–116. <https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/119>
- Estación del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) Hacienda San Juan (2019).
- Echer, M. de M., Zoz, T., Rossol, C. D., Steiner, F., Castagnara, D. D. y Lana, M. do C. (2012). Plant density and nitrogen fertilization in Swiss chard. *Horticultura brasileira*, 30(4), 703-707. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400023>
- Garibaldi, A., Gilardi, G., Matic, S. y Gullino, M. L. (2018). First report of leaf smut caused by *Entyloma gaillardianum* on *Gaillardia aristata* in Italy. *Plant disease*, 102(3), 678-678. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-17-1092-PDN>
- Grasso, R., Rotondo, R., Ortiz Mackinson, M., Mondino, M., Calani, P., Balaban, D., Vita Larriue, E. y Torres, P. (2018). Efecto de distintos sistemas de producción y formas de sujeción sobre las pérdidas poscosecha en acelga (*Beta Vulgaris* L. Var. *Cicla* L.). *Fave. Sección ciencias agrarias*, 17(1), 21-33. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192018000100002&lng=es&tlng=es
- Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., Medranda-Vera, F. y Montoya-Bazán, J. (2021). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4), e02. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000400002&lng=es&tlng=es
- León Aguilar, R., Peñarrieta Bravo, S., Torres García, A., Mero Muñoz, J. y Fosado Téllez, O. (2016). Efecto de la materia orgánica y microorganismos eficientes en el comportamiento productivo de la acelga. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 7(2), 127-134. http://revistasepam.epam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/128
- Medina-Hernández, D., Ruiz-Juárez, D. y Holguín-Peña, R.J. (2023). Producción de acelgas (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) con efluente de cultivo de róbalo (*Centropomus viridis*) en sistema acuapónico. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1683>
- Meléndez Vega N. D. (2015). *Comportamiento Agronómico del Cultivo de Acelga (Beta vulgaris) con Diferentes Abonos Orgánicos en la Finca La María* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/84382db0-5515-4bfd-88d2-aa93116f37ba>
- Murillo Montoya, S., Mendoza Mora, A. y Fadul Vásquez, C. J. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58-68. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8739291>
- Murga-Orrillo, H., Irigoín-Aguilar, J.M., Hilares-Vargas, S., Bardales-Lozano, R.M. y Lobo, F. de A. (2019). Fertilizers and organic covers, slow release nutrient sources in the production of multiple harvest Swiss, *Ciencias Agroveterinarias*, 18(3), 380-384. <http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/14580/pdf>
- Pastor Mogollón, J., Martínez, A. y Torres, D. (2016). Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro*, 28(1), 29-38. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000100004
- Scheelbeek Pauline, F.D., Bird, F.A., Tuomisto, H.L., Green, R., Harris, F.B., Joy, E.J., Chalabi, Z., Allen, E., Haines, A. y Dangour, A.D. (2018). Effect of environmental changes on vegetable and legume yields and nutritional quality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(26), 6804-6809. <https://doi.org/10.1073/pnas.1800442115>
- Soria Proaño, F. A. (2015). *Comportamiento Agronomico de las Hortalizas Acelga (Beta vulgaris) y Brocoli (Brassica oleracea) con dos Abonos Organicos en el Centro Experimental "La Playita"* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3518/1/T-UTC-00795.pdf>
- Rodríguez-de la Garza, J. A., Guerra-Guerra, C. N., Trejo-Téllez, L. I., Alvarado-Camarillo, D., González-Méndez, L. M., Méndez-López, A. y Martínez-Amador, S. Y. (2023). Aplicación de té de compost, coinoculación y fertilización inorgánica en plantas de acelgas. *Terra Latinoamericana*, 41, e1448. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1448>
- Rodríguez-Ortiz, J. C., Rojas-Velázquez, M., Alcalá-Jáuregui, J. A., Díaz-Flores, P. E. y Carballo-Méndez, F. J. (2020). Ensayo en invernadero de abonos verdes

sobre las propiedades del suelo, producción de acelga e implicaciones ambientales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 945–951. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2104>

Rosas Villagómez, A., Medina Saavedra, T. y Arroyo Figueroa, G. (2018). Medición del área foliar de la producción de acelgas (*Beta vulgaris* var. *cycla*) mediante el uso de microorganismos de montaña y *Azospirillum brasilensis*. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 4(1), 1–5. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2331>

Venegas-González, J., Méndez-Inocencio, C., Martínez-Mendoza, E. K., Ceja Torres, L. F. y Rodríguez-Torres, M. D. (2019). Producción orgánica de *Beta vulgaris* subespecie *cicla* con inoculantes microbianos. *Biotechnia*, 21(3), 121–126. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v21i3.1043>



Response of trinexapac-ethyl-treated wheat to glyphosate drift

Respuesta del trigo tratado con trinexapac-etilo a la deriva de glifosato

Diecson Ruy Orsolin da Silva¹, Rodrigo Zeni², Claudir José Basso¹

¹Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

²Profesional independiente, Brasil.

Autor de correspondencia: diecsonros@gmail.com

Recibido: 25/01/2024. Aceptado: 06/12/2024

Publicado el 15 de enero de 2025

Abstract

The herbicide drift is problem in crops when it reaches non-target crops. The glyphosate drift after growth regulator application can influence in wheat response. This study assessed the effects of glyphosate drift after trinexapac-ethyl application on wheat. Two field experiments were conducted in winter season of 2018 and 2019. Cultivar TBIO Toruk and Sossego cultivars were used in 2018 and cultivar TBIO Audaz and Cultivar ORS Citrino in 2019. Wheat cultivars were treated with trinexapac-ethyl followed subdoses of glyphosate ranging from 0 to 72 g ae ha⁻¹. The phytotoxicity from glyphosate was less than 10% to para Cultivar TBIO Toruk and Sossego. Glyphosate symptoms were slightly higher in cultivar TBIO Audaz cultivar treated with trinexapac-ethyl. The isolated effects of Trinexapac-ethyl and glyphosate reduced plant height, but the interaction of trinexapac-ethyl and glyphosate factors had a greater reduction on plant height in 2019. The interaction between trinexapac-ethyl and glyphosate promoted more damage than they alone. Glyphosate reduced by up 11% cultivar TBIO Toruk yield but increase around 30% to cultivar Sossego yield. Cultivar TBIO Audaz was the most sensitive cultivar, with yield losses of up to 59% due to glyphosate drift. Overall, the effect of glyphosate on plant height was subdose dependent. Subsequent application of trinexapac-ethyl to plants exposed to the highest glyphosate subdoses resulted in decreased plant height and dry matter accumulation. Trinexapac-ethyl has no impact on wheat yield. The yield response was dependent of glyphosate subdose, cultivar and year.

Keywords: growth regulator, subdose, *Triticum aestivum*, yield.

Resumen

La deriva del herbicida es un problema en los cultivos cuando el cultivo no alcanza su objetivo. La deriva del glifosato después de la aplicación del regulador de crecimiento puede influir en la respuesta del trigo. Este estudio evaluó los efectos de la deriva del glifosato después de la aplicación de trinexapac-ethyl en el trigo. Se llevaron a cabo dos experimentos de campo en la temporada de invierno de 2018 y 2019. Se utilizaron los cultivares TBIO Toruk y Sossego en 2018 y el cultivar TBIO Audaz y el cultivar ORS Citrino en 2019. Los cultivares de trigo se trataron con trinexapac-ethyl seguido de subdosis de glifosato que variaron de 0 a 72 g ae ha⁻¹. La fitotoxicidad del glifosato fue inferior al 10% para los cultivares TBIO Toruk y Sossego. Los síntomas del glifosato fueron ligeramente mayores en el cultivar TBIO Audaz tratado con trinexapac-ethyl. Los efectos aislados de Trinexapac-ethyl y glifosato redujeron la altura de la planta, pero la interacción de los factores trinexapac-ethyl y glifosato tuvo una mayor reducción en la altura de la planta en 2019. La interacción entre trinexapac-ethyl y glifosato promovió más daño que ellos solos. El glifosato redujo hasta un 11% el rendimiento del cultivar TBIO Toruk, pero aumentó alrededor del 30% el rendimiento del cultivar Sossego. El cultivar TBIO Audaz fue el cultivar más sensible, con pérdidas de rendimiento de hasta el 59% debido a la deriva de glifosato. En general, el efecto del glifosato en la altura de la planta dependió de la subdosis. La aplicación posterior de trinexapac-ethyl a las plantas expuestas a las subdosis más altas de glifosato resultó en una disminución de la altura de la planta y la acumulación de materia seca. Trinexapac-ethyl no tiene impacto en el rendimiento del trigo. La respuesta del rendimiento dependió de la subdosis de glifosato, el cultivar y el año.

Palabras clave: rregulador de crecimiento, subdosis, *Triticum aestivum*, productividad.

Introduction

Glyphosate is one of the most widely used herbicides for weed management in various crops, a non-selective herbicide used to control annual and perennial weeds applied in desiccation management and postemergence of Glyphosate-resistant crops and widely used globally alone or in combination with others herbicides (Almeida *et al.*, 2015). Due to the use of glyphosate in several crops and many times of season crop, there is always a risk of a susceptible crop receiving glyphosate subdoses via drifting (Duke, 2015).

Corn crops in southern Brazil can be planted from July when it can be synchronized with wheat crop. Therefore, the use of glyphosate for weed management in maize may cause drift and affect wheat crops (Duke, 2015). Drift is the movement of herbicides to a non-target area and occurs in a combination of factors at the time of application such as wind speed and small droplet spectrum (Perkins *et al.*, 2022). The production of smaller particles by inadequate tips favors the drift and volatility of pesticides (Gandolfo *et al.*, 2014).

Various studies have reported the damaging effects of glyphosate drift on the development and yield of rice (McCoy *et al.*, 2021), maize (Brown *et al.*, 2009), cotton (Pio de Oliveira *et al.*, 2021), and wheat (Davis *et al.*, 2013; Deeds *et al.*, 2006; Wiersma & Durgan, 2017). However, the damages caused by glyphosate depend on the doses and growth stage of crop.

Simulated glyphosate drift presented severe yield loss in wheat when applied at the node emission stage compared to the flowering stage from 84 g ae ha⁻¹ (Deeds *et al.*, 2006). Similarly, Davis *et al.* (2013) verified a 25% decrease in crop yield when simulating a glyphosate drift (87 g ae ha⁻¹) at the wheat booting stage. In contrast, glyphosate subdoses up to 10 g ae ha⁻¹ may increase the yield of barley and white oat by up to 12% and 30%, respectively (Belz & Duke, 2014; Silva *et al.*, 2020).

Most published studies involving herbicide subdoses by studying drift or tank contamination and their effects on crops typically test herbicide application alone. However, under field conditions, these herbicides may interact with other agrochemicals applied to the crops or even the spray tank and alter the capacity of absorption, translocation, and metabolism of herbicides in crops. For Instance, Brown *et al.* (2009) and Kelley *et al.* (2005) verified that applying selective herbicides in post emergence might aggravate the symptoms caused by the herbicide drift.

In wheat crop, growth regulators are a management option to reduce plant height to prevent lodging (Shah *et al.*, 2016). Other benefits are related to using growth regulators to improve solar radiation capture by altering leaf architecture, obtain more considerable root growth, and reduce respiration (Chavarria *et al.*, 2015). Also, regulators may be used as stress-tolerating agents, as in the case of sugarcane, in which trinexapac-ethyl increases the reactivity of the antioxidant

enzyme system, which can minimize the effects of stress (Almeida *et al.*, 2020).

Likewise, the mixture of trinexapac-ethyl with fungicides may reduce the plant height and impact wheat lodging (Kleczeński & Whaley, 2018). There are no studies in the literature indicating the effects of the growth regulators application followed by glyphosate drift event in wheat. We hypothesized that: (1) the injury caused by low doses of glyphosate in wheat is lower in plants treated previously with trinexapac-ethyl; (2) low doses of glyphosate that do not show visual phytotoxicity increase yield of trinexapac-ethyl treated wheat. Hence, this study aimed to assess the effects of glyphosate drift after trinexapac-ethyl application on wheat cultivars.

Material and methods

Two field experiments were conducted in the winter seasons of 2018 (Experiment I) and 2019 (Experiment II) in soil classified as typical Dystrophic Red Oxisol with the following physicochemical characteristics in the 0 cm to 20 cm layer: 56% clay, pH = 5,9; SMP (H₂O) = 6,5; OM = 4,0%; P = 4,5 mg dm⁻³; K = 332,7 mg dm⁻³; Ca = 7,44 mg dm⁻³; Mg = 3,51 mg dm⁻³; CEC = 14,3 cmolc dm⁻³; SB = 82,4 cmolc dm⁻³; clay = 56,1%. The monthly average temperature and rainfall data observed during the experiments are shown in Figure 1.

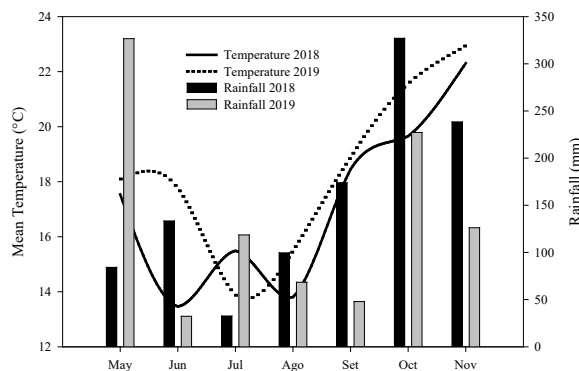


Figure 1. Mean temperature and rainfall data during experiments in 2018 and 2019

The experimental design used was a randomized complete block in a split plot factorial arrangement with four replications. The main plots were composed of wheat cultivars Cultivar TBIO Toruk (low height) and TBIO Sossego (medium height) (Exp. I), and TBIO Audaz (low height) and ORS Citrino (medium height) (Exp. II); Subplots comprised trinexapac-ethyl (TE) growth regulator (0 and 125 g ai ha⁻¹), and glyphosate subdoses: 0; 3,6; 7,2; 18 and 36 g ae ha⁻¹ (Exp. I), and 0; 9; 18; 36 and 72 g ae ha⁻¹ were allocated in sub subplot. The sub subplot size was 1,36 by 5 m.

The experiments were installed in succession with

soybean, carrying out weed control with glyphosate (1080 g ae ha⁻¹) 27 days before sowing (DBS), followed by the application of glufosinate (400 g ai ha⁻¹) at planting date (Exp. I), e glyphosate + metsulfuron-ethyl (1200 g ae ha⁻¹ + 4,2 g ai ha⁻¹) being carried out later at 18 days before sowing (DBS), followed by the application of paraquat (400 g ai ha⁻¹) at 3 DBS (Exp. II). The wheat cultivars were sowed with a 0,17 m spacing between rows, establishing a final population of 350 and 242 plants per square meter for (Exp. I) and (Exp. II) respectively. The base fertilization was 35, 104, 52, 13 and 10 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅, K₂O, CaO and SO₄, respectively, and the nitrogen topdressing was carried out at the GS 14 and GS32 phenological stage according to the Zadoks scale with 32 and 45 kg Na ha⁻¹ in the form of urea, respectively. Pyroxsulam (18 g ai ha⁻¹) was used for weed control in Exp. I, and clodinafop (60 g ai ha⁻¹ + 0,5% v/v mineral oil) following the metsulfuron (3,2 g ai ha⁻¹) in Exp. II. The herbicides applications were performed in tillering stage of wheat (GS 14).

The treatments were applied sequentially, with a one-hour interval between the application of trinexapac-ethyl and glyphosate at the GS32 growth stage according to the Zadoks scale (second node detectable and first node perceptible). All treatments were carried out with a backpack sprayer pressurized with CO₂ and equipped with three 11002 fan spray tips distanced 0,50 m apart, with an application volume of 150 L ha⁻¹. In 2018, the applications were carried out at 8 am with temperature of 23 and 17,9 °C, relative humidity of 61 and 76% and wind velocity of 1,1 and 0,9 m/s in 2018 and 2019, respectively.

The variables assessed were crop injury at 28 days after the application (DAA) using a scale of 0 to 100%, where 0 represents no visible symptoms of treatments and 100% indicating plant death (SBCPD 1995). Plant height was measured at 28 DAA and pre-harvest (112 days after emergency) by taking five random plants and measuring the distance of the plant of the last leaf to the ground. The wheat aboveground dry matter was determined at 28 DAA by collecting plants within a 0,5 m section of two rows of each subplot. Subsequently, the plants were bagged and dried at 60 °C for seven days.

The wheat parcels were harvested manually in five rows by three meters in length. After, the samples were threshed and weighed to determine grain productivity, adjusted to 13% moisture.

The normality of the data was verified using the Shapiro-Wilk test and residue analysis. The analysis was performed by year separately. The data were submitted to an analysis of variance using F_{0,05}. The cultivar and regulator factors were compared using Tukey's test ($p \leq 0,05$), and, the effect of glyphosate subdoses was fitted by linear, four-parameter Lorentzian, and three-parameter sigmoid regressions. The statistical analysis and charts were carried out with the assistance of the software RBio (Bhering, 2017) and SigmaPlot version 10.0.

Results and discussion

The phytotoxicity caused by subdoses of glyphosate was less than 10% for 36 g ae ha⁻¹ in exp. I (2018) (Supplementary material). In the exp. II (2019), there was a cultivar by trinexapac-ethyl by glyphosate subdoses interaction for phytotoxicity, which increased linearly for both cultivars, and the cultivar Citrino was slightly more tolerant to glyphosate when compared to cultivar TBIO Audaz (Figure 2). Trinexapac-ethyl potentialize the phytotoxicity symptoms of glyphosate for cultivar TBIO Audaz in 10% at 72 g ae ha⁻¹ of glyphosate, and whereas cultivar ORS Citrino was not influenced by trinexapac-ethyl. One of the possible explanations for the highest toxicity presented in the cultivar TBIO Audaz cultivar comes from the cultivar owner itself, which recommends avoiding pesticides mixtures because this cultivar is more sensitive than others and may present phytotoxicity symptoms (Biotrigo, 2023).

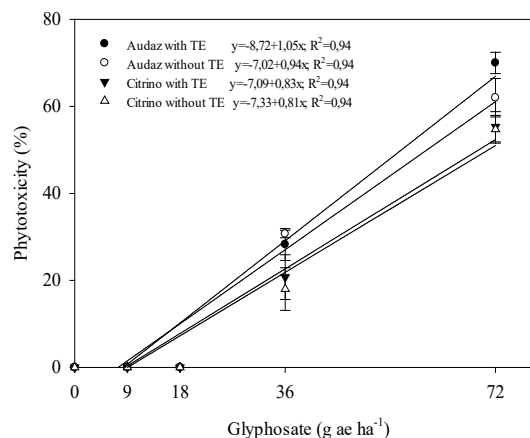


Figure 2. Phytotoxicity of wheat cultivar (TBIO Audaz and ORS Citrino) in response to trinexapac-ethyl and subdoses of glyphosate at 28 days after application in winter season of 2019. Bars represent 95% confidence interval

Cultivar sensitivity may also be related to an increase in glyphosate absorption and translocation in association with trinexapac-ethyl. McCullough & Hart (2010) verified greater absorption of bispyribac in *Poa annua*, *Lolium perenne* and *Agrostis stolonifera* when trinexapac-ethyl was early applied or in tank mixture with the herbicide. According to the authors, the increase in herbicide absorption provided by trinexapac-ethyl may be due to adjuvants in the formulation of the growth regulator. Similarly, trinexapac-ethyl in a tank mix with glyphosate increases the control of *P. annua* compared to the glyphosate alone (Baldwin *et al.*, 2015). Instead, Bearss *et al.* (2021) reported that trinexapac-ethyl in tank mixture

with fenoxaprop, quinclorac or mesotrione had no benefits or antagonism in controlling *Digitaria ischaemum*.

Cultivar by trinexapac-ethyl interaction and glyphosate subdoses effect were detected for plant height at 28 DAA and pre-harvest in winter season 2018 (Exp. I) (Table 1 and Figure 3). The cultivar Sossego was higher than Cultivar TBIO Toruk in treated or non-treated with trinexapac-ethyl at pre-harvest. However, the percentage of reduction in Sossego treated with trinexapac was twice as high compared than cultivar TBIO Toruk in pre-harvest plant height. The plant height was linearly reduced by glyphosate subdoses at 28 DAA and pre-harvest in 2018, with the reduction being more significant in the 36 g ae ha⁻¹, around 7,3 and 5,1% at 28 DAA and pre-harvest, respectively (Figure 3A).

Table 1. Plant height (cm) in response to trinexapac-ethyl and wheat cultivars at pre-harvest in winter season of 2018

Wheat cultivars	Trinexapac-ethyl	
	With	Without
TBIO Sossego	69,5 Ba	77,8 Aa
TBIO Toruk	63,6 B b	67,3 A b

Plant height results were averaged over glyphosate subdoses (0 to 36 g ae ha⁻¹). Identical upper- and lower-case letters in the row and column, respectively, do not differ by Tukey's test ($p \leq 0,05$). DAA= days after trinexapac-ethyl and glyphosate subdose application.

In 2019, glyphosate subdoses effect was detected for plant height at 28 DAA, and glyphosate at 72 g ae ha⁻¹ reduced 22% the wheat plant height in average over trinexapac-ethyl and cultivars treatments (Figure 3B). Plant height at pre-harvest was influenced by cultivar by glyphosate subdoses and trinexapac-ethyl by glyphosate subdoses interactions (Figure 3C and 3D). The application of glyphosate at 72 g ae ha⁻¹ reduced cultivar TBIO Audaz plant height in 24%, while cultivar ORS Citrino plant height was reduced by 16% at the highest tested subdose averaged over trinexapac-ethyl treatments (Figure 3C). The trinexapac-ethyl associated with glyphosate had impact on plant height reductions from 11,6% to 15,2% from 9 to 72 g ae ha⁻¹ of glyphosate compared plants treated with glyphosate alone (Figure 3D).

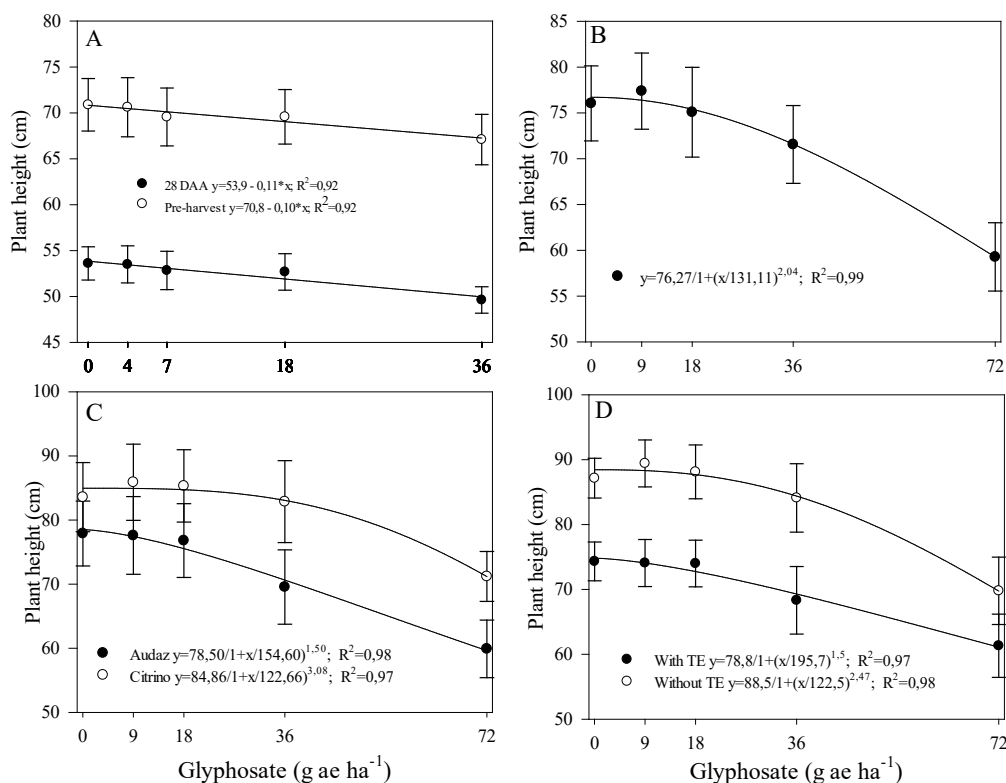


Figure 3. Plant height in response to glyphosate subdoses at in winter season of 2018 (A), and at 28 DAA (B) in winter season of 2019. Plant height at pre-harvest in response to glyphosate subdoses and wheat cultivars (C) and in response to glyphosate subdoses and trinexapac-ethyl (D) in winter season of 2019. Bars represent 95% confidence interval.

DAA= days after trinexapac-ethyl and glyphosate subdose application, DAE= days after emergence

According to Lassiter *et al.* (2007), among the visible lesions caused by herbicides is the delay in plant development, and the plant height reduction is directly related to the action mechanism of glyphosate, which acts by inhibiting the activity of EPSPs enzyme. As a result, the shikimate pathway is interrupted and the synthesis of proteins in the apical meristems, resulting in the interruption of development. Associated with this is the effect of trinexapac-ethyl, which acts in reducing the active gibberellic acid levels, by inhibits the β -hydroxylase enzyme (Zagonel & Fernandes, 2007). Hence, the decrease in the gibberellin levels in the plant results in less significant growth, given that it is responsible for cell division and elongation (Taiz & Zeiger, 2013).

Symptoms and reduction in plant height from glyphosate subdoses vary according to cultivars, growth stages and environmental conditions. The results found in this study are similar to those found by Roider *et al.* (2007), which symptoms by glyphosate in wheat ranged from 49% to 70 g ae ha⁻¹ and 80% to 84 g ae ha⁻¹ when applied in the jointing growth stage, and reduction of up to 26% in plant height at 70 g ae ha⁻¹. Nevertheless, symptoms caused by subdoses of glyphosate up to 84 g ae ha⁻¹ are minimal when applied at the panicle initiation growth stage (Davis *et al.*, 2013).

Wheat aboveground dry weight response was influenced by cultivar by trinexapac-ethyl by glyphosate subdoses interactions in 2019 (Figure 4B). Trinexapac-ethyl reduced cultivar TBIO Audaz aboveground dry weight by about 22% in nontreated plants with subdoses of glyphosate; however, trinexapac-ethyl did not alter Cultivar ORS Citrino aboveground dry weight. According to Hawerth *et al.* (2015) trinexapac-ethyl can decrease vegetative growth, consequently reducing the production of straw. Contrary,

isolated trinexapac-ethyl does not interfere in the Cultivar ORS Citrino aboveground dry weight, however trinexapac-ethyl and glyphosate interaction were more harmful, and in the absence of trinexapac-ethyl, an increase of 16% aboveground dry weight was estimated at 20 g ae ha⁻¹ of glyphosate.

Changes in the carbon distribution shoots root ratio is a response to the use of trinexapac-ethyl. Chavarria *et al.* (2015) reported a change in carbon accumulation between shoot and root, with an increase of up to 44% in plant root mass. The increase in Cultivar ORS Citrino aboveground dry weight under low doses of glyphosate may be described as a hormesis effect. Similar results were observed by Silva *et al.* (2020) in white oat, for which the authors verified an increase of up to 43% in dry matter at 14,9 g ae ha⁻¹ of glyphosate. Other studies reported in the literature review by Belz and Duke (2014), evinced increases in dry matter of crops such as soybean, maize, barley, and eucalyptus with low doses varying from 10 g ae ha⁻¹ to 25 g ae ha⁻¹ of glyphosate.

Wheat yield was affected by cultivar by subdose of glyphosate interaction, therefore, wheat yield was not affected by the main effects of trinexapac-ethyl (Figure 4A and C). In 2018, cultivar TBIO Toruk yield of nontreated plants with glyphosate was 9% higher than Sossego. However, the application of glyphosate at 36 g ae ha⁻¹ reduced cultivar TBIO Toruk yield by 11%. The Sossego yield was increased by up to 30% by glyphosate subdoses ranging between 3,6 to 18 g ae ha⁻¹ compared to untreated plants, and wheat yield from plants treated with glyphosate applied at 36 g ae ha⁻¹ was similar to the nontreated plants. Several studies have shown that low-dose glyphosate exposure is not without effects on individual species, but can lead to changes in plant growth, such as hormesis (Brito *et al.*, 2018).

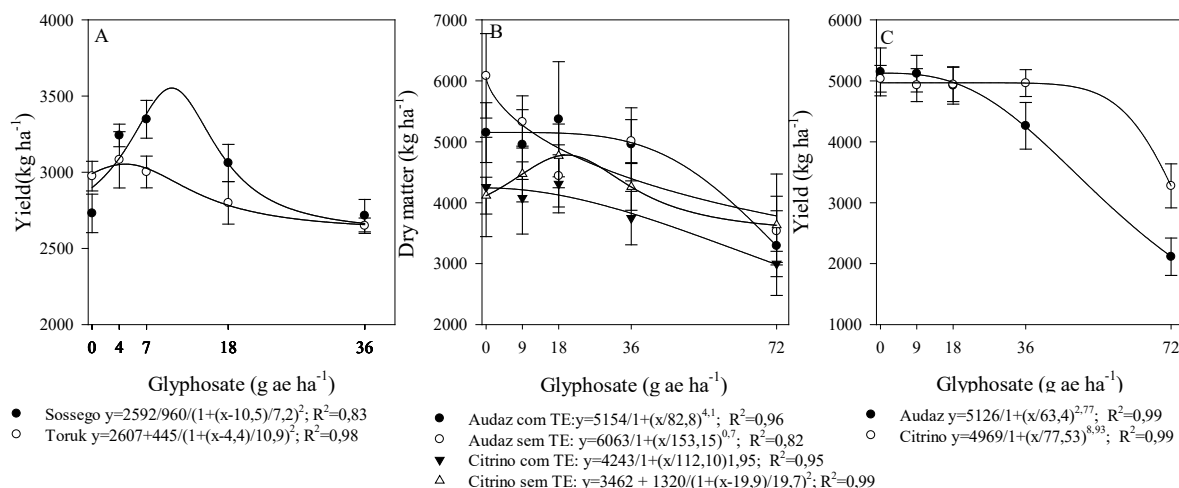


Figure 4. Effect of glyphosate subdoses, trinexapac-ethyl (TE) and wheat cultivars interactions on wheat yield (A and C) and aboveground dry weight (B) in winter season in 2018 (A) and in 2019 (B e C). Bars represent 95% confidence interval

In 2019, subdoses of glyphosate from 9 to 18 g ae ha⁻¹ does not affect on wheat yield of cultivar TBIO Audaz, but yield was reduced 17 and 59%, respectively, when treated with 36 and 72 g ae ha⁻¹ of glyphosate (Figure 4C). The Cultivar ORS Citrino yield remained unchanged up to the subdose of 36 g ae ha⁻¹ of glyphosate, and with estimated yield loss of 34% at 72 g ae ha⁻¹. Although Cultivar ORS Citrino plants showed phytotoxicity symptoms of 22% in the subdose of 36 g ae ha⁻¹, this was not enough to reduce yield. There were no differences in yield between cultivars TBIO Audaz and ORS Citrino up to 18 g ae ha⁻¹ of glyphosate; however, the differences were estimated at 884 and 1158 kg ae ha⁻¹ for the subdoses of 36 and 72 g ae ha⁻¹, respectively. The ED50 parameter of the logistic equations may also be used to describe this higher tolerance of cultivar ORS Citrino than cultivar TBIO Audaz, given that 77,5 g ae ha⁻¹ of glyphosate is needed to reduce the yield by 50%, while this dose is 63,4 g ae ha⁻¹ for the cultivar TBIO Audaz.

Literature reports indicate that wheat yield response as a function of subdose of glyphosate is highly variable. Generally, glyphosate drift can have greater impacts on wheat yields when it occurs in the early growth stages (Davis *et al.*, 2013). Deeds *et al.* (2006) found a yield loss ranged from 0 to 80% when wheat were subjected to 25,5 g ae ha⁻¹ of glyphosate at the jointing and flowering growth stages. Results obtained by Roider *et al.*, (2007) indicate lower impacts of glyphosate on wheat yield, with a 29% reduction in the 70 g ae ha⁻¹.

The low herbicide doses in wheat seem response to others factors including genetic, environmental (temperature, soil fertility, precipitation), intraspecific competition, herbicide deposition (Belz & Sinkkonen, 2019; Brito *et al.*, 2018), since plant response between the two years. The long-term repeated glyphosate drift can evolve recurrent selection for herbicide in crops or weeds. In crops, the effect of recurrent of low doses herbicide is reported in barley, which generated progeny fast growing plants and more tolerant to glyphosate (Belz & Sinkkonen, 2021).

The wheat response to trinexapac-ethyl varies depending on the environment, management and genetics, and tall cultivars are more responsive to regulator growth. Similar results were also observed by Miziniak and Matysiak (2016) who verified the wheat response to trinexapac-ethyl dependent on a series of conditions that imply in cultivar genetics, season and growth regulator application rate, use of mixed agrochemicals and environmental conditions.

Conclusion

The cultivar differences play a significant role in wheat response to glyphosate drift after trinexapac-ethyl application. Trinexapac-ethyl did not consistently reduce glyphosate injury. Trinexapac-ethyl treatment reduced plant height, particularly in cultivar TBIO Audaz and at higher glyphosate doses. Cultivar ORS Citrino exhibited a higher overall tolerance to

glyphosate compared to cultivar TBIO Audaz, with minimal yield reductions even at moderate glyphosate subdoses. Low doses of glyphosate stimulus Sossego cultivar yield

References

- Almeida, D.P., Ferreira, M.C., Decaro Jr, S.T., Yamauchi, A.K., & Agostini, A.R. (2015). Droplets size categories and application volumes in burndown of plant covers. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 14(1):73-82. <https://doi.org/10.7824/rbh.v14i1.280>
- Almeida Moreira, B. R., da Silva Viana, R., Monteiro de Figueiredo, P. A., Manzani Lisboa, L. A., Tadao Miasaki, C., Chagas Magalhães, A., Bispo Ramos, S., de Almeida Viana, C. R., Dias Rezende Trindade, V., & May, A. (2020). Glyphosate plus carboxylic compounds boost activity of free radical-scavenging enzymes in sugarcane. *Agriculture*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture10040106>
- Baldwin, C.M., Brede, A.D., & Mayer, J.J. (2015). Growth regulation and tank mixing associated with a glyphosate-tolerant perennial ryegrass cultivar. *Hort Technology*, 25(2), 214-220. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.2.214>
- Bearss, R.C., Patton, A.J., Brosnan, J.T., & Breeden, G.K. (2021). Postemergence smooth crabgrass control is not influenced by herbicide combinations with trinexapac-ethyl. *Crop Forage & Turfgrass Management*, 7(1): e20082. <https://doi.org/10.1002/cft2.20082>
- Belz, R.G., & Duke, S.O. (2014). Herbicide and plant hormesis. *Pest Management Science*, 70(5), 698-707. <https://doi.org/10.1002/ps.3726>
- Belz, R.G., & Sinkkonen, A. (2021). Low glyphosate doses change reproduction and produce tolerant offspring in dense populations of *Hordeum vulgare*. *Pest Management Science*, 77(10), 4770-4784. <https://doi.org/10.1002/ps.6522>
- Belz, R.G., & Sinkkonen, A. (2019). Low toxin doses change plant size distribution in dense populations – glyphosate exposed *Hordeum vulgare* as a greenhouse case study. *Environment International*, 132, 105072. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105072>
- Biotrigo (2023). *Biotrigo cultivares*. https://biotrigo.com.br/cultivares/portfolio/tbio_audaz/47.
- Bhering, L.L. (2017). Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17(2), 187-190. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29>
- Brito, I.P.F.S., Tropaldi, L., Carbonari, C.A., & Velini, E.D. (2018). Hormetic effects of glyphosate on plants. *Pest Management Science*, 74(5), 1064–1070. <https://doi.org/10.1002/ps.4523>

- Brown, L.R., Robinson, D.E., Young, B.G., Loux, M.M., Johnson, W.G., Nurse, R.E., Swanton C.J., & Sikkema, P.H. (2009). Response of corn to simulated glyphosate drift followed by in-crop herbicides. *Weed Technology*, 23(1), 11–16. <https://doi.org/10.1614/WT-08-067.1>
- Chavarria, G., Rosa, W.P., Hoffmann, L., & Durigon, M.R. (2015). Regulador de crescimento em plantas de trigo: reflexos sobre o desenvolvimento vegetativo, rendimento e qualidade de grãos. *Revista Ceres*, 62(6): 583-588. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562060011>
- Davis, B., Scott, R.C., Norsworthy, J.K., & Gbur, E.E. (2013). Response of wheat (*Triticum aestivum*) to low rates of glyphosate and glufosinate. *Crop Protection*, 54, 181-184. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.07.018>
- Deeds, Z., Al-Khatib, K., Peterson, D.E., & Stahlman, P.W. (2006). Wheat response to simulated drift of glyphosate and imazamox applied at two growth stages. *Weed Technology*, 20(1): 23-31. <https://doi.org/10.1614/WT-04-273R.1>
- Duke, S.O. (2015) Perspectives on transgenic, herbicide-resistant crops in the United States almost 20 years after introduction. *Pest Management Science*, 71(5):652-657. <https://doi.org/10.1002/ps.3863>
- Gandolfo, M.A., Carvalho, F.K., Chechetto, R.G., Gandolfo, U.D., & Moraes, E.D. (2014). Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. *Engenharia Agrícola*, 34(1), 66-73. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000100008>
- Hawerth, M.C., Gonzalez da Silva, J.A.G., Souza, C.A., Oliveira, A.C., Luche, H.S., Zimmer, C.M., Hawerth F.J., & Schiavo, J. (2015). Redução do acamamento em aveia branca com o uso de regulador de crescimento ethyl- trinexapac. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(2): 115-125. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000200003>
- Kelley, K. B., Wax, L.M., Hager, A.G., & Riechers, D.E. (2005). Soybean response to plant growth regulator herbicides is affected by other postemergence herbicides. *Weed Science*, 53(1), 101–112. <https://doi.org/10.1614/WS-04-078R>
- Kleczewski, N.M., & Whaley, C. (2018). Assessing the utility of the growth regulator trinexapac-ethyl and fungicides in mid-Atlantic soft red winter wheat production systems. *Crop Protection*, 104, 60-64. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.011>
- Lassiter, B. R., Burke, I., Thomas, W., Pline-Srnić, W. A., Jordan, D., Wilcut, J. W., & Wilkerson, G. (2007). Yield and physiological response of peanut to glyphosate drift. *Weed technology: a journal of the Weed Science Society of America*, 21(4), 954–960. <https://doi.org/10.1614/WT-07-045.1>
- Mccoy, J., Golden, B., Bond, J., Dodds, D., Bararpour, T., & Gore, J. (2021). Rice response to sublethal concentrations of paraquat, glyphosate, saflufenacil, and sodium chlorate at multiple late-season application timings as influenced by exposure. *Weed Technology*, 35(6), 980-990. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.61>
- Mccullough, P.E., & Hart, S.E. (2010). Trinexapac-ethyl influences bispyribac-sodium absorption and efficacy for annual bluegrass (*Poa annua*) control in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Weed Technology*, 24(3), 326–331. <https://doi.org/10.1614/WT-08-015.1>
- Miziniak, W., & Matysiak, K. (2016). Two tank-mix adjuvants effect on yield and quality attributes of wheat treated with growth retardants. *Ciência Rural*, 46(9), 1559-1565. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150842>
- Pio de Oliveira, G.M.P., Gandolfo, M.A., Dalazen, G., Osipe, J.B., Pio de Oliveira, S.M.P., & Silva, M.A.A. (2021). Regression analysis to evaluate herbicide drift and injury in Roundup Ready cotton in wind tunnel. *Revista Ciência Agronômica*, 52(2), 1-8. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210025>
- Perkins, D.B., Abi-Akar F., Goodwin, G., & Brain, R.A. (2022). Characterization of field-scale spray drift deposition and non-target plant biological sensitivity: a corn herbicide (mesotrione/s-metolochlor) case study. *Pest Management Science*, 78(7), 3193-3206. <https://doi.org/10.1002/ps.6950>
- Roider, C.A., Griffin, J.L., Harrison, S.A., & Jones, C.A. (2007). Wheat response to simulated glyphosate drift. *Weed Technology*, 21(4), 1010-1015. <https://doi.org/10.1614/WT-07-073.1>
- SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. (1995). *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas.
- Silva, D.R.O., Silva, A.A.A., Novello, B.D., Rieder, E., Aguiar, A.C.M., & Basso, C.J. (2020). Nitrogen availability and glyphosate hormesis on white oat. *Planta Daninha*, 38, e020230864. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100071>
- Shah, A.N., Tanveer, M., Rehman, A.U., Anjum, S.A., Iqbal, J., & Ahmad, R. (2016) Lodging stress in cereal-effects and management: an overview. *Environmental Science Pollution Research International*, 24(6), 5222-5237. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8237-1>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2004). *Fisiologia Vegetal*. Artmed. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4242361/>
- Wiersma, J.J., & Durgan, B.R. (2017). Spring wheat response to simulated glyphosate drift. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 3(1), 1-5. <https://doi.org/10.2134/cftm2017.09.0066>

Zagonel, J., & Fernandes, E.C. (2007). Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. *Planta Daninha*, 25(2), 331-339. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000200013>



Características morfológicas e industriales en cultivares de arroz “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” en la costa ecuatoriana

Morphological and industrial characteristics in rice cultivars “Vinces UG-03” and “Vinces UG-10” on the Ecuadorian coast

Vicente Frijoth Painii Montero¹, María Leticia Vivas Vivas¹, Christian Alejandro Durán Mera¹,
Olimpa Betzabeth Santillán Muñoz², Milton Senen Barcos Arias¹

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil, Ecuador.

²Unidad Educativa Lautaro Aspiazu Sedeño, Palenque, Ecuador

Autor de correspondencia: vicente.painiim@ug.edu.ec

Recibido: 27/03/2024. Aceptado: 19/09/2024
Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

La Universidad de Guayaquil, siguiendo los delineamientos de la política agropecuaria del país, por intermedio del centro de apoyo Vincas de la Universidad de Guayaquil, ejecutó dos proyectos de investigación para el desarrollo de nuevas variedades de arroz; de ello se obtuvieron dos variedades denominadas “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10”. El objetivo de esta investigación fue evaluar la morfología y características industriales de dos variedades de arroz. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, se realizó un análisis de varianza para la comparación de medias mediante la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$). Se evaluaron parámetros agronómicos e industrial de acuerdo con el protocolo de la “UPOV” Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. De acuerdo con los resultados se determinó que la variedad “Vinces UG-03” en las variables: panícula: longitud (cm), cariósida a la madurez: largo con cáscara (mm), cariósida a la madurez: ancho con cáscara (mm), cariósida a la madurez: peso de mil granos con cáscara (gramos), calidad: calidad industrial: proteínas (%) y calidad industrial: rendimiento (%) presentaron los mayores promedios, lo que conlleva a que esta variedad tiene caracteres distintivos que aportarían al desarrollo agro productivo e industrial arrocerero.

Palabras clave: variedades de arroz, fenología, cariósida, rendimiento industrial.

Abstract

The University of Guayaquil, following the outlines of the country's agricultural policy, through the Vincas support center of the University of Guayaquil, carried out two research projects for the development of new varieties of rice; From this, two varieties called “Vinces UG-03” and “Vinces UG-10” were obtained. The objective of this research was to evaluate the morphology and industrial characteristics of two varieties of rice. A completely randomized block design was used with five treatments and four repetitions; an analysis of variance was performed to compare means using the Duncan test ($p \leq 0,05$). Agronomic and industrial parameters were evaluated in accordance with the “UPOV” International Union for the Protection of New Varieties of Plants protocol. According to the results, it was determined that the variety “Vinces UG-03” in the variables: panicle: length (cm), caryopsis at maturity: length with shell (mm), caryopsis at maturity: width with shell (mm), caryopsis at maturity: weight of a thousand grains with shell (grams), quality: industrial quality: proteins (%) and industrial quality: yield (%) presented the highest averages, which means that this variety has distinctive characters that would provide to agro-productive and industrial rice development.

Keywords: rice varieties, phenology, caryopsis, industrial performance.

Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.), es uno de los cereales más importantes en la alimentación mundial, siendo el más consumido en la mayoría de los países asiáticos y el resto del mundo superando muy por arriba al consumo de otros cereales. La razón principal para que el arroz sea el sustento de la mayoría de la población mundial es su facilidad de cultivo. Es una planta muy versátil, que se adecúa a muchos tipos de suelos y climas (Ruilova *et al.*, 2022).

El arroz se ha constituido en un componente clave en el desarrollo económico del Ecuador y garantizar la soberanía alimentaria del país. A nivel mundial se cultivan más de 164 millones de hectáreas, superficie en la cual se produce, en promedio, 756 millones de toneladas de este cultivo, teniendo como principales países exportadores a la India (22%), Tailandia (21%), Vietnam (13%), Estados Unidos (7%) y, en el ámbito regional se ubican Uruguay (2%) y Brasil (1%). En Ecuador el arroz se produce en tres épocas durante el año, dos en invierno y una en verano (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023).

Alrededor del 95% de la producción nacional proviene de las provincias de Guayas y Los Ríos. El sector arrocerero genera una importante fuente de empleo; donde, solo en la producción primaria, laboran cerca de 71 mil personas, de quienes, el 68% corresponde a mano de obra familiar (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023).

Zambrano (2019) menciona que las principales variedades de arroz que se siembran en Ecuador son “INIAP-14”, “INIAP-11” e “INIAP-15”, liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) así como las variedades “SFL-09” y “SFL-011” distribuidas por la empresa Procesadora Nacional de Alimentos (PRONACA), así como también se encuentran en el mercado las variedades Yuma, Conquistador y San Juan de la empresa INTEROC S.A, proveniente de Colombia.

En Ecuador existen variedades de arroz como “INIAP-17”, cuyo rendimiento puede superar los 4 000 kg ha⁻¹ en condiciones experimentales óptimas de manejo. Sin embargo, este rendimiento aún es bajo si se le compara con el obtenido en países como Brasil bajo condiciones experimentales similares, donde se obtienen 7 000 kg ha⁻¹ (Baêta *et al.*, 2017).

Los principales problemas del sector agrícola y arrocerero del Ecuador radican en los problemas generales (carencia de un correcto ordenamiento agropecuario), problemas del medio físico (mayor vulnerabilidad ante los fenómenos naturales), problemas del medio socio – económico (baja sustentabilidad de la producción agrícola), y problemas generados por la reducción de la participación del Estado en el agro (poca inversión, falta de investigación) (Poveda, 2018).

Tradicionalmente, el mejoramiento genético del arroz se ha enfocado hacia las características agronómicas del cultivo, incrementar la producción por unidad de superficie, inducir su resistencia a problemas fitosanitarios y a mejorar las

características de industrialización, con el fin de aumentar el rendimiento del grano entero. En la actualidad existen nuevos retos; la demanda de productos nutracéuticos es cada vez mayor, lo que conduce a la necesidad de investigar aún más, con el propósito de que las propiedades nutricionales sean superiores y de reducir los problemas alergénicos específicos de los cereales (Freitas *et al.*, 2009).

Las variedades “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” se seleccionaron con base en su aspecto de planta, potencial productivo y resistencia a enfermedades. La superioridad de estos genotipos fue confirmándose en evaluaciones agronómicas, de rendimiento y de calidad culinaria (cocción utilizando un proceso convencional), durante el período 2011 a 2013, en doce ambientes de la cuenca del Río Guayas. El rendimiento promedio general de las variedades “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” (6 388 kg ha⁻¹) fue 15% mayor que el de las variedades testigo (5 413 kg ha⁻¹); además, se puede mencionar que en la localidad de Vincés bajo las condiciones de riego por inundación se alcanzaron los más altos promedios de 8 575 y 8 108 kg ha⁻¹ para las variedades antes mencionadas (Painii *et al.*, 2018).

Con relación con la calidad de grano, las variedades “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” presentan buen tamaño de grano (entre grano largo y extralargo) y un índice promedio de pilado de 62,2%. Las pruebas de cocción mostraron que el grano está entre moderadamente pegajoso a moderadamente separado. Estas características son ideales para el consumo del mercado local y su entorno (Painii *et al.*, 2018).

Para mejorar la competitividad del arroz se debe enfatizar en la adopción de paquetes tecnológicos generados por entes de investigación, según la zona de producción ecológica, normalmente los productores en su afán de incrementar rendimientos realizan modificaciones sin fundamento técnico (Baêta, 2017).

Debido a la importancia agronómica e industrial del cultivo de arroz, el objetivo de la investigación fue evaluar la morfología y características industriales de las variedades de arroz “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10”.

Materiales y métodos

Localización del experimento

La presente investigación se realizó en el campo experimental Centro de Apoyo Vincés de la Universidad de Guayaquil durante los años 2017-2018 y se encuentra localizado en Vincés (10 32'57''S y 79 45'0'' W y 41 msnm), ubicado a 1 ½ km de la vía Vincés-Palestina, su característica edáfica es francos-limoso y posee topografía plana.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 10 hileras de 5 m de longitud, separados a 0,25 m entre hileras. Al momento de la cosecha,

por efectos de borde, se eliminarán los dos surcos laterales, quedando la unidad experimental con una superficie de 7,20 m².

La data de campo fue analizada mediante la prueba de varianza y para comparar las medias de los tratamientos se aplicó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística, se hizo uso del programa estadístico InfoStat en su versión 2020 (InfoStat, 2020).

Material genético

Se utilizaron dos variedades desarrolladas por la Universidad de Guayaquil, codificadas como: “Vinces UG-03”, “Vinces UG-10” (Tabla 1), y tres variedades comerciales como testigo “INIAP-14”, “INIAP-15”, “SFL-09”.

Manejo del experimento

Se elaboró un semillero, con camas de 0,50 m x 0,50 m para cada material en estudio, en él se distribuyeron 250 gramos

de semilla. La preparación de suelo para la siembra en el sitio definitivo se realizó mediante un pase de rastra pesada, luego se realizó el proceso de fangueo.

Para el manejo de malezas se realizó la aplicación del herbicida Pendimetalin en pre-emergencia, posteriormente se realizó dos controles manuales a los 50 días después del trasplante del cultivo. La fertilización se realizó en función del análisis de suelo y el requerimiento del cultivo en la siguiente dosis por hectárea: 120 kg ha⁻¹ de N - 50 kg ha⁻¹ de K₂O y 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, el nitrógeno fue dividido en dos fracciones, la primera (50 kg ha⁻¹) fue aplicada a los diez días después del trasplante y la fracción restante 20 días después de la primera aplicación, para el caso de potasio y fósforo todo fue incorporado al momento del último fangueo.

Tabla 1. Principales características de las variedades de arroz “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10”

Variables	Valores y/o calificación	
	Vinces UG-03	Vinces UG-10
Ciclo vegetativo (días)	133 a 141	133 a 141
Altura de planta (cm)	99 a 117	95 a 118
Acame de las plantas	Resistente	Resistente
Senescencia	Intermedia	Intermedia
Número de panículas por planta†	13 a 21	13 a 21
Longitud de panícula (cm)	25 a 27	25 a 27
Fertilidad espiguilla (%)	83	82
Granos por panícula	155 a 175	160 a 179
Longitud de grano (mm)††	7,6	7,4
Forma del grano	Alargado	Alargado
Peso de 1000 granos (g)	27 a 30	27 a 30
Desgrane	Resistente	Resistente
Índice de pilada (%)	61	63
Separación de granos después de cocción	Moderadamente pegajoso	Moderadamente pegajoso
Centro blanco	Pequeño	Pequeño
Virus de la hoja blanca	Resistente	Resistente
<i>Pyricularia grisea</i>	Tolerante	Tolerante
<i>Rhizoctonia</i> spp.	Resistente	Resistente
<i>Ustilaginoidea virens</i>	Resistente	Resistente
<i>Bipolaris</i> ssp.	Tolerante	Tolerante
<i>Sarocladium orizae</i>	Tolerante	Tolerante
<i>Gaeumannomyces graminis</i>	Tolerante	Tolerante
Manchado del grano	Tolerante	Tolerante
<i>Diatraea saccharalis</i>	Resistente	Resistente

†16 plantas por m². ††Grano extra largo (EL) más de 7.5 mm. (Painii, 2018).

Variables evaluadas

Las variables estudiadas, se evaluaron según el protocolo de

la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2004) las cuales se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Caracteres y niveles de expresión en las variables tomada en la investigación dada por la guía de la “UPOV”

Carácter	Nivel de expresión	Nota	Observación
Planta: altura a la madurez	(cm) más baja que el cultivar		Desde el nivel del suelo hasta el extremo superior de la panoja del tallo principal
	 (cm) similar que el cultivar		
	 (cm) más alta que el cultivar		
Hoja: largo (lámina de la hoja inmediatamente inferior a la hoja bandera)	cm		Durante la floración, más del 50% de panículas emergidas, medido en cinco hojas
Hoja: ancho (lámina de la hoja inmediatamente inferior a la hoja bandera)	cm		Durante la floración, más del 50% de panículas emergidas, medido en cinco hojas
Hoja: superficie (lámina de la hoja inmediatamente inferior a la hoja bandera)	cm ²		Durante la floración, más del 50% de panículas emergidas, registrado en cinco hojas, para lo cual se midió el largo y ancho de la hoja y estos valores fueron multiplicados entre si
Panícula: longitud	cm		Desde la base del ápice, medida en diez panojas
Cariópside a la madurez: largo	Con cáscara	mm	Tiempo de pulido: treinta segundos
	Sin cáscara	mm	
	Pulido	mm	
Cariópside a la madurez: ancho	Con cáscara	mm	Tiempo de pulido: treinta segundos
	Sin cáscara	mm	
	Pulido	mm	
Cariópside a la madurez: relación largo/ancho	Con cáscara	mm	Tiempo de pulido: treinta segundos
	Sin cáscara	mm	
	Pulido	mm	
Cariópside a la madurez: peso de 1000 granos	Con cáscara	g	Tiempo de molinado: treinta segundos
	Sin cáscara	g	
	Pulido	g	
Cariópside a la madurez: porcentaje de cáscara	 %		
Calidad industrial: proteínas (%)	Descascarado	 %	
	Pulido	 %	
Calidad industrial: rendimiento (%)	Porcentaje entero	 %	Suma de entero y quebrado
	Porcentaje de quebrado	 %	
	Total	 %	

Resultados

Los resultados del análisis de la varianza para las variables: planta: altura a la madurez (cm) ($<0,0001^{**}$); hoja: largo lamina de la hoja (cm) ($<0,0001^{**}$); hoja: ancho lamina de la hoja (cm) ($0,0038^{*}$), indican que hubo significancia estadística entre los tratamientos como se refleja en la Tabla 3.

En cuanto a los resultados de la prueba de Duncan, para la planta: altura a la madurez (cm) se puede observar que la variedad “Vinces UG-03” obtuvo el promedio superior con un valor de 115,00 (cm) en cuanto a los testigos, mientras que para las variables hoja: largo lamina de la hoja (cm) y hoja: ancho lamina de la hoja (cm), las variedades “INIAP-15 y SFL-09” obtuvieron los valores más superiores a diferencia de las variedades “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10”.

Los resultados del análisis de la varianza para las variables: hoja: superficie de lámina de la hoja (cm²) ($<0,0001^{**}$), panícula: longitud (cm) ($<0,0001^{**}$), indican que hubo significancia estadística entre los tratamientos mientras que para la variable cariósipide a la madurez: largo con cáscara (mm) (0,0558 ns), no presentó significancia estadística como se muestra en la Tabla 4.

La prueba de Duncan detectó en la variable hoja: superficie de lámina de la hoja (cm²) que las variedades “INIAP-15” y “SFL-09” obtuvieron los valores más altos con un promedio de 64,80 cm² siendo superior a las otras variedades; mientras que para la variable panícula: longitud (cm) las variedades “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” obtuvieron los promedios más altos con un valor de 27,00 (cm).

Tabla 3. Variables evaluadas: planta: altura a la madurez (cm); hoja: largo lamina de la hoja (cm) y hoja: ancho lamina de la hoja (cm), en las variedades de arroz “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” y tres testigos comerciales. Vinces-Ecuador, época 2017-2018

Variedades	Variables cuantitativas		
	Planta: altura a la madurez (cm)	Hoja: largo lámina de la hoja (cm)	Hoja: ancho lámina de la hoja (cm)
T1. Vincés UG-03	115,00 c	50,50 b	11,00 a
T2. Vincés UG-10	106,00 b	50,00 b	11,00 ab
T3. INIAP-14 (Testigo 1)	99,00 a	40,75 a	10,00 a
T4. INIAP-15 (Testigo 2)	98,00 a	54,00 c	12,00 b
T5. SFL-09 (Testigo 3)	108,00 b	54,00 c	12,00 b
CV %	2,22	3,59	5,65
P-valor	$<0,0001^{**}$	$<0,0001^{**}$	0,0038*

Según la prueba de Duncan al 5%.

Tabla 4. Variables evaluadas: hoja: superficie de lámina de la hoja (cm²); panoja: longitud (cm) y cariósipide a la madurez: largo con cáscara (mm), en las variedades de arroz “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” y tres testigos comerciales. Vinces-Ecuador, época 2017-2018

Variedades	Variables cuantitativas		
	Hoja: superficie de lámina de la hoja (cm ²)	Panícula: longitud (cm)	Cariósipide a la madurez: largo con cáscara (mm)
T1. Vincés UG-03	55,55 b	27,00 c	9,00
T2. Vincés UG-10	55,00 b	27,00 c	8,80
T3. INIAP-14 (Testigo 1)	40,75 a	23,00 a	7,50
T4. INIAP-15 (Testigo 2)	64,80 c	26,00 b	8,00
T5. SFL-09 (Testigo 3)	64,80 c	26,50 bc	9,00
CV %	0,69	1,99	9,04
P-valor	$<0,0001^{**}$	$<0,0001^{**}$	0,0558 ^{ns}

Según la prueba de Duncan al 5%.

Los resultados del análisis de la varianza para las variables: cariósipside a la madurez: ancho con cáscara (mm) ($<0,0001^{**}$); cariósipside a la madurez: peso de mil granos con cáscara (gramos) ($<0,0001^{**}$), presentaron diferencia estadística nivel de 0,01, mientras que la variable cariósipside a la madurez: relación largo/ancho con cáscara (mm) (0,6576 ns) no presentó diferencia estadística como se observa en la Tabla 5.

La prueba de Duncan reportó en la variable cariósipside a la madurez: ancho con cáscara (mm) la variedad “Vinces UG-03” obtuvo el promedio más alto con un valor de 3,00 (mm) al igual con las variedades testigo 2 y 3, para la variable cariósipside a la madurez: peso de mil granos con cáscara (gramos) la variedad “Vinces UG-03” fue superior al resto de variedades la cual obtuvo un valor de 30,00 gramos.

De acuerdo con los resultados del análisis de la varianza

para las variables cariósipside a la madurez: cáscara (%) ($0,0006^{**}$); calidad industrial: proteínas (%) ($<0,0001^{**}$) y calidad industrial: rendimiento (%) ($<0,0001^{**}$), se puede observar que hubo significancia estadística alta entre los tratamientos como se muestra en la Tabla 6.

Los resultados de la prueba de Duncan, con respecto a la variable cariósipside a la madurez: cáscara (%) la variedad “Vinces UG-10” obtuvo el valor más alto con un promedio de 34% siendo superior al resto de variedades, para la variable de calidad industrial: proteínas (%) la variedad “Vinces UG-03” obtuvo un promedio de 9,85% del cual fue superior al resto de variedades y con la variable calidad industrial: rendimiento (%) la variedad “SFL-09” (testigo 3) obtuvo un promedio de 78% superando al resto de variedades mientras que la variedad Vinces UG-03 se aproximó al promedio antes mencionado con un valor de 77,13% (Tabla 6).

Tabla 5. Variables evaluadas: cariósipside a la madurez: ancho con cáscara (mm); cariósipside a la madurez: relación largo/ancho con cáscara (mm) y cariósipside a la madurez: peso de mil granos con cáscara (gramos), en las variedades de arroz “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” y tres testigos comerciales. Vinces-Ecuador, época 2017-2018

Variedades	Variables cuantitativas		
	Cariósipside a la madurez: ancho con cáscara (mm)	Cariósipside a la madurez: relación largo/ancho con cáscara (mm)	Cariósipside a la madurez: peso de mil granos con cáscara (gramos)
T1. Vinces UG-03	3,00 c	3,00	30,00 d
T2. Vinces UG-10	2,80 b	3,14	28,00 b
T3. INIAP-14 (Testigo 1)	2,60 a	2,88	26,00 a
T4. INIAP-15 (Testigo 2)	3,00 c	2,67	28,00 b
T5. SFL-09 (Testigo 3)	3,00 c	3,00	29,00 c
CV %	2,91	15,26	1,59
P-valor	$<0,0001^{**}$	0,6576 ^{ns}	$<0,0001^{**}$

Según la prueba de Duncan al 5%.

Tabla 6. Variables evaluadas: cariósipside a la madurez: cáscara (%); calidad industrial: proteínas (%) y calidad industrial: rendimiento (%), en las variedades de arroz “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” y tres testigos comerciales. Vinces-Ecuador, época 2017-2018

Variedades	Variables cuantitativas		
	Cariósipside a la madurez: cáscara (%)	Calidad industrial: proteínas (%)	Calidad industrial: rendimiento (%)
T1. Vinces UG-03	32,50 ab	9,85 e	77,13 d
T2. Vinces UG-10	34,00 c	9,14 c	74,00 c
T3. INIAP-14 (Testigo 1)	33,00 b	7,97 a	62,00 a
T4. INIAP-15 (Testigo 2)	32,00 a	8,44 b	67,00 b
T5. SFL-09 (Testigo 3)	32,00 a	9,37 d	78,00 d
CV %	1,55	0,09	1,02
P-valor	0,0006 ^{**}	$<0,0001^{**}$	$<0,0001^{**}$

Según la prueba de Duncan al 5%.

Discusión

Para la planta: altura a la madurez (cm) la variedad “Vinces UG-03” obtuvo un promedio de 115,00 (cm) siendo superior a lo reportado por Arzube *et al.* (2022), quienes realizaron una investigación sobre evaluación de cultivares de arroz a la calidad de agua de riego en Manglaralto y obtuvieron un promedio de 85,20 cm en altura de planta con el cultivar PUYON/JP002 P8-32 P109 I:18; con las variedades “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” se obtuvieron promedios en la variable de hoja: largo lamina de la hoja (cm) (50,50 cm) y (50,00 cm) respectivamente; siendo superior al (testigo 1) que obtuvo 40,75 y a lo reportado por Álvarez *et al.* (2022) quienes realizaron la descripción de un nuevo cultivar de arroz para Venezuela y obtuvieron un valor de 30,80; con la variable hoja: ancho lamina de la hoja (cm) las variedades “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” obtuvieron un promedio de 11,00 (cm) y fueron superiores al (testigo 1) que obtuvo 10,00 cm y a lo reportado por Álvarez *et al.* (2021) quienes obtuvieron un cultivar de arroz denominado “GUARIQUEÑA-FL” y obtuvieron un valor de 1,04 (cm), de la misma manera las variedades “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” obtuvieron los promedios más altos para la variable panoja: longitud (cm) con un valor de 27 cm siendo este valor superior a lo reportado por Pérez *et al.* (2023) quienes evaluaron cultivares de arroz (GL301, LCG3-4 y DS1) de Vietnam para la introducción en Cuba.

Para la variable cariósida a la madurez: largo con cáscara (mm) la variedad “Vinces UG-03” obtuvo un valor de 9 (mm) siendo superior a las variedades del (testigo 1 y 2) al igual con lo reportado por Montoya *et al.* (2007) quienes evaluaron una caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas y con la variedad “PALMAR” obtuvieron 8,07 (mm), además la variedad “Vinces UG-03” con la variable cariósida a la madurez: ancho con cáscara (mm) fue superior al (testigo 1) y obtuvo un promedio de 3,00 (mm) al igual con lo reportado por Pozo (2023) quién realizó una investigación sobre el endimientamiento de cuatro líneas promisorias de arroz bajo sistema de siembra por trasplante y con el material “SFL-11” obtuvo un promedio de 1,8 (mm), en cuanto a la variable cariósida a la madurez: relación largo/ancho con cáscara (mm) la variedad “Vinces UG-03” obtuvo un valor de 3,00 (mm) siendo superior a las variedades del (testigo 1 y 2) pero una investigación realizada por Del Carpio (2022) donde comparó diez variedades de arroz bajo las condiciones edafoclimáticas del valle de Camaná y obtiene 4,14 (mm) con la variedad “INIA 508-Tinajones” promedio superior a lo reportado en esta investigación. Por otro lado la misma variedad con la cariósida a la madurez: peso de mil granos con cáscara (gramos) obtuvo un promedio de 30,00 gramos siendo superior al resto de variedades, y a la investigación realizada por Díaz *et al.* (2021) quienes evaluaron un nuevo cultivar de arroz “ISRA LP-24” de ciclo medio, obtenido por hibridaciones y obtuvieron 29,80 gramos en cuanto a la

calidad industrial: proteínas (%) esta variedad “Vinces UG-03” fue superior al resto de variedades con un valor de 9,85% y a una investigación realizada por Martínez *et al.* (2005) quienes caracterizaron de las proteínas de reserva y cultivo de anteras para el desarrollo de genotipos de arroz de alta calidad nutricional y con el genotipo “MA92” obtuvieron un promedio de 7,59%, y para la variable calidad industrial: rendimiento (%) con las variedades “Vinces UG-03” y “Vinces UG-10” se obtuvieron promedios de (77,13) y (74,00%) respectivamente siendo superiores a las variedades del (testigo 1 y 2) y los trabajos realizados por García *et al.* (2014) quienes medieron parámetros de producción de semillas de arroz con alta calidad, obtenidas en Pinar del Río y obtuvieron un promedio de 57,20 % con la variedad “INCA LP-5” y por el trabajo realizado por Cristo *et al.* (2016) quienes evaluaron nuevos cultivares de arroz en condiciones de bajos suministros de agua y fertilizante en la provincia Pinar del Río y obtuvieron un promedio de 58,00% de rendimiento industrial durante el periodo 2012.

Conclusiones

Las variedades “Vinces UG-03 y Vinces UG-10” mostraron un buen comportamiento morfológico sobresaliendo más la variedad “Vinces UG-03”, se presentó un nivel de distinción y homogeneidad en cuanto a los testigos evaluados, por lo tanto, se determina que estas variedades presentan buenas respuestas agronómicas de la cual podrían aportar en el desarrollo agrícola e industrial, cumpliendo con lo requerido en la evaluación de distinción, homogeneidad y estabilidad según la “UPOV”.

Referencias bibliográficas

- Álvarez Parra, R., Reyes Ramones, E., Ramos Pérez, N., Valera Chirinos, E., Hernandez Ribas, E., Linarez Cariel, Y., Acevedo Barano, M., Torres Angarita, O., Salazar Estada, M. y Navas Rodríguez, M. (2022). Descripción de la variedad “ARAUREÑA FL” nuevo cultivar de arroz de riego para Venezuela. *Revista de investigación Hatun Yachay Wasi*, 1(1), 128-144. <https://doi.org/10.57107/hyw.v1i1.16>
- Álvarez, R., Reyes, E., Ramos, N., Valera, E., Hernandez, E., Linarez, Y., Acevedo, M., Torres, O., Salazar, M. y Navas, M. (2021). ‘GUARIQUEÑA F’: nuevo cultivar de arroz de riego para Venezuela. *Revista Punkuri*, 1(2), 81-93. <https://n9.cl/g5m3x>
- Arzube Mayorga, M., León Mejía, Á., Ramírez Flores, L. y Sánchez Saavedra, R. (2022). Evaluación de cultivares de (*Oryza sativa* L.) a la calidad de agua de riego en Manglaralto, Santa Elena. *Revista de Investigación Talentos*, 9(2), 136-145. <https://doi.org/10.33789/talentos.9.2.176>

- Baêta dos Santos, A., Stone, L. F., Heinemann, A. B. y Baêta Santos, T. P. (2017). Índices fisiológicos do arroz irrigado afetados pela inundaç o e fertiliza o nitrogenada. *Revista CERES*, 64(2), 122-131. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764020003>
- Del Carpio Chambi, P. A. (2022). *Comparativo de diez variedades de arroz (Oryza sativa L.) bajo las condiciones edafoclimáticas del valle de Camaná*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. https://n9.cl/https__repositorio_ucsm_edu_p
- Díaz Solis, S., Morejón Rivera, R. y Pérez León, N. (2021). ISRA LP-24. Nuevo cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) de ciclo medio, obtenido por hibridaciones. *Cultivos Tropicales*, 42(4), <https://www.redalyc.org/journal/1932/193270036003/193270036003.pdf>
- Cristo Valdés, E. C., González Cepero, M. y Pérez León, N. (2016). Evaluación de nuevos cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de bajos suministros de agua y fertilizante en la provincia Pinar del Río. *Revista Cultivos Tropicales*, 37(2), 127-133. http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37n2/en_ctr15216.pdf
- Freitas, R., Ferreira, R. y Teixeira, A. (2009). Use of a single method in the extraction of the seed storage globulins from several legume species. Application to analyse structural comparisons within the major classes of globulins. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51(5), 341-352. <https://doi.org/10.1080/096374800426939>
- García Roque, O., Pérez León, N. y González Cepero, M. C. (2014). Producción de semillas de arroz con alta calidad, obtenidas en Pinar del Río. *Revista Científica Avances*, 16(4), 329-340. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5350838>
- InfoStat (2020). Software estadístico. Recuperado de: <https://www.infostat.com.ar/>
- Martínez, A., Ventura, E., Maldonado, U., Sánchez, M., Bazald a, C. y del Villar, A. (2005). Caracterización de las proteínas de reserva y cultivo de anteras para el desarrollo de genotipos de arroz de alta calidad nutricional. *Biotecnología Aplicada*, 22(1), 37-40. <https://n9.cl/mfh0k>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). Boletín situacional del cultivo de arroz. Quito-Ecuador. Obtenido de <https://n9.cl/eo2ka>
- Montoya, M., Rodríguez, N., Pérez Almeida, I., Cova, J. y Alemán, L. (2007). Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas. *Agronomía Tropical*, 57(4). <https://n9.cl/yc2z9>
- Painii-Montero , V., Gonzáles-Manjarrez , G., Santillán-Muñoz , O. y Garcés-Fiallos , F. F. (2018). Vines ug-03 y Vines ug-10, nuevas variedades de arroz para la costa ecuatoriana. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(1), 93-95. <https://n9.cl/83lwt>
- Pérez León, N., Díaz López, G., Rodríguez Díaz, L. y Hernández Pérez, T. (2023). Evaluación de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de Vietnam, para su introducción en Cuba. *Revista Colombiana Biotecnológica*, 25(1), 15-25. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n1.107284>
- Poveda Burgos, G. y Andrade Garófalo, C. (2018). Producción sostenible de arroz en la provincia del Guayas. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*. <https://n9.cl/b3m29>
- Pozo Almea, D. M. (2023). *Rendimiento de cuatro líneas promisorias de arroz (Oryza sp.) bajo sistema de siembra por trasplante (tres-cuatro plantas por sitio), cantón Daule - provincia del Guayas*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://n9.cl/rirea>
- Ruilova Cueva , M., Cobos Mora , F. y Gómez Villalva, J. (2022). *Manejo del cultivo de arroz*. Universidad Técnica de Babahoyo. <https://n9.cl/0se8n>
- Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales [UPOV]. (2004). Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L). Ginebra. <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg016.pdf>
- Zambrano, C. E., Andrade Arias, M. S. y Carreño Rodríguez, W. V. (2019). Factores que inciden en la productividad del cultivo de arroz en la provincia Los Ríos. *Universidad y Sociedad*, 11(5), 270-277. <https://n9.cl/po1jh8>



Enmiendas biológicas con fertilización mineral en la producción de tabaco en el subtrópico de La Maná

Biological amendments with mineral fertilization in tobacco production in the La Maná subtropical region

Pedro Suatunce-Zambrano¹, Jonathan López-Bósquez^{1,3}, Wellington Pincay-Ronquillo¹,
Julieta Campi-Mayorga³, Marcos Heredia-Pinos^{2,3}

¹Universidad Técnica de Cotopaxi - Extensión La Maná, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, La Maná, Ecuador.

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Quevedo, Ecuador.

³Instituto Tecnológico Superior Ciudad de Valencia, Pueblo Viejo, Ecuador.

Autor de correspondencia: jonathan.lopez9292@utc.edu.ec

Recibido: 15/05/2024. Aceptado: 04/11/2024

Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

Se realizó un estudio en el Centro Experimental “La Playita” perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación combinada de enmiendas biológicas con fertilización mineral en el rendimiento del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y en las propiedades del suelo, específicamente pH, durante los meses de octubre 2023 a abril del 2024. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Se evaluaron variables agronómicas a los 60 días después del trasplante. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, ancho y largo de hojas y concentración relativa de clorofila con el medidor SPAD. Para el componente de rendimiento las variables evaluadas fueron: peso fresco y seco de la hoja en la etapa de cosecha. Finalmente, se evaluaron los cambios de pH en el suelo una vez por semana. Todos los tratamientos fueron combinados con una fertilización mineral base, en los cuales se obtuvieron como resultado la influencia de las enmiendas biológicas tanto en la parte foliar al utilizar micorrizas, así como, en la variable número de hojas. La variable ancho y largo de hoja con el uso de diatomeas obtuvo un mayor índice de desarrollo. En la variable altura de planta el uso de microorganismos eficientes obtuvo un mayor desarrollo. Las lecturas SPAD con la aplicación de microorganismos obtuvieron la mayor concentración en el contenido de clorofila, mientras que, en el rendimiento del tabaco obtuvo una mayor influencia con el uso de micorrizas con un rendimiento de 3 190 kg ha⁻¹. Por otra parte, los valores de pH en el suelo fueron influenciados en valores similares dentro del rango de 6,0 a 7,0 mediante el uso de microorganismos.

Palabras clave: agricultura sostenible, crecimiento vegetal, microorganismos benéficos, pH, rendimiento.

Abstract

A research study was conducted at the Experimental Center “La Playita” belonging to the Technical University of Cotopaxi, La Maná extension. The objective was to evaluate the effect of the combined application of biological amendments with mineral fertilization on tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) yield and soil properties, specifically pH, during the months of October 2023 to April 2024. A randomized complete block experimental design with 5 treatments and 5 replications was used. Agronomic variables were evaluated 60 days after transplanting: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf width and length, and chlorophyll levels with the SPAD meter. For the yield component, the fresh and dry weight of the leaf was evaluated at the harvest stage, and finally, changes in soil pH were evaluated once a week. All treatments were combined with a base mineral fertilization, in which were obtained as a result the influence of biological amendments both in the foliar part when using mycorrhizae in the variable number of leaves, while in the variable width and length of leaf the use of diatoms obtained a higher index of development, in the variable plant height the use of efficient microorganisms obtained greater development. In the SPAD levels, the efficient microorganisms reached the best levels of chlorophyll content in the leaf, while the tobacco yield obtained a greater influence with the use of mycorrhizae with a yield of 3 190 kg ha⁻¹, and the pH levels in the soil were influenced in similar values within the range of 6,0 to 7,0 by the use of microorganisms.

Keywords: sustainable agriculture, plant growth, beneficial microorganisms, pH, yield.

Introducción

El tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), perteneciente a la familia de las solanáceas, es originario de América del Sur se cultiva en gran parte del mundo (Rial, 2010). Desde un punto de vista económico, constituye la especie más importante del género *Nicotiana*. Además, el tabaco es un cultivo que ha sido objeto de actividades agrícolas desde hace siglos, el cual desempeña un papel significativo en la cultura de diversas localidades. Su cultivo se extiende a una amplia gama de climas, tanto subtropicales como tropicales, siendo estos últimos los más adecuados para el desarrollo de este tipo de plantas, de hecho, el tabaco prospera en altitudes que oscilan entre los 400 y los 800 metros sobre el nivel del mar (Castro, 2021).

Según datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) en su informe realizado en el 2021 menciona que China es el principal productor de tabaco crudo con un total de 2,1 millones de toneladas, siendo superior a países como la India y Brasil con aproximadamente 700 mil toneladas de producción cada uno (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2021).

En Latinoamérica se cultiva tabaco en diferentes países entre los cuales se destacan Argentina, Brasil, Colombia, Guatemala y Ecuador, estos países representan el 96,9% de la producción total en América Latina y el 16% de la producción mundial (Tovar, 2013). En este contexto, los principales destinos del tabaco se encuentran en Bélgica como el principal importador seguido de Indonesia, Estados Unidos y República Dominicana, según el Observatorio de Complejidad Económica (OEC, 2022).

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2021) señala que el tabaco es uno de los productos más consumidos a nivel global, generando una atractiva demanda mundial para los productores. En Ecuador, se sembraron alrededor de 3 650 hectáreas de tabaco en ese año, posicionándolo como uno de los principales cultivos transitorios del país, ya que, de acuerdo con datos económicos del Observatorio de Complejidad Económica (OEC), Ecuador exportó alrededor de \$105 millones de dólares en tabaco crudo en 2022, convirtiéndolo en el vigésimo tercer exportador de tabaco a nivel mundial y el vigésimo producto más exportado del país (OEC, 2022).

El cultivo de tabaco exige cumplir con estrictos estándares de calidad establecidos por la industria tabacalera, lo que implica obtener hojas de tamaño, color, textura y aroma específicos. Para alcanzar estos estándares y cumplir la exigencia de los mercados, el uso de fertilizantes sintéticos ha sido una práctica común. Sin embargo, una fertilización desmedida y poco controlada puede generar diversos problemas a nivel edáfico, como pérdida de fertilidad y contaminación ambiental. González (2019), manifiesta que la aplicación excesiva de estos fertilizantes ha permitido una degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrios

biológicos y reducción de la biodiversidad, destacando que las plantas pueden absorber entre un 30% y 50% de los fertilizantes químicos, el resto se pierde en el suelo.

La producción intensiva de cultivos transitorios, a lo largo del tiempo, ha provocado la degradación de las características del suelo, el uso frecuente de maquinaria agrícola, plaguicidas y fertilizantes ha generado cambios significativos en el contenido de materia orgánica, la acidificación e incluso la erosión del suelo. Estas alteraciones han tenido un impacto directo en la pérdida de fertilidad de los suelos agrícolas, lo que convierte insostenible el desarrollo de las plantas y trae consigo problemas de nutrición, resistencia a factores abióticos y reducción del rendimiento del cultivo (Pozo *et al.*, 2017). Esta afirmación es compartida por Rodríguez *et al.* (2021) que también señalan la degradación progresiva del suelo como consecuencia de la actividad antrópica del hombre ha provocado desequilibrios ecológicos que amenazan la capacidad productiva de los suelos. Sobre la base, Cruz *et al.* (2014) mencionaron que los microorganismos del suelo desempeñan un ciclo muy importante en la agricultura, debido a su asertiva remediación en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, estos microorganismos contribuyen no solo en la recuperación de suelos degradados, sino que también en la sustitución de fertilizantes minerales de forma parcial o de forma gradual y además de su bajo costo de producción y la fabricación mediante recursos locales renovables. Bajo este contexto se destaca un extensivo grupo de microorganismos dentro de ellos las diatomeas que forman parte de las enmiendas biológicas. Canizal (2009) menciona que las diatomeas son un grupo de organismos microscópicos unicelular con vida libre con una pared silícica la cual encapsula a la célula. Las diatomeas al ser algas fosilizadas se las utilizan de forma edáfica o diluida en agua, la cual tiene varios tipos de uso y forma de emplearla tales como fertilizantes orgánicos o como insecticidas ecológicos dentro de los cultivos (Zepeda, 2019). En cuanto a las diatomeas, provenientes de algas, destacan por su alto contenido de silicio, lo que las hace beneficiosas para la estructura del suelo. El silicio extraído de estas algas ha sido utilizado en la restauración de suelos degradados, ya que su escasez conduce a la destrucción de complejos orgánico-minerales, acelerando así la degradación del suelo y disminuyendo su calidad (Vallejo y Soraya, 2011).

Los microorganismos, incluyendo bacterias, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos fermentativos, así como las micorrizas y diatomeas, desempeñan roles fundamentales en la estructura del suelo (Morocho y Mora, 2019). Al trabajar en sinergia con las enmiendas orgánicas y complementarse con fertilizantes, estos microorganismos fortalecen la capacidad de las plantas para absorber nutrientes, lo que las hace más resistentes a plagas, esto a través de información del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] *et al.* (2013). En este sentido, los microorganismos del suelo trabajan en conjunto con las enmiendas orgánicas para nutrir el suelo y optimizar sus propiedades físicas, químicas

y biológicas, esta sinergia es fundamental para mantener un suelo saludable y productivo según Gutiérrez *et al.* (2012). Algunas de estas especies de microorganismos son aeróbicas, otras anaeróbicas, e incluso hay especies fotosintéticas, lo más notable es su capacidad para coexistir como comunidades microbianas y, en algunos casos, incluso complementarse mutuamente (Hoyos *et al.*, 2008). Por otro lado, las micorrizas, formadas por la simbiosis entre hongos y raíces de plantas, facilitan la absorción de agua y minerales esenciales, especialmente fósforo, además de proporcionar defensa contra patógenos (Camargo *et al.*, 2012). Por lo antes expuesto, se planteó la presente investigación que tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación combinada de enmiendas biológicas con fertilización mineral en el rendimiento del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y los cambios en el pH del suelo.

Materiales y métodos

La investigación fue desarrollada en el Centro Experimental “La Playita” de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Durante octubre 2023- abril 2024. El campus experimental se encuentra ubicado geográficamente a S 0°56'27" W 79°13'25", altitud de 223 msnm. La zona ecológica posee una temperatura de 23 °C, precipitación media anual de 3 029,30 mm, heliofanía de 735,70 horas luz año⁻¹ y una humedad relativa del 86,83%. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2021).

Como material de siembra se utilizó la variedad Corojo 2012, resultado de dos cruces, criollo 98 por Habana 2000' 'Corojo 99' / 'L 17' dando como resultado una variedad resistente al moho azul, virus del mosaico del tabaco y pata prieta cuyo agente causal es *Phytophthora parasitica*, además se caracteriza por alcanzar altos rendimientos (García *et al.*, 2021).

El experimento se llevó a cabo con cinco tratamientos, tres enmiendas biológicas combinadas con fertilización mineral, solo fertilización y un tratamiento control sin aplicación (Tabla 1). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Las unidades experimentales consistieron en parcelas de 23,10 m², cada una con 50 plantas de tabaco (cinco filas de 10 plantas) con una distancia de 0,35 x 1,00 m (2.857 plantas ha⁻¹). Para evitar el efecto de borde, los datos se tomaron de las diez plantas centrales de cada unidad experimental. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza ANOVA, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 0,05% de probabilidad del error como método de comparación de las medias entre los tratamientos. Los datos fueron tabulados en Excel versión 2016, mientras que para el procesamiento estadístico se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2019 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Tabla 1. Tratamientos aplicados en las parcelas

Tratamientos	Dosis
Control (Sin aplicación)	0
Solo fertilización	NPKMgS*
Fertilización + Micorrizas	4 L/ha
Fertilización + Diatomeas	4 L/ha
Fertilización + Microorganismos	4 L/ha

***Fertilización kg ha⁻¹**: Nitrógeno (150), Fósforo (60), Potasio (200), Magnesio (20), Azufre (20)

Durante el desarrollo del experimento se realizaron todas las labores y prácticas agrícolas necesarias para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo. La enmienda biológica con esporas viables de varios géneros de hongos micorrizogénicos se obtuvo de un producto comercial cuya formulación es polvo soluble, con una concentración del 21,88% de inoculante biológico. Los microorganismos con esporas del género *Bacillus subtilis*, fueron obtenidos en suspensión concentrada 1x10³ por litro con una pureza y viabilidad del 95%. Así mismo, la enmienda orgánica de tierra de diatomea es un alga fosilizada unicelulares de origen *Lacustres*, con una concentración de silicio (Si) del 73,60%. Las enmiendas fueron aplicadas 8 días antes del trasplante y 15 y 30 días después del trasplante. Se activaron las micorrizas por 12 horas formando una mezcla con 1 kg de producto comercial en 5 L de agua y 1 L de melaza, la aplicación de los microorganismos y diatomeas fue realizada mediante una dilución homogénea con agua y el producto comercial, finalmente la aplicación fue en forma de drench usando una bomba de mochila previamente calibrada.

Para determinar el efecto de las enmiendas de biológicas, se evaluaron variables, altura de la planta con una cinta métrica (cm), desde la base del tallo hasta la última hoja completamente abierta. Para el diámetro del tallo se utilizó un calibrador (mm), a partir de los veinte centímetros de la base del tallo, las variables largo y ancho de hoja fueron registradas al momento de la cosecha con una cinta métrica (cm), de la misma forma, se contó el número de hojas. También se evaluó el índice de verdor de la hoja en la parte media de la lámina foliar en unidades SPAD con un medidor portátil de clorofila serie 5161-LED. Al momento de la cosecha se registró el peso de hoja por planta, empleándose una balanza de 20 kg con una precisión de ± 0.1. El rendimiento fue calculado en 6 hileras centrales de 2 metros de longitud en 10 plantas de cada una de las unidades experimentales. Los resultados de esta área de cosecha fueron expresados en kg ha⁻¹, los datos mencionados fueron tomados a los 60 días después del trasplante. De la misma manera, se evaluó el pH del suelo, en cada una de las unidades experimentales. Esta variable fue registrada una vez

por semana con la ayuda de un barreno tomando una muestra aleatoria de cada parcela de aproximadamente 100 g de suelo a 20 cm de profundidad, se preparó una mezcla de 15 g de suelo con 70 cc de agua destilada; posteriormente, se vertió la solución por alrededor de 15 minutos y posterior a ello registrar las lecturas de esta variable.

Resultados

En la Figura 1, se presentan los promedios de las variables altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas evaluadas en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) bajo la influencia de diferentes tratamientos de enmiendas biológicas con fertilización química. Todas las variables mostraron un comportamiento similar que resultó en una influencia estadísticamente significativa ($p>0,05$), sugiriendo que el uso de enmiendas biológicas combinadas con fertilización química induce cambios leves en estas variables evaluadas.

La altura promedio de la planta evaluada 60 días después del trasplante, varió entre 45 y 132 cm. El tratamiento con microorganismos en combinación con fertilización mineral alcanzó la mayor altura promedio, con 132 cm, aunque no difirió estadísticamente con los demás, excepto el tratamiento control, que mostró una altura considerablemente menor. En cuanto al diámetro del tallo, los resultados oscilaron entre 10 y 18 mm. Se observó el mayor incremento con el uso de diatomeas y micorrizas en combinación con fertilización mineral, con un diámetro promedio de 17,20 mm. Estos

resultados difieren significativamente del tratamiento control que registró un promedio de 11 mm en el diámetro del tallo. El número de hojas registra un efecto estadísticamente significativo ($p>0,05$) como se observa en la Figura 1(c). El tratamiento control es diferente a los demás y el mayor número de hojas lo indujeron los demás tratamientos, sobre las 12 hojas por planta, los cuales no difieren significativamente entre sí. A pesar de ello, resultados ligeramente superiores presentan la enmienda con microorganismos, esto indica que esta enmienda ha demostrado su capacidad para promover la disponibilidad de los nutrientes que estuvieron a disposición para las plantas lo que fue suficiente para la formación de hojas, por lo que los microorganismos contribuyeron en la solubilización de minerales.

En la Figura 2, se presentan las variables largo de hoja, ancho de hoja y unidades SPAD. En cuanto a estas variables, se observaron diferencias estadísticas significativas. Los tratamientos con diatomeas y micorrizas en combinación con fertilización mineral mostraron los promedios más altos, con comportamientos estadísticamente similares. Estos registraron medidas entre 25 cm de ancho y 46 cm de largo en las hojas, lo que difiere notablemente del tratamiento control, que tuvo un promedio de 17 cm de ancho y 32 cm de largo. No fueron constatados efectos significativos para el contenido de clorofilas en unidades SPAD, a pesar que no hubo diferencias estadísticas el menor valor de clorofila expresa el tratamiento control en comparación a los demás tratamientos.

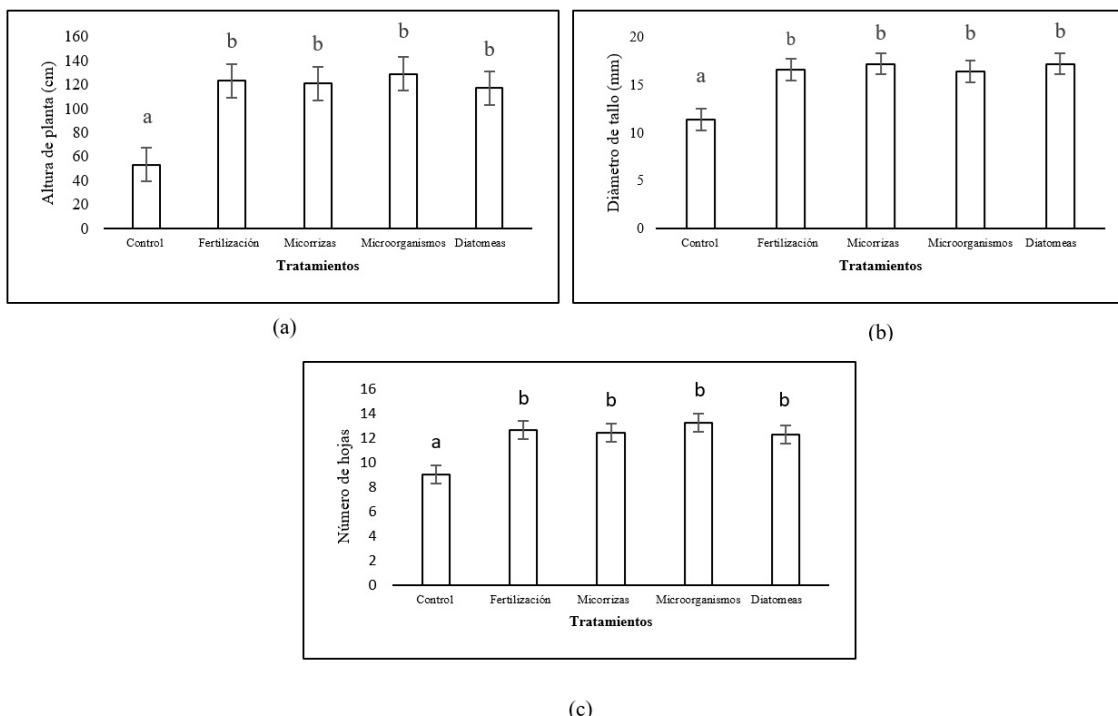


Figura 1. Altura de planta (a), diámetro de tallo (b) y número de hojas (c) en tabaco con aplicación de enmiendas biológicas en combinación con fertilización mineral

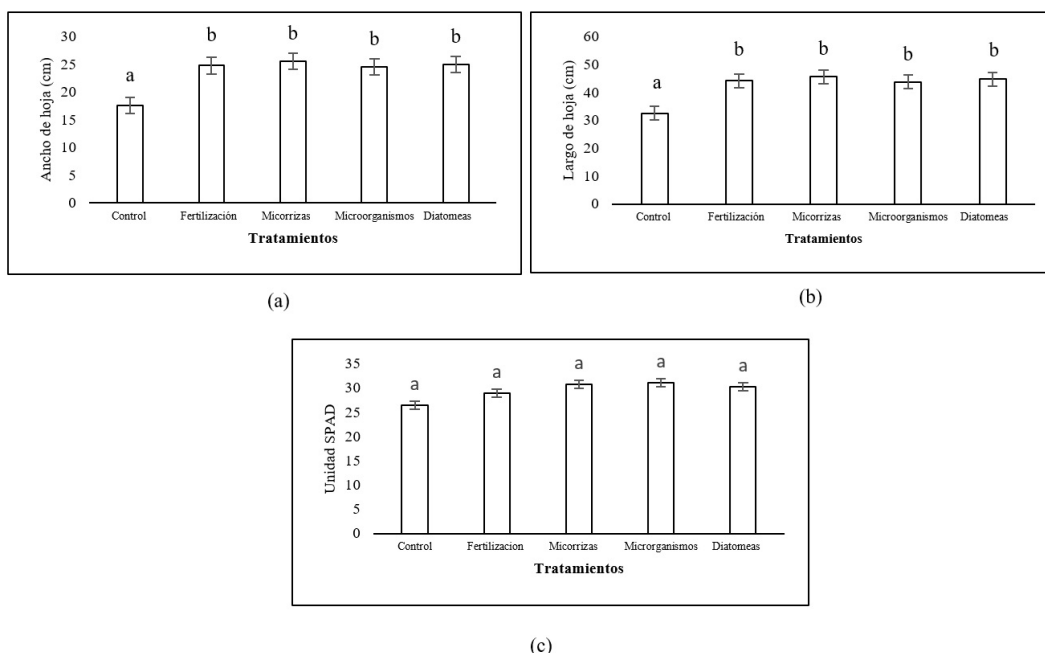


Figura 2. Variables productivas, ancho de hoja (a), largo de hoja (b), unidades SPAD (c) en tabaco con la aplicación de enmiendas biológicas en combinación con fertilización mineral

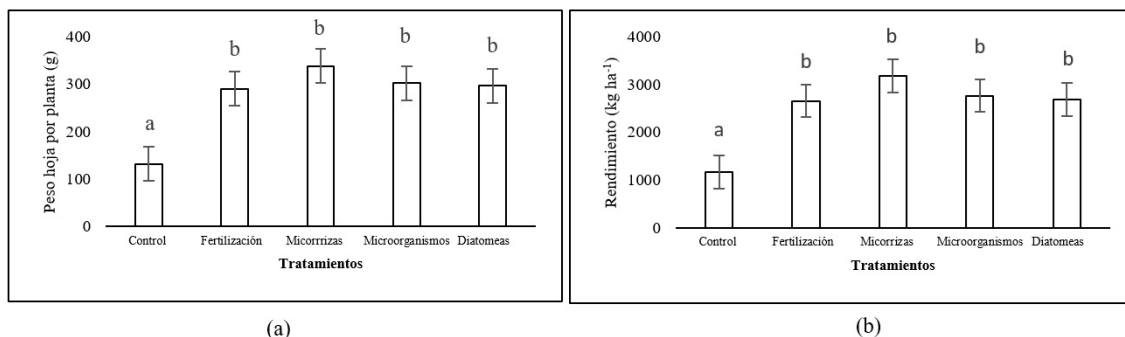


Figura 3. Variables peso de hoja por planta (a) y rendimiento (b) en tabaco con la aplicación de enmiendas biológicas en combinación con fertilización mineral

En la Figura 3, se presentan los resultados de las variables peso de hoja por planta y rendimiento. Los análisis estadísticos para el peso de la hoja mostraron diferencias significativas, destacando el tratamiento con micorrizas, que registró los promedios más altos entre todos los tratamientos evaluados, con 339 g por planta. La fertilización mineral y las diatomeas mostraron resultados similares entre sí, con promedios entre 290 y 297 g por planta respectivamente, mientras que el tratamiento combinado con microorganismos eficientes fue superior. El tratamiento sin enmiendas obtuvo el promedio más bajo, con 132 g por planta.

En cuanto al rendimiento, el tratamiento de micorrizas combinado con fertilización mineral mostró el valor más alto, con un rendimiento de 3 190 kg ha⁻¹. Los tratamientos de fertilización mineral, diatomeas y microorganismos eficientes combinados con fertilización mineral presentaron rendimientos inferiores en comparación con las micorrizas,

con valores de 2 661, 2 686 y 2 773 kg ha⁻¹ respectivamente. El tratamiento control mostró el rendimiento más bajo con 1 174 kg ha⁻¹.

De acuerdo a los valores de potencial de hidrógeno (pH) presentados en la Figura 4, en los distintos días de evaluación se observa diferencias entre los tratamientos. Los niveles de pH varían según el tiempo transcurrido después de la aplicación de las enmiendas biológicas y fertilización mineral aumentando progresivamente con el transcurso del tiempo, llegando a alcanzar el nivel neutro (6,00 y 7,00) en todos los tratamientos al final del experimento. En general, los tratamientos con micorrizas y solo fertilización mineral tuvieron cambios significativos sobre el pH del suelo, aumentando su nivel de medianamente ácido a neutro. Una tendencia similar se mostró en el tratamiento control. Las diatomeas y microorganismos desde el inicio hasta el final de la investigación cambiaron su nivel de ligeramente ácido a neutro.

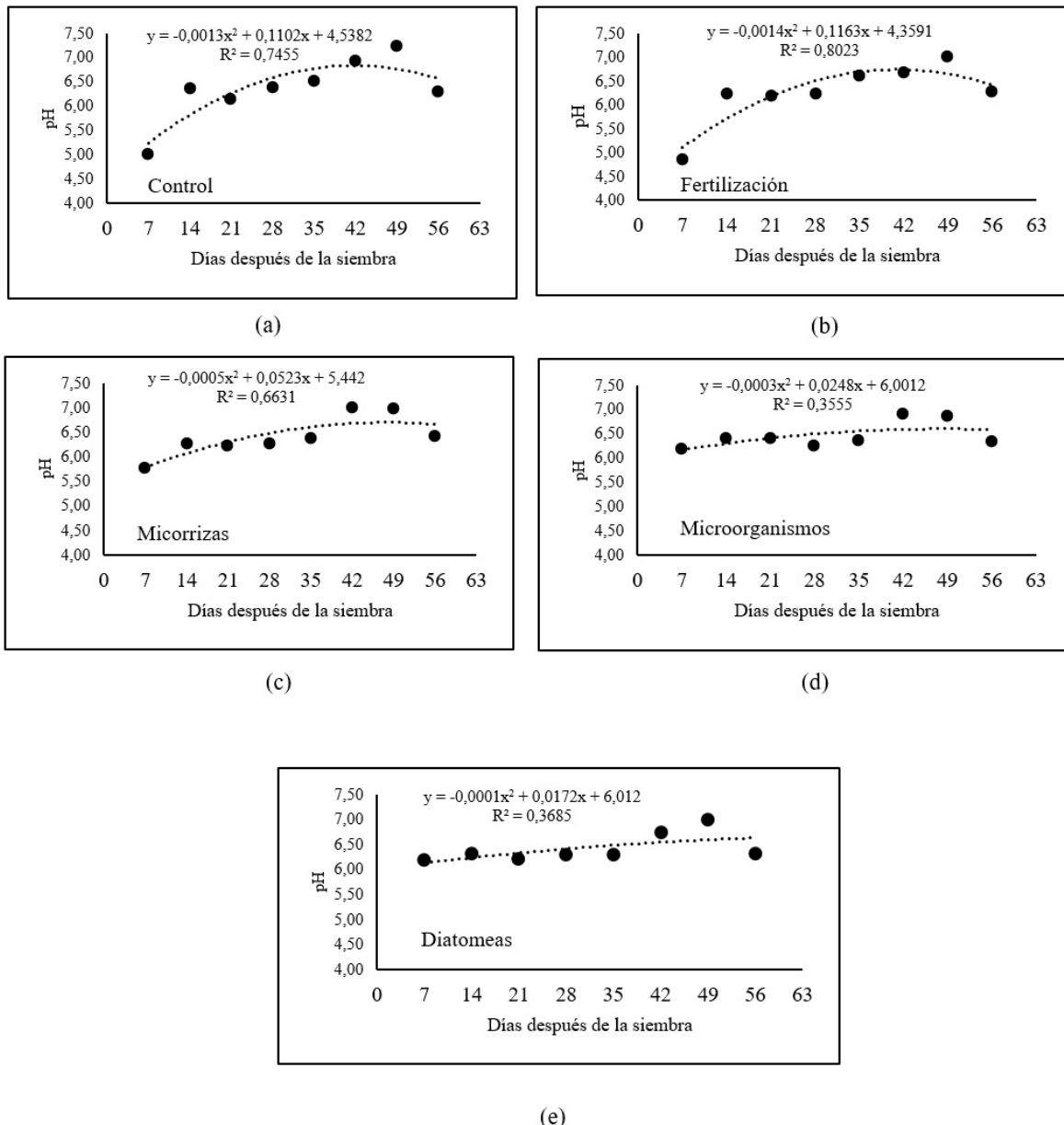


Figura 4. pH en el suelo en los tratamientos control (a), fertilización (b), micorrizas (c), microorganismos (d) y diatomeas (e) en el tabaco con la aplicación de enmiendas biológicas en combinación con fertilización mineral

Discusión

En referencia a estos resultados, Alarcon *et al.* (2020) encontraron que la aplicación de microorganismos en el cultivo de tomate, aumentó de manera significativa la altura de planta con una dosis de 25 cc. cada 14 días. Por su parte, Calero *et al.* (2019) encontraron que al emplear dosis de microorganismos eficientes en plántulas de tomate, eleva el potencial de crecimiento de las plántulas teniendo una diferencia de un 62% en desarrollo de altura en comparación del tratamiento control. En base a la investigación al utilizar microorganismos en combinación con fertilización mineral promueve el desarrollo del tabaco, llegando a alcanzar alturas por encima

del promedio de los otros tratamientos usados, estos resultados son producto de consorcio de hongos, bacterias benéficas, levaduras, puesto que los microorganismos eficientes tienen la capacidad de facilitar el ciclo de nutrientes en el suelo y mejorar la absorción de nutrientes por parte de las plantas, además tienen la habilidad de generar compuestos orgánicos básicos que son aprovechados por las plantas (Tanya y Leiva, 2019).

Con los resultados obtenidos en la aplicación de diatomeas con fertilización mineral se logró deducir que estos ayudan en la estructura del tallo del tabaco, mejorando en su desarrollo morfológico y promoviendo el vigor en la planta, estos resultados son similares a los obtenidos por Moreira *et al.*

(2022) el cual sostienen en su estudio en nabo, que el mayor diámetro de tallo lo encontró con la aplicación de diatomeas. Esto debido a que el silicio que forma la diatomea al ser un polvo fino posee propiedades abrasivas y puede absorber lípidos (Jones, 2020) regula el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este silicio soluble es beneficioso para la estructura del suelo y puede aumentar su capacidad de retención de agua y nutrientes puesto a qué la presencia de silicio en las plantas, hace que en las hojas y tallos se incremente la cantidad de oxígeno, el cual es impulsado hacia el parénquima de las raíces evitando que la planta tome de manera excesiva nutrientes, regulando su absorción y suministrando en toda la planta, en este caso el tallo (Treminio, 2008). Estos resultados son comparables con los encontrados por Miranda *et al.* (2021) en el cual encontraron mayor desarrollo y vigor del tallo en el cultivo de maíz los cuáles fueron inoculados con micorrizas arbusculares, teniendo diferencias estadísticas con los diferentes tratamientos. Las micorrizas al estar en simbiosis con la raíz de la planta y proporcionar de fósforo a la planta, el cual es aprovechado mediante la interacción entre el hongo a cambio de carbono orgánico (Smith y Read, 2008), influye en el desarrollo de este tejido pues como le describen Richardson *et al.* (2009) el fósforo influye en el desarrollo fisiológico de las plantas el cual se ve evidenciado en la formación y desarrollo de tallos de mayor vigor.

En base a la producción de hojas, el tratamiento de las micorrizas con fertilización mineral obtuvo el mayor nivel de desarrollo de follaje, lo cual evidencia que estas influyen en la toma de nutrientes y se evidencia de manera significativa en la producción de hojas, estimulando el desarrollo de la planta y aportando en su estructura, estos resultados son comparables con los de Rivillas *et al.* (2019) quienes encontraron que las micorrizas arbusculares en plántulas de café en etapa de vivero influyen en la producción y desarrollo de las hojas pues al emplear dosis de micorrizas fueron estas plántulas las que mayor producción de biomasa foliar mostraron lo cual pone en manifiesto lo encontrado en esta investigación. Por su parte, Rosales *et al.* (2022) quienes en su estudio en porta injertos de limón, encontraron qué emplear dosis (de micorrizas) influyen en el desarrollo de hojas verdaderas esto debido a la capacidad de absorber nutrientes que desarrolla la planta mediante la simbiosis entre raíces y micorrizas, los cuales se concentran en la producción de hoja y en la capacidad fotosintética de la planta.

En cuanto a la variable ancho y largo de la hoja, los microorganismos eficientes con fertilización química obtuvo mayor longitud de hoja promoviendo un crecimiento eficaz y obteniendo valores favorables en esta variable y encontrando similitud con lo realizado por Calero *et al.* (2019) quienes mencionan que, el uso de microorganismos eficientes combinado con fertilizantes minerales promueve el crecimiento de la hoja tanto en longitud como en ancho de la misma, pues obtuvo mayor índice de desarrollo y formación foliar con el uso de este tratamiento en plántulas de

tomate. En la investigación realizada por Khan *et al.* (2022), demostraron que el género *Bacillus subtilis* es un promotor del crecimiento vegetal debido a que produce fitohormonas capaces de mejorar la disponibilidad de nutrientes y suprimir patógenos del suelo, los cuales llegan a influir de manera positiva en el tamaño y la salud de las hojas de las plantas. Por su parte, Palma y Zambrano (2022) mencionan que la tierra de diatomeas y sus contenidos de silicio influye en la producción de biomasa foliar, pues en su investigación en musáceas encontraron diferencias de hasta 35% en comparación a los otros tratamientos, lo cual se evidencia con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Los resultados obtenidos en los valores de clorofila demuestran que una correcta adición de nutrientes promueve a la interacción de nitrógeno en la planta y en su parte foliar pues en la investigación se encontraron resultados similares a los de Novoa y Villagran (2002) los cuales obtuvieron valores con promedios entre 31 y 37 SPAD, en el cual evaluaron la interacción de nitrógeno y su presencia en plantas de maíz (*Zea mays*). Por su parte Escalona *et al.* (2009) en su investigación en lechuga (*Lactuca sativa*), encontraron niveles similares sobre fuente nitrogenadas en la parte foliar, en base a esto los microorganismos eficientes tienen la capacidad de fijar nitrógeno pues como mencionan Rodríguez *et al.* (2020), el género *Bacillus subtilis* tiene la capacidad de fijar nitrógeno (en el suelo), además que el nitrógeno disponible lo sintetiza para que este sea tomado por la planta y cumplir su función puesto que es el nutriente esencial para el desarrollo de la planta y las hojas y este está presente en la clorofila y mediante los niveles de clorofila se asocia la presencia de nitrógeno en la planta lo cuál puede ser relacionado con el valor nutricional que tiene esa planta (Zhou *et al.*, 2023).

Las micorrizas son organismos que muestran efectos en el sistema foliar ayudando a incrementar la biomasa y teniendo mayor número y peso de biomasa foliar, es por ellos que al utilizar micorrizas en combinación con fertilización química se obtuvo mayor producción de biomasa lo cual contrasta con lo mencionado por Roveda *et al.* (2007). Que en su investigación sobre el efecto de las micorrizas arbusculares sobre la aclimatación y endurecimiento de microplántulas de mora (*Rubus ulmifolius*) estas ayudan a obtener mayores índices de absorción de macronutrientes esenciales las cuales presentaron efectos benéficos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de mora además que ayudaron en la acumulación de biomasa en la parte aérea, así mismo consiguiendo efectos positivos sobre el área foliar y el porte de las plantas. Por su parte, los resultados obtenidos por Cruz *et al.* (2014) en su estudio de aplicación de micorrizas arbusculares y fertilizante mineral demostraron que, al combinarlas, la parte área foliar de plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) obtuvieron un mejor índice de desarrollo foliar lo cual pone en evidencia la influencia de las micorrizas. Así mismo mediante el uso de diatomeas Moreira *et al.* (2022) obtuvieron en el cultivo de nabo (*Brassica rapa*) que el utilizar diatomeas en un 75%

incrementa la biomasa foliar. Estos resultados coinciden con los encontrados por Naranjo y Solórzano (2018) Al suministrar dosis de silicio (Si) se incrementa el área foliar en el cultivo de arroz lo que evidencia que la aplicación de silicio es fundamental para una mayor producción de biomasa foliar.

Montero *et al.* (2010) sostienen con base a su investigación en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando dosis de micorrizas como biofertilizante ecológico, incrementa la producción del cultivo. Además, Macas (2022) señaló que la combinación de nitrógeno y micorrizas incrementa el rendimiento del maíz blanco hasta alcanzar 8 toneladas por hectárea. Estos hallazgos evidencian que la aplicación de micorrizas con la fertilización química potencia la producción agrícola al facilitar la interacción beneficiosa entre los organismos del suelo y aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Esto, a su vez, favorece la absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que se traduce en un aumento de la producción.

Al utilizar microorganismos se obtuvo un balance en el pH del suelo, con este tratamiento se reguló los niveles de pH que fluctuaron entre (6,00 y 7,00), al respecto Luna y Mesa (2016) sostienen que los microorganismos no solo mejoran las condiciones químicas del suelo, sino que también contribuyen a los procesos biológicos y a la descomposición de la materia orgánica, debido a que tienen la capacidad de producir ácidos orgánicos, lo que puede acidificar el suelo. En consecuencia, su aplicación directa al suelo permite mejorar las propiedades químicas, aumentar la materia orgánica y el pH del suelo (Díaz *et al.*, 2009). Estos cambios en el suelo se dan por la producción de ácidos orgánicos o la liberación de iones de hidroxilo los cuales están asociados con *Bacillus subtilis* pues tal como menciona Liu *et al.* (2020) ciertas cepas de *Bacillus subtilis* modulan el pH del suelo y llegan a tener un impacto en la disponibilidad de nutrientes, por su parte Etesami *et al.* (2015), deducen que *Bacillus subtilis* puede secretar ácidos lácticos, acéticos que tienden a acidificar el suelo.

Conclusiones

La aplicación combinada de enmiendas biológicas con fertilización mineral promovió un mayor crecimiento vegetal en los componentes morfológicos de la planta, así como en el rendimiento del tabaco, por lo que puede ser una estrategia sostenible para incrementar la productividad del cultivo.

Las enmiendas biológicas y la fertilización mineral no provocó cambios en el contenido de clorofila, componente asociado a deficiencias exclusivas de nitrógeno y magnesio. El pH del suelo cambió durante el desarrollo del experimento en todos los tratamientos, se elevó considerablemente en el tratamiento con micorrizas. Se sugiere realizar estudios futuros con fertilizantes de diferente reacción (ácida – alcalina), para contrastar los resultados obtenidos por lo que las enmiendas biológicas surgen como una posible alternativa para contrarrestar las variaciones de pH por el uso de fertilizantes.

Referencias bibliográficas

- Alarcon, J., Recharte, D., Yanqui, F., Moreno, S. y Buendía, M. (2020). Fertilizing with native efficient microorganisms has a positive effect on the phenology, biomass and production of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia agropecuaria*, 11(1), 67–73. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.08>
- Calero. A., Quintero. R., Pérez. D., Olivera. V., Peña. C., Castro. L. y Jiménez. H. (2019). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de ciencias agrícolas*, 36(1), 67–78. <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.99>
- Canizal, A (2009). *Catálogo ilustrado de Diatomeas dulceacuícolas mexicanas. I. Familia Naviculaceae*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México]. https://www.academia.edu/49297544/Cat%C3%A1logo_ilustrado_de_diatomeas_dulceacu%C3%ADcolas_mexicanas_I_Familia_Naviculaceae
- Camargo. S., Montaña. N., De la Rosa-Mera. C., y Montaña S. (2012). Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria. Coordinación de Acervos Digitales*. 13(7), 3-19 <https://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>
- Castro, J. (2021). *Manejo agronómico del cultivo de tabaco (Nicotiana tabacum), y su valor agregado en el Ecuador*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10267>
- Cruz, Y., García, M., León G. y Acosta, Y. (2014). Influencia de la aplicación de micorrizas arbusculares y la reducción del fertilizante mineral en plántulas de tabaco. *Cultivos Tropicales*, 35(1), 21-24. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/804>
- Díaz, O., Montero, D. y Lagos, J. (2009). Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. *Revista Colombia Forestal*, 12(1), 141-160. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2009.1.a10>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2020). InfoStat versión 2019. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba-Argentina, Obtenido de <http://www.infostat.com.ar>.
- Escalona, A., Santana, M., Acevedo, I., Rodríguez, V. y Marco, L. (2009). Efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el contenido de nitratos y lecturas de “spad” en el cultivo de lechuga. *Agronomía Tropical*. 59(1), 99-105. <http://publicaciones.inia.gob.ve/index.php/agronomiatropical/article/view/522>

- Etesami, H., Alikhani, H. y Hosseini, H. (2015). Indole-3-acetic acid (IAA) production trait, a useful screening to select endophytic and rhizosphere competent bacteria for rice growth promoting agents. *MethodsX*, 2, 72-78. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2015.02.008>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], Proyecto Red [SICTA] y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación [COSUDE]. (2013) *Tecnología de Bajo costo: Guía de Manejo de Microorganismos Eficientes* (ME). <http://repositorio.iica.int/handle/11324/6123>
- García, V., Santana, N. y Mena, E. (2021). Corajo 2012': nueva variedad de tabaco negro (*Nicotiana tabacum* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(1) <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1581/2983>
- González, P. (2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Situación de los fertilizantes en Chile*. (Informe N° SUP: 118.959.) Biblioteca Nacional del Congreso de Chile. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- Gutiérrez, L., Seguro, S., Arenas, J. y Moreno, J. (2012). Evaluación del poder fertilizante de dos abonos orgánicos preparados con microorganismos eficientes en plantas de tomate y maíz. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*. 1(2), 8-14 <http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/jals/article/view/375>
- Hoyos, D., Alvis, N., Jabib, L., Garcés, M., Pérez, D. y Mattar V., S. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ Córdoba*, 13(2), 1369-1379. <https://doi.org/10.21897/rmvz.397>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2021). *Homologación y Caracterización de los Registros Estadísticos de Empleo y Empresas. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Quito, Ecuador. Superficie Plantada por Especie en Ecuador*. INEC. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2021). Boletín climático Anual del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. <https://www.inamhi.gob.ec/>
- Jones, O. (2020). *Use of Diatomaceous Earth and Copper Oxide Wire Particles to Control Gastrointestinal Nematodes in Lambs*. [Tesis de Grado, University of Arkansas]. <https://scholarworks.uark.edu/anscuht/35/>
- Khan, R., Mustafa, A., Hyder, S., Valipour, M., Rizvi, F. y Gondal, A. (2022). *Bacillus* spp. as bioagents: uses and application for sustainable agriculture. *Biology* 11(12). <https://doi.org/10.3390/biology11121763>
- Liu, X., Li, Y., Lu, X., Sun, C., Wang, X. y Wang, Q. (2020). *Bacillus subtilis* Alleviates Soil Acidity and Promotes Soybean Growth Under Acidic Conditions. *Frontiers in Microbiology*, 11, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9691937/>
- López, J., Pincay, W., Espinosa, K., Jiménez, W., Martínez, W. y Yépez, H. (2023). Fertilización orgánica y su efecto en el crecimiento y rendimiento de haba (*Vicia faba* L.). *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista*, 5(1), 8-8. <http://investigacion.utc.edu.ec/index.php/dateh/article/view/823>
- Luna, F. M. y Mesa, R. J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*. 4(2), 31-40. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Miranda, D., Vigil, A. y Pimentel, R. (2021). Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la fase inicial de crecimiento de Zea mays L. *Avances*, 23(3), 282-297. <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869395004/html/>
- Naranjo, J. y Solórzano, S. (2018). *Evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación de silicio en el desarrollo y producción del cultivo de arroz variedad DICTA Playitas*. [Tesis de Grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6392>
- Novoa, R.A. y Villagrán, N. (2002) Evaluación de un instrumento medidor de Clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica*, 62(1), 166-171. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000100017>
- Macas, E. (2022) *Efecto de dosis de nitrógeno y micorrizas en el rendimiento y composición del grano de maíz blanco variedad INIAP-103 en condiciones del sector La Argelia de la ciudad de Loja*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja] <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24871/1/Erika%20Lizabeth%20Macas%20Camacho.pdf>
- Montero, L., Duarte, C., Cun, R. y Cabrera, C. (2010) Efectividad de biofertilizantes micorrizicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annuum* L. var. *Verano 1*) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos Tropicales* 31(3), 11-14 <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/81>
- Moreira, A., Álvarez, R., Reyes, J. y Muñoz, G. (2022). Efecto de la inclusión de diatomeas (*bacillariophyceae* sp.) en las primeras etapas de desarrollo vegetal del cultivo de nabo chino (brassica rapa). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 3088-4000. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3754

- Morocho, T. y Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es.
- Observatorio de Complejidad Económica [OCE] (2022). *Tabaco Crudo en Ecuador*. <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/raw-tobacco/reporter/ecu>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [ONU] (2021). *Cultivo de Tabaco*. <https://www.fao.org/4/y4997s/y4997s03.htm#TopOfPage>
- Palma, M. y Zambrano, P. (2022) *Efectividad de sustratos enriquecidos con enmiendas y bioestimulantes en el crecimiento y calidad de plántulas de banano*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1971/1/TIC_A27D.pdf.
- Pozo, C., Cabrera, R., Márquez, E., Hernández, O., Ruiz, M. y Domínguez, D. (2017). Características y clasificación de suelos Gley Nodular Ferruginoso bajo cultivo intensivo de arroz en Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 58-64. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1404>
- Richardson, E., Barea, M., McNeill, M. y Prigent, C. (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil*, 321(1-2), 305-339. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-009-9895-2>
- Rial, J. (2010). *El cultivo de tabaco*. Buenos Aires: Universidad de Morón. <https://repositorio.unimoron.edu.ar/>
- Rivillas, A., Calles, M. y Ángel, A. (2019). *Micorrizas Arbusculares “Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del huila”*. Calera. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4223/1/Cap03.pdf>
- Rosales, Y., Pérez, E., Sánchez, I. y Cruz, B. (2022). Micorrizas arbusculares y su efecto sobre el desarrollo vegetativo de portainjertos de limón (*Citrus limon* L.). *La Calera*, 22(38), 9-14. <https://doi.org/10.5377/calera.v22i38.14152>
- Rodríguez, M., Gallegos, M., Rodríguez, L., Fortis, M., Luna, J. y Gonzáles, U. (2020). Cepas nativas de (*Bacillus spp.*) como una alternativa sostenible en el rendimiento de forraje de maíz. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(2), 313-321. <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/690/1032>
- Rodríguez, I., Pérez, I. y García, M. (2021). Degradación del suelo en sistemas agrícolas de la granja Santa Inés, provincia de El Oro, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(S2), 557-564 <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2349>
- Roveda, G., Cabra, L., Ramírez, M. y Peñaranda, A. (2007). Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la aclimatación y endurecimiento de microplántulas de mora (*Rubus glaucus*). *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(1), 28-36. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/80/80>
- Smith, S. E. y Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=1398632>
- Tanya M. y Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es.
- Tovar, J. (2013). *El Cultivo del Tabaco en América Latina*. Universidad de los Andes–Facultad de Economía–CEDE. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.161363>
- Vallejo, B. y Alvarado, S. (2011). *Rol del silicio en la fertilidad de los suelos y la nutrición vegetal*. INIAP. Estación experimental Santa Catalina. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2499/1/iniapscR2011p1-14.pdf>
- Tremínio, J. (2008). *Efectos del silicato agrícola térmico al 75% en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) Variedad Palo 2, en las variables de crecimiento y rendimiento, en el municipio de San Isidro*, [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria]. <http://repositorio.una.edu.ni/3540/1/tnf01t789.pdf>
- Zepeda, C. (2019). *Bacillariophyta (Diatomeas)*. Guía didáctica de la Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias AU Algas y Biofitas. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/108074>
- Wu, L., Gong, Y., Bai, X., Wang, W. y Wang, Z. (2023). Nondestructive determination of leaf nitrogen content in corn by hyperspectral imaging using spectral and texture fusion. *Applied Sciences*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/app13031910>



Agronomic behavior and chemical composition of three varieties of grasses at different harvest ages

Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de pastos en diferentes edades de cosecha

Ronald Roberto Cabezas Congo¹, Adrián Steward Peralta Olivo¹, Bryan René Gómez Meza¹,

Ronald Oswaldo Villamar-Torres¹, Seyed Mehdi Jazayeri²

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Quevedo, Ecuador.

²Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, France.

Autor de correspondencia: rcabezas@uteq.edu.ec

Recibido: 03/09/2024. Aceptado: 20/12/2024

Publicado el 15 de enero de 2025

Abstract

The study investigated the impact of age (E) and variety (V) on several plant characteristics, including plant height (AP) in centimeters, forage biomass (FB) in kilograms of dry matter per hectare, stem weight (PT), leaf number (LH), leaf area (LA), leaf-stem ratio (LSR), and the chemical composition of three grass species: *Axonopus micay*, *Axonopus scoparius*, and *Melinis minutiflora*. The grasses were harvested at five different stages of maturity (30, 45, 60, 75, and 90 days). A randomized complete block design with a factorial arrangement (3 x 5) was employed, resulting in a total of 75 plots. Notably, the purple Gramalote grass (*Axonopus scoparius*) outperformed the other varieties in terms of AP, PT, LH, AH, PH, and H:T ratio, with specific measurements of 168,46 cm, 97,24 g, 64,02 cm, 3,72 cm, 32,39 g, and 0,37, respectively. Additionally, at 90 days, the highest values were observed for AP (138,83 cm), PT (58,96 g), LH (41,74 cm), AH (2,94 cm), PH (15,69 g), and biomass (1 682,5 kg MS ha⁻¹). Furthermore, the dry matter content (%) of the purple Gramalote grass (33,16) exceeded that of the Gordura grass (32,38) and Micay grass (21,97). In terms of ash and crude protein content, the Gramalote morado variety exhibited higher values (9,65 and 9,09 respectively).

Keywords: *Axonopus micay*, *Axonopus scoparius*, *Melinis minutiflora*, cutting age, variety, forage.

Resumen

El estudio investigó el impacto de la edad (E) y la variedad (V) en varias características de la planta, incluida la altura de la planta (AP) en centímetros, la biomasa del forraje (FB) en kilogramos de materia seca por hectárea, el peso del tallo (PT), el número de hojas. (LH), área foliar (LA), relación hoja-tallo (LSR) y la composición química de tres especies de gramíneas: *Axonopus micay*, *Axonopus scoparius* y *Melinis minutiflora*. Los pastos se cosecharon en cinco estados diferentes de madurez (30, 45, 60, 75 y 90 días). Se empleó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial (3 x 5), resultando un total de 75 parcelas. Cabe destacar que el pasto Gramalote morado (*Axonopus scoparius*) superó a las demás variedades en cuanto a AP, PT, LH, AH, PH y relación H:T, con medidas específicas de 168,46 cm, 97,24 g, 64,02 cm, 3,72 cm, 32,39 g y 0,37, respectivamente. Además, a los 90 días, los valores más altos se observaron para AP (138,83 cm), PT (58,96 g), LH (41,74 cm), AH (2,94 cm), PH (15,69 g), y biomasa (1 682,5 kg MS ha⁻¹). Además, el contenido de materia seca (%) del pasto Gramalote morado (33,16) superó al del pasto Gordura (32,38) y al pasto Micay (21,97). En cuanto al contenido de cenizas y proteína cruda, la variedad Gramalote morado presentó valores más altos (9,65 y 9,09 respectivamente).

Palabras clave: *Axonopus micay*, *Axonopus scoparius*, *Melinis minutiflora*, edad de corte, variedad, forraje.

Introduction

On the Ecuadorian coast, livestock systems rely on dual-purpose approaches. These systems primarily utilize forage as the main source of food for the animals. The forage consists of numerous grazing and cutting grasses, which are abundant during the rainy season but scarce during the dry season. In Ecuador, the total surface area dedicated to pastures exceeds that of any other crop. Within this agricultural land of 5 381,383 has, cultivated pastures cover 42,68%, while natural pastures account for 14,85%. When considering only pasture areas, the proportion becomes 73% cultivated pastures and 27% natural pastures. Additionally, across the entire national surface with pastures, 56.64% corresponds to the Coastal Region, 28,43% to the Sierra Region, and 14,94% to the Eastern Region and Undelimited Zones. Notably, the key pastures in Ecuador, based on area, include Saboya (1 147,091 has), other pastures (639,915 has), Honey grass (182,532 has), Gramalote (167,519 has), Brachiaria (132,973 has), and Raigrás (104,475 has) (León *et al.*, 2022).

Axonopus scoparius, commonly known as carpet grass, is a perennial grass species. It typically grows to a height of 0,6–2 meters, forming tufts with succulent stems. This grass is often used in the rope grazing system, where animals remain in an assigned area until all the forage is consumed, after which they are moved to a different location (Parra *et al.*, 2023; Huebla Concha *et al.*, 2021; Lajús *et al.*, 2014). Its species grow mainly below 1,000 m altitude, although some species can reach 3,000 m. Livestock readily accept *Axonopus scoparius*, especially when it is in its tender state. The nutritional value of this grass depends on its growth stage (Giraldo-Cañas, 2014). Unlike some other grasses, it does not produce roots at the nodes. The spike of *A. scoparius* resembles that of imperial grass, but it has a greater number of spikelets. This species thrives in areas situated between 400 and 2 200 meters above sea level, with an annual rainfall ranging from 1 000 to 4 000 mm and an average temperature around 20 °C. The spike of *A. scoparius* resembles that of imperial grass, but it has a greater number of spikelets. This species thrives in areas situated between 400 and 2 200 meters above sea level, with an annual rainfall ranging from 1 000 to 4 000 mm and an average temperature around 20 °C (Saha *et al.*, 2024; Velasco *et al.*, 2023). In summary, *A. scoparius* is a valuable forage grass, particularly in humid tropical regions. Its succulent stems and nutritional quality make it a preferred choice for livestock grazing.

According to León *et al.* (2022), Gordura grass (*Melinis minutiflora*) exhibits the following characteristics: The stems and leaves of Gordura grass are pubescent, covered with tiny hairs. When touched, it feels viscous and gives the sensation of being resinous. It grows to a medium height and forms compact bushes. Abundant basal stems extend from the crowns. Gordura grass can reach a height of 90 – 150 cm. It is suitable for grazing. It can be hayed and ensiled. When

cutting, aim for 5 or more cuts per year. Avoid cutting below 10 cm or during the dry season, as insufficient humidity may lead to the loss of many bushes. Gordura grass, with its unique properties, serves as a valuable resource for various agricultural practices (Ortiz Pilacuan, 2015; Motta-Delgado *et al.*, 2019; Andrade-Yucailla *et al.*, 2016).

Currently, this plant is widely distributed in fertile and well-drained soils, thrives in poor soils and grows at altitudes between 200 and 2,500 meters above sea level in warm and temperate climates. (Vacacela Ajila *et al.*, 2023). Most livestock farmers are unaware of the agronomic behavior and chemical composition of grasses at different stages of maturity. Consequently, they do not treat grasses as crops that require cultural and phytosanitary practices, resulting in underutilization of their full production potential (Motta-Delgado *et al.*, 2019). Recognizing the importance of understanding tropical forage species, this study aims to evaluate the agronomic behavior and nutritional quality of three grasses: *A. micay*, *A. scoparius*, and *Melinis minutiflora*. This investigation will shed light on growth patterns and chemical composition, providing valuable insights for effective agronomic management of these grasses. Farmers engaged in forage grass production can benefit from this knowledge to optimize their practices and enhance overall productivity.

Materials and methods

Location of the experiment

The research was conducted at the San Lorenzo Technical Educational Unit School in the San Lorenzo - Esmeraldas canton, as well as at km 12 via Ibarra, San Lorenzo - Esmeraldas canton. This location is situated to the north of the Esmeraldas province, with geographical coordinates at WGS 84: Latitude S 1° 28' 33" and Longitude W -78° 83' 33". The investigation spanned five months, from June to November 2014. The altitude of the area is 785 meters above sea level, and the average temperature during the study period was 23 °C.

Annual precipitation in the region amounted to 1 800,70 mm/year, with the rainy season occurring from December to April. The soil in the experimental area is classified as loam. Prior to sowing pastures, a chemical analysis of the soil revealed the following results as shown in Table 1.

Study distribution, experimental design and statistical analysis

For this study, 25 experimental plots measuring 3 x 4 m were established for each pasture, resulting in a total of 75 experimental plots. We evaluated the agronomic behavior and chemical composition of three grass species: Micay Grass (*A. micay*), Gramalote Morado (*A. scoparius*), and Gordura Grass (*M. minutiflora*). These evaluations were conducted at five different harvest ages (maturity stages): 30, 45, 60, 75, and 90

days. The experimental design employed was a Randomized Complete Block Design (DBCA) with a factorial arrangement (3 x 5). Statistical analysis of the results was performed using the SAS 201 software.

Table 1. Chemical analysis of the soil of the localities at the beginning of the study

Parameters	Worth	Interpretation
pH	5,02	Moderately Acid
Nitrogen ppm	38,12	Half
Phosphorus ppm	2,56	Low
Potassium meq/100 m L	0,26	Half
Ca meq/100 m L	4,36	Half
Mg meq/100 m L	1,83	Half
S ppm	8,01	Half
Zn ppm	2,88	Low
Cu ppm	0,86	Low
Fe ppm	198,3	Half
Mn ppm	51,34	High
B ppm	0,53	High
M.O (%)	3,58	Half
Ca/Mg	2,38	Optimum
Mg/K	7,04	Optimum
Ca+Mg/K	23,81	Half

Note. (Ortiz Pilacuan, 2015).

Variables evaluated

Plant height (measured in centimeters) was determined by using a tape measure. The measurement started from ground level and extended to the beginning of the last shoot of five randomly selected plants within each plot, per treatment and cutting frequency. Additionally: The number of leaves and number of stems were counted for all five plants in each experimental unit, and the average value was recorded.

The yield (expressed in kilograms of dry matter per hectare) was calculated based on the dry weight of leaves and stems. These plant parts were dried in a forced air oven at 65 °C for 48 hours. To determine the leaf-stem ratio, the dried leaves and stems were individually weighed using an analytical balance.

Results and discussion

Variety effect

In the study of various grass varieties, the plant height (cm) showed significant statistical differences. Specifically, the Gramalote Morado species (*A. scoparius*) achieved the greatest height (168,46 cm), surpassing the Micay grass (*A. micay*) and Gordura grass (*M. minutiflora*) which reached heights of 121,97 cm and 95,12 cm, respectively. This variation can be attributed to the distinct growth habits of these species. The Gramalote Morado grass forms dense bushes with numerous erect, leafy, unbranched, and succulent stems that contribute to its taller stature. These stems typically reach heights between 80 cm and 150 cm and have an elliptical cross-section. Additionally, the Gramalote Morado grass exhibits broad leaves measuring 40-60 cm in length (León *et al.*, 2022). Furthermore, when considering stem weight (measured in grams), the Gramalote Morado grass (97,24 g) significantly ($p<0,05$) outweighed the Micay grass (28,66 g) and Gordura grass (13,55 g) as shown in Table 2. Researchers have noted that the Gramalote Morado grass's stems are unbranched and contribute to its robust weight (León *et al.*, 2022; Arias Hernandez y Delgado Floreano, 2022).

In terms of leaf characteristics, the Gramalote Morado grass also excelled as it forms numerous erect, leafy, unbranched stems that reach heights of 80-150 cm. It had the longest leaf length (64,02 cm) and the widest leaf width (3,72 cm), followed by the Micay Grass (37,98 cm and 2,48 cm, respectively) and Pasto Gordura (21,85 cm and 2,54 cm, respectively) (Table 2). These findings highlight the diversity in growth patterns and physical attributes among the studied grass varieties.

Table 2. Effect of the varieties on the agronomic behavior of the three grasses

Varieties	Effect of varieties			
	Micay pasture	Purple Gramalote	Gordura pasture	EEM
Height (cm)	121,97 b	168,46 a	95,12 c	0,34
Stem Weight (g)	28,66 b	97,24 a	13,55 c	0,16
Blade length (cm)	37,98 b	64,02 a	21,85 c	0,23
Blade width (cm)	2,48 b	3,72 a	2,54 b	0,05
Blade weight (g)	6,37 b	32,39 c	3,94 a	0,11
Biomass (kg MS ha-1)	1 454,16 b	1 420,00 b	1 041,66 a	0,15
Leaf stem ratio (g)	0,22 c	0,37 a	0,28 b	1,03

Averages in each row with equal letters do not differ statistically (Tukey $p\leq 0,05$).

According to the research by (Murillo I. *et al.*, 2012), the gramalote is a perennial crop characterized by its dense, bushy growth habit. It forms large clumps and can reach a height of 1-1,5 meters. The leaves of gramalote are wide, pubescent, and have a blunt tip. Furthermore, the leaf weight (measured in grams) of the Gramalote Morado grass was significantly greater ($p<0,05$) compared to that of the Micay grass and Gordura grass. Specifically, it was 32,39 g for Gramalote Morado, 6,37 g for Micay grass and 3,94 g for Gordura grass.

In terms of forage biomass (kg MS ha⁻¹), Micay grass (1 454,16) exhibited significantly higher values ($p<0,05$) compared to Gramalote morado grass (1 420,00) and Gordura grass (1 041,66), as indicated in Table 2. Additionally, Arias Hernandez y Delgado Floreano (2022) y Benítez *et al.* (2017) reported that gramalote, when grown in alluvial soils with a medium climate and without fertilization, produces approximately 12 to 14 t/ha of dry matter per year. However, with maintenance fertilization (100 kg/ha of P_2O_5 and 50 kg/ha of K_2O annually) and 50 kg/ha of nitrogen after each cut, gramalote can yield 20 to 22 t/ha of dry matter. Furthermore, the best leaf/stem ratio (N°/N°), was observed in the following order: Gramalote Morado grass (0,37), Gordura Grass (0,28), and Micay Grass (0,22), as shown in Table 2. This ratio provides insights into the relative proportions of leaves and stems in these grass species.

Effect of harvest age

At 90 days, the highest values were observed ($p<0,05$) in various parameters for the grasses (Table3). These values include: Plant height: 138,83 cm, Stem weight: 58,96 g, Leaf length: 41,74 cm, Leaf width: 2,94 cm, Leaf weight: 15,69 g, Biomass: 1 682,5 kg DM ha⁻¹. In the leaf-stem relationship, the highest value ($p<0,05$) occurred at 30 days (0,35). This finding aligns with (Luna *et al.*, 2015) the agronomic response of three varieties of Brachiaria (B. decumbens; B. brizantha and B. hybrid cultivar cv. Mulato (CIAT 36061, who observed increased values in plant height (98,57 cm), number of leaves (774,84), and number of stems (162,51) as grass age increased to 63 days. Authors León *et al.* (2022) y Ortega Mejía (2022);

Valles de la Mora *et al.* (2016) emphasized that regrowth age significantly influences pasture growth and quality. Longer regrowth periods lead to higher performance but may compromise quality. Frequent defoliations are often preferred to maintain grasses with superior nutritional value.

Regarding hay dry matter content (%), the purple Gramalote grass exhibited higher values (33,16) compared to Gordura grass (32,38) and Micay grass (21,97) Arias Hernandez y Delgado Floreano (2022); Velasco *et al.* (2023) due to the country's topography, cattle farmers have a choice of the best pasture for their production. The pastures in eastern Ecuador are generally of the following types AXONOPUS SCOPARIUS (AS reported lower dry matter results (13,15) for purple gramalote grass in a study on growth rate and chemical analysis of elephant grass and purple gramalote. In terms of ash and crude protein, the Gramalote morado variety surpassed Pasto Gordura and Micay. As shown in Table 3, they were ash content for Gramalote morado (9,65) compared to Pasto Gordura (9,46) and Micay (8,50) and crude protein as Gramalote morado (9,09) compared to Pasto Gordura (6,95) and Micay (7,22). These results coincide with (Arias Hernandez y Delgado Floreano, 2022) who recorded higher values in the purple gramalote grass in both ash and crude protein (12,10; 15,26 respectively).

Effect of varieties and harvest age on chemical composition

The highest percentage of crude protein was recorded by the Gramalote morado grass with 9,09% followed by Gordura grass with 6,95% and finally the Micay grass with 7,22%. The ethereal extract percentage was significantly higher ($p<0,05$) for Micay grass 1,83%, surpassing that of Gramalote morado grass 1,36% and Gordura grass 1,26%. In a study by Arias Hernandez y Delgado Floreano (2022); Maderero (2019), higher values were recorded for the ethereal extract in the purple Gramalote grass 2,90%. This difference is likely due to the lignification of the stem present in the integral sample. Regarding gross energy (kcal g⁻¹), Micay grass exhibited higher values 3,57 compared to Gordura grass 3,56 and Gramalote morado grass 3,45 (as shown in Table 4).

Table 3. Effect of harvest age on the agronomic behavior of the three pastures

Variables	Effect of harvest ages					EEM
	30	45	60	75	90	
Height (cm)	109,14 d	122,89 c	134,29 b	137,43 a	138,83 a	0,44
Stem Weight (g)	32,78 d	40,61 c	41,95 b	58,11 a	58,96 a	0,21
Blade length (cm)	39,45 a	40,72 ab	42,03 c	42,48 c	41,74 bc	0,29
Blade width (cm)	2,88 a	2,97 a	2,88 a	2,91 a	2,94 a	0,07
Blade weight (g)	13,43 a	13,58 a	13,16 a	15,32 b	15,69 b	0,14
Biomass (kg MS ha ⁻¹)	791,66 a	1 097,50 b	1 426,66 c	1 529,16d	1 682,5 e	0,19
Leaf stem ratio (g)	0,35 a	0,31 b	0,28 c	0,26 d	0,26 d	1,07

Averages in each row with equal letters do not differ statistically (Tukey $p\leq 0,05$).

Table 4. Effect of the varieties on the chemical composition of the grasses under study

Variables	Micay	Purple Gramalote	Gordura pasture	EEM
Total humidity (%)	78,59 b	67,66 a	68,10 a	0,18
Dry material (%)	21,97 b	33,16 a	32,38 a	0,21
Ash (%)	8,50 a	9,65 b	9,46 b	0,09
Crude Protein (%)	7,22 b	9,09 a	6,95 b	0,09
Crude fiber (%)	38,07 b	37,54 a	37,20 a	0,13
Ethereal extract (%)	1,83 a	1,36 b	1,26 b	0,04
Gross energy (kcal g ⁻¹)	3,57 b	3,45 a	3,56 b	0,03

Averages in each row with equal letters do not differ statistically (Tukey $p \leq 0,05$).

Table 5. Effect of harvest age on the chemical composition of the grasses under study

Variables	Effect of harvest ages					EEM
	30	45	60	75	90	
Total humidity (%)	66,68 a	72,51 bc	72,92 c	71,73 b	73,40 c	0,23
Dry material (%)	33,87 a	27,77 bc	27,60 c	28,88 b	27,72 bc	0,27
Ash (%)	8,94 b	9,00 b	10,48 d	9,55 c	8,04 a	0,11
Crude Protein (%)	8,21 a	7,66 b	7,90 ab	7,14 b	6,83 c	0,12
Crude fiber (%)	34,99 a	35,40 a	36,84 b	37,88 c	42,90 d	0,16
Ethereal extract (%)	1,69 a	1,65 a	1,81 a	1,30 b	0,97 c	0,05
Gross energy (kcal g ⁻¹)	3,56 a	3,58 a	3,56 a	3,49 a	3,45 a	0,03

Averages in each row with equal letters do not differ statistically (Tukey $p \leq 0,05$).

At 30 days, the protein content reached its highest level at 8,21%. However, as the grasses aged, the protein content declined: 7,66% at 45 days, 7,90% at 60 days, 7,14% at 75 days, and 6,83% at 90 days. This trend aligns with previous studies by Avellaneda *et al.* (2008) root longitude (cm and Khuliso *et al.* (2019), which also observed a decrease in protein content as grass age increased. The decline in protein is attributed to reduced metabolic activity in the grasses during regrowth. Additionally, the ash content during the 60-day period was highly significant ($p < 0,05$) at 10,48%. However, this value gradually decreased to 9,55% at day 75 and 8,04% at day 90 (Table 5).

Continuing, the fiber content exhibits significant differences ($p < 0,05$) across various time points: 90 days (42,90), 75 days (37,88), 60 days (36,84), and 45 days (35,40), as compared to day 30 (34,99) (Table 5). Additionally, the highest content of ether extract ($p < 0,05$) was observed at 60 days (1,81), in contrast to ages 30, 45, 75, and 90 days (1,69, 1,65, 1,30, and 0,97, respectively). In a study by (Arias Hernandez y Delgado Floreano, 2022), the purple Gramalote grass exhibited the highest levels of fiber (37,20%) and ethereal extract (2,96%) at 6 days. Gross energy did not show significant differences ($p > 0,05$), but the highest energy percentage was obtained at 45 days (3,58), followed by 30 days (3,56), 60 days (3,56), 45 days (3,49), and 90 days (3,45) (Table 5). Regarding these variables, authors like Álvarez *et al.* (2015) is an alternative to the demand of grasses for feeding ruminants. four species

of grass Pennisetum (elephant, purple, king grass, maralfalfa and clone Cuba CT-115 suggest that cellular content in forage species is influenced by factors such as temperature, heliophony, relative humidity, and soil microbiota. Agro-environmental conditions can either positively or negatively impact plants and soil microorganisms. If beneficial interactions occur, grasses synthesize relevant amounts of proteins, amino acids, and carbohydrates.

Conclusions

In terms of agronomic characteristics, the Gramalote Morado grass (*A. scoparius*) demonstrated superior performance compared to the Micay grass (*A. micay*) and Gordura grass (*M. minutiflora*). The impact of harvest age significantly influenced the behavior of the evaluated variables. Additionally, the chemical composition of the dry matter exhibited notable changes when compared to the other grasses. These findings suggest that *A. scoparius* is superior to the other species studied.

Bibliographical references

Andrade-Yucailla, V., Fuentes, I., Vargas-Burgos, J. C., Lima-Orozco, R. y Jácome, A. (2016). Alimentación de cuyes en crecimiento-ceba a base de gramíneas tropicales adaptadas a la Región Amazónica. *REDVET. Revista*

- Electrónica de Veterinaria*, 17(1), 1-7. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63646008003.pdf>
- Arias Hernandez, B. R. y Delgado Floreano, L. T. (2022). Tasa de Crecimiento, y Composición Química de los Pastos Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Gramalote Morado (*Axonopus scoparius*) en la Parroquia Guasaganda, del Cantón La Maná. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8650>
- Avellaneda J. H. C., Romero, D. G., Pinargote, E. M., Guerra, I. E., Montañez, O. V. M., Luna, R. M., Zambrano, S. M., Z., Cabezas, F. G., Quintana, J. G. Z. y Vanegas, J. R. (2008). Comportamiento Agronómico y Composición Química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. *Ciencia y Tecnología*, 1(2). <https://doi.org/10.18779/cyt.v1i2.70>
- Barrera Álvarez, A. E., Molina Hidrovo, C. A., Tapia Moreno, E. O., Avellaneda Cevallos, J. H., Casanova Ferrín, L. M. y Peña Galeas, M. M. (2016). Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum* sp. *Ciencia y Tecnología*, 8(2), 13–27. <https://doi.org/10.18779/cyt.v8i2.151>
- Benítez, E., Chamba, H., Sánchez, E., Parra, S., Ochoa, D., Sánchez, J. y Guerrero, R. (2017). Caracterización de pastos naturalizados de la Región Sur Amazónica Ecuatoriana: Potenciales para la alimentación animal. *Bosques Latitud Cero*, 7(2). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/323>
- Giraldo-Cañas, D. (2014). The species of the genus *Axonopus* (*Poaceae: Panicoideae: Paspaleae*) from Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(147), 130-176. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0370-39082014000200002&lng=en&nr m=iso&tlng=en
- León, R., Bonifaz, N. y Gutiérrez, F. (2022). *Pastos y Forrajes del Ecuador. Siembra y Producción de Pasturas*. Editorial Universitaria Abya-Yala. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>
- Huebla Concha, V., Condo Plaza, L. A., Arias Alemán, L., Ulloa Ramones, L. A. y Villareal Villareal, E. (2021). Evaluación productiva del *Axonopus scoparius* a la aplicación de diferentes fertilizantes en el cantón Morona. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 6(9), 1320-1331. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094487>
- Khuliso, R., Mlambo, V., Beyene, S. y Palamuleni, L. (2019). A comparative analysis of the morphology and nutritive value of five South African native grass species grown under controlled conditions. *African Journal of Range and Forage Science*, 36, 67-70. <https://doi.org/10.2989/10220119.2018.1516236>
- Lajús, C. R., Miranda, M., Basso, S. M. S., Carneiro, C. M. y Escosteguy, P. A. V. (2014). Leaf tissues proportion and chemical composition of *Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius* as a function of pig slurry application. *Ciência Rural*, 44(2), 276-282. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000154>
- Luna Murillo, R., Espinoza Coronel, A., Avellaneda Cevallos, J. H., Reyes Pérez, J. J., Luna Murillo, M. V. y Iza Taco, N. (2015). Respuesta agronómica de tres variedades de *Brachiaria* en el cantón El Empalme provincia del Guayas, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 8(2). <https://doi.org/10.18779/cyt.v8i2.147>
- Maderero, D. F. (26 de diciembre de 2019). Pasto imperial—*Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhl. *Forestal Maderero*. <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/pasto-imperial-axonopus-scoparius-flugge-kuhl.html>
- Motta-Delgado, P. A., Ocaña-Martínez, H. E. y Rojas-Vargas, E. P. (2019). Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: Una revisión. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1464
- Murillo I., A., Peralta I., E., Mazón, N., Rodríguez Ortega, D. G. y Pinzón Z., J. (2012). *INIAP-484 Centenario: Variedad de fréjol arbustivo con resistencia múltiple a enfermedades*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/384>
- Ortega Mejía, G. B. (2022). *Evaluación de la producción de gramalote (Axonopus scoparius) con la aplicación de urea y varios niveles de cuyaza en una finca ganadera de la parroquia Sinaí, provincia de Morona Santiago*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo] <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/17537>
- Ortiz Pilacuan, I. R. (2015). *Comportamiento agronómico y composición química del pasto de corte gramalote morado (Axonopus scoparius) en diferentes estados de madurez en el cantón San Lorenzo—Esmeraldas*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo] <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2366>
- Parra, E. R. C., Alemán, L. A., Concha, V. H. H., Ramos, M. M. F. y Mejía, G. B. O. (2023). Analysis of the Productive Behavior of Gramalote (*Axonopus Scoparius*) Subjected to Three Levels of Organic Plus Chemical Fertilization. *Journal of Namibian Studies : History Politics Culture*, 33, 4018-4039. <https://doi.org/10.59670/jns.v33i.1084>
- Saha, S., Mandal, M., Sensarma, S., Bhattacharyya, S., Pradhan, D. K. y Maity, D. (2024). A Taxonomic Revision of *Axonopus* P. Beauv. (*Poaceae: Panicoideae*) in India. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*, 31(1). 57–71. <https://doi.org/10.3329/bjpt.v31i1.74389>

- Vacacela Ajila, W., Guzmán Ordóñez, L., Rey Valeirón, C., Delgado Fernández, E., Benítez Gonzales, E., Chamba Ochoa, H., Ortega Rojas, R. y Ramírez Robles, J. (2023). Composición química y revisión de las propiedades acaricidas de los aceites esenciales de *Melinis minutifloray Lantana camara*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, 22(4), 488–499 <https://doi.org/10.37360/blacpma.23.22.4.36>
- Valles de la Mora, B., Castillo Gallegos, E., Bernal Barragán, H., Valles de la Mora, B., Castillo Gallegos, E. y Bernal Barragán, H. (2016). Yield, and ruminal dry matter and energy degradability of ten tropical grasses harvested at four ages. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(2), 141-158. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242016000200141&lng=pt&nrm=iso&tlng=en
- Velasco, L., Condolo, L., Vaca, M. y Santos, C. (2023). Nutritional Contribution of Cultivated Pastures in the Eastern Part of Ecuador. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 10(3S). <https://sifisheriessciences.com/journal/index.php/journal/article/view/26>



Diagnóstico del uso del fuego en actividades agrícolas en el sitio Estancia Vieja, cantón Portoviejo, Manabí, Ecuador

Diagnostic of the use of fire in agricultural activities at the Estancia Vieja site, Portoviejo canton, Manabí, Ecuador

Vielka Monserrate Quijije Briones¹, Marcos Pedro Ramos Rodríguez¹, Daniel Gustavo Villavicencio Valdez¹,
Tayron Ornar Manrique Toala¹

¹Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

Autor de correspondencia: marcos.ramos@unesum.edu.ec

Recibido: 14/02/2024. Aceptado: 05/09/2024
Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

El uso del fuego por parte de los agricultores ha sido por décadas una práctica común a nivel mundial. El objetivo de este trabajo fue diagnosticar el uso del fuego en actividades agrícolas en el sitio Estancia Vieja, cantón Portoviejo, Manabí, Ecuador. Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño no experimental transversal de tipo descriptivo. El tamaño de la muestra se calculó con el software Decision Analyst STATSTM 2.0. La información se obtuvo aplicando un cuestionario semiestructurado a 123 productores agrícolas. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS (Versión 22.0). Los focos de calor para el contraste con los meses en que más se usa el fuego fueron obtenidos de Fire Information for Resource Management System. En la localidad, el uso del fuego en las actividades agrícolas es común, fundamentalmente para limpieza de terrenos destinados a la implementación de cultivos agrícolas. Los encuestados mostraron tener conocimientos sobre horas y meses en que deben quemar para obtener el objetivo de eliminar la mayor cantidad de residuos de cultivos y malezas, así como sobre la forma de quemar dichos combustibles en dependencia de la cantidad existente de los mismos y sobre las medidas de prevención que observan antes de quemar. Estas informaciones fundamentan la toma de decisiones en el ámbito del manejo integral del fuego. Se sugiere desarrollar investigaciones similares en otras localidades, pero considerando la relación del uso del fuego con condiciones meteorológicas, comportamiento del fuego y sus efectos sobre el medio ambiente.

Palabras clave: focos de calor, incendios forestales, manejo del fuego, quemas agropecuarias.

Abstract

The use of fire by farmers has been a common practice worldwide for decades. The objective of this work was to diagnose the use of fire in agricultural activities at the Estancia Vieja site, Portoviejo canton, Manabí, Ecuador. For the development of the research, a non-experimental, descriptive, cross-sectional design was used. The sample size was calculated with the Decision Analyst STATSTM 2.0 software. The information was obtained by applying a semi-structured questionnaire to 123 agricultural producers. The statistical analysis was performed with the SPSS program (Version 22.0). The hot spots for contrast with the months in which fire is most used were obtained from the Fire Information for Resource Management System. In the locality, the use of fire in agricultural activities is common, mainly for clearing land destined for the implementation of agricultural crops. The respondents showed that they have knowledge about the hours and months in which they should burn in order to achieve the objective of eliminating the greatest amount of crop residues and weeds, as well as about the way to burn these fuels depending on the existing quantity of them and about the prevention measures they observe before burning. This information supports decision-making in the field of integrated fire management. It is suggested that similar research be carried out in other localities but considering the relationship of the use of fire with meteorological conditions, fire behavior and its effects on the environment.

Keywords: hotspots, forest fires, fire management, agricultural burning.

Introducción

Los humanos y sus ancestros son únicos por ser una especie que produce fuego, pero los incendios “naturales”, es decir, independientes de los humanos, tienen una historia geológica antigua en la Tierra. Los incendios naturales han influido en la evolución biológica y los ciclos biogeoquímicos globales, haciendo que el fuego sea parte integral del funcionamiento de algunos biomas (Bowman *et al.*, 2011). El fuego de la naturaleza ha existido desde que las plantas colonizaron los continentes hace unos 420 millones de años. El fuego antropogénico ha existido de alguna forma durante la mayor parte del Pleistoceno, probablemente 2 millones de años o más, aunque se convirtió en una presencia planetaria creciente durante todo el Holoceno, los últimos 10000 años. Durante el último siglo la Tierra tuvo demasiado fuego malo, muy poco fuego bueno y demasiada combustión en general. No fue simplemente la relación indirecta del fuego con el clima lo que se trastornó: se trastornó toda la presencia del fuego en la Tierra. La suma de las prácticas de la humanidad en materia de incendios ha superado la disposición existente de obstáculos y barreras ecológicas. El fuego está creando las condiciones para más incendios. Las excesivas quemaduras están impulsando a la Tierra hacia una era del fuego, el Piroceno (Pyne, 2021).

Los pueblos indígenas y tradicionales de todo el mundo han utilizado el fuego para manipular su entorno durante miles de años. Estas prácticas de larga data aún continúan y tienen una importancia considerable para los administradores de tierras de la actualidad (Raish *et al.*, 2005). Los practicantes tradicionales del fuego en todo el mundo utilizan elementos comunes del conocimiento sobre el fuego. La longevidad de los conocimientos y prácticas tradicionales sobre incendios enfrenta serias amenazas precisamente en el momento en que el cambio climático promete interrupciones en la actividad de los incendios que serán problemáticas tanto para las sociedades indígenas como para las no indígenas (Huffman, 2013). El conocimiento histórico que se tiene de las quemaduras por parte de los pueblos originarios contribuye a entender el papel que cumple el fuego en ecosistemas naturales tropicales y templados (Huertas-Herrera *et al.*, 2019), dado que este elemento es un componente esencial de los ecosistemas que garantizan la sostenibilidad de sus procesos y comunidades (Aponte *et al.*, 2016). Se espera que los impactos variables del cambio climático redefinan la eficacia del uso del fuego como herramienta (Russell *et al.*, 2024).

En Ecuador existe una alta propensión a la ocurrencia de incendios forestales debido a sus condiciones climáticas y ecosistémicas propias de la zona tropical, ocasionalmente producto de la negligencia en las prácticas productivas (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina [CONDESAN], 2023). También en otras partes del mundo el uso del fuego en la agricultura se reconoce como una de las causas de los incendios forestales. Tal como ocurre en México (Martínez Torres y Pérez Salicrup, 2018); en el área

de reasentamiento de Chakari, Kadoma, Zimbabwe, donde las principales causas humanas de los incendios forestales son la quema de residuos de cultivos y preparación de la tierra, así como la quema de los alrededores de las granjas para mejorar la visibilidad (Chinamira *et al.*, 2016); o en Sumatra y Kalimantan lugares donde las aldeas con mayor probabilidad de sufrir incendios tienden a ser más remotas, estar considerablemente menos desarrolladas y tener un historial de uso del fuego para la agricultura (Edwards *et al.*, 2020).

El uso del fuego es una práctica alternativa en las zonas rurales, ya que es una técnica eficiente y de bajo costo desde el punto de vista de los productores (Manrique Toala y Ramos Rodríguez, 2022a), siendo el maíz (*Zea mays* L.) uno de los cultivos más importantes para la alimentación de los ecuatorianos ya que su producción provee la materia prima para la agroindustria y la alimentación humana (Vera Aviles *et al.*, 2023). El problema es que a veces el fuego se sale de control, iniciándose así una cantidad considerable de incendios forestales, los cuales de acuerdo con Souza-Alonso *et al.* (2022), son responsables de una pérdida sustancial de los servicios de los ecosistemas forestales en todo el mundo y representan una de las principales fuerzas impulsoras de la degradación de los bosques en América Latina y el Caribe. Según Faúndez Pinilla *et al.* (2023), el patrimonio natural y los procesos ecológicos que albergan las áreas silvestres protegidas se ven constantemente amenazadas por los incendios forestales.

Las costumbres ancestrales relacionadas con el uso del fuego no se pueden eliminar solo con su prohibición. En lugares donde se ha hecho esto, no se han obtenido buenos resultados. Entonces, es importante concientizar a la población en general y muy en particular a las poblaciones del bosque y sus colindancias (Ramos *et al.*, 2018).

Los incendios forestales son modificadores clave de los ecosistemas que afectan los atributos biológicos, químicos y físicos de los suelos forestales (Agbeshie *et al.*, 2022). La profundidad de suelo afectada, así como la magnitud de los cambios, dependen de la intensidad del fuego y de los umbrales de temperatura de sus componentes orgánicos y minerales. La característica física del suelo más afectada por el fuego es la estructura u organización de agregados. Asimismo, en los suelos quemados se verifican incrementos de la hidrofobicidad. Ambos efectos modifican, a su vez, las propiedades hídricas de los suelos, disminuyendo la infiltración e incrementando los riesgos de erosión (Minervini *et al.*, 2018). No obstante, durante quemaduras experimentales en Portugal se obtuvo que la erosión posterior tanto a incendios como a quemaduras controladas fue menor que la causada por algunas otras formas comunes de alteración del suelo, por ejemplo, tipos de labranza, e incluso la de los matorrales no perturbados en áreas de baja precipitación de la región (Shakesby *et al.*, 2015). Las quemaduras prescritas constituyen claramente una perturbación sobre el medio ambiente (positiva, neutra o negativa según

la propiedad del suelo estudiada), pero la mayoría de los estudios reportan una buena recuperación y sus efectos podrían ser menos pronunciados que los de los incendios forestales debido al limitado calentamiento del suelo y a la menor intensidad y severidad del fuego (Alcañiz *et al.*, 2018). Durante una quema experimental con diferentes patrones de ignición en el páramo andino en el sur de Ecuador, Carrión-Paladines *et al.* (2023), obtuvieron que la baja severidad de las quemas experimentales no afectó las propiedades físico-químicas de los suelos y por lo tanto, la calidad del suelo no se vio alterada. Por otra parte Wanchuk *et al.* (2024), sugieren que el fuego aumenta la concentración mineral del forraje de los pastizales, por lo que la quema prescrita tiene el potencial de reducir los costos de suplementación mineral y mejorar el rendimiento de las vacas.

Considerando la problemática descrita anteriormente este trabajo tuvo como objetivo diagnosticar el uso del fuego en actividades agrícolas en el sitio Estancia Vieja, cantón Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Materiales y métodos

Caracterización del Área de Estudio

El sitio Estancia Vieja pertenece a la parroquia Colón, una de las nueve parroquias rurales que tiene el cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador, y está ubicada al sur-oeste de la ciudad (Figura 1). El cantón Portoviejo tiene una extensión de 957,74 km² que representa el 5% del área total de la provincia de Manabí, limitando al norte con los cantones Rocafuerte, Sucre, Junín y Bolívar, al sur con el cantón Santa Ana, al este con los cantones Pichincha y Santa Ana y al oeste con los cantones Montecristi y Jaramijó.

De acuerdo con CLIMATE-DATA.ORG (2021) el clima de Portoviejo según la clasificación climática de Köppen y Geiger es Aw (tropical de sabana) con una altitud de 41 m. La temperatura media anual es de 24,0 °C con una precipitación promedio anual de 1109,0 mm en el periodo de 1991-2021. El mes más seco es agosto con 16,0 mm seguido de octubre con 21,0 mm. La mayor parte de la precipitación cae en febrero, promediando 264,0 mm (Figura 2). La precipitación varía 248,0 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo.

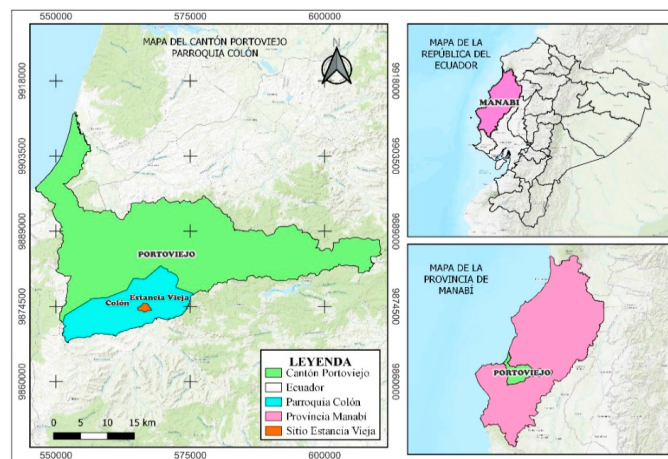


Figura 1. Ubicación del área de estudio

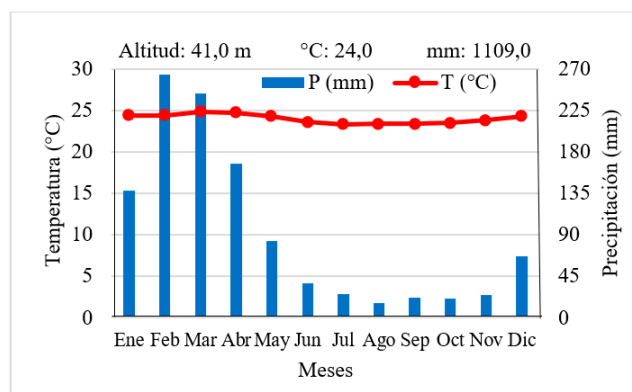


Figura 2. Climograma del cantón Portoviejo (1991-2021)

Fuente: Modificado de CLIMATE-DATA.ORG (2021)

Recolección y análisis de los datos

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño experimental transversal de tipo descriptivo. La población de referencia fueron 675 productores agrícolas que viven o trabajan la tierra en el sitio Estancia Vieja, con edades entre 25 y 74 años, edades en las que según Ramos-Rodríguez *et al.* (2022), las personas tienen mayor conocimiento sobre el tema de la investigación y posibilidades de completar el cuestionario. El tamaño de la muestra se calculó con el software *Decision Analyst* STATSTM 2.0 utilizando una desviación estándar de la población de 0,5; un valor de Z del 95% de confianza y un valor de error muestral del 8% (0,08) con lo que se obtuvo un valor de 123 productores a encuestar.

Para la recolección de los datos se aplicó un cuestionario semiestructurado con preguntas abiertas y cerradas en el que se incluyeron preguntas sobre: a) Características de los encuestados, b) Usos tradicionales del fuego en el área, y c) Conocimientos sobre técnicas para realizar las quemas y efectos del fuego, siguiendo a autores como Bonfim *et al.* (2003); de Assunção *et al.* (2017); Ramos-Rodríguez *et al.* (2021, 2022) y Manrique-Toala *et al.* (2022b).

Con todas las preguntas del cuestionario se elaboró una base de datos con ayuda de la hoja de cálculo Microsoft Excel. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS *Statistics for Windows* (Versión 22.0) (IBM Corp., 2013). Las frecuencias obtenidas en los resultados son referentes a las variables del cuestionario, donde a veces una misma persona podía seleccionar más de una opción, por lo que los porcentajes no están calculados siempre en base a 123 encuestados. Para el análisis de la relación entre variables se utilizaron tablas de contingencia expresándose la misma con la prueba estadística no paramétrica de Chi cuadrado. Se consideró un nivel de significancia de 0,05 ($p=0,05$).

Para el caso de las características asociadas a los usos del fuego, a los conocimientos ancestrales sobre las técnicas para llevar a cabo las quemas y los efectos del fuego, así como la capacitación se calculó el nivel de fidelidad de la información (LIF) y el factor de consenso entre informantes (ICF) a través de las Ecuaciones 1 y 2 (Díaz *et al.*, 2023).

$$LIF = \frac{I_p}{I_u} * 100 \quad (1)$$

Donde I_p es el número de informantes que indican una característica relacionada con el uso del fuego e I_u es el número de informantes que indican todas las características relacionadas con el uso del fuego. El valor alto de la LIF confirma que se utiliza mucho una característica del uso del fuego, mientras que el valor bajo de la LIF confirma una baja frecuencia de la característica del uso del fuego. El LIF refleja el grado de preferencia de una característica particular del uso del fuego sobre otras.

$$ICF = \frac{N_t - N_{ur}}{N_t - 1} \quad (2)$$

Donde N_t es el número de informantes encuestados y N_{ur} es el número de informantes que indicaron el uso principal que le están dando al fuego. Los resultados de la ICF varían de 0 a 1, donde valores bajos (cerca de 0) muestran que una característica del uso del fuego es común y hay intercambio de información (o hay consenso entre los informantes). Cuando se obtienen valores altos (cerca de 1), muestran que una característica del uso del fuego se realiza al azar o no hay intercambio de información (no hay consenso) sobre su uso entre los informantes.

Los datos sobre los meses en que más se usa el fuego en Estancia Vieja fueron contrastados con los focos de calor mensuales registrados durante el periodo 2013-2022 según datos obtenidos de *Fire Information for Resource Management System* (NASA, 2023), a partir de consultas para todo Ecuador. Se consideró la información del instrumento *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) ubicado en los satélites Terra y Aqua desde 1999 y 2002, respectivamente. Posteriormente, a través de técnicas de geoprocésamiento utilizando el software QGIS 3.16, se recortó la parroquia Colón, a la cual pertenece el sitio Estancia Vieja. Se generaron 12 mapas correspondientes a cada uno de los meses del año.

Resultados

Características de los encuestados

En esta investigación participaron 123 personas, 34 de ellas (27,6%) del sexo femenino y 89 (72,4%) del sexo masculino. El 63,4% tenía edades entre 45 a 64 años. Todos los encuestados afirmaron que trabajan la tierra de forma manual y que utilizan fertilizantes químicos. Los cultivos más mencionados fueron maíz (*Zea mays* L.) y maní (*Arachis hypogaea* L.) con frecuencias relativas de 39,9 y 30,8%, respectivamente. También mencionaron al plátano (*Musa* sp.) y al cacao (*Theobroma cacao* L.). Además de la agricultura, realizan otras actividades económicas tales como crianza de animales y ganadería, así como venta de comida y de abarrotes. El 71,5% de las personas que participaron en el estudio recibe una renta familiar mensual menor a 450,00 USD y el 28,8% entre 451,00 y 900,00 USD. En el 95,9% de los casos el número de personas que integran las familias es menor a 5 y el resto, entre 6 y 10 personas.

Usos tradicionales del fuego en el sitio Estancia Vieja

En el sitio Estancia Vieja el fuego se usa con diferentes finalidades, siendo la más importante la limpieza de terrenos para sembrar o plantar cultivos agrícolas (44,9%) principalmente *Zea mays* L. y *Arachis hypogaea* L., mientras que entre los beneficios de usar el fuego mencionaron con

mayor frecuencia ahorrar recursos financieros y materiales (39,3%), seguido de ahorrar tiempo (26,35%). Con respecto a si conocen alguna alternativa para no usar el fuego, solo el 17,1% respondió afirmativamente, mencionando entre ellas usar maquinaria, elaborar compost con los residuos y utilizarlos para alimento del ganado (Tabla 1).

Conocimientos sobre técnicas para realizar las quemas y efectos del fuego

El 100,0% de los encuestados manifestaron que el uso del fuego en el sitio es común y que lo utilizan en sus actividades de trabajo, así como que no queman en fechas específicas, mientras que el 98,4% dijo no hacerlo tampoco en una fase específica de la luna. El 1,6% respondió que queman cuando

hay luna llena o menguante, porque para ellos son las fases lunares en las que se debe hacer limpieza a los terrenos destinados para las siembras de cultivos agrícolas.

Los agricultores encuestados en el sitio Estancia Vieja prefieren quemar principalmente durante los meses de noviembre (52,3%) y octubre (26,8%) (Tabla 2), lo cual concuerda con la distribución mensual de los focos de calor en la parroquia Colón durante el periodo 2013-2022 (Figura 3) excepto para el caso del mes de mayo en el que se observa gran cantidad de focos de calor, aunque todos corresponden al año 2021. Según personal del cuerpo de Bomberos de Portoviejo, esto puede deberse al uso del fuego luego de la pandemia del COVID-19 la cual impidió hacerlo durante los últimos meses del año.

Tabla 1. Frecuencias absolutas y relativas de la finalidad del uso del fuego, sus beneficios y conocimiento sobre alternativas a esta práctica

Variables	Características	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Finalidad uso del fuego	Limpieza de terrenos para sembrar o plantar cultivos agrícolas	174	64,0
	Eliminar vegetación a orillas de las carreteras	49	18,0
	Quema de pastos (potreros)	17	6,3
	Hacer carbón	17	6,3
	Limpieza de terrenos para sembrar o plantar cultivos forestales	15	5,4
Total		272	100,0
Beneficios uso del fuego	Ahorrar recursos financieros y materiales	103	39,3
	Ahorrar tiempo	69	26,3
	Aumentar o mejorar la cosecha de determinados cultivos agrícolas	62	23,7
	Lograr que el pasto se renueve	15	5,7
	Eliminar garrapatas e insectos que molestan al ganado	13	5,0
Total		262	100,0
Conocimiento de alternativas para no usar el fuego	No sé	53	43,1
	No	49	39,8
	Sí	21	17,1
Total		123	100,0

Tabla 2. Frecuencia absoluta y relativa de los meses en que se usa el fuego

Variable	Características	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Meses en que se usa el fuego	Agosto	7	4,6
	Septiembre	5	3,3
	Octubre	41	26,8
	Noviembre	80	52,3
	Diciembre	20	13,1
Total		153	100,0

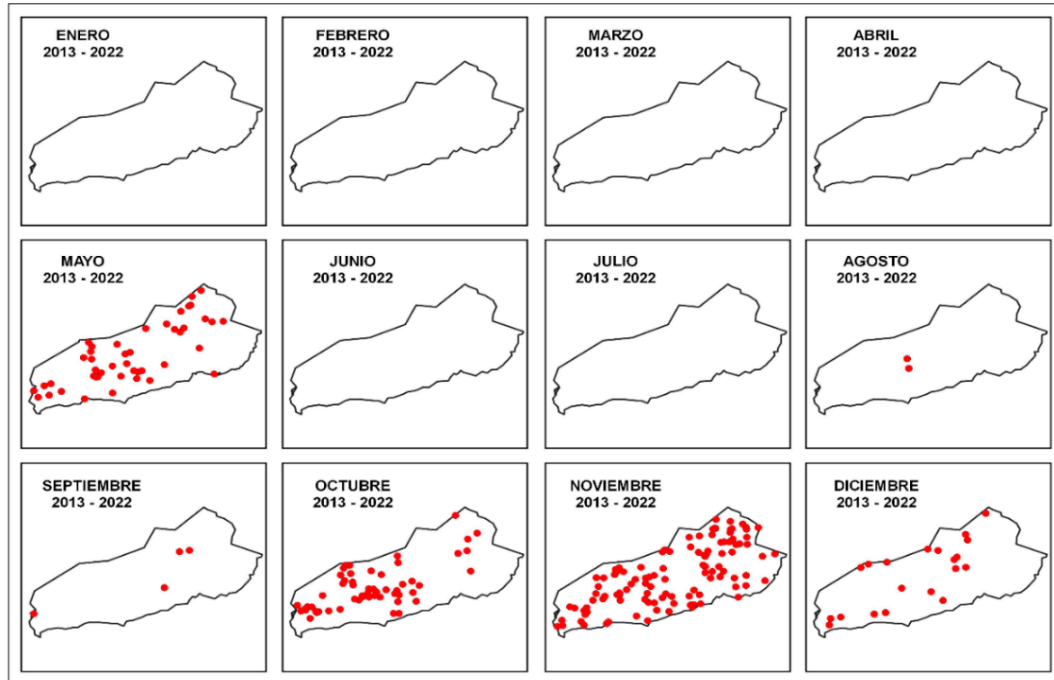


Figura 3. Mapas de focos de calor de la parroquia Colón (2013-2022)

Tabla 3. Contingencia entre área promedio que queman y si lo hacen solos o acompañados

Área promedio que queman	Queman solos			Total n (%)
	Siempre n (%)	Nunca n (%)	A veces n (%)	
< 1 ha	2 (28,6)	12 (10,7)	1 (25,0)	15 (12,2)
1,1 a 3 ha	4 (57,1)	32 (28,6)	2 (50,0)	38 (30,9)
3,1 a 6 ha	1 (14,3)	44 (39,3)	0 (0,0)	45 (36,6)
6,1 a 10 ha	0 (0,0)	19 (17,0)	1 (25,0)	20 (16,3)
> 10 ha	0 (0,0)	5 (4,5)	0 (0,0)	5 (4,1)
Total	7 (100,0)	112 (100,0)	4 (100,0)	123 (100,0)

Nota: n es el recuento; % dentro de la variable área promedio que queman.

En cuanto a las horas que prefieren quemar, el 58,5% de los productores encuestados señalaron que lo hacen durante las horas de la mañana “porque no hay mucho sol que pueda provocar los incendios”, el otro 35,0% manifestó que en horas de la tarde “ya que hay más viento lo cual facilita el avance del fuego”, mientras que el 6,5% prefiere quemar al mediodía “por costumbre”. Con relación a la frecuencia del uso del fuego el 88,6% de los encuestados afirmaron que queman todos los años y el 11,4% cada dos años. La mayoría expresó que queman siempre en los mismos lugares (61,8%).

Con respecto al área que queman, el 67,7% de personas encuestadas dijeron que como promedio queman entre 1,0 y 6,0 ha, manifestando la mayoría (91,1%) que nunca lo hacen solos, siendo acompañados como promedio por tres personas. El 85,7% de los que queman solos, queman menos de 3 ha

(Tabla 3). La prueba de Chi cuadrado demostró que no existe asociación estadísticamente significativa entre las variables área promedio que queman y si queman solos ($\chi^2(8) = 8,997$; $p = 0,343$).

Las principales formas de quemar el combustible en la localidad objeto de estudio es apilado en hileras (39,0%) y dispersos en toda el área (36,6%), mientras que el resto lo hace en pilas distribuidas por toda el área a limpiar. La mayoría de las personas que participaron en la investigación ejecutan las quemas a favor del viento (60,3%) y a favor de la pendiente (39,7%); teniendo en cuenta como principales medidas de prevención la observación y dirección del viento (28,1%) y la construcción de brechas alrededor del área a quemar (26,5%) (Tabla 4).

Tabla 4. Frecuencias absolutas y relativas de la forma en que se quema el combustible, dirección en que hacen las quemas y medidas de prevención para usar el fuego

Variables	Características	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Forma en que se quema el combustible	Apilado en hileras	48	39,0
	Disperso en toda el área	45	36,6
	En pilas dispersas por el área	30	24,4
Total		123	100,0
Dirección que se hace la quema	A favor del viento	123	60,3
	A favor de la pendiente	81	39,7
Total		204	100,0
Medidas de prevención para usar el fuego	Observar la velocidad y dirección del viento	123	28,1
	Construir brechas alrededor del área a quemar	116	26,5
	Observar la pendiente del terreno	81	18,5
	Analizar el tiempo	65	14,8
	Avisar a los vecinos	52	11,9
	Avisar a las autoridades	1	0,2
Total		438	100,0

El 66,7% de los encuestados respondió que su área de trabajo sí ha sido afectada por el fuego que viene de las colindancias, expresando el 61,0% de las personas que a ellos sí se les ha escapado el fuego de su área de trabajo a los terrenos vecinos.

Para combatir el fuego que se ha escapado o se ha ido de control el 32,8% de los encuestados afirmaron llamar a los familiares y amigos, seguido por el 25,5% que llaman a los vecinos. La técnica más utilizada para el combate es la construcción de brechas de 3 a 4 metros de ancho alrededor del área a quemar (55,2%). Las herramientas más utilizadas son machetes (33,9%) y rastrillos (32,2%). Mientras que los equipos de protección más usados son las botas (32,5%) y las camisas de mangas largas (31,7%) (Tabla 5).

El conocimiento de los encuestados con respecto a los efectos causados por el fuego sobre el suelo y el medio ambiente en general se puede calificar de bajo. Expresaron no saber si el fuego causa efectos sobre el suelo el 50,4% y sobre el medio ambiente el 49,6%, respondiendo que no saben, varios de ellos. No obstante, el 32,5% y el 43,0% dijeron que el fuego causa efectos al suelo y al medio ambiente, respectivamente, mencionando entre estos efectos la eliminación de nutrientes,

la disminución de la materia orgánica y la destrucción de la capa de ozono. Según la prueba de Chi cuadrado existe asociación estadísticamente significativa entre las variables efectos del fuego sobre el suelo y sobre el medio ambiente ($\chi^2(4) = 98,009$; $p = 2,610 \times 10^{-20}$) (Tabla 6).

Los productores encuestados manifestaron que el conocimiento que tienen sobre el uso del fuego proviene de sus abuelos (65,0%) y padres (25,2%). El 90,2% dijo no haber recibido ninguna capacitación sobre el uso del fuego y los incendios forestales. Aunque indicaron que han recibido información sobre estos temas a través de medios tales como televisión, radio, familiares y amigos, periódicos y funcionarios gubernamentales, mencionados 60, 43, 24, 7 y 3 veces, respectivamente.

Tabla 5. Frecuencias absolutas y relativas de las personas llamadas para el combate de incendios, técnicas, equipamientos y equipos de protección

Variables	Características	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Personas llamadas para el combate de incendios	Familiares	67	32,8
	Amigos	67	32,8
	Vecinos	52	25,5
	Bomberos	13	6,4
	A nadie	2	1,0
	ECU 911	2	1,0
	Dejar que se apague solo	1	0,5
Total		204	100,0
Técnicas de combate	Construcción de brechas	116	55,2
	Uso de ramas	48	22,9
	Uso de tierra	33	15,7
	Uso de agua	13	6,2
Total		210	100,0
Herramientas o medios utilizados para el combate	Machetes	122	33,9
	Rastrillos	116	32,2
	Ramas de árboles	48	13,3
	Otros	41	11,4
	Palas	33	9,2
Total		360	100,0
Equipos de protección	Otros	123	32,8
	Botas	122	32,5
	Camisas de manga larga	119	31,7
	Gafas	7	1,9
	Ropa de algodón	4	1,1
Total		375	100,0

Tabla 6. Contingencia entre efectos del fuego sobre suelo y sobre el medio ambiente

Efectos del fuego sobre el suelo	Efectos del fuego sobre el medio ambiente			Total n (%)
	Sí n (%)	No n (%)	No sé n (%)	
Sí	35 (66,0)	2 (22,2)	3 (4,9)	40 (32,5)
No	15 (28,3)	5 (55,6)	1 (1,6)	21 (17,1)
No sé	3 (5,7)	2 (22,2)	57 (93,4)	62 (50,4)
Total	53 (100,0)	9 (100,0)	61 (100,0)	123 (100,0)

Nota: n es el recuento; % dentro de la variable independiente efectos del suelo.

Nivel de fidelidad de la información (LIF) y factor de consenso entre informantes (ICF)

Los resultados de los índices LIF y ICF de la información recolectada para las preguntas con respuestas afirmativas (sí) o negativas (no) (Tabla 7) indican que todos los encuestados del sitio Estancia Vieja usan el fuego en sus áreas de trabajo (LIF 100,0%) existiendo un alto consenso entre ellos (ICF 0,0). Resultado similar se obtuvo respecto a que no queman en fechas ni en fase específicas de la luna (LIF 100,0%; ICF 0,0) y (LIF 98,4%; ICF 0,0), respectivamente.

La mayoría de los encuestados dijo que sus áreas de trabajo han sido afectadas por fuegos que viene de afuera del área de trabajo existiendo consenso entre ellos (LIF 66,7%; ICF 0,3). Resultado similar se obtuvo con relación a si el fuego se les ha escapado de su área de trabajo (LIF 61,0%; ICF 0,4). Respecto a la capacitación sobre el uso del fuego la mayoría de los informantes respondió negativamente existiendo un alto consenso entre ellos (LIF 90,2%; ICF 0,1).

La mayoría de los informantes en el sitio Estancia Vieja prefieren usar el fuego para limpieza de terrenos para sembrar o plantar cultivos agrícolas (LIF 64,0%) existiendo consenso entre ellos respecto a que esta característica es común (ICF 0,3). Además, la característica más frecuente respecto a los

beneficios del uso del fuego es ahorrar recursos financieros y materiales (LIF 39,3%) aunque no existe un alto consenso entre ellos (ICF 0,6). Así mismo, se destaca que el fuego se utiliza mayormente en el mes de noviembre (LIF 52,3%) con un grado medio de consenso entre los informantes (ICF 0,5), prefiriendo las horas de la mañana (LIF 58,5%) obteniéndose que existe bastante consenso al respecto de esta característica (ICF 0,4). Existió una alta preferencia en cuanto a que queman todos los años (LIF 88,6%) sobre lo cual existe un alto consenso (ICF 0,1), similar a lo obtenido para la característica no lo hacen solos (LIF 91,1%; ICF 0,1), quemando en mayor medida el combustible apilado en hileras (LIF 39,0%) para lo cual el consenso fue bajo (ICF 0,6). Gran parte de los agricultores indicaron que ejecutan las quemas a favor del viento (LIF 60,3%) mostrando un consenso alto (ICF 0,4), tomando como medidas preventivas a la observación de la velocidad y dirección del mismo (LIF 28,1%) para lo cual el consenso fue bajo (ICF 0,7) ocurriendo algo similar para la característica construcción de brechas alrededor del área a quemar (LIF 26,5%; ICF 0,7) (Tabla 8).

Tabla 7. Nivel de fidelidad de la información (LIF) y factor de consenso entre informantes (ICF) para las características del uso del fuego en actividades agrícolas en el sitio Estancia Vieja

Características	(Sí)		(No)	
	LIF (%)	ICF	LIF (%)	ICF
¿Utiliza usted el fuego en su área de trabajo?	100,0	0,0	0,0	1,0
¿Quema usted en una fecha específica?	0,0	1,0	100,0	0,0
¿Quema usted en una fase específica de la luna?	1,6	1,0	98,4	0,0
¿Alguna vez su área de trabajo ha sido afectada por fuego que viene de afuera de la misma?	66,7	0,3	33,3	0,7
¿Alguna vez se ha escapado el fuego del área que estaba previsto quemar?	61,0	0,4	39,0	0,6
¿Ha recibido usted capacitación sobre el uso del fuego en la agricultura o los incendios forestales?	9,8	0,9	90,2	0,1

Tabla 8. Nivel de fidelidad de la información (LIF) y factor de consenso entre informantes (ICF) para características de las variables usos tradicionales del fuego, y técnicas y medidas de prevención para llevar a cabo las quemas

Variables	Preguntas	Características	LIF (%)	ICF
Usos tradicionales del fuego	¿Cuáles son las finalidades del uso del fuego?	Limpieza de terrenos para sembrar o plantar cultivos agrícolas	64,0	0,3
		Eliminar vegetación a orillas de las carreteras	18,0	0,8
		Quema de pastos	6,3	0,9
		Hacer carbón	6,3	0,9
		Limpieza de terrenos para sembrar o plantar cultivos forestales	5,5	1,0
	¿Qué beneficios le reporta utilizar el fuego?	Ahorrar recursos financieros y materiales	39,3	0,6
		Ahorrar tiempo	26,3	0,7
		Aumentar o mejorar la cosecha de determinados cultivos agrícolas	23,7	0,8
		Lograr que el pasto se renueve	5,7	1,0
		Eliminar garrapatas e insectos que molestan al ganado	5,0	1,0
	¿En qué meses se usa más el fuego en la localidad?	Noviembre	52,3	0,5
		Octubre	26,8	0,7
		Diciembre	13,1	0,9
		Agosto	4,6	1,0
		Septiembre	3,3	1,0
	¿A qué horas usted prefiere quemar?	En horas de la mañana	58,5	0,4
		En horas de la tarde	35,0	0,7
		Al medio día (11:00 – 13:00)	6,5	0,9
	¿Con qué frecuencia usted usa el fuego?	Todos los años	88,6	0,1
		Cada dos años	11,4	0,9
Técnicas y medidas de prevención para llevar a cabo las quemas	¿Usted quema solo?	Nunca	91,1	0,1
		Siempre	5,7	1,0
		A veces	3,3	1,0
	¿Cuál es la forma más frecuente en la que usted hace la quema?	Material combustible apilado en hileras	39,0	0,6
		Material combustible disperso en el área	36,6	0,6
		Pilas dispersas por el área	24,4	0,8
	¿En qué dirección usted hace la quema?	A favor del viento	60,3	0,4
		A favor de la pendiente	39,7	0,6
	¿Qué medidas preventivas adopta usted antes de usar el fuego?	Observar la velocidad y dirección del viento	28,1	0,7
		Construir brechas alrededor del área a quemar	26,5	0,7
		Observar la pendiente del terreno	18,5	0,8
		Analizar el tiempo	14,8	0,9
		Avisar a los vecinos	11,9	0,9
		Avisar a las autoridades	0,2	1,0

Discusión

Los practicantes de la quema cultural utilizan el fuego controlado de severidad mixta para administrar activamente las especies, los hábitats y los paisajes por numerosas razones culturales (Russell *et al.*, 2024). Uno de los resultados del diagnóstico realizado en esta investigación es que la principal finalidad del uso del fuego por parte de los agricultores es para limpieza de terrenos para sembrar o plantar cultivos agrícolas, lo cual concuerda con resultados reportados para localidades de la provincia de Manabí, Ecuador, por Ramos-Rodríguez *et al.* (2021) en la parroquia Ayacucho, cantón Santa Ana; Manrique-Toala *et al.* (2022a), en la comuna Sancán y la parroquia Membrillal, cantón Jipijapa; y Ramos-Rodríguez *et al.* (2022) en la parroquia Convento, cantón Chone. Resultados similares para Brasil reportaron Bonfim *et al.* (2003) en el Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Mato Grosso, donde el uso del fuego con fines agrícolas (69,1%), como el desmonte de terrenos para la siembra de cultivos, es el principal objetivo de utilización de esta técnica en la región; y de Assunção *et al.* (2017), para el asentamiento Vale Verde, Gurupi, Tocantins, localidad donde merecen destaque la quema para la renovación de pastos y para la preparación de la tierra para los cultivos.

Cabe mencionar que, en Ecuador, según Carrión-Paladines *et al.* (2024), las prácticas de preparación de la tierra que conducen a incendios forestales varían entre las regiones naturales. En las regiones costeras, la deforestación y la quema de vegetación son prominentes (Alhajuella: 24,1%; Simón Bolívar: 73,5%), seguidas de la quema tradicional (Alhajuella: 8,2%; Simón Bolívar: 9,3%) y la quema agrícola, incluidos los residuos de cultivos (Alhajuella: 7,0%; Simón Bolívar: 10,0%). En la Sierra, la deforestación y la quema de vegetación tienen porcentajes bajos (Susodel: 5,9%; San Miguel: 15,6%), mientras que en la Amazonía representan el 33,9%.

Los registros históricos a nivel mundial no dejan lugar a dudas de que los pueblos primitivos de caza y recolección, así como los antiguos granjeros y pastores, por varias razones, incendiaron frecuente e intencionalmente a casi toda la vegetación que se pudiera quemar a su alrededor (Stewart, 2014). El uso del fuego en la agricultura, la ganadería y la silvicultura tradicionales es de gran importancia para los agricultores de los países en desarrollo, donde esta práctica se considera continuamente la principal causa de los incendios forestales. Este es el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM), México, donde paradójicamente se sabe poco sobre los usos tradicionales del fuego por parte de los habitantes (Martínez-Torres *et al.*, 2016). El fuego ha sido una fuente de biodiversidad global durante millones de años. Sin embargo, las interacciones con factores antropogénicos como el cambio climático, el uso de la tierra y las especies invasoras están cambiando la naturaleza de la actividad de los incendios y sus impactos (Kelly *et al.*, 2020).

En el Parque Nacional Canaima (PNC), Venezuela, área protegida habitada por el pueblo Pemón, los cambios socioculturales y demográficos han contribuido al uso aparentemente insostenible del fuego, lo que ha provocado la pérdida de bosques y hábitats. El conflicto sobre el uso del fuego se deriva del hecho de que, mientras que los Pemón dependen para su sustento del uso del fuego para la agricultura migratoria y la caza, la política de las agencias gubernamentales del PNC es la exclusión del fuego (aunque esto no se aplica de manera efectiva) (Bilbao *et al.*, 2010). El pueblo Rarámuri, Sierra Madre Occidental de Chihuahua, México, ha conservado sus bosques hasta el presente debido a su énfasis en mantener una vida tradicional, en lugar de talar el bosque. Ellos también facilitan el régimen de incendios mediante la quema (Fulé *et al.*, 2011). Las regulaciones de los recursos naturales deben ser más sensibles al clima local, al conocimiento indígena y a las variaciones culturales para poder producir resultados más sostenibles (Monzón-Alvarado *et al.*, 2014).

Según la investigación realizada solo el 17,1% de los encuestados dijo conocer alguna alternativa para no usar el fuego. Este resultado varía entre localidades de la provincia de Manabí, Ecuador, por ejemplo, en la parroquia Ayacucho, cantón Santa Ana (Ramos-Rodríguez *et al.*, 2021) el 59,3% de los encuestados expresó no saber si dichas alternativas existen, diciendo que sí el 37,3%; en la parroquia Convento, cantón Chone (Ramos-Rodríguez *et al.*, 2022) el 75,7% de los encuestados dijo que sí conocen alternativas para no tener que hacer uso del fuego, mencionando entre ellas realizar limpieza manual y no quemar el rastrojo con el fin de usarlo como cobertura del suelo; mientras que en el cantón Jipijapa (Manrique-Toala *et al.*, 2022b) el 76,0% de los encuestados no saben que existen alternativas al uso del fuego. En el Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Mato Grosso, Brasil, (Bonfim *et al.*, 2003) la gran mayoría de los encuestados (90,4%) dijo conocer alternativas para no utilizar fuego. Sin embargo, Araya Bravo *et al.* (2009) proponen alternativas de reemplazo al uso del fuego luego de las cosechas, las cuales son más amigable con el ambiente y viable en términos financieros y de retorno económico. En este sentido, proponen: compostaje, lombricultura y vermicompostaje, uso y manejo de rastrojos, cero labranzas, conversión de residuos, producción de carbón, producción de alimento para rumiantes, manejo de ramas, material leñoso y especies no deseadas, silvopastoreo, silvicultura preventiva y aprovechamiento industrial de residuos.

En el sitio Estancia Vieja los agricultores encuestados prefieren quemar en horas de la mañana, lo cual hacen principalmente durante los últimos tres meses del año, siendo mencionado noviembre un mayor número de veces. Resultados similares han sido reportados para localidades de Manabí, tales como la parroquia Ayacucho, cantón Santa Ana (Ramos-Rodríguez *et al.*, 2021); parroquia Convento, cantón Chone (Ramos-Rodríguez *et al.*, 2022), con la diferencia

de que el 58,5% de las personas que respondieron esta pregunta dijeron preferir para quemar las horas de la tarde; y en el cantón Jipijapa (Manrique-Toala *et al.*, 2022b), donde también la mayoría (79,7%) prefiere para quemar las horas de la mañana. En sentido general los meses en que más se quema están ubicados dos de ellos (octubre y noviembre) al final de la época de sequía y uno (diciembre) al inicio de la época de lluvias (Figura 2). Lo anterior concuerda con Carrión-Paladines *et al.* (2024), quienes reportaron un mayor uso del fuego durante los últimos cuatro meses del año en la región costa con niveles de fidelidad de la información de 74,1% para los meses de septiembre y octubre, y de 25,9% para noviembre y diciembre. Según Díaz *et al.* (2023), el pueblo indígena de los Kichwa-Saraguro del sur de Ecuador ha confiado en las quemaduras tradicionales para manejar su ambiente. Ellos queman generalmente durante el fenómeno climático conocido como Veranillo del Niño, el cual ocurre de mediados de octubre a mediados de noviembre, temporada muy corta, en la que no hay precipitaciones (0,0 mm), disminuye la humedad (60,0%) y aumenta la temperatura (19,0 °C), mientras que la velocidad del viento se mantiene. Comportamiento similar a lo descrito anteriormente reportaron Bonfim *et al.* (2003) para los alrededores del Parque Estadual Serra do Brigadeiro, Brasil, donde el uso del fuego con fines agropastoriles se hace especialmente entre los meses de junio y octubre, cuando ocurre el período seco en la región.

El conocimiento tradicional sobre cuándo quemar debe ser respetado por quienes diseñan las políticas sobre el uso del fuego. De acuerdo con Monzón-Alvarado *et al.* (2014), en México el calendario de quemaduras, herramienta para regular el uso del fuego en las regiones tropicales, no se ajusta a las condiciones locales ni a las variaciones dentro del sistema socioecológico. En el momento del día señalado por la ley mexicana para quemar, de 04:00 a 11:00 horas hay, en promedio, solo una hora con condiciones climáticas adecuadas para quemaduras agrícolas y el resto no reúne las condiciones físicas requeridas para realizar una quema óptima, particularmente en términos de los altos valores de humedad relativa que se experimentan al amanecer y temprano en la mañana. Una quema exitosa es crucial para los agricultores ya que esto garantiza la preparación exitosa de la tierra para la agricultura. Al quemar por la tarde, las probabilidades de éxito aumentan, pero al hacerlo los agricultores actúan al margen de la ley. Según de Oliveira *et al.* (2024), algo similar ha ocurrido en Portugal donde el fuego ya no es una actividad compartida por la comunidad debido a la legislación vigente. Los usuarios optan por poner y no “pastorear” el fuego para evitar sanciones penales, lo que a veces provoca incendios forestales, sobre todo entre otoño y primavera.

El mayor porcentaje de encuestados en el sitio Estancia Vieja queman de 3,1 a 6,0 ha, para lo cual apilan el combustible en hileras, quemando a favor del viento y nunca lo hacen solos. Según Ramos-Rodríguez *et al.* (2021, 2022) y Manrique-Toala *et al.* (2022b) tanto en las parroquias Ayacucho y Convento

como en el cantón Jipijapa, los productores queman menos superficie. No obstante, hay coincidencia en cuanto a que por lo general apilan el combustible en hileras para quemarlo, lo cual también hacen a favor del viento y nunca queman solos. Según los encuestados, las formas de quemar el combustible o desechos obedecen a la cantidad existente. Si la cantidad es alta, lo cual garantiza buena continuidad horizontal de los combustibles, se deja disperso en el área, es decir, no se apila. Cuando la cantidad es media se hacen pilas en hileras pues de lo contrario el fuego encontraría dificultades para propagarse. Si la cantidad es poca, entonces la opción es hacer varias pilas dispersas por el área a limpiar. Cuando se quema el combustible disperso en el área, los agricultores hacen un cortafuego de entre 2 y 4 metros de ancho en todo el perímetro del área a limpiar, evitando así que el fuego se salga de control. No obstante, en un estudio realizado por (Ramos Rodríguez *et al.*, 2024), se obtuvo que el peso del material combustible seco y la espesura de la capa de combustible antes de la quema, fueron mayores en las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles que en las áreas donde el mismo se encontraba disperso. En consecuencia, también se obtuvieron mayores valores medios para las variables que describen el comportamiento del fuego (altura de las llamas, intensidad lineal del fuego, altura de secado letal, calor liberado por unidad de área) en el primer grupo de parcelas, excepto para el caso de la velocidad de propagación.

La costumbre de quemar apilando o no el combustible debe conciliarse con los resultados obtenidos en investigaciones sobre el comportamiento del fuego. Si la cantidad de combustible es media o baja para garantizar la continuidad del combustible, el mismo puede ser apilado, pero aumentando en un caso el ancho de la hilera y en el otro el diámetro de la pila, disminuyendo así la altura de la cama de combustibles.

En el sitio objeto de estudio la mayoría de los productores encuestados expresaron que las principales medidas preventivas que tienen en cuenta son observar la velocidad y dirección del viento, así como la construcción de brechas alrededor del área a quemar. También mencionaron que su área de trabajo sí ha sido afectada por fuego que vienen de las colindancias y que a ellos también se les ha escapado la quema de su área de trabajo pasando a los terrenos vecinos. Lo anterior coincide con lo reportado por Ramos-Rodríguez *et al.* (2021, 2022) en las parroquias Ayacucho y Convento, localidades de la provincia de Manabí. Similares resultados obtuvieron Manrique-Toala *et al.* (2022b) en el cantón Jipijapa, con la diferencia de que en esta localidad los encuestados manifestaron que a ellos no se les había escapado el fuego alguna vez ni que sus áreas han sido alcanzadas por fuegos que vienen de las colindancias de sus propiedades. De acuerdo con Díaz *et al.* (2023), el pueblo indígena de los Kichwa-Saraguro del sur de Ecuador durante la quema del páramo, para evitar la propagación del fuego hasta el final del terreno o hasta donde se desea cortar la propagación, previamente construyen una franja de desmonte de aproximadamente 1 m de ancho con azadas (palas) hasta

obtener material de suelo mineral (sin vegetación). Además, se controla la generación de posibles chispas de ignición pisándolas o extinguiéndolas con cubiertas ignífugas artesanales hechas de pasto húmedo del género *Neurolepis* (Poaceae), que son especies endémicas de la zona. También en los alrededores del Parque Estadual Serra do Brigadeiro, Brasil (Bonfim *et al.*, 2003) las principales medidas de prevención observadas en la localidad para usar el fuego son la construcción de cortafuegos y observar las condiciones del viento, las mismas que se utilizan en el asentamiento Vale Verde, Gurupi, Tocantins, Brasil (de Assunção *et al.*, 2017), pero en orden inverso.

Para combatir el fuego que se ha ido de control en la localidad objeto de estudio los encuestados principalmente llaman a los familiares y amigos, aplicando como técnica de combate mayormente la construcción de brechas, usando machetes y rastrillos y como equipo de protección individual, botas y camisas de mangas largas. Esto difiere con Ramos-Rodríguez *et al.* (2022) en la parroquia Convento donde los encuestados reportaron llamar primero a los vecinos, aplicando como técnicas de combate el agua y la tierra, usando machetes y ramas de árboles, existiendo coincidencia para el caso del equipo de protección individual, mencionando a las botas con mayor frecuencia. También en la parroquia Ayacucho, según Ramos-Rodríguez *et al.* (2021), los encuestados manifestaron que piden ayuda a los vecinos y usan el agua y la tierra, siendo las herramientas más utilizadas los azadones y los machetes, mientras que las camisas de mangas largas son las más utilizadas para su protección individual. En el Parque Estatal Serra do Brigadeiro, Estado de Minas Gerais, Brasil, de acuerdo con Bonfim *et al.* (2003), las técnicas de combate más utilizadas son la construcción de cortafuegos y el uso de ramas. También en el asentamiento Vale Verde, municipio de Gurupi, Tocantins, Brasil, de acuerdo con de Assunção *et al.* (2017), las técnicas de combate más mencionadas fueron la construcción de cortafuegos, además de mencionar el combate directo y el uso del agua.

Los conocimientos de los productores encuestados sobre los efectos causados por el fuego al suelo y al medio ambiente se pueden calificar de bajos, lo que concuerda con lo obtenido por Ramos-Rodríguez *et al.* (2021) en la parroquia Ayacucho con respecto a los efectos sobre el suelo, mientras que sobre el medio ambiente más de la mitad dijo que el fuego sí afecta, mencionando al respecto daños en el sistema respiratorio, contaminación y destrucción de la vegetación. Relacionado con lo anterior, en el sitio objeto de estudio los encuestados dijeron no haber recibido capacitación por parte de ningún ente responsable del tema. Sin embargo, se puede destacar que algunos productores han recibido alguna información por medio de la televisión. Estos datos coinciden con las investigaciones realizadas en las parroquias Ayacucho y Convento por Ramos-Rodríguez *et al.* (2021, 2022) y en el cantón Jipijapa por Manrique-Toala *et al.* (2022b), localidades en las cuales se reportó la misma situación en cuanto a las

capacitaciones y el medio por el que han recibido información.

Resultados diferentes a los descritos anteriormente fueron documentados por de Assunção *et al.* (2017) para el asentamiento Vale Verde, municipio de Gurupi, Tocantins, Brasil, localidad en la que los pobladores presentaron un amplio conocimiento sobre las prácticas de prevención y combate de incendios forestales, así como una gran preocupación por los efectos negativos que el fuego puede traer. Resultados similares obtuvieron Bonfim *et al.* (2003), en el Parque Estatal Serra do Brigadeiro, Estado de Minas Gerais, Brasil, quienes concluyeron que el uso del fuego en el área objeto de estudio aún es una práctica común entre los productores rurales, ya que es más viable económicamente y tiene un efecto rápido. Sin embargo, existe consenso sobre los daños que puede causar al suelo, a sus vidas y al medio ambiente.

Trabajos realizados en varias localidades de Manabí, Ecuador, han dado por resultados que por lo general no parece haber un gran conocimiento de las prácticas ancestrales y los encuestados manifiestan bastantes dudas o desconocimiento de los efectos de las quemas en el suelo y en el ambiente, por lo que hay que poner más peso a lo que aporta la ciencia actual que al conocimiento indígena y local (Ramos Rodríguez y Molina Terrén, 2023). Es muy probable que varios de los conocimientos ancestrales sobre el uso del fuego se hayan perdido, así en una investigación con los nativos Tsáchilas de la Comuna Chigüilpe, cantón Santo Domingo, Tubay Moreira *et al.* (2024), comprobaron que las interacciones sociales generan ingresos económicos favorables; sin embargo, en el proceso se pierden sus costumbres y tradiciones, siendo la consecuencia más notable, la población limitada que existe en la actualidad, ya que tanto jóvenes como adultos, prefieren mejorar sus condiciones de vida abandonando el territorio originario de nacimiento y con ellos sus costumbres y tradiciones.

Conclusiones

El diagnóstico realizado sobre el uso del fuego en el sitio Estancia Vieja de la parroquia Colón, cantón Portoviejo, provincia Manabí, Ecuador, aporta informaciones relevantes para los decisores involucrados en las actividades de manejo integral del fuego. En la localidad el uso del fuego sigue siendo común en las actividades agrícolas, fundamentalmente con vistas a limpiar los terrenos antes de sembrar o plantar cultivos agrícolas, pues esto les ayuda a ahorrar tiempo, recursos financieros y materiales. Aunque los productores encuestados manifestaron no haber recibido capacitación sobre el uso del fuego y los incendios forestales, ellos sí tienen conocimientos sobre horas y meses en que deben quemar para obtener el objetivo de eliminar la mayor cantidad de residuos de cultivos agrícolas y malezas, lo cual hacen por lo general durante el periodo octubre-diciembre, asociado esto con la variación anual de la precipitación.

También se destaca la forma de quemar los combustibles en dependencia de su cantidad, así como las medidas de prevención que observan antes de quemar. Sin embargo, el trabajo realizado sugiere desarrollar investigaciones similares en otras localidades pero profundizando más en la relación del uso del fuego con variables meteorológicas, el comportamiento del fuego durante las quemas y los efectos de las mismas sobre el suelo y el medio ambiente en general. Igualmente es importante que las instituciones correspondientes socialicen con los productores agrícolas alternativas al uso del fuego, según viene realizando con éxito el Programa Amazonía sin Fuego. También se deben establecer los permisos y avisos de quema e implementar el cálculo de algún índice de peligro meteorológico en las localidades con mayor concentración de ocurrencia de incendios forestales.

Agradecimientos

Agradecemos a los agricultores del sitio Estancia Vieja por su amable disposición para suministrar la información. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento tanto al equipo editorial de la Revista Ciencia y Tecnología como a los revisores anónimos, quienes con sus sabias observaciones han permitido perfeccionar este artículo.

Referencias bibliográficas

- Agbeshie, A. A., Abugre, S., Atta-Darkwa, T. y Awuah, R. (2022). A review of the effects of forest fire on soil properties. *Journal of Forestry Research*, 33(5), 1419–1441. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01475-4>
- Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M. y Úbeda, X. (2018). Effects of prescribed fires on soil properties: A review. *Science of the Total Environment*, 613–614, 944–957. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.144>
- Aponte, C., De Groot, W. J. y Wotton, B. M. (2016). Forest fires and climate change: causes, consequences and management options. *International Journal of Wildland Fire*, 25(8), i–ii. https://doi.org/10.1071/WFv25n8_FO
- Araya Bravo, J., Duprat Sáez, C. y Parra Olave, M. (2009). Alternativas de reemplazo a las quemas de residuos agrícolas y forestales. In *Corporación Nacional Forestal*. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. <https://acortar.link/9YzrxN>
- Assunção (de), R., Tetto, A. F. y Batista, A. C. (2017). O uso tradicional do fogo no assentamento Vale Verde, em Gurupi / TO. *Espacios*, 38(17), 19. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n17/a17v38n17p19.pdf>
- Bilbao, B. A., Leal, A. V. y Méndez, C. L. (2010). Indigenous Use of Fire and Forest Loss in Canaima National Park, Venezuela. Assessment of and Tools for Alternative Strategies of Fire Management in Pemón Indigenous Lands. *Human Ecology*, 38(5), 663–673. <https://doi.org/10.1007/s10745-010-9344-0>
- Bonfim, V. R., Ribeiro, G. A., Silva, E. y Braga, G. M. (2003). Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. *Revista Árvore*, 27(1), 87–94. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622003000100012>
- Bowman, D. M. J. S., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W. J., Cochrane, M. A., D’Antonio, C. M., Defries, R., Johnston, F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M. A., Kull, C. A., Mack, M., Moritz, M. A., Pyne, S., Roos, C. I., Scott, A. C., Sodhi, N. S. y Swetnam, T. W. (2011). The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography*, 38(12), 2223–2236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>
- Carrión-Paladines, V., Correa-Quezada, L., Valdiviezo Malo, H., Zurita Ruáles, J., Pereddo Tumbaco, A., Zambrano Pisco, M., Lucio Panchi, N., Jiménez Álvarez, L., Benítez, Á. y Loján-Córdova, J. (2024). Exploring the ethnobiological practices of fire in three natural regions of Ecuador, through the integration of traditional knowledge and scientific approaches. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 20(1), 60. <https://doi.org/10.1186/s13002-024-00699-4>
- Carrión-Paladines, V., Fries, A., Hinojosa, M. B., Oña, A., Jiménez Álvarez, L., Benítez, Á., López Rodríguez, F. y García-Ruiz, R. (2023). Effects of Low-Severity Fire on Soil Physico-Chemical Properties in an Andean Páramo in Southern Ecuador. *Fire*, 6(447), 1–20. <https://www.mdpi.com/2571-6255/6/12/447>
- Chinamatira, L., Mtetwa, S. y Nyamadzawo, G. (2016). Causes of wildland fires, associated socio-economic impacts and challenges with policing, in Chakari resettlement area, Kadoma, Zimbabwe. *Fire Science Reviews*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40038-016-0010-5>
- CLIMATE-DATA.ORG. (2021). *Clima de Portoviejo (Ecuador): Datos y gráficos del tiempo y clima*. <https://acortar.link/8cKbWE>
- Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. (2023). *Gestión integral del manejo del fuego, una perspectiva clave para la adaptación al cambio climático*. CONDESAN. <https://acortar.link/rQdq64>
- Díaz, S. C., Quezada, L. C., Álvarez, L. J. y Córdova, J. L. (2023). Indigenous use of fire in the paramo ecosystem of southern Ecuador: a case study using remote sensing methods and ancestral knowledge of the Kichwa Saraguro people. *Fire Ecology*, 1–18. <https://doi.org/10.1186/s42408-022-00164-1>
- Edwards, R. B., Naylor, R. L., Higgins, M. M. y Falcon, W. P. (2020). Causes of Indonesia’s forest fires. *World Development*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104717>

- Faúndez Pinilla, J., Castillo Soto, M. y Navarro Cerrillo, R. M. (2023). Impactos de los incendios forestales de magnitud en áreas silvestres protegidas de Chile Central. *Bosque*, 44(1), 83–95. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002023000100083>
- Fulé, P. Z., Ramos-Gómez, M., Cortés-Montano, C. y Miller, A. M. (2011). Fire regime in a Mexican forest under indigenous resource management. *Ecological Applications*, 21(3), 764–775. <https://doi.org/10.1890/10-0523.1>
- Huertas-Herrera, A., Baptiste-Ballera, B. L., Toro-Manríquez, M. y Huertas-Ramírez, H. (2019). Manejo de la quema de pastizales de sabana inundable: Una mirada del pueblo originario Sáliva en Colombia. *Chungará (Arica) Revista de Antropología Chilena*, 51(1), 167–176. <https://doi.org/10.4067/S0717-73562018005002401>
- Huffman, M. R. (2013). The many elements of traditional fire knowledge: Synthesis, classification, and aids to cross-cultural problem solving in firedependent systems around the world. *Ecology and Society*, 18(4). <https://doi.org/10.5751/ES-05843-180403>
- IBM Corp. (2013). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp. <https://www.ibm.com/support/pages/downloading-ibm-spss-statistics-22>
- Kelly, L. T., Giljohann, K. M., Duane, A., Aquilué, N., Archibald, S., Batllori, E., Bennett, A. F., Buckland, S. T., Canelles, Q., Clarke, M. F., Fortin, M. J., Hermoso, V., Herrando, S., Keane, R. E., Lake, F. K., McCarthy, M. A., Morán-Ordóñez, A., Parr, C. L., Pausas, J. G., ... Brotons, L. (2020). Fire and biodiversity in the Anthropocene. *Science*, 370(6519). <https://doi.org/10.1126/science.abb0355>
- Manrique Toala, T. O. y Ramos Rodríguez, M. P. (2022a). Uso del fuego en áreas de vocación forestal de Sancán y Membrillal, cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador. *Revista Alcance*, 1(5). <https://doi.org/10.47230/ra.v1i5.15>
- Manrique-Toala, T., Ramos-Rodríguez, M., De La Cruz-Rosales, G., Tigua-Pinela, Y. y Pincay-Ortega, S. (2022b). Uso del fuego en tierras de vocación forestal del cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 12(2), 40–51. <https://doi.org/10.54753/blc.v12i2.1600>
- Martínez-Torres, H. L., Castillo, A., Ramírez, M. I. y Pérez-Salicrup, D. R. (2016). The importance of the traditional fire knowledge system in a subtropical montane socio-ecosystem in a protected natural area. *International Journal of Wildland Fire*, 25(9), 911–921. <https://doi.org/10.1071/WF15181>
- Martínez Torres, H. L. y Pérez Salicrup, D. R. (2018). El papel del campesinado ante la regulación de los incendios forestales en México: Consecuencias inesperadas. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 16(30), 71–89. <https://doi.org/10.15359/prne.16-31.5>
- Minervini, M. G., Morrás, H. J. M. y Taboada, M. Á. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Ecología Austral*, 28, 012–027. <https://doi.org/10.25260/ea.18.28.1.0.127>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). *Prevención y control de incendios una prioridad nacional*. MAATE. <https://acortar.link/zcwDtA>
- Monzón-Alvarado, C., Waylen, P. y Keys, E. (2014). Fire management and climate variability: Challenges in designing environmental regulations. *Land Use Policy*, 39, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.03.003>
- NASA. (2023). Fire Information for Resource Management System (FIRMS). National Aeronautics and Space Administration. <https://acortar.link/uTmolG>
- Oliveira (de), E., Conceição Colaço, M., Fernandes, P. M. y Sequeira, A. C. (2024). Fuego tradicional en Portugal. ¿Aún existe? *Revista Incendios y Riesgos Naturales*, 12, 34–36. <https://revistarirn.org/revista>
- Pyne, S. J. (2021). *The Pyrocene: How We Created an Age of Fire, and What Happens Next*. University of California Press.
- Raish, C., González-Cabán, A. y Condie, C. J. (2005). The importance of traditional fire use and management practices for contemporary land managers in the American southwest. *Environmental Hazards*, 6(2), 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.hazards.2005.10.004>
- Ramos, M. P., Baque, M. J., Jiménez, A., Pionce, G. A. y Manrique, T. O. (2018). Programa de comunicación sobre prevención de incendios forestales en el cantón Paján, Manabí, Ecuador. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 16(30), 91–115. <http://doi.org/10.15359/prne.16-31.6>
- Ramos-Rodríguez, M., Cedeño-Cedeño, D., Batista, A., Jiménez-González, A., Manrique-Toala, T. y Tetto, A. (2021). Usos tradicionales del fuego en la Parroquia Ayacucho, cantón Santa Ana, provincia Manabí, Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 18(43), 41–52. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/5807>
- Ramos-Rodríguez, M. P., Alcívar-Cobeña, A., Cedeño-Luna, N. A. y Manrique-Toala, T. O. (2022). Usos tradicionales del fuego en las actividades agrícolas de la parroquia Convento, cantón Chone, Manabí, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(2), 319–335. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21750497.v1>
- Ramos Rodríguez, M. P. y Molina Terrén, D. M. (2023). Usos tradicionales del fuego en localidades de Manabí, Ecuador. *Revista Incendios y Riesgos Naturales*, 9, 29–31. <https://acortar.link/xE9c0m>

- Ramos Rodríguez, M. P., Acosta Tufiño, J. M., Vivar González, J. C., Manrique Toala, T. O. y Jimenez González, A. (2024). Comportamiento del fuego en quemas controladas en tierras de vocación forestal en Sancán, Manabí, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 12(1), 2–21. <https://acortar.link/4KpoU4>
- Russell, A., Fontana, N., Hoecker, T., Kamanu, A., Majumder, R., Stephens, J., Young, A. M., Cravens, A. E., Giardina, C., Hiers, K., Littell, J. y Terando, A. (2024). A fire-use decision model to improve the United States' wildfire management and support climate change adaptation. *Cell Reports Sustainability*, 1(6), 100125. <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2024.100125>
- Shakesby, R. A., Bento, C. P. M., Ferreira, C. S. S., Ferreira, A. J. D., Stoof, C. R., Urbanek, E. y Walsh, R. P. D. (2015). Impacts of prescribed fire on soil loss and soil quality: An assessment based on an experimentally-burned catchment in central Portugal. *Catena*, 128, 278–293. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.012>
- Souza-Alonso, P., Saiz, G., García, R. A., Pauchard, A., Ferreira, A. y Merino, A. (2022). Post-fire ecological restoration in Latin American forest ecosystems: Insights and lessons from the last two decades. *Forest Ecology and Management*, 509. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120083>
- Stewart, O. C. (2014). Barriers to understanding the influence of use of fire by aborigines on vegetation. *Fire Ecology*, 10(2), 4–9. <https://doi.org/10.1007/BF03400627>
- Tubay Moreira, M. F., Macas Pisco, F. G., Urquiza Mendoza, L. I. y Briones Caicedo, W. R. (2024). Interacción social y la comunicación intercultural en la Comuna Chigüilpe, cantón Santo Domingo. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 24(41). <https://doi.org/10.47189/rcct.v24i41.679>
- Vera Aviles, D., Orrala Icaza, M., Mendoza Hernández, C. y Sabando Ávila, F. (2023). Labranza mecanizada y fertilización del suelo: efectos sobre el comportamiento agronómico y productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia y Tecnología*, 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i1.650>
- Wanchuk, M. R., Mcgranahan, D. A., Sedivec, K. K., Swanson, K. C. y Hovick, T. J. (2024). Prescribed fire increases forage mineral content in grazed rangeland. *International Journal of Wildland Fire*, 33(7), 1–9. <https://doi.org/10.1071/WF24009>



Fragmentación del bosque semideciduo en el sector Caña Brava del cantón Santa Ana

Fragmentation of semi-deciduous forest in the Caña Brava sector of Santa Ana canton

Gabriela Elizabeth Pilligua Macías¹, Jennifer Andrea García Álava¹, Luis Fernando Lucio Villacreses¹,

¹Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

Autor de correspondencia: pilligua-gabriela1832@unesum.edu.ec

Recibido: 13/03/2024. Aceptado: 06/08/2024

Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

Durante los últimos años, a nivel mundial se han reportado cambios importantes en los ecosistemas naturales debido a las diferentes actividades humanas. Uno de los principales resultados de estas actividades es la pérdida y fragmentación de hábitats provocada por el cambio en el uso del suelo. En este contexto, la presente investigación se realizó en la comunidad Caña Brava perteneciente al cantón Santa Ana; se planteó analizar la fragmentación del bosque durante el período 2015-2021 aplicando un enfoque mixto; entre los resultados más importantes se tiene que, para el año 2015 el bosque contaba con una extensión de 267,21 ha distribuidas en 6 parches, mientras que para el año 2021 la cobertura vegetal disminuyó a 163,46 ha, aumentando los parches a 9; la zona sin cobertura vegetal entre este período aumentó 28,21 ha., así mismo se amplió la frontera agrícola en 75,74 ha, reduciendo la cobertura vegetal a 103,75 ha, por lo que el grado de fragmentación del bosque para el año 2021 fue de 0,4 clasificándose como Insularizado. Se concluye que, la agricultura es la principal causa de fragmentación del bosque, y de no contemplarse medidas de protección, el nivel de fragmentación seguirá en incremento, afectando los servicios ecosistémicos en la zona para las presentes y futuras generaciones, alterando incluso el cumplimiento del ODS 15 “Vida y ecosistemas terrestres” y el ODS 11 “Comunidades y ciudades Sostenibles”.

Palabras clave: agricultura, ecosistema, hábitat, segmentado.

Abstract

In recent years, important changes in natural ecosystems have been reported worldwide due to different human activities. One of the main results of these activities is the loss and fragmentation of habitats caused by changes in land use. In this context, the present research was conducted in the Caña Brava community belonging to the Santa Ana canton; it was proposed to analyze forest fragmentation during the period 2015-2021 applying a mixed approach; among the most important results we have that, for the year 2015 the forest had an extension of 267,21 ha distributed in 6 patches, while for the year 2021 the vegetation cover decreased to 163,46 ha, increasing the patches to 9; the area without vegetation cover between this period increased 28,21 ha. Likewise, the agricultural frontier was expanded by 75,74 ha, reducing the vegetation cover to 103,75 ha, so the degree of forest fragmentation for the year 2021 was 0,4, classifying it as Insularized. It is concluded that agriculture is the main cause of forest fragmentation, and if protection measures are not contemplated, the level of fragmentation will continue to increase, affecting ecosystem services in the area for present and future generations, even altering compliance with SDG 15 “Life and terrestrial ecosystems” and SDG 11 “Sustainable communities and cities”.

Keywords: agriculture, ecosystem, habitat, segmented.

Introducción

Los bosques son ecosistemas vitales para la vida en la tierra, albergan biodiversidad de especies vegetales y animales, prestan servicios ecosistémicos, así como de soporte, regulación y beneficios socioculturales, los cuales son considerados bienes comunes. Sin embargo, no son valorizados ni valorados, a fin de garantizar su permanencia y resiliencia en beneficio de las presentes y futuras generaciones. Entre la diversidad de bosques existentes, se pueden clasificar en: bosques templados, boreales, subtropicales y tropicales, en este último, encontramos el bosque semidecíduo, compuesto por especies de hojas caducifolias y no caducifolias.

Para Capote y Berzain (1984) los bosques semidecíduos son formaciones vegetales con una presencia del 40 al 65% de elementos caducifolios, que están situados según Josse *et al.* (2003) en las crestas y laderas de los cerros, capturan la humedad de las nubes y estimulan el crecimiento de especies vegetales tales como, *cochlospermum vitifolium*, *Pseudobombax millei* y *Triplaris cumingiana* según Chinchero *et al.* (2013). No obstante, el bosque semidecíduo, experimenta cambios significativos, debido a las actividades antrópicas, como la agricultura, ganadería y los asentamientos humanos, por lo que Sanmartín *et al.* (2016) indican que es necesario extender la base del conocimiento científico sobre estos ecosistemas, debido a la importancia ambiental y económica que brindan.

Para Arroyo y Mandujano (2007) y Arasa-Gisbert *et al.* (2021) la fragmentación se puede definir como un proceso que resulta en la pérdida de continuidad de un determinado hábitat, transformándose en parches aislados de menor tamaño, en una matriz de hábitat diferentes al original, mientras que, Navarro *et al.* (2015) y Hernández *et al.* (2022) indican que la fragmentación produce cambios importantes en la estructura de las poblaciones y comunidades bióticas, afectando su funcionamiento y prestación de servicios ambientales, por lo tanto, implica la pérdida de continuidad de un ecosistema.

Según Sánchez y Reyes (2015) y Lorenz *et al.* (2017) la causa principal subyace en el crecimiento insostenible de las economías de las naciones, que origina catástrofes ecológicas y la reducción de los niveles de vida. Este proceso de transformación degrada las áreas biológicas en poco tiempo y genera pérdidas en gran parte de la biota local.

Inicialmente, la pérdida de biodiversidad y la degradación del recurso suelo, se vuelve evidente, sigue el cambio del paisaje, la ampliación de la frontera agrícola, la alteración del ciclo del agua y la reducción de los medios de vida que benefician a las comunidades. Estas causas y efectos, son relacionadas como parte del cambio climático al haberse liberado grandes cantidades de dióxido de carbono almacenado en la cobertura destruida. En países del trópico como Ecuador, esta transformación se genera, por el desplazamiento de la cobertura forestal a áreas de cultivos y pastos, la construcción de carreteras y el desarrollo urbano,

marcando una pérdida a nivel nacional cercana al 80%.

Otavo y Echeverría (2017) y Sahagún y Reyes (2018) concuerdan que en el país, el cambio de uso del suelo deteriora la biodiversidad, incrementa la cantidad de parches, provocan pérdida de bosques y selvas, teniendo efectos devastadores para las poblaciones y comunidades de flora y fauna. Esta problemática, también es evidente en Manabí, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia (PDOT Manabí, 2021) la agricultura y ganadería desde la década de los 90 se ha incrementado en 55 000 ha, y solo la cadena agropecuaria ocupa una media de 1,6 millones de ha. La agricultura, ocupa una superficie de 233,78 ha, destacando el cacao, café, plátano, palma aceitera; en el caso de los cultivos de ciclo corto como el maíz, arroz, hortalizas, se tiene una media de 112,81 ha.

En el cantón Santa Ana, las prácticas agropecuarias son manejadas por el 42% de la población económicamente activa, estas prácticas se siguen ampliando en desmedro de las áreas que poseen fragmentos de bosques, además se originan por el mal uso del fuego, problemas ambientales que son percibidos en la comunidad y al mismo tiempo defendidas como prácticas culturales, por disminuir los costos de jornales en la limpieza del terreno y el manejo de desechos de cosechas anteriores. Con la finalidad de contar con información de la zona, se planteó analizar la fragmentación del bosque durante el período 2015-2021, en la comunidad Caña Brava de Santa Ana y enunciar los principales cambios suscitados en la cobertura vegetal, principalmente por las actividades agrícolas.

Materiales y métodos

Caracterización del área de estudio

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT Santa Ana, 2019) el cantón Santa Ana de Vuelta Larga está ubicado geográficamente en el centro este de la provincia de Manabí, a 1°12'24.9"S de latitud Sur y 80°22'06.2"W de longitud Oeste. Su altitud es de 50 m.s.n.m. y su zona más elevada alcanza una altura de 400 m.s.n.m. La comunidad Caña Brava se encuentra situada a 2,4 km de la cabecera cantonal como se aprecia en la Figura 1.

Santa Ana se caracteriza por un clima tropical seco con las estaciones de invierno y verano bien diferenciadas, la temperatura, se presenta calurosa, no solo en la estación del invierno, sino que se prolonga durante toda la estación de verano. La precipitación promedio en el área es de 1 061 mm por año, y la temperatura media es de 24 °C con una variación baja a lo largo del año. En el área, se encuentran suelos de textura arcillosa-arenosa a franco arcillosa-limosa. Los suelos más profundos se encuentran en las partes bajas del valle, son de origen aluvial, y apropiados para el uso agrícola y ganadero (PDOT Santa Ana, 2019).

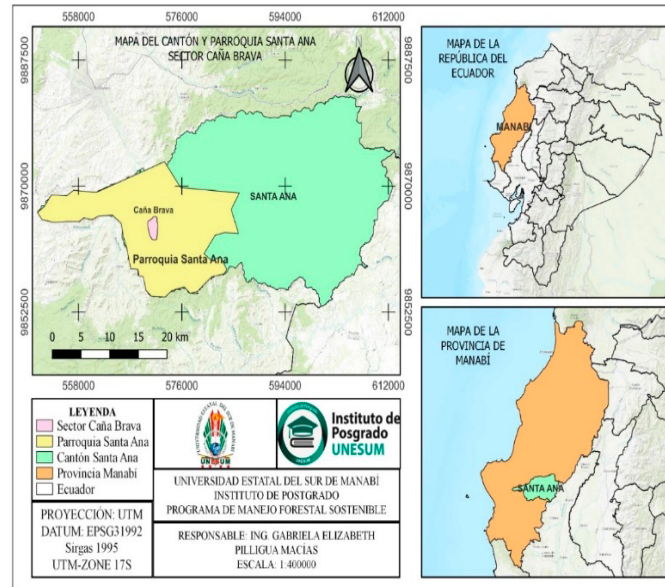


Figura 1. Ubicación del área de estudio

En la zona, la producción agrícola, se centra principalmente en, *Zea mays* L (maíz), *Manihot esculenta* Crantz (yuca), *Coffea arabica* L. (café). También posee zonas, con especies forestales, como: *Cedrela odorata* L. (cedro), *Cordia alliodora* Ruiz y Pav. (laurel), entre otros. Además, se pueden avistar especies animales como guacharacas (*Ortalis erythroptera*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), guanta (*Cuniculus taczanowskii*), guatusa (*Cuniculus paca*); y una gran variedad de reptiles como *Bothrops atrox* (víbora equis).

Enfoque metodológico

El enfoque metodológico que se utilizó en la investigación es mixto, con la aplicación de los métodos de carácter teórico, empírico y estadístico-matemático, expuestos por Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) los cuales se describen a continuación:

- Histórico – lógico. Se utilizó para describir la información en una cronología que explicita datos y hechos reales.
- Método descriptivo. Se empleó para describir la problemática en el área de estudio, los procedimientos a seguir y los resultados encontrados en la investigación.
- El inductivo - deductivo: permitió el procesamiento de la información científica consultada y sistematizada mediante la aplicación los instrumentos de diagnósticos, así como el tránsito de lo general, a lo particular, a lo singular, viceversa.
- Método estadístico. Este método se empleará en el manejo de los datos y su interpretación estadística, descriptiva y correlacional.

Los materiales utilizados fueron artículos científicos, tesis,

que permitió el estudio de la literatura científica y técnica relacionada con el tema. Además, se empleó Google Earth Pro para obtener las imágenes satelitales, y el software Qgis Desktop (versión 3.32.1) para desarrollar mapas y cálculo de áreas. Los procedimientos desarrollados se describen a continuación:

- El primer paso fue la delimitación del área a intervenir, mediante el trazo de un polígono en el programa Qgis Desktop.
- Posteriormente, se realizó la búsqueda de imágenes satelitales en diferentes plataformas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Luego de la exploración, se seleccionaron dos imágenes satelitales correspondiente a los años 2015 y 2021 obtenidas de la plataforma Google Earth Pro, estas imágenes presentaban las condiciones óptimas para llevar a cabo el estudio (bajo porcentaje de nubosidad, nitidez).
- Para el procesamiento de datos se utilizó el software Qgis Desktop junto con las imágenes satelitales.
- Se clasificó en la zona de estudio tres categorías: áreas de cultivo, bosque y área sin cobertura vegetal (casas, caminos),
- Continuando con el proceso, se estimó el área total del sitio en estudio, dentro de la cual se trazaron polígonos para la identificación de las áreas boscosas, Así mismo, a estos parches de bosque se les calculó el área total.
- La determinación del grado de fragmentación se obtuvo a través de la relación entre el área de bosque y el área total (Ecuación 1), aplicando la fórmula propuesta por Lozano *et al.* (2011) descrita a continuación:

$$F = \frac{A_b}{A_t} \quad (1)$$

Donde:

F = Índice de fragmentación

A_b = área de bosque en hectáreas

A_t = área total en hectáreas

Los valores de F varían entre 0 y 1 y se caracterizan de acuerdo con los siguientes intervalos de valores:

F = 1 sin fragmentación;

$1 < F \leq 0,7$ la fragmentación es moderada;

$0,7 < F \leq 0,5$ es altamente fragmentado;

$F \leq 0,5$ el área tiene insularidad

- Sistematización de los datos en Excel y en el utilitario Word.

Resultados

Grado de fragmentación del bosque

En la Figura 2 muestra que, durante el período de 2015 a 2021, se ha suscitado un cambio en el paisaje debido al aumento de áreas destinadas a la agricultura, este incremento ha tenido consecuencias negativas, como la fragmentación del cinturón verde y la degradación del suelo, estos espacios carentes de cobertura vegetal están mayormente expuestos a procesos erosivos.

El área de estudio tiene un total 368 ha, en el año 2015 el bosque local contaba con 267,21 ha, distribuido en seis parches; en el año 2021 la cobertura vegetal se redujo a 163,46 ha, aumentado los parches a nueve, esta variación se puede corroborar en la Tabla 1. Para el primer caso, el polígono P2 es el de mayor tamaño (70,39 ha); mientras que en el año 2021 P4 es el de mayor proporción (37,59 ha). En la Figura 3, se evidencia el número de parches entre 2015 y 2021 por ampliación de la cobertura agrícola.

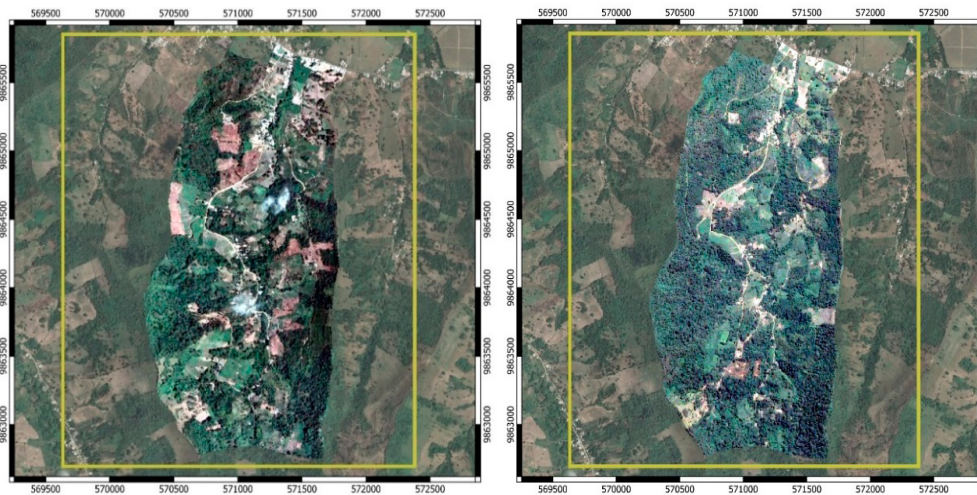


Figura 2. Panorama paisajístico año 2015 – 2021

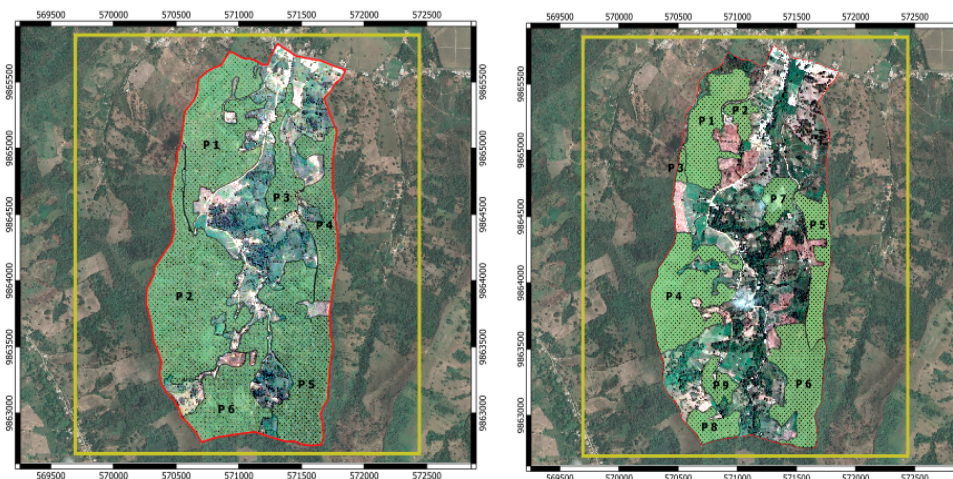


Figura 3. Identificación de parches de bosque año 2015-2021

La Tabla 2 presenta que entre el año 2015 y 2021 las zonas destinadas a los cultivos agrícolas aumento 75,54 ha, así mismo la zona sin cobertura vegetal (casas, caminos) mostró un crecimiento de 28,21 ha, lo que representa una pérdida significativa de la cobertura natural, ya que entre este periodo el bosque disminuyó 103,75 ha, mostrando la abundante intervención humana que ha sufrido.

En la Tabla 3, se muestra el grado de fragmentación, en el año 2015 presenta un coeficiente de 0,6 categorizándose como altamente fragmentado, mientras en el año 2021 el valor fue de 0,4 que determina, un bosque fragmentado.

En relacion a lo anterior, la expansión de las actividades agrícolas han tenido un impacto significativo en el hábitat natural de diversas especies de flora y fauna; la transformación del bosque en tierras de cultivo ha llevado a una disminución en la diversidad de estas especies. A continuacion, en la Tabla 4 se presentan las principales especies vegetales que han sido desplazadas por la introduccion de cultivos agrícolas.

Tabla 1. Áreas de parches de bosque

N.º de parches	Año 2015	Año 2021
	Área (ha)	Área (ha)
P1	58,27	32,38
P2	70,39	5,63
P3	23,52	2,65
P4	28,73	37,59
P5	56,04	24,54
P6	30,26	34,36
P7	-	6,48
P8	-	11,29
P9	-	8,54
Total	267,21	163,46

Tabla 2. Variación

Zona	Año 2015	Año 2021	Diferencia
Bosque	267,21 ha	163,46 ha	-103,75
Cultivos agrícolas	63,45 ha	138,98 ha	75,54
Área sin cobertura vegetal (Casas, caminos)	37,53 ha	65,74 ha	28,21

Tabla 3. Grado de fragmentación del bosque entre los años 2015-2021

Años	N.º de parches	Área total fragmentos(ha)	Área total bosque	Valor F	Grado de fragmentación
2015	6	235,8	368,21	0,6	Altamente fragmentado
2021	9	137,5	368,21	0,4	Insularizado

Tabla 4. Principales especies vegetales desplazadas

No.	Nombre común	Nombre científico
1	Tagua	<i>Phytelephas aequatorialis</i>
2	Frutillo	<i>Mutingia calabura L.</i>
3	Muyuyo	<i>Cordia lútea L.</i>
4	Guazmo	<i>Guazuma ulmifolia Lam.</i>
5	Yuca de ratón	<i>Gliricidia sepium Jacq.</i>
6	Higuerilla	<i>Recinus communis L.</i>
7	Guachapeli	<i>Pseudosamanea guachapele (Kunth).</i>
8	Jaboncillo	<i>Sapindus saponaria L.</i>
9	Piñon	<i>Jatropha curcas L.</i>
10	Saman	<i>Samanea saman (Jacq.) Merr.</i>

Discusión

El incremento de la fragmentación y pérdida de bosque, entre el año 2015 al 2021 indica una tendencia creciente de la división del ecosistema, en concordancia con estudios similares realizados por Lozano *et al.* (2011). En torno al incremento de 75,54 ha en cultivos agrícolas y 28,21 ha en áreas sin cobertura vegetal y la existencia de 163,46 ha de bosque hasta el año 2021, el patrón de deforestación es consistente con las tendencias observadas en diferentes partes del mundo, donde la expansión de las áreas destinadas a la agricultura y el desarrollo urbano, producen cambios en el uso de la tierra, concordando con Zambrano (2020) y Pincay (2021).

A pesar de los esfuerzos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) por establecer iniciativas encaminadas a la transformación de los sistemas de producción, el bosque de Caña Brava, se ha visto afectado por el incremento de fragmentos, principalmente por la falta de moderación al desarrollar actividades agrícolas, y al desconocimiento de iniciativas que permitan una producción sustentable y sostenible, por su parte, Gómez *et al.* (2022) mencionan que, la agricultura sustentable, es uno de los sectores potenciales en la economía del país y por tanto; esto permitiría que, se generen espacios de agroindustria, emprendedorismo rural, dinamización de la economía local y equilibrio ecológico.

El estado actual del bosque de Caña Brava se encuentra fragmentado, provocando consecuencias negativas para la diversidad de flora y fauna que habitan en él, estos resultados son similares a los expuestos por Otavo y Echeverría (2017) quienes expresan que entre las consecuencias de la fragmentación del bosque está la pérdida de hábitats, el deterioro de la biodiversidad y el incremento de la cantidad de parches. De manera similar, Guzman y Moreno (2022), indican que en su trabajo de investigación, los bosques analizados se categorizan como insularizados, evidenciando un alto nivel de fragmentación. En concordancia con estos hallazgos, Yela-Lara y Baca-Gamboa (2023) concluyen que la fragmentación afecta significativamente tanto la estructura como el funcionamiento del bosque, impactando negativamente en la biodiversidad, los ciclos de nutrientes y la dinámica de los ecosistemas.

Conclusiones

La fragmentación del bosque alerta a la comunidad a tomar medidas de protección, conservación, restauración y deben buscar objetivos a cambiar a sistemas sostenibles de producción, a fin de mejorar la prestación de los servicios ecosistémicos en la zona, en beneficio de las presentes y futuras generaciones, promoviendo además el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 15 “Vida y ecosistemas terrestres” y el ODS 11 “Comunidades y ciudades Sostenibles”.

La carencia de fuentes de trabajo para los pobladores de la

zona, la falta de interés en la protección del recurso natural, la baja demanda de los productos forestales no maderables y su desvalorización en los mercados locales, han generado nuevos enfoques económicos en los habitantes, siendo las actividades agrícolas las de mayor impacto en la fragmentación del bosque.

Los fragmentos generados a lo largo del tiempo en el bosque han provocado una notable disminución de especies como *Phytelephas aequatorialis*, *Mutingia calabura*, *Guazuma ulmifolia*, lo que consecuentemente reduce el interés de su utilidad para una producción sostenible.

El cambio en el uso de la tierra puede tener efectos devastadores a nivel local, como la alteración del ciclo del agua, la erosión del suelo y la pérdida de medios de vida para las comunidades que dependen de ellos. Además, la deforestación puede acelerar los efectos del cambio climático al liberar grandes cantidades de dióxido de carbono almacenado en los árboles.

Referencias bibliográficas

- Arasa-Gisbert, R., Arroyo-Rodríguez, V. y Andresen, E. (2021). El debate sobre los efectos de la fragmentación de hábitat: causas y consecuencias. *Ecosistemas*, 30(3). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2156>
- Arroyo-Rodríguez, V. y Mandujano, S. (2007). Efectos de la fragmentación sobre la composición y la estructura de un bosque tropical lluvioso mexicano. En Harvey, C.A., y Sáenz J. C., *Evaluación y conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. (pp. 179-196). Editorial: INBio. <https://bit.ly/3XFYc1U>
- Capote, R. y Berazaín, R. (1984). Clasificación de las Formaciones Vegetales de Cuba. *Revista Del Jardín Botánico Nacional*, 5(2), 27-75. <https://www.jstor.org/stable/42596743>
- Chinchero, M., Santiana, J., Iglesias, J. y Neill, D. (2013). Ministerio del Ambiente del Ecuador 2012. Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural, Quito. <https://bit.ly/4gAjJ4W>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. <https://bit.ly/4gAjJ4W>
- Gómez, B., Arregui, V., Bazurto, J. y Rodríguez, A. (2022). Agricultura sostenible, oportunidad para el desarrollo local. Caso de estudio: Ayacucho-Ecuador. *Polo del conocimiento*, 7(6), 1642-1663 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9042504>
- Guzman, M. y Moreno, L. (2022). *Análisis de la conectividad regional por cobertura vegetal entre el cerro la conejera, quebrada la salitrosa, el humedal la conejera y la reserva Thomas Van Der Hammen*. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás]. <https://bit.ly/3MYdJ8w>

- Hernandez-Perez, E., García-Franco, J., Vásquez, G. y Cantellano de Rosas, E. (2022). Cambio de uso de suelo y fragmentación del paisaje en el centro de Veracruz, México (1989 - 2015). *Madera y bosques*, 28(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812294>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education. <https://goo.su/r2eSs>
- Josse, C. G., Navarro, P., Comer, R., Evans, D., Faber-Langendoen, M., Fellows, G. Kittel, S., Menard, M., Pyne, M., Reid, K., Schulz, K., Snow, J. y Teague, J. (2003). *Ecological systems of latin america and the caribbean: A working classification of terrestrial systems*. NatureServe. <https://bit.ly/4doHJ85>
- Lorenz, G., Figueroa, M., Giannuzzo, A. y Ludueña, M. (2017). *El paisaje entre ciencia, educación y planificación: el legado que dejamos*. <https://bit.ly/4euYu2o>
- Lozano Botache, L., Gómez Aguilar, F. y Valderrama Chaves, S. (2011). Estado de fragmentación de los bosques naturales en el norte del departamento del Tolima-Colombia. *Tumbaga*, 1(6), 125-140. <https://bit.ly/3MWwcCh>
- Navarro, M., Gonzáles, L., Flores, R. y Amparán, R. (2015). *Fragmentación y sus Implicaciones: Análisis y reflexión documental*. Universidad de Guadalajara. <https://bit.ly/3MWQhZf>
- Otavo, S. y Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(4), 924-935. <https://bit.ly/3MW1Wal>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Santa Ana. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santa Ana 2015-2019*. <https://goo.su/t3plEZU>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Manabí. (2021). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Manabí 2030*. Portoviejo. <https://bit.ly/3XVUTFe>
- Pincay, S. (2021). *Determinación del grado de fragmentación del bosque seco tropical del Recinto Santa Rosa del Cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador*. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <https://bit.ly/4gHgk48>
- Sahagún-Sánchez, F. y Reyes-Hernández, H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *CienciaUAT*, 12(2), 6-21. <https://goo.su/zqae7zU>
- Sánchez, M. (2015). Ecuador: Revisión a las principales características del recurso forestal y de la deforestación. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), 41-54. <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i1.70>
- Sanmartín-Sierra, R., Angarita-Hernandez, D. y Mercado-Gomez, J. (2016). Estructura y composición florística del bosque seco tropical de Sanguaré-Sucre (Colombia). *Ciencia y Desarrollo*, 7(2), 43-56. <https://bit.ly/4dnffvw>
- Yela-Lara, S. y Baca-Gamboa, A. (2023). Dinámicas de cambio de las coberturas del suelo y su impacto en el sector suroriental de Pasto, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 47(185). <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1995>
- Zambrano, E. (2020). *Determinación del grado de fragmentación del bosque seco tropical de la subcuenca Quimis de la comuna Las Lagunas, Cantón Montecristi*. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Montecristi]. <https://acortar.link/gkPqq6>

Almacenamiento y distribución de carbono orgánico en suelos de bosque natural y sistemas agrícolas de cacao en Palenque, Pasaje - Ecuador

Storage and distribution of organic carbon in two natural forest soils and agricultural systems of cacao land use systems in Palenque, Pasaje - Ecuador

Alex Dumany Luna Florin¹, Priscila Nicole Chalaco Álvarez¹, Darwin Amable Poma Luna¹,
Kenny Verónica Reyes Cabrera¹, Brigitte Lisseth Giron Pucha¹, Roy Alexander Zambrano Morales¹

¹Universidad Técnica de Machala, Carrera de Ingeniería Ambiental, Machala, Ecuador.

Autor de correspondencia: adluna@utmachala.edu.ec

Recibido: 01/03/2024. Aceptado: 12/12/2024

Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

El análisis comparativo del carbono orgánico del suelo (COS) en diferentes sistemas de uso, se basa en las características del suelo asociadas al manejo y conservación de los sistemas, el estudio se centró en conocer el contenido de carbono orgánico en diferentes profundidades de dos tipos de sistemas de uso como son un ecosistema natural y una finca dedicada al cultivo de cacao. Se recolectaron muestras de suelo en los puntos previamente seleccionados, las cuales fueron trasladadas al laboratorio para su análisis mediante el método de Bouyoucos, este es basado en el principio de sedimentación, permite determinar la textura del suelo al establecer las proporciones de arena, limo y arcilla presentes. En el ecosistema natural (bosque siempreverde), el contenido de COS a una profundidad de 0-15 cm es notablemente más alto, alcanzando el 41,76%, aumentando al 42,20% a una profundidad de 15-30 cm. Por el contrario, en la zona agrícola de cacao, los niveles de COS disminuyen del 41,92% a una profundidad de 0-15 cm al 39,56% a una profundidad de 15-30 cm. Estos hallazgos subrayan la influencia de la profundidad y el tipo de uso del suelo en la distribución del carbono orgánico. El ecosistema natural presenta una capacidad superior de almacenamiento de carbono orgánico, debido a las condiciones naturales propicias que promueven la fertilidad del suelo y su productividad.

Palabras clave: retención, distribución, ecosistema, cambio, materia orgánica.

Abstract

The comparative analysis of soil organic carbon (COS) in different systems of use is based on the characteristics of the soil associated with the management and conservation of the systems, the study focused on knowing the organic carbon content at different depths in two types of systems of use such as a natural ecosystem and a farm dedicated to cocoa cultivation. Soil samples were collected at the previously selected points and taken to the laboratory for analysis using the Bouyoucos method, which is based on the principle of sedimentation and makes it possible to determine soil texture by establishing the proportions of sand, silt and clay present. In the natural ecosystem (evergreen forest), the COS content at a depth of 0-15 cm is notably higher, reaching 41,76%, increasing to 42,20% at a depth of 15-30 cm. In contrast, in the cocoa agricultural zone, COS levels decrease from 41,92% at a depth of 0-15 cm to 39,56% at a depth of 15-30 cm. These findings underline the influence of soil depth and type of soil use on the distribution of organic carbon. The natural ecosystem has a superior capacity for organic carbon storage, due to the natural conditions that promote soil fertility and productivity.

Keywords: retention, distribution, ecosystem, change, organic matter.

Introducción

El suelo es el mayor sumidero de carbono, es decir almacena aproximadamente dos veces más que la atmósfera y la vegetación (Robert, 2002). La mayor parte de sumideros de carbono, se encuentran en bosques de baja latitud, mientras que la mayoría de carbono del suelo, se encuentran en bosques siempre verdes de altas latitudes (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017). La capacidad de sumidero de carbono orgánico (COS) de los suelos agrícolas en Ecuador y en el mundo puede afectar a las prácticas agropecuarias insostenibles que causan la pérdida del contenido de COS a causa de la degradación y erosión de los suelos (Loayza *et al.*, 2020).

Porta *et al.* (2013) manifiestan que es necesario tener en cuenta la idoneidad de sumidero de carbono orgánico de los suelos (COS) rurales en el Ecuador y generalmente en el mundo, ya que puede verse perjudicado por las prácticas agropecuarias insostenibles que ocasionan la pérdida de COS y por consiguiente la degradación y erosión de los suelos. La pérdida de COS afecta a la salud y productividad del suelo y agrava el cambio climático (Vásquez Polo y Macías Vázquez, 2017). La importancia radica en ver la pérdida de COS como indicador del grado de degradación del suelo, es decir, a mayor contenido de COS, la calidad y salud del suelo serán mayores frente a un suelo con bajo contenido de COS (Loayza *et al.*, 2020). Burbano-Orjuela (2016) sostiene que hay dos ciclos, que corresponden a el bioquímico a corto plazo y otro geoquímico a largo plazo, pero las actividades antropogénicas alteran y dañan estos dos ciclos, y aquí, nos concentramos en una de las reservas que cumple el COS (Burbano Orjuela, 2018).

La discusión sobre el cambio de uso de suelos por zonas agrícolas y sus consecuencias en el ciclo biogeoquímico del carbono es esencial para comprender la complejidad de los ecosistemas, especialmente en ecosistemas de bosques siempre verdes y áreas de cultivos. Ayala-Niño *et al.* (2018) destaca la importancia del carbono en el soporte de raíces y la provisión de nutrientes, subrayando su papel fundamental en la sostenibilidad de estos ecosistemas.

En este sentido, la afirmación de Rippstein (2001) acerca de la esencialidad del carbono para las actividades del suelo refuerza la relevancia de este elemento en la dinámica de los ecosistemas. Que los bosques siempreverdes y las zonas de cultivos agrícolas cambien la formación vegetal y en la masa foliar destaca la complejidad de las interacciones en juego.

No obstante, es crucial ahondar en la comprensión de cómo estos cambios afectan directamente la capacidad de sostenimiento y retención de nutrientes del suelo. La interacción entre las fases de formación y los diferentes factores ambientales que influyen en el ciclo biogeoquímico del carbono debe ser analizada en detalle para evaluar las consecuencias a largo plazo. Además, sería pertinente explorar cómo estos cambios en la vegetación y en el ciclo del

carbono impactan en la biodiversidad local y en la resiliencia del ecosistema. La identificación de estrategias de manejo sostenible que minimicen los efectos adversos del cambio de uso de suelos en estas áreas es crucial para preservar la funcionalidad de los bosques siempreverdes y garantizar la continuidad de los servicios ecosistémicos que proporcionan, la comprensión detallada de las interacciones entre el cambio de uso de suelos, el ciclo biogeoquímico del carbono y la dinámica de los ecosistemas es esencial para desarrollar estrategias de conservación efectivas.

La FAO (2020b) manifiesta que el cambio de suelo es un proceso que va en ascenso, la transformación entre estos cambios de ecosistemas naturales y zonas agrícolas representando el 10% de las emisiones antropogénicas actuales del gas efecto invernadero y con una captación de 20 Pg. C (Duarte *et al.*, 2006).

El carbono orgánico regula las funciones físicas, químicas y biológicas del suelo para mantener su fertilidad y productividad. Es un insumo fundamental para monitorear el ciclo del carbono bajo escenarios de cambio de uso de la tierra, por lo que los suelos se consideran un componente básico en el control del cambio climático, ya que en función de su uso pueden convertirse en fuentes o sumideros de carbono atmosférico (Vargas-Larreta *et al.*, 2022).

El estudio del COS del suelo en un ecosistema bosque siempreverde y en la zona de producción agrícola es importante para entender cómo funcionan y cómo podemos utilizarlos de manera sostenible protegiendo la biodiversidad y la gestión del agua (Miller y Leon Rodriguez, 1994). El conocimiento de las características y propiedades de los suelos húmedos de ecosistema siempreverde es fundamental para el desarrollo de las prácticas agrícolas sostenibles, la protección de la biodiversidad y la gestión adecuada del agua en los ecosistemas terrestres.

La presente investigación tiene como objetivo cuantificar el almacenamiento de COS en un ecosistema de bosque siempreverde y una finca cultivada con cacao en el Cantón Pasaje, mediante el análisis de la profundidad de suelo y comparación con las características físico- químicas, resultados que permitirán establecer mejores programas con medidas para la conservación y equilibrio del suelo y su ecosistema. Para analizar la relación entre el carbono orgánico del suelo (COS) y los parámetros fisicoquímicos, considerando la variabilidad en profundidad y tipo de suelo. Este estudio permitirá comprender cómo el COS influye en los parámetros y cómo estos, a su vez, afectan la distribución y composición del COS, proporcionando información clave para la gestión sustentable de suelos.

Materiales y métodos

La zona de estudio se sitúa en el sitio “Campo Real” perteneciente, a la parroquia Palenque Cantón Pasaje en el sur del Ecuador (Figura 1). Este ecosistema, cuenta con una extensión total de 480 km² y su cabecera cantonal abarca 1 471 hectáreas, presenta una temperatura promedio anual de 25,3 °C, su clima es tropical, y su precipitación está en un rango de 1 689 mm, existen dos tipos de suelo vertisol y alfisol, esta y se encuentra rodeada de actividades productivas como el cacao, pastizales y banano (Gad Municipal de Pasaje, 2019).

Selección de coberturas de uso de suelo

Una vez identificada el área de estudio, se seleccionaron dos tipos de cobertura del suelo para tomar muestras como bosque natural y cultivo de cacao, tiene una gran variedad de árboles, arbustos y vegetación que, junto a los factores físicos (clima,

suelo, etc.) y biológicos (musgos, insectos, etc.) se relacionan creando un conjunto equilibrado en el entorno y con respecto al cultivo del cacao, este correspondió a una extensión de 5 hectáreas, con 15 años de establecimiento, cultivada con la variedad CCN51 bajo un manejo agroecológico sin la aplicación de insumos químicos.

Toma de muestras

Una vez seleccionados los puntos de muestreo (Tabla 1), se obtuvo muestras representativas en ambas áreas, tanto para el bosque siempreverde como en la plantación de cacao, tomando 8 puntos de muestreos a una distancia de 100 metros de punto a punto y en la cobertura de cacao, se tomaron 2 muestras a dos profundidades diferentes de 0-15 y de 15-30 cm, dando 32 muestras para todo el estudio. Estas muestras fueron recolectadas en 1 kg para luego ser secadas y tamizadas a en una malla de 2mm (Mendoza y Espinoza, 2017).

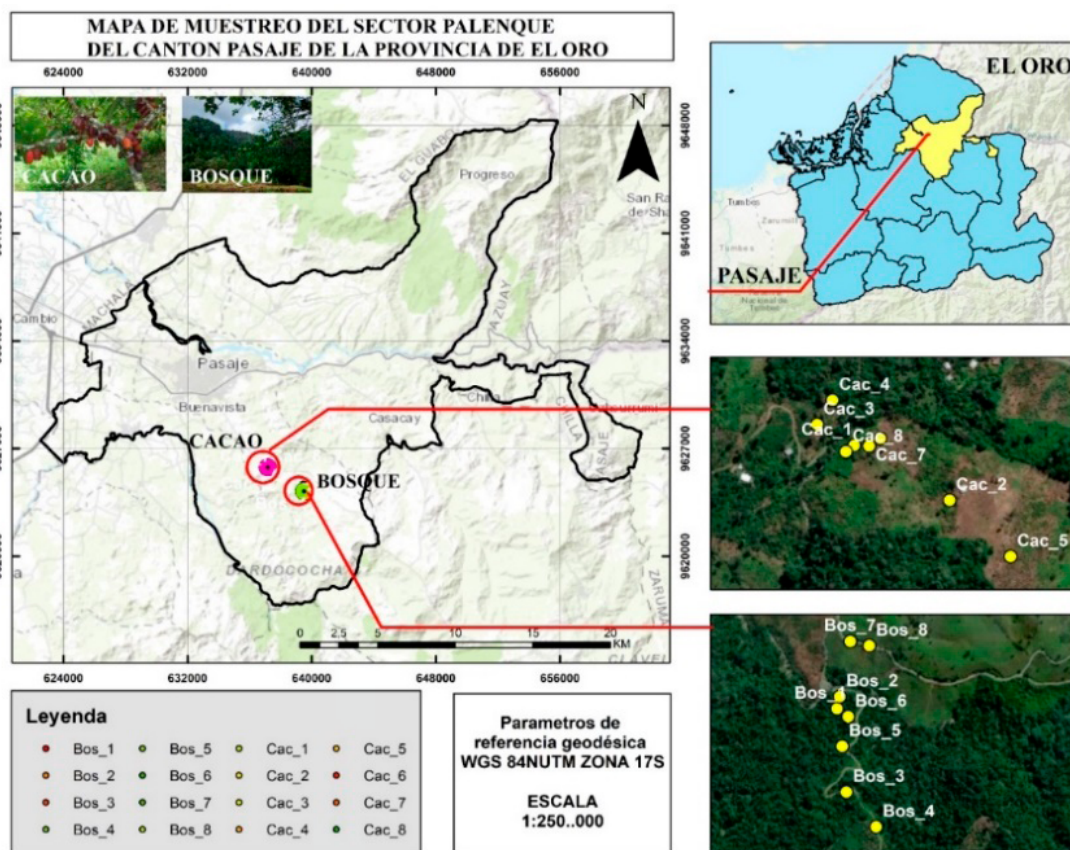


Figura 1. Localización de las áreas de estudio

Tabla 1. Coordenadas, ecosistema y orden de suelo de los puntos de estudio del sector Palenque, cantón Pasaje

Cantón	Altitud (msnm)	Cobertura	Código	Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)	Orden de suelo
Pasaje	182m	Bosque	1	639412	9624521	Alfisol
Pasaje	149m	Bosque	2	639419	9624551	Alfisol
Pasaje	196m	Bosque	3	639435	9624313	Alfisol
Pasaje	221m	Bosque	4	639509	9624226	Alfisol
Pasaje	206m	Bosque	5	639425	9624427	Alfisol
Pasaje	176 m	Bosque	6	639440	9624501	Alfisol
Pasaje	200m	Bosque	7	639445	9624689	Alfisol
Pasaje	176m	Bosque	8	639492	9624678	Alfisol
Pasaje	156m	Cacao	1	637194	9625714	Inceptisol
Pasaje	93m	Cacao	2	637330	9625635	Inceptisol
Pasaje	74m	Cacao	3	637141	9625744	Inceptisol
Pasaje	72m	Cacao	4	637163	9625779	Inceptisol
Pasaje	75m	Cacao	5	637417	9625554	Inceptisol
Pasaje	68 m	Cacao	6	637231	9625724	Inceptisol
Pasaje	65m	Cacao	7	637215	9625713	Inceptisol
Pasaje	62m	Cacao	8	637182	9625705	Inceptisol

Análisis de los parámetros físicos y químicos

Con respecto a los análisis físico-químicos, una vez obtenida las muestras fueron llevados al laboratorio de suelos de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala, en donde se determinaron los parámetros físicos como la clase textural, densidad aparente, densidad real y porosidad. La clase textural se lo realizó utilizando el método de Bouyoucos; La densidad de la solución de sedimentación se determinó por un hidrómetro calibrado, que entrega directamente el contenido en porcentaje de la fracción de un diámetro. La densidad aparente se evaluó utilizando el método de la parafina, que implica sumergir el agregado cuidadosamente durante aproximadamente 3 segundos, permitiendo que se enfríe antes de proceder a pesarlo. En cuanto a la densidad real se lo determinó utilizando un balón aforado agregando la muestra de suelo y agua en el mismo hasta la línea de aforo para así poder moverlo y ser pesado, usando de este modo la ecuación de la porosidad = $(100 - (DA / DR) \cdot 100)$; fue obtenida mediante los datos de densidad aparente y densidad real tras la siguiente ecuación (Collazos, 1989).

$$\text{Porosidad} = 100 - \frac{DA}{DR} \times 100 \quad (1)$$

Parámetros químicos

En cuanto a los parámetros químicos, las variables fueron carbono, materia orgánica, pH y conductividad eléctrica, que se detallan a continuación y el método adecuado para

obtener sus datos. En el cálculo del COS se utilizó el método de ignición que consiste en tomar dos muestras (0-15 y 15-30) de 10g aproximadamente, para luego colocarlos en un crisol y registrar el peso de ambos de manera independiente, posteriormente se lo elevó a una temperatura de 600 °C, y finalmente se obtuvo la diferencia de estos, obteniendo así el porcentaje de carbono (%C), a través de la siguiente fórmula. se realizó multiplicando el peso del volumen por el COS del suelo por el porcentaje de carbono. Para el peso del volumen del suelo, ya después de haber obtenido los datos necesarios que se realizó el producto del peso del volumen del suelo y porcentaje del carbono teniendo así los siguientes resultados, para ello se utilizó la siguiente fórmula.

Al obtener los datos por el método adoptado, el cual fue de ignición, se determinó la materia orgánica con la ecuación que se muestra a continuación.

$$\%M. O. = \%C \cdot 1,724 \quad (2)$$

Con respecto al pH se determinó haciendo una relación de 1:5, una parte de suelo con 5 partes de agua destilada (H₂O), este proceso permitió también determinar la conductividad eléctrica de la siguiente manera, colocamos 15 gr de la muestra en un recipiente y le agregamos 75 ml de H₂O, mezclamos hasta dejar homogenizada la mezcla y esperamos un tiempo de 30 minutos como tiempo de reposos para luego hacer medidas con el pH metro y conductímetro el fin de proceder a tomar los resultados.

Análisis del contenido de carbono orgánico

Con el método de ignición se realizó el siguiente cálculo con los diferentes tipos de muestras (0-15 y 15-30) en las 2 coberturas:

$$PVs(\text{Mg. C. ha}^{-1}) = (PVs \times \%C) / 100 \quad (3)$$

Una vez calculado el volumen del suelo se procedió a calcular el COS a través de la siguiente ecuación.

$$\text{Cantidad de COS} = \left(\% \frac{C}{100} \right) \cdot (PVs) \quad (4)$$

Donde:

PVs (Mg. C. ha⁻¹) Peso del volumen del suelo,

%C= Porcentaje de carbono,

COS=Carbono Orgánico del suelo.

Análisis estadístico

Se emplearon varios diseños para realizar el análisis a través del software (*Statistical Package for the Social Sciences*, 2024), del cual se realizó la comparación para los datos de

valores de los parámetros físicos-químicos a través del análisis estadístico descriptivo. Para un análisis más complejo utilizamos el gráfico de cuadro de barras (univariado), así mismo para obtener la relación de "COS" fue posible mediante la correlación de Pearson con los factores fijos de las variables que tienen más relación (MO, PH, DA, COS y profundidad), Posteriormente analizada la presencia de correlación ($p < 0,05$) se estableció el grado de relación a través del coeficiente de correlación (r) valor que efectúa de -1 a 1. para proceder a realizar se utilizó puntos de dispersión.

Resultados**Características fisicoquímico del suelo**

Se han obtenido los valores correspondientes de DA, DR, P, MO, C, COS, y pH hacia las profundidades 0-15cm y 15-30 según el bosque siempreverde y cacao expuesto en el (Tabla 2). Hubo una clara observación respecto a la profundidad de 0-15cm, teniendo altos valores de DR, P, MO, C, COS y pH.

Tabla 2. Valores de medidas y desviación estándar para la profundidad del suelo de 0-15 cm en diferentes variables físico – químicos. COS=Carbono orgánico del suelo, C=carbono, MO=materia orgánica, pH: Potencial de hidrogeno; Da=densidad aparente

Suelo/profundidad		COS (T. ha-1)	C (%)	MO (%)	pH	Da (g/cm3)
Bosque/ Alfisol (0-15)	Media	41,75	2,41	3,70	6,27	1,17
	Desv. Desviación	7,36	0,88	1,72	0,31	0,26
	Mínimo	32,16	1,18	1,58	5,91	0,90
	Máximo	55,02	4,07	7,02	6,87	1,75
	Media	42,19	2,23	3,37	6,46	1,32
Bosque/ Alfisol (15-30)	Desv. Desviación	12,87	0,69	1,06	0,19	0,20
	Mínimo	23,65	1,26	1,95	6,14	1,10
	Máximo	60,13	3,36	4,96	6,72	1,70
	Media	41,91	1,92	2,87	6,49	1,46
	Desv. Desviación	13,86	0,62	0,83	0,37	0,23
Capacidad de almacenamiento	Mínimo	29,56	1,33	1,80	5,66	1,13
	Máximo	69,12	3,10	4,24	6,80	1,87
	Media	39,55	1,78	2,65	6,67	1,47
	Desv. Desviación	14,88	0,66	0,81	0,40	0,176
	Mínimo	21,05	1,07	1,76	5,94	1,23
Cacao/ Inceptisol (15-30)	Máximo	64,32	3,04	4,12	7,14	1,79

Se ha demostrado que los suelos del Cacao/Inceptisol en la capa de 0-15 cm presentan los niveles más altos de (COS), alcanzando un máximo del 69,12%. En contraste, los suelos Cacao/Inceptisol 15-30 muestran los niveles más bajos de COS, con un mínimo de 21,05%. El COS juega un papel crucial en la producción agrícola, siendo esencial para la adaptación de los cultivos. Su presencia influye mucho en el rendimiento de los cultivos agrícolas, respaldado por estudios que confirman su importancia en suelos destinados a la producción agrícola (FAO, 2017).

El carbono (C) almacenado en el Bosque Natural/Alfisol en la capa de 0-15 cm presenta un porcentaje significativamente mayor, alcanzando un 4,07%. En contraste, el contenido de carbono en el cacao/inceptisol a una profundidad de 15-30 cm el cual es más escaso, registrando tan solo un 1,07%. Estos niveles de carbono corresponden a los gases de respiración que resultan de la mineralización microbiana, además, se observa una menor concentración de carbono en los lixiviados del suelo, lo que demuestra su influencia directa en la actividad microbiana (Kanninen, 2000).

Se ha observado que el porcentaje más alto de materia orgánica se encuentra en la zona natural del Bosque/Alfisol (0-15), con un registro del 7,02%. Sin embargo, a mayores profundidades, la materia orgánica muestra una diferencia considerable, aunque con valores más bajos en comparación con otras muestras, marcando un 7,02%.

El potencial de hidrogeno (pH) es importante para el crecimiento de las plantas y en cuanto el Cacao/Inceptisol en la capa de 0-15 cm que nos presenta los niveles más altos de pH, alcanzando un máximo de 6,80. En contraste, los suelos Cacao/Inceptisol 15-30 muestran los niveles más bajos de pH, con un mínimo de 5,94. El pH del suelo nos brinda una información importante sobre la formación del suelo

que determina la acidez, alcalinidad del suelo y su nivel que depende de esto afecta sus propiedades físicas, químicas y biológicas y nos permite aprovecharlo al máximo (Intagri, 2014).

La densidad aparente (D_a) es importante porque permite establecer las plantas superiores, que tiene un alto porcentaje mayor de la densidad aparente de la zona natural del Bosque/Alfisol de 0-15 cm, alcanzando un máximo de 1,75 g/cm³. En contraste en la profundidad de 15-30cm, el Bosque/Alfisol muestran los niveles más bajos de D_a , con un mínimo de 1,10 g/cm³. Estudios realizados en bosques forestales con características climáticas y edáficas similares variaron entre 1,05 g/cm³ a 1,29 g/cm³, siendo el valor mínimo de 0,89 g/cm³ (Torres *et al.*, 2021).

La Figura 2 nos indica los valores de la media de carbono en cobertura y profundidad que corresponden al bosque natural y cacao. Al analizar la gráfica, con respecto a la cobertura, podemos ver que existe una diferencia del valor de la media de carbono, donde se almacena mayor cantidad de carbono en el bosque natural. Para referirnos a la profundidad, notamos que de 0-15 cm, existe una mayor concentración de carbono tanto en bosque natural como en cacao. Se visualiza que bosque natural, en la profundidad de 0-15 cm, existe una concentración de 2,41% y en la misma profundidad en cacao de 1,92%. En la profundidad de 15-30, en bosque natural con un 2,23% supera a cacao el cual contiene 1,79%. Hernández Núñez *et al.* (2021), en su estudio nos indica que el almacenamiento de carbono tuvo una gran diferencia en las diferentes coberturas, siendo este el de bosque con mayor valor, comparado al cacao y otro cultivo. Pues la acumulación del carbono encima del suelo del bosque fue mayor estadísticamente en comparación a lo encontrado en el cacao.

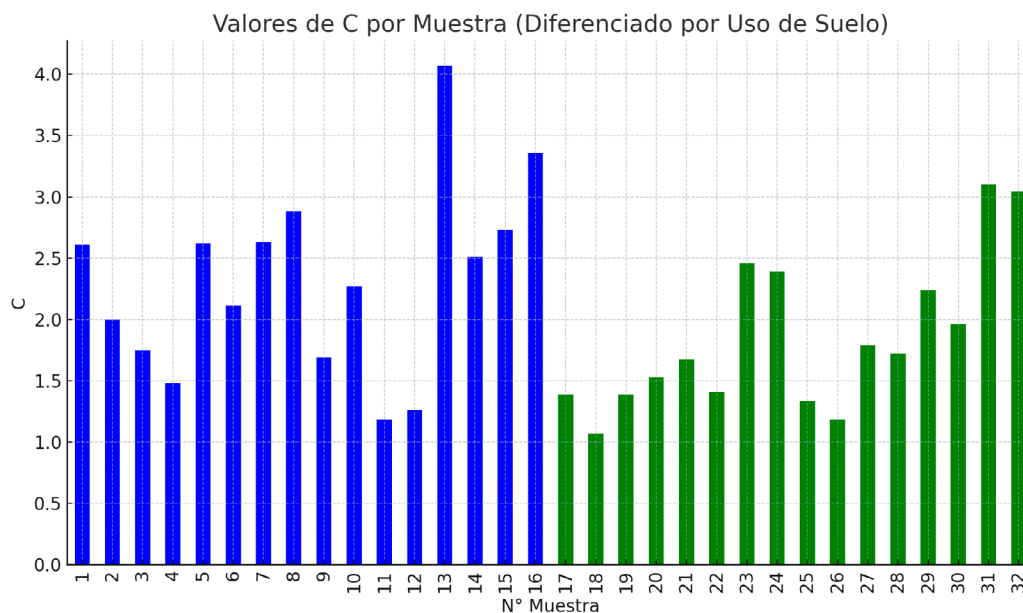


Figura 2. Valores promedio de carbono en un bosque natural y el cultivo de carbono

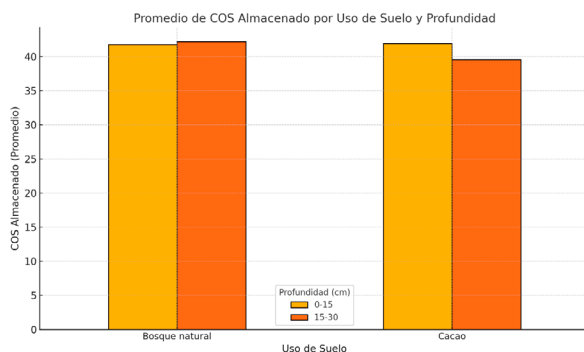


Figura 3. Promedio de COS almacenado por uso de suelo y profundidad

La Figura 3 muestra el contenido de carbono orgánico en cobertura, como tal no existe mayor diferencia en bosque natural como en cacao, ya que sus valores se acercan; sin

embargo, en cuanto a profundidad de 0-15 cm podemos ver que en Bosque natural existe una mayor concentración de COS con 42,20% a diferencia de cacao con 39,56%. Y en la profundidad de 15-30cm, se observa que en bosque natural contiene 41,76% de COS y en cacao, una cantidad de 41,92%, siendo esta mayor al bosque natural. Según Castillo-Pacheco *et al.* (2016) el cambio que se produce en el uso del suelo es la mayor causa para que el carbono sea reducido, con pérdidas grandes de 30 y 50%. Y al deforestar los bosques, estas dan una pérdida de contenido de Carbono orgánico. En muchos casos el contenido de carbono orgánico disminuye con la profundidad. El cambio que surge en el COS es pequeño y este ocurre dentro de los primeros 30 cm., esto se debe a que el carbono está vinculado con la MO, lo que hace que disminuya mientras haya más profundidad (Madriral Reyes, 2019).

Tabla 3. Relación del COS, resultados en parámetros

		COS
COS	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	0
MO (%)	Correlación de Pearson	0,471**
	Sig. (bilateral)	0,006
Da(g/cm3)	Correlación de Pearson	0,055
	Sig. (bilateral)	0,766
pH	Correlación de Pearson	-0,383*
	Sig. (bilateral)	0,030
C (%)	Correlación de Pearson	0,786**
	Sig. (bilateral)	0,000
Porosidad (%)	Correlación de Pearson	0,012
	Sig. (bilateral)	0,946
CE (dS.m)	Correlación de Pearson	0,059
	Sig. (bilateral)	0,749
Profundidad (Cm)	Correlación de Pearson	-0,041
	Sig. (bilateral)	0,825

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

La correlación del COS es fuerte correspondiente a 1, en nuestra investigación obtuvimos los siguientes resultados; MO es de 0,47; Da, es de 0,055; pH es de -0,383; C es de 0,786; Porosidad es de 0,012; CE es de 0,059 y de Profundidad es de -0,041 (Tabla 3).

Los parámetros de fuerte relación son COS - C y de relación moderada, COS - pH, COS - MO,” donde podría especificarse el significado de “relación moderada” en términos de valor estadístico específico.

Distribución del Carbono Orgánico del Suelo en Relación a los Nutrientes

La Figura 4 nos muestra fuerte relación debido a que se apega

a la línea de ajuste de COS con el carbono orgánico (%) están ligados fuertemente. Según la FAO (2020a) el COS viene a ser parte de un componente con gran importancia dentro del ciclo global, ocupando casi el 70% del C orgánico de la Biosfera.

Dispersión de puntos COS y pH

La Figura 5 nos muestra el comportamiento negativo del COS en una línea de ajuste de puntos de dispersión. Se observa que la línea va de forma inversa debido a los valores negativos; no existe una relación fuerte entre pH y COS, por lo tanto, no hay atracción o tienen una relación moderada.

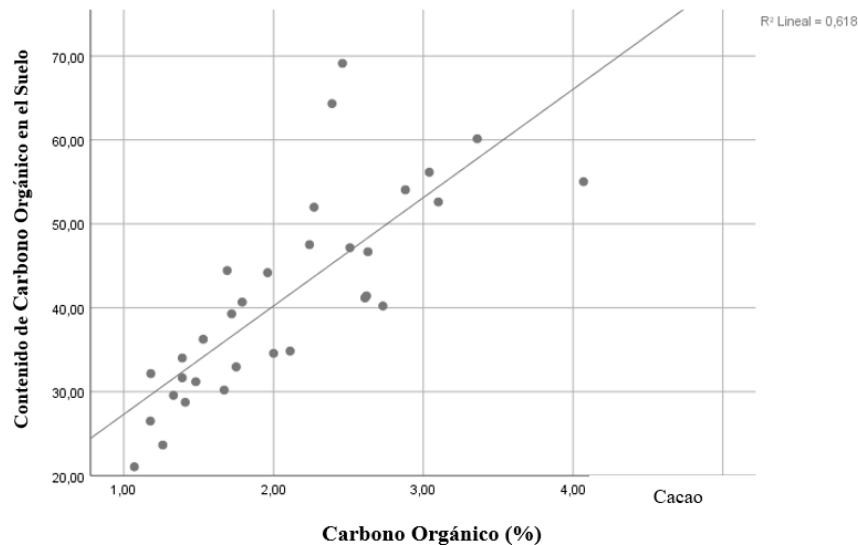


Figura 4. Dispersión de puntos COS y C

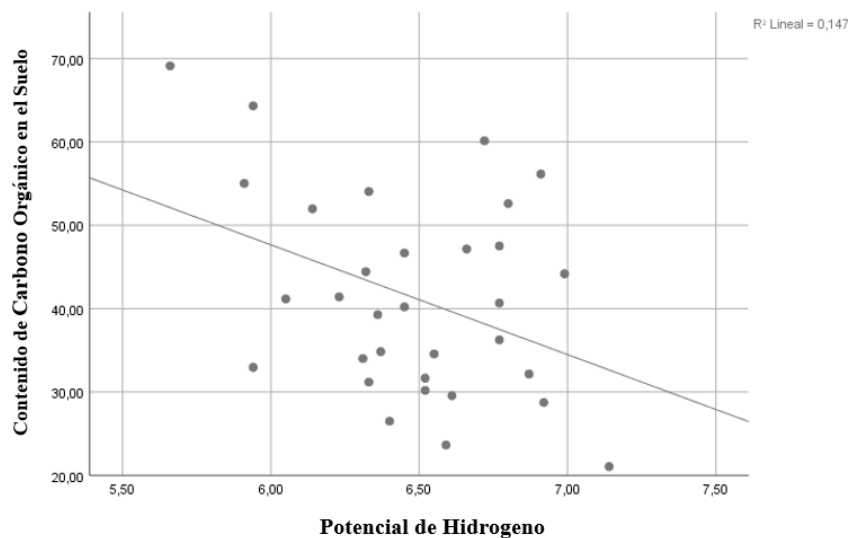


Figura 5. Dispersión de puntos COS y pH

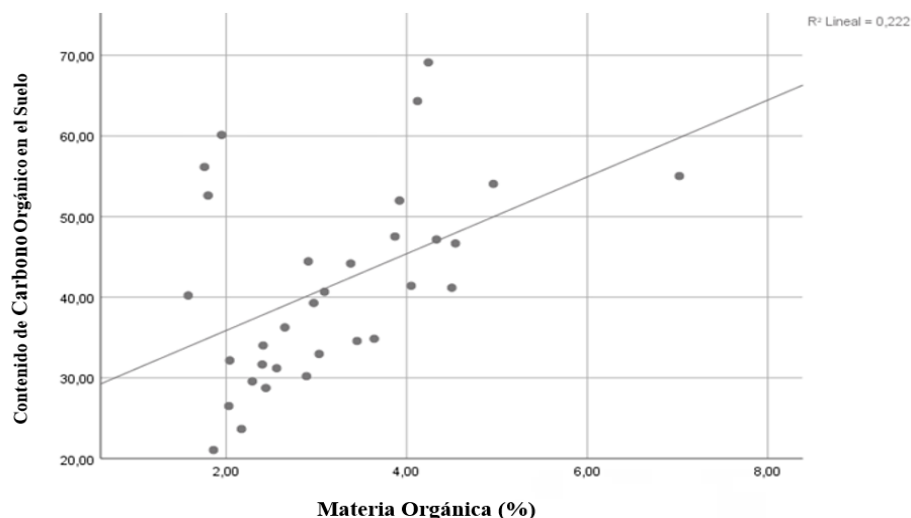


Figura 6. Dispersión de puntos COS y MO

La cantidad de CO da a conocer una tendencia que indica una necesidad de aplicación de manejo de suelo, en cuanto el pH no será limitante para la buena producción del cultivo de cacao, pero se pueden presentar potenciales problemas de acidez en algunas áreas específicas (Sainz Rozas *et al.*, 2011).

En la Figura 6 se observa una correlación moderada, el COS y la MO tienen una correlación dependiente. El COS tiene un papel importante en lo que respecta a las propiedades físicas, químicas y biológicas, destacando el papel dinámico del sistema del suelo sabiendo que puede afectar a otras propiedades sin embargo la relación que tenga es parte de la unión de ambos factores en el suelo (Docampo, 2010).

Discusión

El análisis comparativo del carbono orgánico del suelo (COS) entre un ecosistema de bosque siempre verde y una zona agrícola de cacao resalta cómo el uso del suelo influye directamente en la capacidad de almacenamiento de carbono, estudios como (Lal, 2004) que señala que los bosques naturales, tienden a acumular mayores cantidades de carbono debido a la constante adición de hojarasca y la baja perturbación del suelo. Este aspecto es evidente en este estudio, donde los suelos del bosque siempreverde mostraron una mayor concentración de COS, particularmente en la capa superficial (0-15 cm). Por otro lado, los resultados obtenidos en el suelo del cultivo de cacao refleja una disminución del COS con la profundidad, un patrón también reportado por (Campbell, 1995), quien reportó que las prácticas agrícolas intensivas aceleran la mineralización de la materia orgánica, reduciendo su contenido en capas más profundas. A pesar del que el cultivo de cacao implementa un sistema con prácticas agroforestales, las prácticas agrícolas todavía parecen limitar la retención de carbono en comparación con los otros ecosistemas forestales o bosques nativos.

La correlación positiva observada entre el COS, el carbono (C) y la materia orgánica (MO) es consistente con lo señalado por (Guo y Gifford, 2002), quienes encontraron que estos parámetros son indicadores clave de la calidad del suelo. Sin embargo, el efecto negativo moderado del pH en el COS indica que valores extremos pueden afectar la estabilidad del carbono en el suelo, como lo describen (Bronick y Lal, 2005), quienes resaltan que la acidez del suelo puede influir en la actividad microbiana y en la dinámica de descomposición de la materia orgánica.

El papel del COS en la mitigación del cambio climático, discutido ampliamente por (Orozco-Hueje *et al.*, 2022), destacan la relevancia de proteger los ecosistemas naturales como sumideros de carbono. En este contexto, este estudio aporta evidencia empírica que refuerza la necesidad de adoptar estrategias sostenibles para la gestión del suelo, como la rotación de cultivos, la incorporación de abonos orgánicos y la conservación de los bosques circundantes.

Conclusiones

Los suelos del bosque siempreverde demostraron una capacidad significativamente mayor para almacenar COS en comparación con los suelos del cultivo de cacao, destacando la importancia de los ecosistemas naturales frente a un ecosistema agrícola.

Las prácticas agrícolas del cultivo de cacao con un adecuado manejo agroforestal, pueden aumentar la cantidad de COS debido a la incorporación de materia orgánica.

La relación entre el COS, el C y la MO marca la interdependencia de estos factores en la sostenibilidad del suelo, sin embargo, la influencia del pH sobre el COS indica la necesidad de monitorear y manejar este parámetro para evaluar la calidad y la salud del suelo.

Referencias bibliográficas

- Ayala Niño, F., Maya Delgado, Y. y Troyo Diéguez, E. (2018). Almacenamiento y flujo de carbono en suelos áridos como servicio ambiental: Un ejemplo en el noroeste de México. *Revista Terra Latinoamericana*, 36(2). <https://doi.org/10.28940/terra.v36i2.334>
- Bronick, C. J. y Lal, R. (2005). Estructura y gestión del suelo: Una revisión. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>
- Burbano Orjuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Campbell, C. A. (1995). Prácticas de manejo y propiedades de materia orgánica del suelo en suelos de pastizal. *Soil Science Society of America Journal*, 59(1), 217-224. <https://doi.org/10.2136/sssaj1995.03615995005900020056x>
- Castillo-Pacheco, L. A., Bojórquez-Serrano, J. I., Hernández-Jiménez, A. y García-Paredes, D. (2016). Contents of soil organic carbon under different agricultural and vegetation cover. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 72-78. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2035.4805>
- Collazos, E. A. (1989). Métodos para la determinación de algunas propiedades físicas de los suelos. En *El análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Instituto Colombiano Agropecuario*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/20234>
- Docampo, R. (2010). Importancia de la nutrición mineral en olivo. En: Resultados Experimentales en Olivos -. *Jornada de Divulgación. INIA Serie Actividades de Divulgación N° 626 Octubre 2010*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2410/1/18429121210210356.pdf>
- Duarte, C., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A., Simó, R. y Valladares, F. (2006). Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. https://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/01/Cambio_global.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2017). *Carbono Orgánico del suelo el potencial oculto*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6e5e1fa9-ef55-4198-9160-fa580483f991/content>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020a). *Soil carbon sequestration for improved land management*. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-organic-carbon/en/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020b). *The State of Food and Agriculture 2020*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>
- Gad Municipal de Pasaje. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pasaje*. https://drive.google.com/file/d/1S85jbvfmnjTl3mA--tRCmiX_b6FLiqn/view
- Guo, L. B. y Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis *Global Change Biology*, 8(4), 345-360. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>
- Hernández Núñez, H. E., Andrade, H. J., Suárez Salazar, J. C., Sánchez A., J. R., Gutiérrez S., D. R., Gutiérrez García, G. A., Trujillo Trujillo, E. y Casanoves, F. (2021). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 69(1). <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42959>
- Intagri, S. C. (2014). *Disponibilidad de Nutrientes y pH del Suelo*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientes-y-el-ph-del-suelo>
- Kanninen, M. (2000). *Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global*. <https://www.fao.org/4/y4435s/y4435s09.htm>
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1), 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>
- Loayza, V., Sevilla, V., Olivera, C., Guevara, M., Olmedo, G., Vargas, R., Oyonarte, C. y Jiménez, W. (2020). Mapeo digital de carbono orgánico en suelos de Ecuador. *Ecosistemas*, 29(2), 1852. <http://dx.doi.org/10.7818/ECOS.1852>
- Madrigal Reyes, S., Cristóbal Acevedo, D., Hernández Acosta, E. y Romo Lozano, J. L. (2019). Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad, sobre el carbono y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 10(51), 201-223. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.113>
- Mendoza, R. B. y Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para muestreo de suelos*. (Universidad Nacional Agraria.). <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-autonoma-de-nicaragua-managua/mecanica-de-suelo/guia-tecnica-para-muestreo-de-suelos/37191180>
- Miller, G. T. y Leon Rodriguez, I. (1994). *Ecología y medio ambiente: Introducción a la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta tierra*. Grupo Editorial Iberoamérica. https://books.google.com.ec/books/about/Ecolog%C3%ADa_y_medio_ambiente.html?id=Cbl6QgAACAAJ&redir_esc=y

- Orozco-Hueje, D., Barreto-Rojas, D. M., Trujillo González, J. M., Silva-Parra, A., Serrano-Gómez, M., Castillo-Monroy, E. F. y Torres-Mora, M. A. (2022). Sumideros naturales de carbono: Un estudio de caso en morichales de la altillanura colombiana. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 14(1). <https://doi.org/10.22490/21456453.5531>
- Porta, J., López-Acevedo, M. y M. Poch, R. (2013). *Edafología: Uso y protección de suelos* (3ra Edición). Ediciones Mundi-Prensa. <https://acortar.link/P7UFNn>
- Rippstein, G., Escobar, G. y Motta, F. (2001). *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. CIAT. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/99b8863a-a0cc-458c-bedd-3872ca17c50d/content>
- Robert, M. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d8b7252e-03c2-4116-8b6c-ebd5ca3c9662/content>
- Sainz Rozas, H. R., Echeverría, H. E. y Angelini, H. P. (2011). Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana Argentina. *Ciencia del suelo*, 29(1), 29-37. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672011000100004
- Statistical Package for the Social Sciences (Versión 22.0). (2024). [Software].
- Torres, E., P. T., Maza, J. E. y Barrezueta, S. B. (2021). Impacto de dos usos de suelo en el almacenamiento carbono orgánico en el litoral ecuatoriano. *Agroecosistemas*, 9(2), 78-85. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/472/449>
- Vargas-Larreta, B., Amezcua Rojas, M., López-Martínez, J. O., Cueto-Wong, A., Cruz-Cobos, F., Nájera-Luna, J. A. y Aguirre-Calderón, C. G. (2022). Estimación de los almacenes de carbono orgánico en el suelo en tres tipos de bosque templado en Durango, México. *Botanical Sciences*, 101(1), 90-101. <https://doi.org/10.17129/botsci.3094>
- Vásquez Polo, J. R. y Macías Vázquez, F. (2017). Fraccionamiento químico del carbono en suelos con diferentes usos en el departamento de Magdalena, Colombia. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 35(1), 7. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i1.237>



Condiciones referenciales del manglar del estero salado en la ciudad de Guayaquil

Reference conditions of the salt marsh mangrove estuary in the Guayaquil city

Olga Laurmanía Quevedo Pinos¹, Willan Enrique Revelo Ramírez²

¹Universidad de Guayaquil, Ecuador.

²Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca, Ecuador.

Autor de correspondencia: olga.quevedo@ug.edu.ec

Recibido: 08/05/2024. Aceptado: 22/11/2024

Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

Se analizaron documentos generados en el 2012 sobre los remanentes de manglar de la reserva El Salado de la ciudad de Guayaquil – Ecuador, donde se rescata el componente: Flora con urbe, así como otras fuentes nacionales que han producido información sobre el mencionado ecosistema. Se revisó sistemáticamente publicaciones nacionales e instrumentos legales que se han empleado para la conservación de los manglares. El manglar del Estero Salado fue delimitado en tres zonas de estudio, se presentaron las técnicas de campo, y el estadístico utilizado. Los resultados por zonas de estudio se diferencian por su diversidad, dominancia y abundancia. La zona I corresponde a la parte interior de la ciudad de Guayaquil, con manglar reducido a franjas, en superficies aproximadas entre 2 a 3 m respecto a la orilla, la zona II reflejó valores alto respecto al Índice de Valor de Importancia (IVI). La Zona III se encuentra alejada de los asentamientos humanos, por lo que mantiene las mejores condiciones del bosque con dominancia de las especies *Rhizophora. harrisonii* y *R. mangle*. El estrés afecta a las especies que están presentes en 22,5% de las 40 estaciones analizadas, y los insectos en 70% en *Rhizophora* sp. y *Laguncularia racemosa*. El estado de las franjas de manglar de la reserva El Salado en la urbe guayaquileña constituye el primer inventario florístico de hace más de una década, y las condiciones en las que se encuentra actualmente no han cambiado, se necesita implementar acciones políticas puntuales para su recuperación.

Palabras clave: manglar, crisis ecológica, biodiversidad, humedal.

Abstract

In recent years, important changes in natural ecosystems have been reported worldwide due to different human activities. One of the main results of these activities is the loss and fragmentation of habitats caused by changes in land use. In this context, the present research was conducted in the Caña Brava community belonging to the Santa Ana canton; it was proposed to analyze forest fragmentation during the period 2015-2021 applying a mixed approach; among the most important results we have that, for the year 2015 the forest had an extension of 267,21 ha distributed in 6 patches, while for the year 2021 the vegetation cover decreased to 163,46 ha, increasing the patches to 9; the area without vegetation cover between this period increased 28,21 ha. Likewise, the agricultural frontier was expanded by 75,74 ha, reducing the vegetation cover to 103,75 ha, so the degree of forest fragmentation for the year 2021 was 0,4, classifying it as Insularized. It is concluded that agriculture is the main cause of forest fragmentation, and if protection measures are not contemplated, the level of fragmentation will continue to increase, affecting ecosystem services in the area for present and future generations, even altering compliance with SDG 15 “Life and terrestrial ecosystems” and SDG 11 “Sustainable communities and cities”.

Keywords: mangrove, ecological crisis, biodiversity, wetland.

Introducción

La megadiversidad de Ecuador es mundialmente reconocida por la amplia variedad de ecosistemas y pisos climáticos que pueden explorarse en un lapso promedio de aproximadamente ocho horas, gracias a su superficie territorial de 256 370 km². En comparación con otros países con características similares, esta extensión territorial permite una accesibilidad notable a esta diversidad natural. Los ecosistemas de manglar, presentes en las cinco provincias costeras e insulares del país, fueron registrados por el Centro de Levantamiento Integrado de Recursos Naturales y Sensores Remotos (CLIRSEN, 1990) en 1990 con una extensión de 305 252,9 hectáreas. La mayor concentración de bosques de manglar se identificó en el Golfo de Guayaquil, abarcando aproximadamente 151 702 hectáreas, incluyendo las áreas de salinas. Sin embargo, para el año 2014, el Ministerio del Ambiente (MAE, 2014) reportó una reducción en esta extensión, cifrando la superficie en 157 094 hectáreas. Esta disminución se asocia directamente con actividades humanas como la expansión de la industria camaronera, el crecimiento urbano y la expansión agrícola. Hasta la fecha, no se han realizado nuevas actualizaciones sobre el estado de este importante ecosistema en Ecuador.

El Golfo de Guayaquil destaca como la principal ecorregión donde se ubica la mayor extensión de manglares, según datos del Ministerio del Ambiente (MAE, 2012a). Esta área se encuentra dentro de la Región Costa, específicamente en la provincia de Tumbes - Guayaquil y el sector biogeográfico Santa Elena - Huaquillas, según lo señalado por Félix *et al.* (2005). De acuerdo con el informe conjunto del Ministerio del Ambiente, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización de las Naciones Unidas (MAE, FAO, ONU, 2014) en 2014, se identificaron dos ecosistemas representativos de bosques de manglar en esta región. El manglar del Chocó Ecuatorial abarca el 67,68% del área en la zona norte, mientras que el manglar del Jama-Zapotillo cubre el 16,65% en la zona sur. Este último sector es donde se encuentran los manglares de la ciudad de Guayaquil.

Según los datos de Global Mangrove Watch (2023), la extensión de los manglares en Ecuador ha experimentado una disminución de 58,58 km² entre 1996 y 2020. Zhiminaicela *et al.* (2020) llevaron a cabo un análisis multiespectral que reveló que el 27% del manglar original en el Golfo de Guayaquil se ha visto afectado por la actividad de la industria camaronera. Por otro lado, las imágenes Landsat revisadas entre 1985 y 2016 muestran que el archipiélago de Jambelí, situado al suroeste del Golfo de Guayaquil, ha experimentado una pérdida significativa de cobertura vegetal. Según el estudio de Flores *et al.* (2021), se han identificado 9 766,60 hectáreas de suelo desnudo, principalmente debido al abandono de piscinas camaroneras en la zona.

De acuerdo con el Registro Oficial No. 983 de fecha 12 de abril de 2017 y la Ley Forestal, específicamente el

Registro Oficial Suplemento No. 418 del 10 de septiembre de 2004, actualmente existen dos figuras de protección destinadas a salvaguardar los manglares, con el propósito de sancionar la deforestación de estos ecosistemas. Las áreas naturales protegidas que albergan manglares, como es el caso de Guayaquil, mantienen reservas naturales que incluyen estos valiosos hábitats, tales como Don Goyo Humedal de Importancia Internacional, El Morro, Churute, y El Estero Salado, ubicado en el Golfo del mismo nombre. Este último es parte del estuario interior, un brazo de mar que se extiende hacia la ciudad con la marea alta y que se ve afectado por diversos factores como el crecimiento urbano, las modificaciones en el paisaje, la gestión inadecuada del sistema de alcantarillado, así como la falta de planificación en la gestión de residuos sólidos. Además, se observa una carencia de programas educativos, y falta de participación comunitaria y un escaso empoderamiento local, entre otros desafíos.

Se examinó el informe encargado por el MAE (2012), el cual aborda la situación del Estero Salado de Guayaquil y continúa siendo una referencia para comprender el estado de los restantes manglares en la ciudad. Estos manglares se extienden desde el suroeste hasta el norte. Su deterioro comenzó en la década de los 70 debido a la migración de campesinos ecuatorianos que escapaban de la sequía. Esta problemática fue exacerbada por traficantes de tierras, lo que condujo a la creación de nuevos asentamientos informales, los cuales están regularizados en la actualidad. Estos asentamientos cuentan con servicios básicos como alcantarillado, drenaje pluvial y sistemas de tratamiento de aguas residuales antes de ser descargadas en el río Guayas.

El MAE propuso dividir el área de estudio en tres zonas, estableciendo 40 estaciones para el registro de especies vegetales. Este enfoque permitió identificar aquellas plantas que son nativas del Bosque Seco Tropical y que pueden tolerar cambios en la salinidad, una situación que se presenta debido a la proximidad de la zona al límite urbano y a la influencia de las aguas lluvias que llegan a los esteros.

El propósito de esta revisión retrospectiva es evidenciar el estado actual de los manglares del Estero Salado de Guayaquil, utilizando información recopilada en ese período. Esta información será sometida a análisis estadístico para evaluar la abundancia, frecuencia, altura, índice de valor de importancia (IVI) y densidad de los remanentes que aún persisten en la ciudad. Asimismo, se examinaron las condiciones de conservación del manglar hasta la fecha presente.

Materiales y métodos

Área de estudio

Los ramales del Estero Salado que se adentran en la ciudad comprenden 8 233,97 ha y la reserva de producción faunística Estero Salado, ésta última tiene una superficie de 9 747,8 ha (Registro oficial No. 286 de 24 sept. 2010). El área de estudio fue parcelada en 32 estaciones las que variaron en

superficies de 2 000 m² y 1 000 m², el esfuerzo empleado en campo consistió en una sola visita por la nula o escasa presencia de vegetación, la cual ha sufrido cambios que no se han regularizado por las autoridades nacionales. El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) no tiene competencias sobre las mismas (Figura 1).

Se revisó el documento final de la caracterización biológica del Estero Salado de los ramales con diferentes tipos de desarrollo urbano (MAE, 2012), así como otros informes que son públicos en la web respecto al manglar del Ecuador y su caracterización ecológica. El trabajo de campo fue desarrollado durante dos meses en la época seca, accediendo tanto por vía marítima como terrestre, se utilizó cinta métrica de 30 m cuerda nylon de 50 m una cinta diamétrica, cinta de señalización, hojas de datos, NIKON 120 mm, y GPS Garmin, los datos se tabularon con software libre Statgraphic XVI.

Se establecieron parcelas rectangulares en los sitios que fue posible, lo que permitió obtener parámetros de composición florística como: densidad, dominancia y frecuencia en los muestreos de los sitios identificados; se registraron las coordenadas de cada uno de los sitios de muestreo en las estaciones recomendadas, con la ayuda de una cuerda y una cinta métrica se midieron 200 m de largo por 10 m de ancho (cinco metros en cada lado de la cuerda) perpendicular desde la orilla. Cada 10 m se marcó un punto y se registraron los

datos de diámetros de los cuatro árboles más cercanos a este, con un DAP igual o mayor a 10 cm, la altura total del árbol y especie a la que pertenece (Mueller-Dombois y ElleMBERG, 1974).

La toma de los datos del género *Rhizophora* con un diámetro mayor o igual a 10 cm, se efectuó sobre las raíces fúlcreas donde el tronco se torna regular. La altura total de los árboles en las estaciones se consideró desde el sustrato hasta las hojas más altas. Los datos de altura promedio en cada estación permitió la comparación entre todas las estaciones.

Se realizaron anotaciones sobre las características fenológicas de las especies, como presencia de floración o fructificación; los árboles que presentaron un diámetro menor a 10 cm se calculó la abundancia relativa y la altura promedio, para obtener datos de cobertura por especie, con un registro espacial de los puntos donde se presentaron.

Transecto de banda

Los pequeños remanentes distribuidos en franjas al borde del Estero Salado fueron subdivididos en parcelas de 100 m x 10 m, equivalente a 0,1 ha, obteniendo un polígono rectangular donde se midieron todos los individuos de diámetro igual y mayor a 10 cm de diámetro, la especie a la que pertenece, altura total, y aspectos fenológicos.

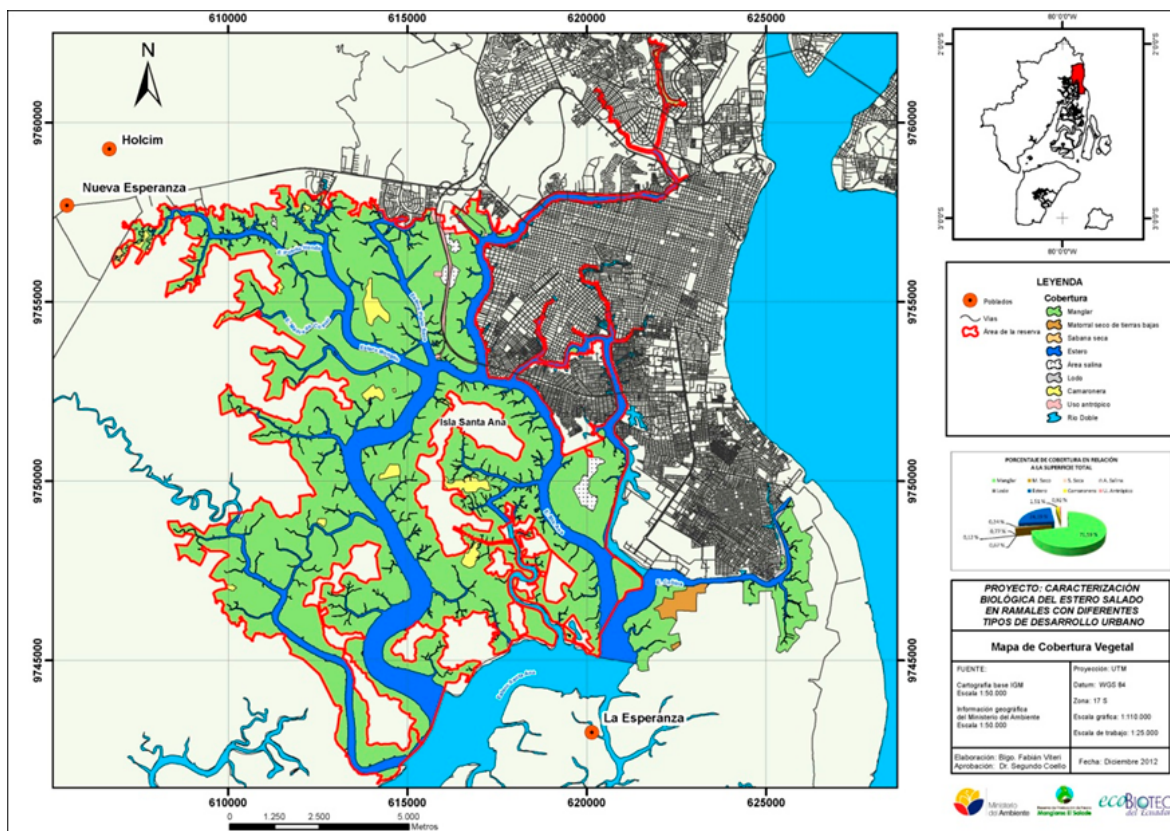


Figura 1. Área de estudio en la Reserva de Producción Faunística Manglares de El Salado y sus ramales urbanos, Ecuador (MAE, 2012a)

IVI (Índice de Valor de Importancia)

Se calcula con la fórmula:

$$IVI = RA + FR \quad (1)$$

Donde

RA= Abundancia relativa %

FR= Frecuencia relativa %

Para calcular el IVI de cada especie, se suman los siguientes porcentajes:

- Porcentaje de presencial en las parcelas,
- Porcentaje que ocupa en cantidad de pies mayores por hectárea
- Porcentaje respecto a su área basimétrica,

A estos tres sumandos se los denomina IVU-1, IVI -2 e IVI 3 respectivamente

La jerarquización de las especies de flora presente en las tres zonas de estudio está vinculada con la presencia del manglar, el IVI se tomó como variable para aplicar el método del vecino más cercano mediante la gráfica de un dendrograma, o análisis cluster.

Clasificación bioclimática

Los aspectos meteorológicos corresponden a la época de estudio, fueron tomados de la base de datos proporcionada

por el INOCAR (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2023), información que se utilizó para la Clasificación bioclimática de Walter (1977) (Figura 2). Las lluvias fluctuaron entre 0 a 12 mm para la zona de manglares del Estero Salado, la temperatura ambiental promedio es de 27 °C, clasificando al sitio como Tipo III. Vegetación de la zona subtropical árida (subtropical, calor seco). Curva T Tipo 2 o 3; Curva P Tipo a. $T_m > 20\text{ °C}$; $P_m < 100\text{ mm/año}$.

La Tabla 1. El Estero Salado de Guayaquil se describen las zonas clasificadas para el estudio con sus respectivos tramos: como esteros, esterillos y, ramales que lo interconectan, adentrándose en la ciudad y delimitando zonas más densas de manglar.

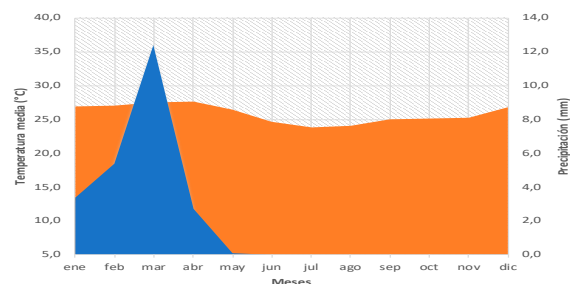


Figura 2. Información climática del área de estudio durante el 2012

Tabla 1. Zonas de estudio con la descripción de cada uno de sus tramos en los ramales urbanos

Zonas	Tramos	Descripción
Zona 1	Tramo A	Ramal interior que se dirige al norte, represado entre las ciudadelas Urdesa y Kennedy
	Tramo B	Ramal interior que se dirige al noroeste, comprendido entre el parque deportivo Miraflores y el puente de unión entre las ciudadelas Kennedy y Urdesa, al pie de la gasolinera. Cerca al límite norte del Campus de la Universidad de Guayaquil. En este punto se unen los tramos A y B.
	Tramo C	Sección entre la confluencia de las secciones A y B y el Puente 5 de Junio.
	Tramo D	Comprendido entre los puentes 5 de Junio y el de la calle 17.
Zona 2	Tramo E	Sección entre el puente de la calle 17 y el Puente Portete.
	Tramo F	No data
	Tramo G	Comprendido entre el estero Santa Ana y el extremo sur de la Isla Trinitaria, cerca de Puerto Marítimo.
	Tramo H	De puerto Liza a Cuatro Bocas.
	Tramo I	Sección entre Cuatro Bocas y puerto Marítimo.
Zona 3	Tramo puerto Hondo	Sección entre el ramal interno que llega a puerto Hondo y los esteros Plano Seco, Estero Mogoyón, estero Madre de Costal.
	Ramales varios	Principalmente abarca el Estero y los esterillos al oeste y sur de la isla Santa Ana y norte y oeste de la isla la Esperanza.

Fuente: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EP (2022), MAE (2012).

Tabla 2. Clasificación ecosistémica de los manglares del Ecuador

Código	Clasificación ecosistémica	Cerón, <i>et al.</i> , (1999)	Josse, <i>et al.</i> , (2003)	Sierra, <i>et al.</i> , (1999)	Internacional
BsTc04	Manglar del chocó Ecuatorial	Manglar, sector de tierras bajas, subregión norte	Incluido en CES402.599		
BsTc05	Manglar del Jama - Zapotillo	Manglar, sector de tierras bajas, subregión centro y sur	Manglar estuarino y de la costa del Pacífico	Manglar	Manglar estuarino y de la costa del Pacífico

B: Bosque; s: siempre verde; T: Tierras bajas (llanuras, Playas); c: Costa o Litoral.

Fuente: MAE (2012). Sistemas de Clasificación del Ecuador Continental.

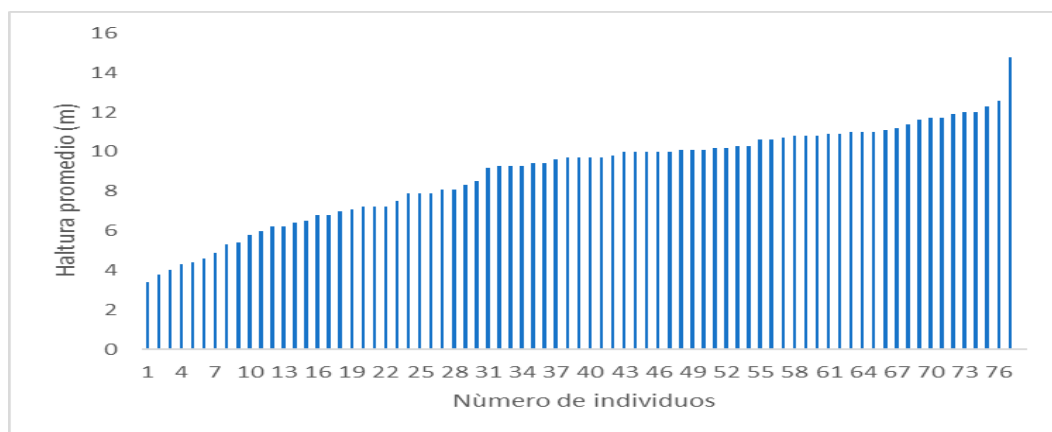


Figura 3. Frecuencia de la altura promedio por estación en el Estero Salado de Guayaquil

La superficie de manglar estudiada se encuentra dentro de la clasificación Manglar de tierras bajas subregión centro sur (Tabla 2), la superficie fue de 11 502,26 ha; lo cual comprende un conjunto de coberturas vegetales, siendo la principal el manglar con 8 233, 97 ha; matorral seco de tierras bajas 14,27 ha; área salina 88,76 ha; lodo 27,43 ha; esteros 2 782,28 ha; camaronerías 173,54 ha; y de uso antrópico 105,38 ha.

La clasificación a nivel nacional de los manglares fechada al 2012 por el MAE (2012), se fundamenta en la ubicación geográfica de estos dentro del territorio ecuatoriano, ubicándolos entre las latitudes norte y sur, e internacionalmente su homónimo es Manglar estuarino de la costa del Pacífico con el código CES 402.599, se ubican dentro de los biomas Chocó Ecuatorial y el Sector Jama – Zapotillo, con las abreviaciones BsTc04 y BsTc05 respectivamente.

Resultados y discusión

Las necesidades ombrotérmicas de los manglares están estrechamente ligadas a los flujos de marea y a la salinidad, siendo menos dependientes de las precipitaciones. Un exceso de agua dulce puede afectar negativamente su desarrollo al alterar los gradientes de salinidad (Zaldívar *et al.*, 2016). En Ecuador, los manglares ocupan las mismas altitudes, es decir,

0 metros sobre el nivel del mar, y las respuestas fenológicas de las especies e individuos están influenciadas por un bioclima seco característico del sector Jama-Zapotillo (MAE, 2014).

En las dos riberas del estero se encontraron franjas de árboles remanentes de vegetación de manglar, identificándose en la parcela de muestreo dos especies *R. harrisonii* y *L. racemosa* en fructificación y floración con altura y diámetro promedio de 6,4 m y 14,8 cm. Los árboles crecen torcidos disponiendo sus ramas hacia el cuerpo de agua del estero, la regeneración natural 12,5%, hay afectación de los propágulos 60% por el Coleóptero *Coccotrypes rhizophorae*, acumulación en las raíces de *Rhizophora* de desechos y material de relleno en la orilla.

Los datos de la vegetación respecto a la altura promedio en cada estación varía entre los 3 – 14 m, los árboles presentaron un diámetro menor a 10 cm de DAP esta distribución se aprecia en las zonas 1 y 3 que aún mantienen vegetación en sus riberas (Figura 3). Las especies *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa* se encuentran enlistadas por la IUCN en la Categoría LC (Preocupación menor), a nivel nacional no se encuentran incluidos en el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador (Jorgensen *et al.*, 2011), bajo ninguna categoría.

La alta densidad y la baja altura de las especies en las zonas de estudio es por el limitado espacio en el que se encuentran, al no poder emplear raleo o tala selectiva del manglar, de acuerdo con Díaz – López *et al.* (2022) expone que los diámetros para poda deben ser inferiores a 2,5 – 8,5 cm, lo que afectó a los atributos estructurales y de regeneración *Rhizophora mangle*, es importante aclarar que esta especie difícilmente se encuentra en el Estero Salado de Guayaquil.

Los valores referentes al diámetro normalizado de los árboles de manglar en las tres zonas de estudio varían significativamente entre ellas, la zona I tiene mayor variedad de los diámetros normalizados en relación con los sitios de muestreo 2 y 3 (Figura 4a). La densidad de las especies de manglar es significativa con relación a la altura, es decir existe una mayor cantidad individuos de manglar por zona de estudio y los individuos altos son pocos (Figura 4b).

El manglar identificado en las estaciones que se presentan en los tramos de las tres zonas del Estero Salado no están consideradas como endémicas de la región ni del país, se las menciona como nativas de la región (Jorgensen, et al.,1999), ellas se encuentran presentes en varios países tropicales de América y África.

El IVI se refleja con medias similares en las 40 estaciones

de estudio a excepción de las estaciones 17 y 19 que coincide con altos niveles de estrés que se observa en las hojas de los árboles por estar llenas de hollín, infestadas por nódulos parasitarios, hongos en sus tallos, e invadidos por termiteros; y, además de encontrarse con valores atípicos. No hay diferencias significativas en la distribución de la flora en las tres zonas de estudio, la zona 1 tiene más del 50% de las especies contenidas en el cuartil superior, la variabilidad fuera de los cuartiles se manifiesta en las tres zonas, con relación a las zonas 2 y 3 su distribución es homogénea respecto a la media (Figura 5).

Del total de las estaciones analizadas, las que presentan mayor estrés son las que se encuentran en las zonas 1 y 2. Las afectaciones más visibles son las ramas y raíces muertas, frutos deformes y afectados por insectos, la presencia de termiteros y basura (Tabla 3), Quevedo *et al.* (2022) demostraron que la alta concentración de proteínas 58 - 60 ug/ml de *A. germinans* está relacionado con el suelo compactado y la presencia de hojas afectadas por hongos, parásitos, termitas y la alta incidencia vehicular del Estero Salado de Guayaquil, ya que la mediana obtenida en el sitio Isla Santay (control) es más baja.

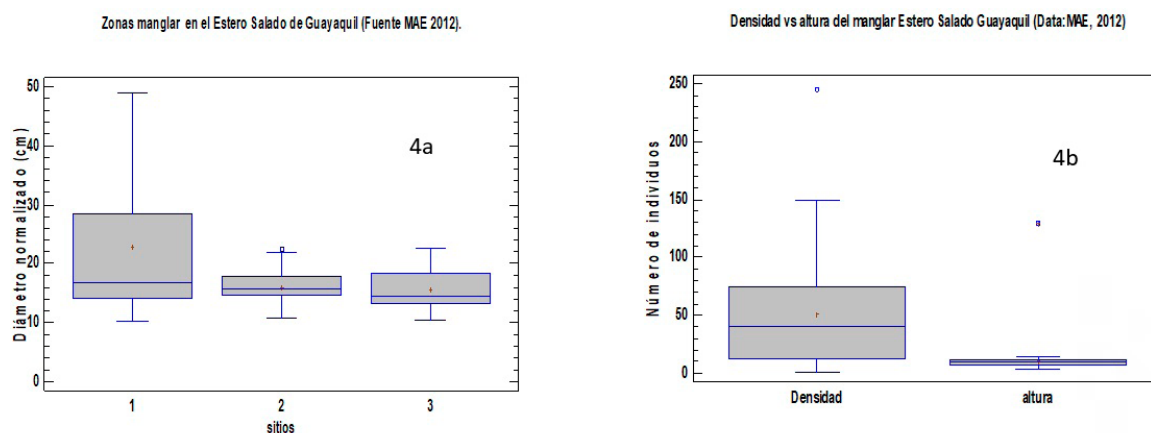


Figura 4. Análisis del diámetro normalizado de la vegetación del Estero Salado de Guayaquil

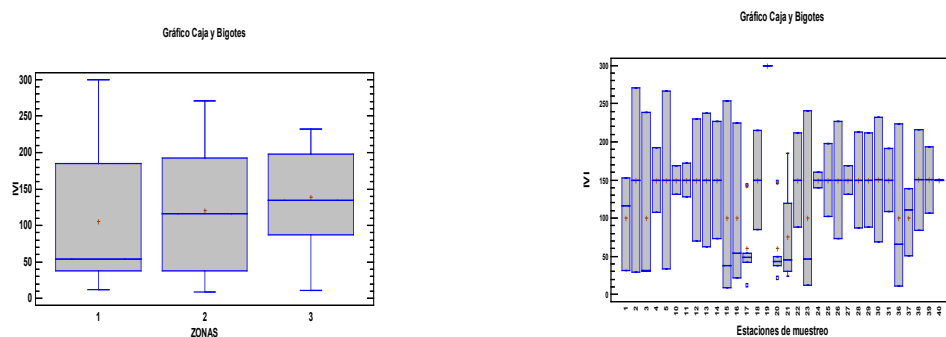
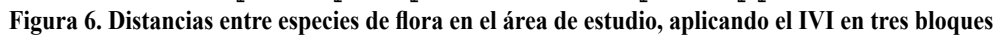


Figura 5. Medias del IVI por zonas de estudio y estaciones en el Estero Salado de Guayaquil



Se armaron tres clústeres con los valores del IVI determinado para cada especie en las zonas de estudio, están conglomerados por el método del vecino más cercano, y estandarizado, la similaridad entre los bloques por su cercanía está determinada por la predominancia del género *Rhizophora*, es decir la similaridad entre grupos en este caso lo determina

Se analizaron cuatro índices de biodiversidad: Margalef, Shannon, Simpson y Pielou, los cuales coinciden con una baja diversidad en el Estero Salado de Guayaquil, de esta manera la diversidad específica, la riqueza y la proporción, no llegan a uno (Figura 7).

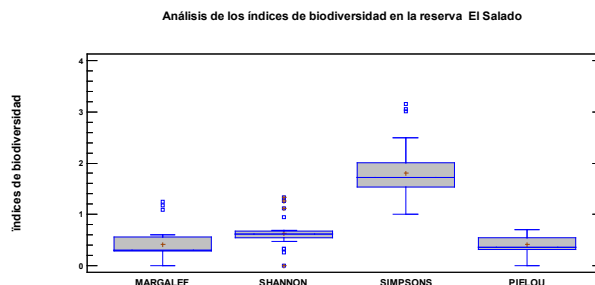


Figura 7. Índices de biodiversidad (Margalef y Shannon) y riqueza de flora (Pielou) obtenido en la Reserva Estero Salado

Tabla 4. Superficie de manglar por niveles de conservación y producción camaronera

Áreas naturales protegidas **	Superficie (ha)	Concesiones de manglar a nivel nacional	Sitios Ramsar, ecosistema manglar (ha)	Golfo de Guayaquil (ha)	Superficie de camarónicas (ha*)
Manglares Cayapas Mataje	47 321,02		x		
Muisne Cojimíes	3 173,00				
Río Esmeraldas	242,00				
El Morro	10 030,00			x	
Churute****	17 780,04	55 222,70	x	x	210 000
El Salado	10 635,00			x	
Isla Santay	2 215,00		x		
Humedales del estuario interior - Don Goyo ***			x		
Total	91 396,06		15 337	39 663,40	

Fuente: Flores *et al.* (2021)*; http://areasprotegidas.ambiente.egob/**; Concesión de manglar más grande del Ecuador***; el 60% es manglar.

Las unidades de conservación del manglar como las concesiones, las áreas naturales protegidas y los humedales Ramsar abarcan una superficie aproximada de 161 955,76 ha de manglar. La industria camaronera no solo se encuentra en el manglar o han utilizado las salinas, sino que, en la actualidad, tierras altas o de agua dulce están siendo utilizadas para la producción acuícola (Tabla 4).

Conclusiones

El estado de conservación global de las especies encontradas en las parcelas del Estero Salado de Guayaquil consta en el listado de la UICN, de las 10 identificadas, seis presentan características que les permiten prosperar en el ecosistema de manglar, mientras que las otras cuatro especies se encuentran asociadas al borde del estero y no están incluidas en la lista global de especies amenazadas.

El análisis de la distribución de especies, como *Conocarpus erectus*, no se refleja en el dendrograma. Ecológicamente esta especie está en el interior de las salinas, actualmente urbanizadas y pavimentadas. En el primer bloque *Laguncularia racemosa* se encuentra en los extremos, y su presencia se limita a caminerías o áreas elevadas de los parques lineales construidos junto a las franjas de manglar.

Los géneros de *Rhizophora* están presentes en todos los bloques muestreados, ya que son especies que se desarrollan en lechos fangosos que han sido endurecidos por la infraestructura construida en la zona, lo que se refleja en alturas promedio que oscilan entre 6 y 10 metros.

La vegetación presente en el Estero Salado de Guayaquil no es un ecosistema sano, ya que los índices de biodiversidad analizados no permiten determinar si éste logra albergar poblaciones referenciales de fauna y flora típicas de manglar.

El manglar que se encuentra en los parques lineales de la ciudad, y al pie de importantes avenidas, y por su proximidad al cauce del Estero Salado de Guayaquil, se encuentran afectados por grandes cantidades de hollín que cubren sus hojas, así como también son visibles: colonias de hongos, nódulos parasitarios en sus hojas, y termiteros.

Referencias bibliográficas

- Cerón-Souza, I., Rivera-Ocasio, E., Medina, E., Jiménez, J. A., McMillan, W.O. y Bermingham, E. (2010). Hybridization and introgression in new world red mangroves, *Rhizophora* (*Rhizophoraceae*). *American Journal of Botany*, 97(6), 945–957. <https://doi.org/10.3732/ajb.0900172>
- Centro de Levantamiento Integrado de Recursos por Sensores Remotos. (1990). *Estudio Multitemporal de los Manglares, Camaroneras y Áreas Salinas en la Costa Continental Ecuatoriana, mediante información de sensores remotos*. https://www.crc.uri.edu/download/CLIRSEN_1987s.pdf
- Díaz-López, A. M., Díaz-Gallegos, J. R., Tovilla-Hernández, C. y Romero-Bermy, E. I. (2022). Efecto de la tala selectiva sobre la estructura del manglar en la laguna costera Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *BIOCYT Biología Ciencia Y Tecnología*, 15. <https://doi.org/10.22201/fesi.20072082e.2022.15.83002>
- Félix, F., F. Garzón, R. Navarrete, F. Hernández, B. Haase, F. Rivera, J. Véliz, L. Arriaga, M. Morales, A. Dahik. y P. Martínez. (2005). *Ordenamiento Territorial Costero-Marino y Declaratoria de Áreas Protegidas en Salinas*. https://www.academia.edu/4005031/Caracterizaci%C3%B3n_f%C3%ADsica_del_%C3%A1rea_de_Salinas_En_Creaci%C3%B3n_de_un_%C3%A1rea_protegida_como_parte_del_proceso_de_ordenamiento_territorial_marino_costero_en_Salinas
- Flores-Aguilar, D., Romero-Córdova, M., Trujillo-Vázquez, V., González- González, A. y Juela, O. (2021). Análisis multitemporal de la superficie ocupada por la cría de camarón (*Litopenaeus vannamei*) en los manglares del archipiélago de Jambelí, cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 146–160. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/830>
- Global Mangrove Watch. (2023). *Extensión de manglares en Guayaquil - Ecuador y sus cambios (1996-2020)*. <https://www.globalmangrovetwatch.org/>
- Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (2023). *Reporte meteorológico portuario*. <https://n9.cl/rts3z>
- Jorgensen, P.M., Neill D. A. y León-Yáñez, S. (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. Missouri Botanical Garden (Eds). <https://n9.cl/yqx2u5>
- Jorgensen, P. M. C., Ulloa, B., León, S., León-Yáñez, S.G., Beck, M., Nee, J.L., Zarucchi, M., Celis, R., Bernal. y Gradstein, R. (2011). Regional Patterns of Vascular Plant Diversity and Endemism. *En S. K. Herzog, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (eds.) Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes* <https://n9.cl/6bpwf7>
- Josse, C., G. Navarro, P. Comer, R. Evans, D. Faber-Langendo en, M. Fellows, G. Kittel, S. Menard, M. Pyne, M. Reid, K. Schulz, K. Snow. y J. Teague. (2003). *Ecological systems of Latin America and the Caribbean: A working classification of terrestrial systems*. *Nature Serve*. <https://www.natureserve.org/sites/default/files/lacecologicalsystems.pdf>
- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EP. (2022). Actualización del estudio y diseño definitivo para la rehabilitación del colector sanitario diametro 2.000mm “Parson Sur” de la ciudad de guayaquil, tramo comprendido desde la calle domingo comin hasta la estación de bombeo la pradera, L= 1.200 m. <https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/Documentos/UPFE-CAF/UPFE%202024/PE-MIMG-2024-1/PREPARATORIA/14%20INFORMES/INFORME%20DE%20PREFACTIBILIDAD/INFORME%20DE%20PREFACTIBILIDADPARSONSUR1-signed-signed-signed.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). *Proyecto de recuperación de las áreas protegidas de la ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay*. Ministerio del Ambiente. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/2.ESTERO-SALADO.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012a). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural*. Ministerio del Ambiente. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf
- Ministerio del Ambiente del Ecuador, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Árboles y Arbustos de los Manglares del Ecuador*. Ministerio del Ambiente. <https://es.scribd.com/document/661898850/Arboles-y-arbustos-de-los-mangalres-del-Ecuador-MAE-2014>
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. *Reimpresión*. <https://n9.cl/icdk6>
- Quevedo Pinos, O., Terán Verzola, W. y Calderón Vega, F. (2022). Diferencias eco-fisiológicas entre *Avicennia germinans* y *Rhizophora harrisonii* Leechm, afectadas por la presión antrópica, Guayaquil – Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 15(1), 7–18. <https://doi.org/10.18779/cyt.v15i1.538>

- Registro Oficial Suplemento No. 418 de 2024. Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre. 10 de septiembre de 2004. Codificación No. 17. Congreso Nacional. Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Ley-Forestal-y-de-Conservacion-de-Areas-Naturales-y-Vida-Silvestre.pdf>
- Registro Oficial No. 983 de 2017. Código Orgánico Ambiental. 12 abril de 2017. Ecuador. https://www.epmrq.gob.ec/images/servicios2020/CODIGO_ORGANICO_DEL_AMBIENTE_COAM.pdf
- Registro oficial No. 286 de 2010. Ampliación de la reserva de producción faunística Estero Salado. 24 de septiembre de (2010). Ecuador. <https://derechoecuador.com/registro-oficial-no-286-viernes-24-de-septiembre-de-2010/>
- Sierra, R. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Ministerio de Medio Ambiente, Proyecto INEFAN / GEF- BIRF y Ecociencia. <https://ecociencia.org/propuesta-preliminar-de-un-sistema-de-clasificacion-de-vegetacion-para-el-ecuador-continental/>
- Walter H. (1977). *Zonas de vegetación y clima*. Editorial OMEGA. <https://n9.cl/24sja9>
- Zaldívar Jiménez A., J. Herrera Silveira, C. Coronado Molina, y D. Alonzo Parra (2016). Estructura y productividad de los manglares en la reserva de biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. *Revista Madera y Bosques*, 10(3), 25-35. <https://doi.org/10.21829/myb.2004.1031264>
- Zhiminaicela-Cabrera, J., Quevedo-Guerrero, J., Lalanguipaucar, Y., Mogro-Mendoza, M., Astudillo-Herrera, J. y Barzallo-Encalada, X. (2020). Mapeo multiespectral del impacto de piscinas camaroneras al ecosistema de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista Manglar*, 17(3), 269-274. <https://revistas.untumbes.edu.pe/index.php/manglar/article/view/185>



Modificación química del almidón de maíz amarillo y morado: Efecto sobre su resistencia a la digestión *in vitro*

Chemical modification of yellow and purple corn starch: Effect on its resistance to *in vitro* digestion

Byron Andrés Rojas Vera¹, María Teresa Pacheco Tigselema¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

Autor de correspondencia: byron.rojas2018@uteq.edu.ec

Recibido: 06/05/2024. Aceptado: 10/12/2024

Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

El maíz se destaca por su gran volumen de cultivo, alto rendimiento y contenido de almidón, importante fuente de energía. Dada la necesidad de preservar la salud del consumidor y otorgar diversos usos de este polisacárido, el objetivo de este trabajo fue aplicar dos métodos de modificación (ácido: ácido cítrico y OSA: anhídrido octenil succínico) sobre almidón de maíz de dos variedades (amarillo y morado), para incrementar el contenido de almidón resistente RS (Resistent Starch) a la digestión, y así, seleccionar un tratamiento que permita mejorar su potencial prebiótico. Los almidones extraídos presentaron una pureza entre 86,25% y 93,78%, señalando una buena eficacia de extracción. El maíz amarillo permitió el mayor rendimiento en obtención de almidón nativo y modificado por método ácido y método OSA (47,97% a 56,07%); en comparación al rendimiento logrado a partir del maíz morado (39,06% a 45,98%). El mayor contenido de RS (95,30%) se observó en el almidón de maíz morado modificado con OSA, y el mayor contenido de amilosa (AC) se observó en el almidón de maíz amarillo y morado tratados con ácido cítrico en medio húmedo caliente (37,09 a 41,89%) ($p < 0,05$); lo que señala que, principalmente el maíz morado modificado por OSA puede actuar como un aditivo de gran potencial prebiótico, útil para diseñar nuevos alimentos funcionales.

Palabras clave: maíz, almidón, modificación, amilosa, resistencia.

Abstract

Corn stands out for its large crop volume, high yield and starch content, an important source of energy. Given the need to preserve the health of the consumer and provide various uses for this polysaccharide, the objective of this work was to apply two modification methods (acid: citric acid and OSA: octenyl succinic anhydride) on corn starch of two varieties (yellow and purple), to increase the content of resistant starch (RS) to digestion, and thus, select a treatment that allows improving its prebiotic potential. The extracted starches had a purity between 86,25% and 93,78%, indicating good extraction efficiency. Yellow corn allowed the highest yield in obtaining native and modified starch by acid method and OSA method (47,97% to 56,07%); compared to the yield achieved from purple corn (39,06% to 45,98%). The highest RS content (95,30%) was observed in purple corn starch modified with OSA, and the highest amylose content (AC) was observed in the starch of yellow and purple corn treated with citric acid. in a hot humid environment (37,09 to 41,89%) ($p < 0,05$); which indicates that, mainly purple corn modified by OSA can act as an additive with great prebiotic potential, useful for designing new functional foods.

Keywords: corn, starch, modification, amylose, resistance.

Introducción

El maíz (*Zea mays*) es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea, y el segundo cereal más cultivado en el mundo, después del trigo; sus mayores productores son Estados Unidos y China, que suministran el 37 y el 21% del total mundial, respectivamente (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022). Las principales zonas de cultivo de maíz descritas de manera general, se ubican principalmente en las provincias centrales de Ecuador como Tungurahua, Chimborazo y Bolívar con una producción de 68,314 ha de maíz amarillo y 3,415 ha de cultivo de maíz morado, con rendimientos promedios de 0,45 t/ha y 0,40 t/ha respectivamente (Boada y Espinosa, 2016). Este cereal es uno de los productos de consumo más cotizados y necesarios para la alimentación del hombre y de los animales; pero, con el desarrollo de la tecnología, innovación y uso para la elaboración de bio combustible (bio etanol), se ha modificado el destino de la producción de este grano de cereal causando una serie de problemas como es el bajo abastecimiento para la producción de balanceados y otros subproductos derivados del maíz (Ruilova *et al.*, 2023).

Como fuente de energía el maíz aporta un porcentaje de carbohidratos de 44,8-69,6%, 11,6-20% de humedad, 4,5-9,87% de proteína, 2,17-4,43% de grasa, 2,10-26,77% de fibra y 1,10-2,95% de cenizas; destacándose por su contenido de carbohidratos y fibra (Moscoso-Muñoz *et al.*, 2020). Se han reportado valores de hasta 72% de almidón, 10% de proteínas, además estudios realizados han señalado que el consumo de almidón de maíz ayuda a reducir el riesgo de salud por diabetes en las personas (Urango, 2018).

El RS en un alto porcentaje no es absorbido en el intestino delgado de individuos sanos. La resistencia a la digestión del RS se atribuye principalmente a su estructura física, determinada entre otras razones, por su alta cantidad de amilosa, en relación a la cantidad de amilopectina, lo que permite constituir una estructura más compacta y menos susceptible a hidrólisis enzimática (Villarreal *et al.*, 2018). La modificación de almidón es importante ya que es una fuente renovable con capacidad filogénica que satisface aspectos de disponibilidad (Villarreal *et al.*, 2018). El almidón modificado

se puede emplear para elaborar películas y coberturas, otorgar propiedades funcionales y/o resistentes, a alimentos y biomateriales (Ramos *et al.*, 2018).

La finalidad del estudio fue establecer las cantidades porcentuales de RS en el almidón de maíz amarillo y maíz morado antes y después de la modificación química a partir de la adición de dos métodos químicos a su estructura, determinando la influencia de estos sobre la resistencia del almidón y así corroborar la eficacia de la modificación química del almidón de las variedades de maíz antes mencionadas potenciando sus propiedades funcionales.

Materiales y métodos

Métodos

Para el desarrollo de la metodología se creó un diseño experimental Ax²B, donde: **Factor A:** Variedad de la materia prima: A1: maíz amarillo, A2: maíz morado, **Factor B:** Método de modificación química del almidón: B0: ninguno, B1: modificación térmica en medio ácido, B2: modificación con anhídrido octenil succínico (OSA), resultando las siguientes combinaciones y tratamientos (Tabla 1).

Determinación de humedad

Se determinó la humedad de las materias primas disponiendo de 2 g de muestra en viales de vidrio, manteniendo en estufa a 104 °C durante al menos 24 h. Las muestras se congelaron y liofilizaron para ser finamente molidas.

Extracción de almidón de maíz

El almidón fue extraído a partir de las muestras de maíz molidas (harinas obtenidas a partir de la molienda del maíz y posterior extracción de su almidón), mediante el método señalado por Pacheco *et al.* (2019). Las muestras pulverizadas fueron enjuagadas con agua desionizada (1:5 p/v) a través de un tamiz de malla de 250 µm. Tras decantar el líquido filtrado, el precipitado se resuspendió en agua y se lavó nuevamente varias veces hasta aclarar el sobrenadante, mediante centrifugación a 10 000 xg durante 15 min a 20 °C, separando la capa pigmentada de la parte superior. Los almidones fueron liofilizados o secados a 45 °C por 12 horas y se conservó en congelación (-20 °C) hasta su análisis.

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el estudio de modificación de almidón de maíz para mejorar su resistencia a la digestión in vitro

Tratamiento	Código	Descripción
T1	A1B0	Almidón de maíz amarillo, sin modificación química
T2	A1B1	Almidón de maíz amarillo, modificado térmicamente en medio ácido
T3	A1B2	Almidón de maíz amarillo, modificado con anhídrido octenil succínico
T4	A2B0	Almidón de maíz morado, sin modificación química
T5	A2B1	Almidón de maíz morado, modificado térmicamente en medio ácido
T6	A2B2	Almidón de maíz morado, modificado con anhídrido octenil succínico

Rendimiento

El rendimiento de extracción de almidón se determinó relacionando el peso del almidón nativo sobre el peso de la materia prima fresca; y el peso del almidón modificado, sobre el peso de la materia prima fresca y sobre el peso del almidón liofilizado (Pacheco *et al.* 2019) technological and nutritional analyses were done in two scarcely studied starches from Andean tubers (mashua and melloco, como se muestra en las ecuaciones 1, 2 y 3:

$$\frac{\text{Peso del almidón nativo o modificado}}{\text{Peso de la materia prima fresca}} * 100 \quad (1)$$

$$\frac{\text{Peso del almidón nativo o modificado}}{\text{Peso de la materia prima seca}} * 100 \quad (2)$$

$$\frac{\text{Peso del almidón nativo}}{\text{Peso del almidón modificado}} * 100 \quad (3)$$

Modificación térmica en medio ácido (CAHMT)

Se aplicó calentamiento húmedo en presencia de ácido cítrico CAHMT (Moist Heating in the Presence of Citric Acid), basados en el método propuesto por Cahyana *et al.* (2019a) con ligeras modificaciones. El almidón nativo se mezcló con una solución de ácido cítrico 0,2 M para alcanzar un contenido de humedad del 30% (p/v). Después de equilibrarse en una botella con tapón de rosca a temperatura ambiente durante 24h, la mezcla de muestra se sometió a calentamiento a 80 °C durante 16 h. Seguidamente, las muestras tratadas se neutralizaron con 1 M NaOH, se lavaron con agua destilada (25 °C) y se recuperaron por precipitación. Las muestras se secaron a 50 °C hasta que el contenido de humedad disminuyó de 5-10% (p/v).

Modificación con anhídrido octenil succínico (OSA)

Se modificó el almidón aislado utilizando la metodología optimizada por Olawoye *et al.* (2020) con pequeñas modificaciones. Se dispersó 20 g de almidón en un matraz cónico que contenga 40 ml de agua destilada, con ayuda de un agitador magnético. El pH de la lechada de almidón se ajustó a 10 utilizando NaOH 1 M y HCl 1 M. Después del ajuste se agregó anhídrido octenil succínico (4%) y se continuó agitando a temperatura ambiente ($\approx 26 \pm 2^\circ\text{C}$), durante 50 minutos, tiempo en el cual, se mantuvo el pH 10 usando NaOH o HCl 1 M. Al final del tiempo de reacción, la suspensión de almidón se neutralizó a pH 7,0 con HCl 1 M o NaOH 1 M. El almidón tratado se recogió por centrifugación, se lavó tres veces con agua y luego se secó a 45 °C durante 12 h para obtener almidón OSA. El almidón seco se mantuvo en un recipiente hermético hasta su posterior análisis.

Almidón total (TS) o pureza del almidón extraído

El almidón total (TS), o, la pureza del almidón extraído se determinó utilizando el método enzimático/colorimétrico

descrito por Pacheco *et al.* (2019). Se suspendió 250 mg del almidón extraído en 5 ml de agua milli-Q y se añadió 5 ml de solución de KOH (4 M). La mezcla se mantuvo durante 30 min a temperatura ambiente y luego se neutralizó (pH 6,5-7) con HCl (5 M), seguida de incubación con 50 µl de Termamyl (Novozyme, Bagsværd, Copenhagen, Dinamarca) a 98 °C durante 30 min, y luego, con amiloglucosidasa (Sigma Aldrich) de *Aspergillus Niger* (~ 14 U / mg proteína) a 60 °C durante 30 min. Se midió la concentración de glucosa utilizando el kit de reacción para glucosa oxidasa / peroxidasa (Nzytech genes y enzimas, Lisboa, Portugal) a 510 nm y se aplicó el respectivo cálculo para expresar el resultado como TS. El TS se expresó como gramos de almidón puro / 100g de almidón extraído. Se empleó almidón de patata y hojuelas de maíz, como estándares de almidón total y almidón resistente, respectivamente.

Contenido de amilosa (AC)

El contenido de amilosa del almidón se determinó utilizando el método colorimétrico descrito por Ojo *et al.* (2017). Se mezcló una porción de almidón extraído (20 mg) con 10 ml de KOH 0,5 M agitado en vórtex. La muestra dispersa se llevó a 100 ml con agua milli-Q. Se mezcló una alícuota de la solución de almidón (10 ml) con 5 ml de HCl 0,1 M y 0,5 ml de reactivo de yodo (I3K) (PM 419,81 g/mol). La mezcla se llevó a 50 ml y se dejó reposar durante 5 min. La absorbancia se midió a 625 nm (espectrofotómetro UV). El contenido de amilosa se determinó a partir de una curva de calibración de amilosa de patata (Sigma Aldrich, > 90%).

Almidón resistente (RS)

El contenido de almidón resistente se midió utilizando la metodología propuesta por Goñi *et al.* (1996) y descrita por Pacheco *et al.* (2019). Las muestras de almidón (50 mg) se diluyeron en 5 ml de tampón KCl-HCl 0,2M p 1,5 y se incubó con 100 µl de pepsina de la mucosa gástrica del cerdo (~ 2 500 unidades / mg de proteína) (tampón KCl-HCl 0,1 g / mL) a 40 °C durante 60 min. Luego, se agregó 4,5 ml de tampón Trismaleato 0,1 M pH 6,9 y el pH se ajustó a 6,9, seguido de la adición de 500 µl de α -amilasa de páncreas de cerdo (~ 50 U / mg) (40 mg / ml de tampón Tris).

Las muestras se incubaron a 37 °C durante 16 h en baño termostático con agitación constante. Más tarde, se centrifugó las muestras (3000 xg/15 min), se retiró los sobrenadantes, se lavó el precipitado con 5 ml de agua, para centrifugar nuevamente. Se añadió un volumen de 1,5 ml de agua, seguido de 1,5 ml de KOH 4 M y se agitó vigorosamente a temperatura ambiente durante 30 min. Luego se añadió 2,75 ml de HCl 2 M y 1,5 ml de tampón de acetato de sodio 0,4 M, el pH se ajustó a 4,75 y se agregó 40 µl de amiloglucosidasa de *Aspergillus Niger* (~14 unidades/mg de proteína) (5 mg / mL de tampón de acetato de sodio), y se incubaron a 60 °C durante 45 min con agitación continua. Las mezclas se centrifugaron (3 000 xg/15 min), se añadió 5 ml de agua Milli-Q sobre

los residuos y se repitió la centrifugación recogiendo los sobrenadantes en matraces aforados de 25 ml. Finalmente, se midió el contenido de glucosa, con el kit de reacción de glucosa oxidasa /peroxidasa (Nzytech genes and enzymes) a 510 nm. Los valores de almidón resistente se calcularon utilizando la siguiente fórmula (Ecuación 4):

$$\% \text{ Almidón resistente} = \frac{\text{glucosa} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{mL}} \right) * \text{volumen} * 100 * 0.9 \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{mL}} \right)}{1000 * \text{peso de la muestra seca}} \quad (4)$$

Análisis estadístico

Luego de aplicar el análisis ANOVA, se aplicó la prueba de Tukey al 95% de confianza para la comparación de medias, en el programa SPSS (v. 20). Todos los resultados fueron obtenidos al menos por duplicado.

Resultados

Análisis de humedad

En la determinación de la humedad se tomaron 2 muestras de cada variedad de maíz (morado y amarillo) analizadas en base fresca. Los resultados fueron similares para las dos variedades; por consiguiente, se obtuvieron cantidades que oscilan entre los 12 y 13% de materia fresca como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Humedad del maíz empleado como materia prima

Descripción	Humedad (% fm)		
Maíz amarillo	12,08	±	0,10
Maíz morado	12,93	±	0,12

Promedio porcentual de 2 repeticiones ± desviación estándar. fm: fresh matter = materia fresca.

Rendimiento

En la Tabla 3 se muestra los resultados para la determinación de rendimiento, se tomó en cuenta los rendimientos en base fresca, base seca y rendimiento sobre el peso del almidón nativo, donde los resultados indican que en base fresca los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento T1 del almidón de maíz amarillo sin modificación con un rendimiento de 49,30% materia fresca y en el tratamiento T2 del almidón de maíz amarillo con modificación

ácida con un rendimiento de 43,80% de materia fresca. En los rendimientos obtenidos en base seca el mejor resultado se obtuvo en el tratamiento T1 del almidón de maíz amarillo sin modificación con un 56,07% de materia seca, seguido del T2 del almidón de maíz de la variedad amarillo con modificación ácida (A1B1) con un 49,73% de materia seca. En cuanto lo referente a rendimiento sobre el peso del almidón nativo se obtuvo los mejores resultados en el T1 del almidón de maíz amarillo sin modificación (A1B0) y el T4 almidón de maíz morado sin modificación (A2B0) con un 100% de almidón; no obstante, en la variedad del maíz morado su rendimiento pudo haberse afectado por la presencia de los antocianos causantes de la pigmentación que tuvo que ser separado al momento de su extracción, así como el tipo de molienda a la cual fue sometido para la extracción del almidón.

En el análisis de ANOVA y Tukey con un 95% de confianza realizado en el rendimiento de almidón en base fresca se muestra que existen diferencias significativas; como se evidencia en el tratamiento T6 correspondiente al almidón de maíz con modificación OSA que supera el nivel de significancia de $p < 0,05$ con 0,200 (pruebas de efectos inter-sujetos), es decir este rendimiento primario es mejor debido a que no ha sido manipulado para alguna modificación. En cuanto a lo concerniente al análisis estadístico realizado en el rendimiento del almidón en base seca se muestra que al menos un tratamiento (T6) es diferente a los demás ya que su nivel de significancia es de 0,168 superando al de $p < 0,05$ (efectos inter-sujetos), lo que indica que la modificación química con OSA en el almidón de maíz de la variedad morado si influye en sus propiedades funcionales, esto se puede deber a razones intrínsecas de su composición como la presencia de las antiocianinas (pigmentación característico del maíz morado) que pudo haber influido en la aplicación de nombrado método de modificación.

Almidón total (TS)

En la Tabla 4, se muestran los resultados de los análisis aplicados a los almidones nativos o sin modificación, junto a los almidones modificados con ácido cítrico y con OSA.

Tabla 3. Resultados de rendimiento de almidones nativos y modificados de maíz

Tratamiento	Código	Descripción	Rendimiento (% fm)			Rendimiento (% dm)			Rendimiento (% almidón)		
1	A1B0	Almidón de maíz amarillo, sin modificación	49,30	±	0,47 a	56,07	±	0,53 a	100,00	±	0,00 a
2	A1B1	Almidón de maíz amarillo, modificación ácida	43,80	±	0,42 a	49,73	±	0,36 a	90,60	±	0,57 b
3	A1B2	Almidón de maíz amarillo, modificación OSA	42,26	±	0,37 a	47,97	±	0,28 a	87,42	±	0,46 c
4	A2B0	Almidón de maíz morado, sin modificación	40,03	±	0,05 b	45,98	±	0,06 b	100,00	±	0,00 a
5	A2B1	Almidón de maíz morado, modificación ácida	34,75	±	0,35 c	39,97	±	0,49 c	88,32	±	0,42 b
6	A2B2	Almidón de maíz morado, modificación OSA	33,99	±	0,35 c	39,06	±	0,43 c	86,40	±	0,41 c

Promedio de 2 repeticiones ± desviación estándar. fm: fresh matter = materia fresca. dm: dry matter = materia seca. OSA: anhídrido octenil succínico.

Tabla 4. Resultados de almidón total (TS), contenido de amilosa (AC) y almidón resistente (RS) en almidones nativos y modificados de maíz

Tratamiento	Código	Descripción	TS (% almidón)			AC (% almidón)			RS (% almidón)		
1	A1B0	Almidón de maíz amarillo, sin modificación	93,78	±	1,64 a	33,89	±	1,05 b	44,60	±	0,51 d
2	A1B1	Almidón de maíz amarillo, modificación ácida	n.d.			41,89	±	3,50 a	22,63	±	0,26 e
3	A1B2	Almidón de maíz amarillo, modificación OSA	n.d.			19,96	±	1,94 c	66,65	±	0,77 b
4	A2B0	Almidón de maíz morado, sin modificación	88,61	±	1,59 b	32,15	±	1,40 b	57,67	±	0,67 c
5	A2B1	Almidón de maíz morado, modificación ácida	n.d.			38,86	±	1,94 a	20,66	±	0,24 e
6	A2B2	Almidón de maíz morado, modificación OSA	n.d.			21,17	±	0,23 c	95,30	±	1,10 a

Promedio de 2 repeticiones ± desviación estándar. OSA: anhídrido octenil succínico. TS: total starch: almidón total. AC: amylose content: contenido de amilosa. RS: resistant starch: almidón resistente. n.d.: no determinado. Letras iguales denotan similitud estadística de valores por columna ($p < 0,05$).

Los tratamientos T1 y T4 pertenecientes a los almidones de maíz amarillo y morado sin modificaciones o nativos presentaron 93,78% y 88,61% de pureza, respectivamente, siendo mayor el valor para el caso del almidón de maíz amarillo ($p < 0,05$).

Contenido de amilosa (AC)

En el análisis del contenido de amilosa sobresalió el T2 y el T5 correspondiente a almidón de maíz amarillo y morado con modificación ácida, con 41,89% y 38,83%, notando un incremento en el AC, en comparación a los almidones nativos y tratados con el OSA ($p < 0,05$) (Tabla 4).

Almidón resistente (RS)

En cuanto al análisis de almidón resistente se destaca el T6 correspondiente a almidón de maíz morado modificado con OSA con un contenido de RS de 95,30% habiéndose casi multiplicado por 1,7 el contenido de RS en comparación a su almidón nativo (RS: 57,67%) ($p < 0,05$) (Tabla 4).

Discusión

Análisis de humedad

Los valores de humedad (Tabla 2) observada en el maíz amarillo y en el maíz morado fueron 12,08% y 12,93%, respectivamente; valores fueron similares entre sí y también semejantes a los reportados en bibliografía. Zambrano y Zambrano (2020) al estudiar el efecto de la humedad de dos variedades de maíz sobre los costos de molienda; reportó un 13,5% de humedad en el maíz amarillo, por otra parte; Chávez (2000) un porcentaje de humedad de maíz morado cercano al 14%.

Rendimiento

Como se ha comentado en líneas anteriores, el rendimiento de extracción de almidón observado en este estudio para maíz amarillo y morado fue 49% y 40%, respectivamente, siendo mayor en el caso del almidón de maíz amarillo, pues no se tuvo la interferencia de los antocianos al purificarlo ($p < 0,05$) (Tabla 3); y en general, este rendimiento, fue algo menor al reportado en bibliografía.

López-Vázquez (2021), en su estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionalidad de almidón de maíz cacahuacintle señaló un rendimiento de almidón de maíz amarillo de 61,96% y Erazo (2021) en su investigación sobre formulación y caracterización de una biopelícula a partir de almidón de maíz morado para el embalaje de alimentos, reportó un rendimiento de almidón de maíz morado de 54,64%.

El rendimiento algo menor observado en el presente trabajo, puede deberse a diferencia de factores externos como época de cosecha, humedad ambiental, condiciones de almacenamiento, que puedan influir sobre la humedad de la materia prima, así como también al tipo de molienda y purificación del almidón.

Almidón total (TS)

Los resultados de investigación sobre el contenido de almidón total (TS) o pureza del almidón, usando como muestra estándar el almidón de patata (TS: 92,54%), muestra un valor promedio de TS para el almidón de maíz amarillo de 93,78% y para el almidón de maíz morado un TS de 88,61% (Tabla 4).

En estudios realizados por Uthumporn *et al.* (2010), sobre la evaluación biológica de una botana horneada de *Oxalis tuberosa* en un modelo animal, se reportó un porcentaje de pureza de almidón del maíz amarillo de 72,97%; y Agama-Acevedo *et al.* (2005), en su trabajo sobre el aislamiento y

caracterización del almidón de maíces pigmentados, dio a conocer un valor de pureza del almidón de maíz morado de 79,2%; por lo que, se puede decir que en la presente investigación se obtuvo excelentes resultados en cuanto a la pureza del almidón extraído a partir de maíz amarillo, maíz morado; los valores en general no llegan al 100% debido a que, al parecer, pese a los continuos lavados y centrifugación del almidón, persisten restos de fibra, proteína, grasa y algo de pigmentos íntimamente unidos al almidón final.

Contenido de amilosa (AC)

Respecto al contenido de amilosa (AC) presente en almidones, se trabajó con el almidón de patata como estándar, obteniendo un AC de 26,46%, similar al reportado en bibliografía (24,82%) de Solarte-Montúfar *et al.* (2019) para almidón de maíz amarillo sin modificación se observó un AC de 33,89%, y para almidón de maíz morado sin modificación se obtuvo un AC de 32,15%, valores algo mayores a los señalados por Agama-Acevedo *et al.* (2005) (27% y 22% respectivamente), señalando, que las muestras analizadas en este estudio parecen tener más amilosa, quizá debido a factores genéticos propios de las variedades analizadas.

Los almidones modificados con ácido cítrico presentaron los mayores valores de AC (38,86 a 41,89%) en comparación a los almidones modificados por OSA (19,96 a 21,17%) ($p < 0,05$) (Tabla 4). La amilosa está relacionada con la capacidad gelificante del almidón, por lo que, según nuestros resultados, el método CAHTM aplicado sobre almidón de maíz amarillo o morado, sería el más recomendable si se desea obtener un aditivo alimentario para su uso en postres, salsas, pastas, cremas u otro tipo de productos que requieran mantener una elevada consistencia.

Existen aún escasos estudios sobre contenido de amilosa en los almidones de maíz morado modificados tanto con ácido cítrico como con anhídrido octenil succínico.

Almidón resistente (RS)

Se trabajó con almidón de patata como muestra estándar resultando con un RS de 20,94%, similar al reportado por Escarpa y González (1997) en su investigación denominada tecnología del almidón resistente (20%).

Para el almidón de maíz amarillo sin modificación se obtuvo un RS de 44,60%, mientras que para almidón de maíz morado sin modificación se observó un RS de 57,67%, siendo mayor en este último caso ($p < 0,05$) (Tabla 4). En el caso de los almidones de maíz modificados con ácido cítrico, el contenido de RS fue de 20,66 a 22,63%, valores mucho menores a los logrados con la modificación OSA (66,65 a 95,30%), siendo mayor el RS observado en el almidón de maíz morado OSA (95,30%) ($p < 0,05$), valor de RS que, en comparación a su almidón no modificado, casi se multiplicó por 1,5.

Los almidones de maíz modificados por OSA en este estudio, en especial el almidón de maíz morado OSA, podría ser empleado con muy buenas perspectivas como ingrediente

alimentario con posible potencial prebiótico, toda vez que el contenido RS observado es alto, lo cual significa que posee potencial para resistir la digestión enzimática, llegar a las regiones alejadas del colon y ejercer allí su efecto prebiótico.

Conclusiones

Se aplicó dos métodos de modificación química sobre almidón de maíz de dos variedades, pudiendo concluir que: se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza a la hipótesis nula, es decir que, el tipo método químico y la variedad de maíz sí influyen sobre las propiedades funcionales del almidón, en cuanto al contenido de amilosa y al incremento de la resistencia del almidón a la digestión *in vitro*.

Se comparó el rendimiento de la extracción de almidón obtenido a partir de maíz, de las variedades amarillo y morado; concluyendo que el maíz amarillo, permitió un mayor rendimiento de obtención de almidón, posiblemente debido a la ausencia de antocianos, presentes en el caso del almidón de maíz morado. La presencia de estos pigmentos hizo necesario aplicar una etapa de centrifugación, en la cual se generaron pérdidas de producto final.

Se evaluó el efecto de la aplicación de los tratamientos CAHTM y OSA, sobre el almidón de maíz amarillo y morado, concluyendo que el mejor tratamiento para incrementar la resistencia del almidón fue la modificación OSA sobre almidón de maíz morado, pues este permitió incrementar la resistencia en un 50%, en comparación a su almidón nativo (RS: 95,30% vs. RS: 57,67%) ($p < 0,05$), pudiendo este almidón exhibir buen potencial prebiótico.

En cuanto al contenido de amilosa, el mejor tratamiento fue la modificación ácida sobre el almidón de maíz amarillo o morado, pues permitió incrementar en un 23% el contenido de amilosa en comparación a los respectivos almidones nativos (AC almidones de maíz modificados CAHTM: 38,86 a 41,89% vs. AC almidones de maíz nativos: 32,15 a 33,89%) ($p < 0,05$). Los almidones de maíz amarillo y morado CAHTM, podrían presentar buenas características tecnológicas como gelificante o espesante para la industria alimentaria y de biomateriales.

Referencias bibliográficas

- Agama-Acevedo, E., Ottenhof, M. A., Farhat, I. A., Paredes-López, O., Ortiz-Cereceres, J. y Bello-Pérez, L. A. (2005). Aislamiento y caracterización del almidón de maíces pigmentados. *Agrociencia*, 39(4), 419–429. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239406.pdf>
- Boada, R. y Espinosa, J. (2016). Factors affecting yield potential of open pollinated corn in small farmers' fields in the Ecuadorian highlands. *Siembra*, 3(1), 67–82. <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/262/252>
- Cahyana, Y., Wijaya, E., Halimah, T. S., Marta, H., Suryadi, E. y Kurniati, D. (2019). The effect of different thermal modifications on slowly digestible starch and physicochemical properties of green banana flour (*Musa acuminata colla*). *Food Chemistry*, 274, 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.004>
- Chávez, A. M. (2000). *Maíz morado peruano* (Folleto R.I. N° 04-00). <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/996>
- Erazo, H. M. (2021). *Formulación y caracterización de una biopelícula a partir de almidón de maíz morado (Zea mays L.) para el embalaje de alimentos*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16802>
- Escarpa, A. y González, M. C. (1997). Tecnología del almidón resistente / Technology of resistant starch. *Food Science and Technology International*, 3(3), 149–161. <https://doi.org/10.1177/108201329700300301>
- Goni, I., García-Diz, L., Mañas, E. y Saura-Calixto, F. (1996). Analysis of resistant starch: A method for foods and food products. *Food Chemistry*, 56(4), 445–449. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0308814695002227>
- López-Vázquez, A. M. (2021). Propiedades fisicoquímicas y funcionalidad de almidón de maíz cacahuacintle. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Chapingo]. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/a0dbc09a-dbd4-4ca4-9d8a-067506844bed>
- Ruilova, M., Cobos, F. y Gómez, J. (2023). *Cultivo de maíz*. <https://libros.utb.edu.ec/index.php/utb/catalog/book/99>
- Moscote-Muñoz, J. E., Gomez-Quispe, O. y Guevara-Carrasco, V. (2020). Contenido de energía metabolizable y energía neta del maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya para pollos de carne. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 335–344. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.05>
- Ojo, M., y Ariahu C. y Chinma E. (2017). Proximate, Functional and Pasting Properties of Cassava Starch and Mushroom (*Pleurotus Pulmonarius*) Flour Blends. *American Journal of Food Science and Technology*, 5(1), 11–18. <https://www.sciepub.com/AJFST/abstract/6773>
- Olawoye, B., Fagbohun, O. F., Gbadamosi, S. O. y Akanbi, C. T. (2020). Succinylation improves the slowly digestible starch fraction of cardaba banana starch. A process parameter optimization study. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 219–228. <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2020.09.004>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). FAOSTAT ANALYTICAL BRIEF 60 Agricultural production statistics 2000-2021 FAOSTAT Analytical Brief 60 FAOSTAT CROPS AND LIVESTOCK PRODUCTION INTRODUCTION. *Agricultural Production Statistics 2000-2021*, 60, 1–17. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/58971ed8-c831-4ee6-ab0a-e47ea66a7e6a/content>
- Pacheco, M. T., Moreno, F. J., Moreno, R., Villamiel, M. y Hernandez-Hernandez, O. (2019). Morphological, technological and nutritional properties of flours and starches from mashua (*Tropaeolum tuberosum*) and melloco (*Ullucus tuberosus*) cultivated in Ecuador. *Food Chemistry*, 301, 125268. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125268>.
- Pacheco, M. T., Moreno, F. J. y Villamiel, M. (2019a). Chemical and physicochemical characterization of orange by-products derived from industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 868–876. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9257>
- Ramos, M. de L., Romero, C. y Bautista, S. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(1), 30–44. <https://www.redalyc.org/journal/813/81355612003/81355612003.pdf>
- Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O. y Mejía-España, D. F. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Informacion Tecnologica*, 30(6), 35–44. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>
- Urango, L. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Fondo Editorial Biogénesis*, <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336229>
- Uthumporn, U., Zaidul, I. S. M. y Karim, A. A. (2010). Hydrolysis of granular starch at sub-gelatinization temperature using a mixture of amylolytic enzymes. *Food and Bioproducts Processing*, 88(1), 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.10.001>
- Villarroel Heise, P., Gómez, C., Vera, C. y Torres, J. (2018). Resistant starch: Technological characteristics and physiological interests. *Revista Chilena de Nutricion*, 45(3), 271–278. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v45n3/0717-7518-rchnut-45-03-0271.pdf>
- Zambrano, C. y Zambrano, P. (2020). *Efecto de la humedad en dos variedades de maíz sobre los costos de molienda* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1278/1/TTAI03D.pdf>



Estudio técnico para la producción de gelatina a base de escamas de pescado en la ciudad de Portoviejo

Technical study for the production of gelatin based on fish scales in the city of Portoviejo

Juan Diego Sarmiento Mora¹ , María Paola Álava Cedeño¹ , Andrés Miguel Anchundia Loo¹ , María Gabriela Cedeño Campuzano¹ , José Mario Minaya Hernández¹ , Erick Steven Carvajal Palma¹

¹Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador.
Autor de correspondencia: gabriela.cedeno@utm.edu.ec

Recibido: 10/05/2024. Aceptado: 10/12/2024
Publicado el 15 de enero de 2025

Resumen

La presente investigación se da en efecto frente al desarrollo económico que implican cambios en las ciudades y por las necesidades que existen en el cantón, siendo Crucita el lugar estratégico para demandar inversión de maquinarias, mano de obra, materia prima, terreno y construcción por un total de \$117 434, mencionado esto, se planteó como objetivo la realización de un estudio técnico para la producción de gelatina a base de escamas de pescado en la ciudad de Portoviejo. La investigación fue de tipo descriptiva y no experimental, se utilizó una metodología teórica, empírica y matemática que permitió el desarrollo del estudio propuesto. La capacidad instalada para el desarrollo de la elaboración de la gelatina a base de escamas de pescado será de 500 libras por semana. Mediante la aplicación del instrumento de técnica de encuesta que fue dirigida a 385 participantes del cantón Portoviejo, incluyendo la aplicación de entrevistas hacia artesanos pesqueros, se llegó a obtener los resultados, indicando que el 91% de los encuestados muestran interés en uno de los productos a considerar, con una presentación de los envases de 400 gr a un precio de \$2,50. Por otro lado, se tiene la posibilidad de ampliar la demanda y producción a nivel nacional, por esta razón, el estudio presenta una visión completa y sólida de la viabilidad de la creación de la planta procesadora de gelatina a base de escamas de pescado, aportando grandes oportunidades en el mercado, tanto laboral, económico como a nivel de industria.

Palabras clave: estudio técnico, estudio de mercado, capacidad instalada, gelatina, escama de pescado, layout.

Abstract

The present research is in effect in response to the economic development that implies changes in the cities and the needs that exist in the canton, Crucita being the strategic place to demand investment in machinery, labor, raw materials, land and construction for a total of \$117,434, mentioned this, the objective was to carry out a technical study for the production of gelatin based on fish scales in the city of Portoviejo. The research was descriptive and non-experimental, a theoretical, empirical and mathematical methodology was used that allowed the development of the proposed study. The installed capacity for the development of the production of gelatin based on fish scales will be 500 pounds per week. Through the application of the survey technique instrument that was directed at 385 participants from the Portoviejo canton, including the application of interviews with fishing artisans, the results were obtained, indicating that 91% of those surveyed show interest in one of the products. to consider, with a presentation of 400 gr containers at a price of \$2.50. On the other hand, there is the possibility of expanding demand and production at the national level, for this reason, the study presents a complete and solid vision of the viability of the creation of the gelatin processing plant based on fish scales, providing great opportunities in the market, both labor, economic and at the industry level.

Keywords: technical study, market study, installed capacity, gelatin, fish scale, layout.

Introducción

El costo de la gelatina en el mercado internacional se establece según sus propiedades físico-químicas, las cuales dependen de la materia prima utilizada, del método de extracción del colágeno y de la técnica de concentración empleada (Serna-Cock *et al.*, 2007).

En el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), describe que el Ecuador se encuentra entre los principales exportadores de productos marinos de América Latina, destacando en las exportaciones de camarón, atún, salmón y harina de pescado. Originando oportunidades para hacer nuevos subproductos a partir de las pieles y residuos del pescado. Prado y Villamar (2022) indican en un estudio realizado que se evidencia que la creación de subproductos a base de desechos pesqueros como harinas, enzimas, colágeno y gelatina entre otros, que reducen el índice de contaminación lo que a futuro es beneficioso para el desarrollo humano y para el medio ambiente, ya que se logra crear una industria más sostenible.

Investigaciones adicionales han demostrado que los residuos pesqueros pueden ser utilizados eficientemente para diversos fines, como la mejora de las propiedades funcionales de los alimentos, el aporte de nutrientes esenciales, la producción de gelatina, aplicaciones cosméticas y su uso en la industria de la bisutería, lo que permite un procesamiento integral de estos materiales (Barrera *et al.*, 2023). Con base a lo anterior es necesario mencionar que los derivados del colágeno y la gelatina que proviene de especies marinas tienen un gran potencial gracias a sus destacadas propiedades biológicas, estas incluyen efectos antioxidantes, antihipertensivos, anticancerígenos, antimicrobianos y neuroprotectores, además, pueden inducir el crecimiento de tejido óseo y retardar el envejecimiento de la piel (Ramírez *et al.*, 2013).

Es importante destacar que los residuos pueden ser aprovechados de manera efectiva para diversos fines: mejorar las propiedades funcionales de los alimentos, actuar como potentes antioxidantes, proteger la salud humana y suministrar nutrientes esenciales por lo cual se menciona que la tecnología de hidrólisis permite el procesamiento integral del pescado para alcanzar estos objetivos (Hleap y Gutiérrez, 2017).

Según Anastacio (2021) menciona que, durante el periodo de abril de 2021, las exportaciones de pescado congelado y filetes han experimentado un aumento del 25%. Sin embargo, la abundancia de producción pesquera ha conllevado a la generación de subproductos como lo son las pieles, huesos, colas y escamas que suelen ser desechados, contribuyendo así a una mejor carga orgánica, por lo cual se considerarían estos materiales como subproductos del sector acuícola. La producción de gelatina a partir de piel de pescado ofrece beneficios significativos, como la minimización del impacto ambiental al aprovechar los residuos, una funcionalidad mejorada en aplicaciones industriales y alimentarias, y la

reducción de restricciones socioculturales asociadas con el consumo de gelatina de origen porcino (Montero y Acosta, 2020).

El objetivo de este proyecto es desarrollar un proceso industrial que permita aprovechar los subproductos generados en la industria pesquera para la obtención de colágeno. El material primario que se busca utilizar es la piel de pescado.

En el cantón Portoviejo, los trabajadores artesanales del recinto Los Arenales, ubicados en la parroquia Crucita, resaltan que los productos más disponibles provienen principalmente de ambientes fríos. Sin embargo, también hay una demanda considerable de productos marinos de ambientes cálidos, como la pinchagua, el rayado, la sierra, la caballa, el pámpano, entre otros. Según Pazmiño y Vera (2020), el sitio Los Arenales se ha consolidado como una de las principales zonas pesqueras que suministran materia prima a la industria de conservas de sardina, esta industria solía enviar esta especie marina a grandes empresas en Manta y Guayas, donde era envasada y comercializada.

En nuestra zona costera existen diferentes especies que no se les asignan otras alternativas. Sin embargo, Tejada *et al.* (2020), en su estudio detallan que la gelatina que se obtiene de la piel de *Sarda chiliensis chiliensis* (bonito) puede ser utilizada en un proceso controlado para obtener hidrolizados con propiedades funcionales, así como actividad antioxidante y antimicrobiana, beneficiosas para la industria alimentaria.

El pescado entero y sus subproductos tienen el potencial de ser fuentes valiosas de aminoácidos esenciales, colágeno, gelatina, lípidos poliinsaturados y enzimas, mediante el uso de tecnología enzimática, se han producido hidrolizados proteicos con un gran potencial para su utilización como ingredientes en alimentos fortificados, debido a sus propiedades funcionales (Espinoza y Castillo, 2022). Propiedades que pueden ayudar a reducir los riesgos de cáncer, envejecimiento, diabetes y enfermedades cardiovasculares y demás.

Una alternativa actual en el campo de los empaques sostenibles son las películas a base de gelatina, que contribuyen positivamente al medio ambiente y benefician a futuras generaciones. Una propuesta innovadora es la utilización de gelatina extraída de especies animales, como el mahi-mahi, para la fabricación de estas películas. Este proceso implica extraer gelatina al 4% p/v de la piel del pescado y combinarla con extracto de orégano, el resultado es una película con excelente viabilidad para su uso en empaques con acción antimicrobiana, ideal para proteger alimentos susceptibles al deterioro por microorganismos (Pandía-Estrada *et al.*, 2021).

Quintero y Zapata (2017), mencionan que hay una especie de escama denominada placoides se encuentra en los peces cartilaginosos como tiburones y rayas, las escamas placoides no pueden crecer en tamaño, sino que se van añadiendo a medida que aumenta el tamaño del pez. Mientras que las ganoides se derivan de las cosmoides, la mayoría de estas tienen forma de diamante y están unidas por articulaciones tipo clavija y zócalo (Mathews, C. *et al.*, 2002).

En el estudio de Da Trindade *et al.* (2013), se demostró que las tilapias contienen un porcentaje de proteína en su piel de 21,30%, la misma que indica que el rendimiento de extracción de gelatina de la piel de tilapia, sin embargo, la gelatina tenía brillo y color amarillo blanquecino, con valores 89,25, -0,44, y 2,48, originando como resultado que si existe la posibilidad de utilizar la piel de tilapia para la producción de gelatina. Para Molinari *et al.* 2015, la producción de gelatina a partir de la piel de tilapia se presenta como una opción viable para aprovechar estos desechos, debido a la alta concentración de colágeno que contienen. Mientras que Miano *et al.* (2014), detallan que para la extracción de gelatina en el tollo cuanto más sea el tiempo de extracción se obtiene mayor rendimiento de la gelatina y en cuanto sea menor la temperatura, mayor es la fuerza de gel que se obtiene, por lo cual, sugieren que para el mayor rendimiento (27% – 28%) y mayor fuerza de gel de gelatina (130 – 150 g Bloom) se tendrá que utilizar de entre 220 y 240 minutos y sus temperaturas de entre 60 y 65% C.

Por otro lado, según Tello *et al.* (2019), en la investigación realizada detallan que las eficiencias de encapsulación obtenidas por los sistemas MCGD y MCGP fueron $88,45 \pm 1,77$ y $83,78 \pm 4,44$ respectivamente, dando como resultados que existe viabilidad de la gelatina de Doncella como material encapsulante en comparación de la gelatina porcina. Lo que se presencia es una comparación de la gelatina porcina y la gelatina realizada a base de la especia marina Doncella, indicando que tiene un alto rendimiento que pretende dar uso a un subproducto que es usualmente desechado.

De acuerdo con las conclusiones de Pérez *et al.* (2020), detallan en la investigación realizada a cerca del estudio de los colágenos, que la solubilidad de las proteínas para el cerdo alcanza un máximo de 80% mientras que el colágeno de pescado presenta un máximo de 100%. Lo que demuestra que el colágeno obtenido del pescado es idóneo para la realización de la producción de gelatina.

La gelatina contiene es su composición de proteína, sales minerales y agua es: 84% a 90% de proteína, 1% a 2% en sales minerales y el restante es agua.

En esta investigación se planteó como objetivo la realización de un estudio técnico para la producción de gelatina a base de escamas de pescado en la ciudad de Portoviejo. Para llevar a cabo los procesos productivos de la elaboración de la gelatina a base de escama de pescado es necesario pasar por varias fases que son, pesado y clasificación de la materia, almacenaje y conservación, cortado de los desechos, lavado de materia prima, maceración, lavado y neutralización, extracción de las soluciones de gelatina, filtración, concentración, enfriado y cortado en planchas, secado de las planchas, clasificación, molienda y envasado del producto.

Materiales y métodos

Según Hernandez *et al.* (2014) el enfoque cuantitativo “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en

la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p.4).

La presente investigación fue de tipo descriptivo, realizándose la recolección de datos mediante la técnica de encuesta y entrevista con sus respectivos instrumentos de investigación, (cuestionarios con preguntas cerradas) a un grupo de personas del cantón Portoviejo.

Población y muestra

Considerando que el cantón Portoviejo cuenta con 290 199 habitantes, el tamaño de la muestra se determinó mediante la ecuación siguiente.

Con un nivel de confianza del 95%, lo que corresponde al valor de $z=1,96$, y un error de estimación aceptado del 5%. Dado que la probabilidad es desconocida, se le asigna el mismo peso a cada una de las probabilidades, siendo un 50% la probabilidad de que el evento ocurra y el 50% de probabilidad de que no ocurra.

Cálculo del tamaño de la muestra para población infinita (ver Ecuación 1)

$$n = \frac{z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2} \quad (1)$$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2} = \frac{0.9604}{0.0025} = 384.16$$

Mediante la ecuación se obtuvo que para un nivel de confianza del 5% es de 384,16 habitantes

Resultados

Datos obtenidos mediante la técnica de encuesta realizada a un numero de 384,16 habitantes, de acuerdo a las preguntas planteadas que se detallan en la Tabla 1.

Los resultados de la encuesta revelaron una gran aceptación de la gelatina a base de escamas de pescado en el cantón Portoviejo. Un gran porcentaje de personas encuestadas mostraron preferencia por la gelatina preparada en lugar de la presentación en polvo, lo que sugiere que la disponibilidad de gelatina a base de escamas de pescado lista para consumir podría ser muy bien aceptada por los consumidores. Además, los sabores más populares, como el mango y la fresa, ofrecen una oportunidad para que los fabricantes de gelatina a base de escamas de pescado centren sus esfuerzos en desarrollar productos que atraigan a una amplia base de clientes.

La inclinación hacia la compra de gelatina en tiendas de barrio, resalta la importancia de la distribución en estos establecimientos locales para alcanzar a los consumidores. Una estrategia de comercialización que priorice una sólida presencia en tiendas de barrio y supermercados, ofreciendo gelatina a base de escamas de pescado en los sabores más populares y a un precio competitivo dentro del rango de \$2 a \$2,50, podría ser fundamental para el éxito en el mercado.

Estudio de mercado

De la misma manera con los resultados de la encuesta reflejada en la Tabla 1, se puede destacar que el producto de gelatina a

base de escamas de pescado debería cumplir con las siguientes especificaciones (Tabla2).

Tabla 1. Resultado de la encuesta aplicada a la población del cantón Portoviejo

Preguntas	Variables	Porcentajes
¿Con que frecuencia consume gelatina?	Una vez a la semana	51,4%
	En ocasión especial	29,9%
	Una vez al mes	18,7%
¿Cómo consume más la gelatina?	Preparada	86,5%
	En polvo	13,5%
¿Tiene conocimiento de cuál es la materia prima que se utiliza en la elaboración de gelatina?	Si	52,7%
	No	47,3%
¿Estaría de acuerdo que el colágeno se obtenga de otra parte que no sean huesos y tendones de animales?	Si	91,7%
	No	8,3%
Al obtener una gelatina, ¿Qué es lo primero que le llama la atención?	El sabor	47,8%
	La marca	16,1%
	El empaque	23,4%
	El precio	12,7%
¿Dónde le gustaría adquirir este producto?	Tienda de barrio	62,7%
	Supermercado	29%
	Centros comerciales	8,4%
¿Qué tipo de sabor le gustaría que estuviera presente en el producto?	Limón	9,9%
	Mango	70,1%
	Fresa	13,8%
	Mora	9,9%
	\$2-\$2,50	49,3%
¿Cuánto cancelaría usted por la gelatina en polvo de 400gr?	\$1,50-\$2	13,8%
	\$1-\$1,50	30%
	\$2,50-\$3,00	6,9%

Tabla 2. Características y presentación del producto

Características del producto	
Denominación	Gelatina Tritón
Producto	Gelatina en polvo de pescado
Sabor	Mango, Fresa
Envase	Fundas laminadas
Contenido neto	400 g
Precio referencial	\$ 2,50

Cálculo de clientes proyectados

La suma de consumidores a considerar es un total de 170 997 que corresponde a infante, jóvenes y adolescentes, para lo cual solo se toma el 50% de la población equivalente a 85 498 dividido para cinco que es la tasa de familia promedio en la costa, teniendo como resultado una cantidad de 17 000 clientes potenciales. (ver Ecuación 2).

$$\frac{\text{Habitantes}}{\text{Promedio de integrantes por familia}} = \frac{85.498}{5} = 17\,000 \text{ hogares} \quad (2)$$

Análisis de la competencia

En la industria de las gelatinas, los productos sustitutos constituyen un punto fundamental presentando uno de los mayores riesgos que registra el sector, esto se debe a que existe un sin número de productos que poseen características similares entre sí, lo cual sin duda intensifica el índice de competitividad entre una empresa y otra.

Es necesario conocer la competencia para tener una visión más clara en cuanto a la fabricación y comercialización de gelatina. En Portoviejo, las principales marcas vendidas son: Gel'hada, Royal y Cifrut, el análisis de la competencia se encuentra estructurado en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Competencias en precio y producto

Producto	Dirección	Contenido	Precio
Gel'hada			
	Levapan S.A Avenida Pedro Vicente Maldonado S28-35. Sector Guajaló. Quito, Ecuador. • 1800 670 060 • 098 628 1553 • hablemos@levapan.com.ec	400 g	2,90
Royal			
	Royal S.A Avenida Arévalo Cedeño esq. Gastón F. Deligne, La Malena, Higüey, Rep. Dom. Guayaquil Ecuador. • 809 469 0011 • 829 766 2034	400 g	2,51
Cifrut			
	AJA Company • Cuenca/ Ecuador • Quito// Ecuador • Guayaquil/ Ecuador	450 g	3,00

Análisis del estudio de mercado

Después de analizar el mercado, se estima que la gelatina a base de escamas de pescado tiene un potencial de aproximadamente 17 000 clientes en la ciudad de Portoviejo, en consecuencia, fue el enfoque de la investigación. Se determinó que un precio competitivo para el producto sería de \$2,50 por cada gelatina a base de escamas de pescado de 400 g, envasada en fundas laminadas. Es crucial considerar cada una de las características del producto para asegurarse de cumplir con las preferencias de los consumidores y ofrecer un valor atractivo.

Establecer un precio competitivo es esencial para atraer a los consumidores y ganar cuota de mercado como se observa en el análisis de los competidores en la zona. Además, es fundamental realizar un análisis detallado de los insumos y la materia prima necesaria para la elaboración de la gelatina de pescado. La calidad de los ingredientes y el proceso de producción son aspectos críticos para garantizar un producto de alta calidad que cumpla con las expectativas de los clientes.

Estudio técnico

Durante la fase del estudio técnico, se procede a determinar la ubicación óptima para la planta de producción de gelatina a base de escamas de pescado, del mismo modo la selección cuidadosa de la materia prima necesaria. También se lleva a cabo la adquisición de los activos necesarios y se planifica la mano de obra requerida para su operación. Además, se realizan los procesos logísticos necesarios y se implementa

el diseño de la planta con un enfoque específico en la ciudad de Portoviejo. Del mismo modo la planificación minuciosa garantizará una producción eficiente y efectiva, así mismo una distribución óptima del producto final en el mercado objetivo.

Microlocalización

En el presente apartado, se ha decidido utilizar el método de ponderación para evaluar las diferentes opciones de ubicación. En este método, se asigna un valor numérico a cada opción en función del grado en que cumple con los parámetros establecidos. Se emplea una escala de calificación del 1 al 10, donde un valor de 1 indica un nivel mínimo de cumplimiento y un valor de 10 indica un cumplimiento óptimo. Este enfoque proporciona una manera sistemática y cuantitativa de comparar y tomar decisiones informadas sobre la ubicación más adecuada para la planta de elaboración de gelatina a base de escamas de pescado, como se detalla en la Tabla 4.

Según el método de ponderación aplicado, se ha seleccionado el área de Crucita como el sitio óptimo para la implantación de la planta procesadora de gelatina a base de escamas de pescado. La decisión se basa en varios factores favorables, siendo uno de los más destacados la alta disponibilidad de materia prima proveniente de la pesca y la acuicultura en la región. Además, Crucita ofrece costos de infraestructura más bajos en comparación con otras áreas, lo que contribuirá a una operación más eficiente y rentable de la planta.

Tabla 4. Método de ponderación y selección de la zona estratégica

Factores		Alternativas		
Descripción	Cumplimiento %	X Crucita	Y Rocafuerte	Z Charapotó
Seguridad de la zona	86%	8	9	9
Disponibilidad de materia prima	43%	10	7	8
Proximidad a proveedores	90%	9	9	9
Accesibilidad del mercado	80%	8	9	7
Disponibilidad de recursos	76%	9	8	6
Infraestructura logística	77%	7	9	7
Condiciones y riesgo climáticas	70%	6	9	6
Factores estratégicos	80%	9	7	8
Costo del terreno	73%	9	6	7
Circulación de transporte	76%	9	8	6
Total = (x, y, z) / 100* 100		84%	82%	73%

Descripción del proceso de gelatina a base de escamas de pescado

Recepción de materia prima. Durante esta etapa, se recibe la materia prima, y se realizan inspecciones de calidad constantes de los principales ingredientes y materia prima necesarios para la elaboración de gelatina de pescado. La Tabla 5 detalla los ingredientes necesarios para la elaboración del producto en términos de su requerimiento diario, semanal y mensual.

Preparación y limpieza. Las escamas de pescado pasan por una etapa de preparación y limpieza exhaustiva para eliminar cualquier tipo de impurezas, restos de huesos y otros materiales no deseados. Este proceso asegura que la materia prima esté en condiciones óptimas para la extracción de gelatina, garantizando la calidad del producto final.

Extracción de colágeno. En esta fase, se lleva a cabo la extracción del colágeno contenido en las escamas de pescado. El colágeno es la proteína principal responsable de la formación de la gelatina. Se utilizan diferentes métodos de extracción, como la hidrólisis ácida o alcalina, para obtener el colágeno en forma soluble.

- Hidrólisis alcalina: Se sumerge las escamas de pescado en una solución alcalina (como hidróxido de sodio) para extraer el colágeno soluble.
- Maquinaria utilizada para la extracción de colágeno:
- Reactor de hidrólisis alcalina.
- Purificación de colágeno:
- El colágeno extraído se somete a un proceso de filtrado y centrifugado para eliminar impurezas.
- Condiciones de pH durante la purificación:
- pH alrededor de 7 (neutral).
- Químico utilizado en la purificación:
- Agua destilada para el lavado y acondicionamiento del colágeno.

Filtrado y purificación. El colágeno extraído se somete a procesos de filtrado y purificación para eliminar cualquier impureza y obtener una gelatina de alta calidad. Este proceso implica múltiples etapas de filtrado, que se realizan cada 3 veces para asegurar la máxima pureza y claridad del producto final.

Concentración y deshidratación. La gelatina se concentra hasta alcanzar la concentración deseada y luego se somete a un proceso de deshidratación para eliminar el exceso de agua. Esto permite obtener la gelatina en forma de polvo o escamas. La deshidratación se lleva a cabo mediante un secador de tambor a una temperatura controlada de aproximadamente 50 °C, durante un periodo de 24 horas.

Mezclar. En esta etapa del proceso, se integran los insumos, como los saborizantes de mango y fresa según la preferencia del consumidor, ácido cítrico, aromatizante, azúcar, colorante y conservante. Estos ingredientes se mezclan de manera uniforme en toda el área, asegurando que cada partícula esté recubierta de manera homogénea, sin dejar ningún exceso sin cubrir. Como último paso, se incorpora el polvo de escama de pescado para completar la formulación de la gelatina.

Envasado y almacenamiento. La gelatina de pescado se envasa en fundas laminadas de 400 g diseñadas específicamente para su comercialización, asegurando su frescura y protección. Posteriormente, se almacena en condiciones controladas que garantizan la preservación de su calidad y vida útil, manteniendo así sus propiedades nutricionales y su sabor óptimo.

Control de calidad. Durante todo el proceso de producción, se llevan a cabo rigurosos controles de calidad para garantizar que la gelatina cumpla con los estándares establecidos y sea segura para su consumo. Estos controles abarcan desde la selección de la materia prima hasta el envasado final del producto, asegurando la consistencia, pureza y seguridad en cada etapa del proceso.

Tabla 5. Cantidades de los ingredientes para la elaboración del producto

Materia prima	Cantidad valorada por 100 productos de 400g		
	Cantidad por día (lb)	Cantidad por semana (lb)	Cantidad mensual (lb)
Escamas de pescado	70 lb	490 lb	1 960 lb
Ácido cítrico	2 lb	14 lb	56 lb
Azúcar	2 lb	14 lb	56 lb
Aromatizante	1 lb	6 lb	28 lb
Colorante alimentario	0,5 lb	3,5 lb	14 lb
Conservante	0,5 lb	3,5 lb	14 lb
Saborizante (Mango, Fresa)	1 lb	6 lb	28 lb
Total	77 lb	537 lb	2 148 lb

Almacenamiento. Una vez que el producto esté empacado, será trasladado a la cámara de congelamiento, donde se almacenará en estantes hasta su despacho a una temperatura constante de 10 °C. Esto garantiza que la gelatina se conserve fresca y en óptimas condiciones hasta su distribución a los clientes.

Distribución. Finalmente, la gelatina de pescado se distribuye a los mercados y puntos de venta, asegurando su disponibilidad para los consumidores. De esta manera, el producto llega a manos de los clientes, listo para ser disfrutado y aprovechado en sus distintos usos culinarios y nutricionales, como se detalla en la Figura 1.

Distribución de planta (Layout)

Mediante un enfoque de distribución en planta, se desarrolló el diseño de una planta procesadora de gelatina a partir de escamas de pescado, por esta razón dichas instalaciones requiere de 600 misma que se ha organizado minuciosamente para optimizar la funcionalidad, incluyendo áreas de producción, administración, comedores, salas de reuniones y gerencia. El diagrama del proceso visualiza la secuencia de producción desde la recepción de materias primas hasta los controles de calidad, reflejando una planificación estratégica como se observa en la Figura 2. Este enfoque garantiza una eficiencia operativa y una distribución óptima de recursos en toda la planta.

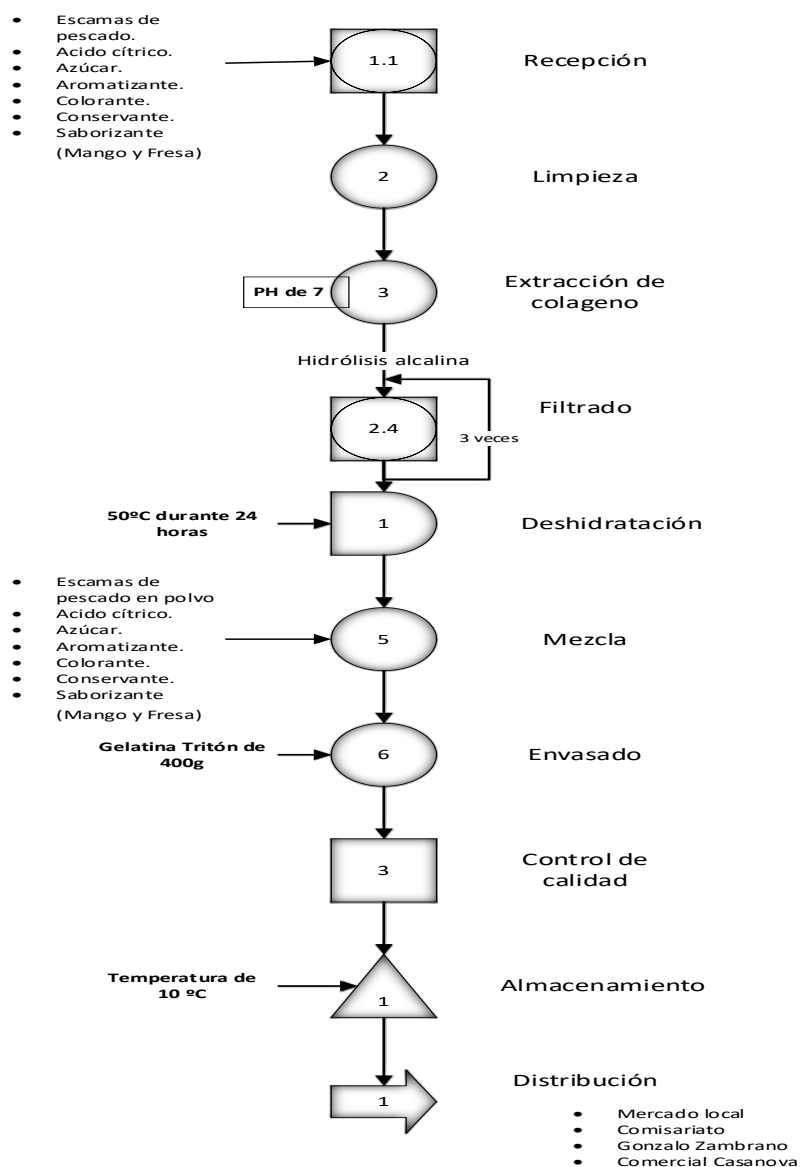


Figura 1. Diagrama del Proceso de la elaboración de gelatina a base de escama de pescado

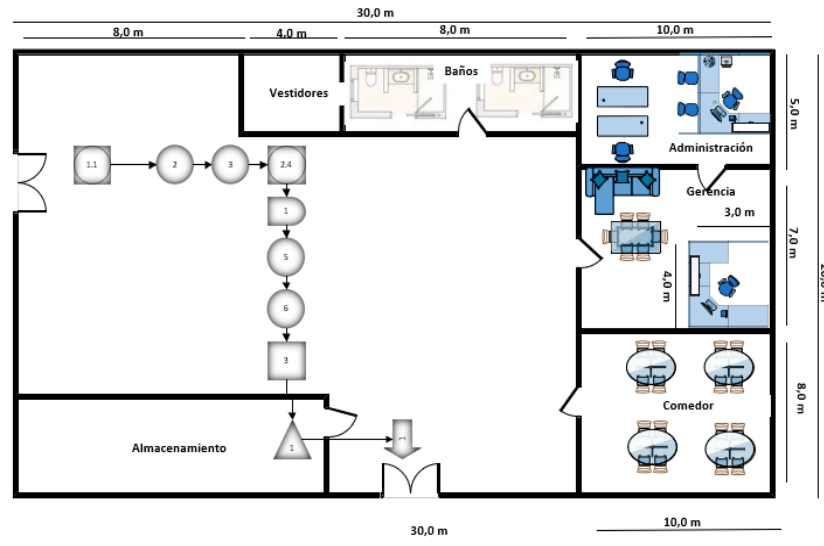


Figura 2. Distribución de planta de la empresa procesadora de escamas de gelatina a base de escamas de pescado

Equipos que se usaran, en el proceso para obtener gelatina a base de escamas de pescado

Para el proceso de gelatina a base de escamas de pescado se mencionan de varios equipos que servirán para el desarrollo de la planta procesadora de gelatina a partir de escamas de pescado. El reactor de hidrólisis alcalino (Figura 3) es un equipo que es utilizado en procesos de tratamientos de residuos orgánicos, especialmente para degradar materia orgánica compleja en compuestos más simples, facilitando su posterior biodegradación. Las escamas de pescado se sumergen en una solución alcalina para facilitar la hidrólisis y la liberación del colágeno. Entre las especificaciones técnicas del equipo se encuentran:

Motor: 400W – 3700W
 Certificación: ISO, CE
 Material: Acero inoxidable 304
 Peso: 500 kg
 Adaptador: 220 V



Figura 3. Reactor de hidrólisis alcalino

La centrifuga de alimentos (Figura 4) es un equipo que es utilizado en la industria alimentaria para separar componentes de diferentes densidades dentro de una mezcla, aprovechando

la fuerza centrífuga generada al hacer girar el contenido a alta velocidad.

Es utilizado en la etapa de concentración y deshidratación de la gelatina. El secador de tambor ayuda a eliminar el exceso de agua de la gelatina, dejándola en forma de polvo o escamas. Entre las especificaciones técnicas se encuentran:

Motor: con capacidad de 650 W
 Certificación: ISO, CE
 Material: Acero inoxidable 304
 Peso: 2000 kg
 Adaptador: 220 V



Figura 4. Centrifuga de alimentos

El secador de tambor rotativo (Figura 5) es una solución de secado eficiente que reduce al mínimo la humedad en el producto final. En Ecuador, Rino Maquinaria ofrece este equipo, ideal para optimizar procesos de secado en diversas industrias.

Estos equipos se utilizan para el envasado y etiquetado de la gelatina de pescado final en sus presentaciones comerciales. Entre las especificaciones técnicas se encuentran:

Motor: 880 W
Certificación: ISO, CE
Material: Acero inoxidable 304
Capacidad: 500 g/h
Peso: 2000 kg
Temperatura.: 150°C
Adaptador: 220 V



Figura 5. Secador de tambor rotativo

Otro de los equipos que se utilizan es el sellador móvil (Figura 6), el cual se encarga de sellar cualquier material plástico termosellable, como PE, PP y laminados. Ecuador dispone de dicha maquinaria, la empresa Rino maquinaria dispone de este producto.

Es un equipo de medición y análisis para asegurar que la gelatina de pescado cumpla con los estándares de calidad establecidos.

Estos equipos se utilizan para el envasado y etiquetado de la gelatina de pescado final en sus presentaciones comerciales. Entre las especificaciones técnicas se encuentran:

Electricidad: 110V/60HZ/1fase
Motor: 650W
Tamaño: 558mm L x 953mm W x 1057mm H
1270mmLx1016mmWx1016mmH
Peso: 93 lb (42 Kg)
Sistema: Hot Roll con sensor
Dimensión: 950 x 400 x 640 mm. (Versión vertical) 1050 x 560 x 900 mm. (versión Horizontal)
Temperatura. 0 - 300°C (572°F).



Figura 6. Selladora móvil

Por otro lado, los equipos de control de calidad (Figura 7) son registradores de temperatura, humedad relativa, geo-ubicación y seguridad para el monitoreo de los productos

perecederos.

Dicha maquina se encarga en la mezcla de la escama de pescado en polvo con los demás insumos como es el aromatizante, azúcar, saborizante, conservante, entre otros. Entre las especificaciones técnicas se encuentran:

Marca: Key Technology
Pantalla: 3D infinity
Motor: 600 W
Certificación: ISO, CE
Acero: Inoxidable 304
Peso: 200Kg
Adaptador: 220 V



Figura 7. Equipos de control de calidad

La máquina mezcladora (Figura 8), permite controlar textura y consistencia, incorporar aire para esponjosidad, y optimizar tiempos de producción, reduciendo costos y mejorando la eficiencia.

El proceso consiste en mezclar el polvo obtenido con un 35% de edulcorantes, en este caso, azúcar. Para ello, se requiere una velocidad de 45 rpm para 0,500 kg a nivel de laboratorio. En Ecuador, se encuentra disponible en Rino Maquinaria en Guayaquil. Entre las especificaciones técnicas se encuentran:

Altura: 1,20 m
Caudal: 20 m/h 40 m/h
Motor: 3 KW 3000 rpm
Temperatura: 65 °C
Capacidad: 50 litros
Peso: 1000Kg
Adaptador. 110v a 230 v
Potencia: eléctrica



Figura 8. Maquina mezcladora

Para el proceso de elaboración de gelatina de pescado, se requiere un conjunto de maquinarias específicas que contribuyen al éxito del proceso. El costo total de estas maquinarias asciende a \$35 264, el cual se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6. Activos para el procesamiento de gelatina a base de escamas de pescado

Maquinaria	Valor	Cantidad	Total	Vida útil
Reactor Hidrólisis	\$ 2 285	2	\$ 4 570	10
Centrifugadora	\$ 5 000	2	\$ 10 000	10
Secador tambor	\$ 3 500	1	\$ 3 500	10
Mezcladora Industrial	\$ 500	2	\$10 000	10
Selladora banda móvil	\$ 800	2	\$1 600	10
Equipo de control de calidad	\$ 5 000	1	\$ 5 000	5
Mesa Inoxidable de trabajo	\$ 99	6	\$ 594	5
Total	\$ 17 184	16	\$ 35 264	

Tabla 7. Cantidad de materia prima requerida para la elaboración de la gelatina

Materia prima directa					
Descripción	Unidad semanal (lb)	Unidad mensual (lb)	Cantidad Anual (lb)	Costo unitario lb (\$)	valor total Anual
Escamas de pescado	500 lb	2000 lb	24 000 lb	\$ 0,99	\$23,760
Ácido cítrico	14 lb	56 lb	672 lb	\$ 0,50	\$672
Azúcar	14 lb	56 lb	672 lb	\$1,00	\$672
Aromatizante	6 lb	24 lb	288 lb	\$ 1,50	\$432
Colorante	3,5 lb	14 lb	168 lb	\$1,50	\$256
Conservante	3,5 lb	14 lb	168 lb	\$2,00	\$ 336
Saborizante	6 lb	24 lb	288 lb	\$1,00	\$288
Total	537 lb	2 148 lb	25 776 lb	\$8,50	\$ 26 416

Tabla 8. Materiales indirectos del proceso del producto terminado

Materia prima indirecta					
Descripción	Unidad semanal	Unidad mensual	Cantidad Anual	Costo unitario lb (\$)	valor total Anual
Fundas laminadas de 400g	2 260 u	68 000 u	17 000 u	\$ 0,30	\$5 100
Sticker del logo	2 260 u	68 000 u	17 000 u	\$ 0,15	\$2 550
Total	537 lb	2.148 lb	25 776 lb	\$8,50	\$ 7 650

Materia prima

Las escamas de pescado, consideradas como subproducto residual, carecen de un valor estándar en el mercado. Por lo tanto, se ha establecido un costo aproximado de 0,99 centavos por libra. Además, se han recopilado datos relevantes sobre los costos al por mayor de insumos fundamentales, como ácido cítrico, azúcar, aromatizantes, colorantes, conservantes y saborizantes de fresa y mango. Estos resultados son esenciales para realizar un análisis exhaustivo de la viabilidad económica del proyecto de gelatina a base de escamas de pescado, como se muestra en la siguiente Tabla 7.

Los materiales indirectos por considerar incluyen los envases, etiquetas y el diseño del producto, los cuales contribuyen significativamente a la presentación y comercialización del producto, como se muestra en la Tabla 8.

Organigrama del número de Trabajadores

En toda empresa dedicada a la producción de alimento, es necesario contar con diferentes áreas las mismas que se detallan en la siguiente Tabla 9.

En la Figura 9 se muestra el esquema jerárquico de la empresa dedicada al procesamiento de gelatina a base de escamas de pescado, con 2 áreas fundamentales que son administrativa y productiva.

En la Tabla 10 se detalla que, mediante entrevistas a 4 pescadores artesanales, se obtuvo información que reveló una producción semanal de escamas de pescado fluctuando entre 500 libras, lo que equivale a una capacidad instalada anual de 24 000 libras.

Tabla 9. Cantidad de personal para la empresa

Cantidad	Área para desempeñar	Función
1	Gerente de producción	• Gerente de Producción: Encargado de supervisar y coordinar todas las actividades de producción.
6	Producción	• Operador de Maquinaria: Responsable de operar las máquinas utilizadas en la producción de gelatina. • Ayudante de Producción: Apoya en las tareas de preparación, limpieza y asistencia en el proceso de producción.
1	Control de calidad	• Inspector de Calidad: Realiza pruebas y verifica la calidad del producto final de acuerdo a los estándares establecidos.
1	Logística	• Coordinador de Logística: Se encarga de la planificación y coordinación de la distribución y entrega del producto.
2	Administrativo	• Gerente Administrativo (1): Encargado de la gestión financiera, administrativa y de recursos humanos. • Asistente Administrativo (1): Brinda apoyo en tareas administrativas, manejo de documentos y comunicación.
1	Ventas y marketing	• Representante de Ventas: Encargado de establecer relaciones con clientes, promover el producto y cerrar acuerdos de venta.
1	Diseño y mercadotecnia	• Diseñador Gráfico: responsable del diseño de envases, etiquetas y material de marketing. • Especialista en Marketing: Desarrolla estrategias para promocionar y posicionar el producto en el mercado.

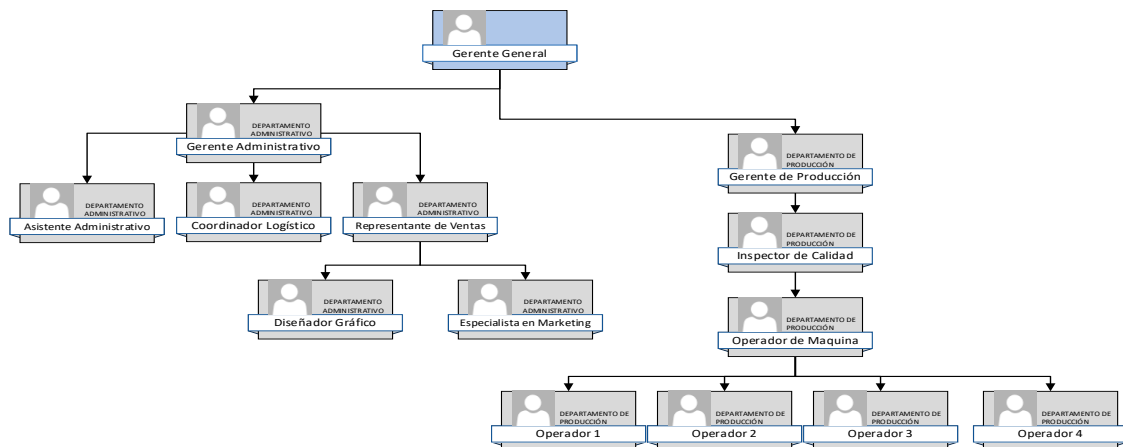


Figura 9. Organigrama de la empresa

Tabla 10. Capacidad instalada en el cantón Portoviejo

Materia prima	Semanal (lb)	Mensual (lb)	Anual (lb)
Escamas de pescado	500 lb	2 000 lb	24 000 lb

Tabla 11. Costos de mano de obra requerida

Mano de obra directa			
Descripción	Cantidad	Sueldo Mensual	Valor total Anual
Operador de maquina	1	\$ 400,00	\$ 4 800,00
Obreros	4	\$ 400,00	\$ 4 800,00
Total de empleados	4	Subtotal	\$ 9 600,00
Beneficios sociales			
Aporte al IESS (11,15%)		\$ 60,00	\$ 720,00
Décimo tercero		\$ 133,30	\$ 1 600,00
Vacaciones		\$ 66,67	\$ 800,00
Fondo de reserva (8,33%)		\$ 104,00	\$ 8,66
Subtotal			\$ 3 128,00
Total			\$ 12 728,00

Tabla 12. Ingreso total de la comercialización del producto

Producto	Cantidad anual	Costo del producto	Ingreso anual
Gelatina a base de escamas de pescado de 400g	17 000 u/c	\$ 2,50	\$ 42 500

Por otro lado, la fuerza laboral directa está compuesta por un equipo de 5 trabajadores, los cuales incluyen a los operadores y un maquinista. En conjunto, esta fuerza laboral representa un costo anual para la empresa de 12 728 dólares que se muestra en la Tabla 11.

Costos de producción

En el estudio de mercado y técnico, se identificaron datos clave para proyectar el ingreso anual derivado de la venta de gelatina a base de escamas de pescado. Se estimó la venta de 17 000 unidades anuales a un precio unitario de \$2,50, lo que resulta en un ingreso total anual de \$42,500. Estos resultados demuestran la factibilidad y el potencial de ganancias en el mercado del producto como se muestra en la Tabla 12.

Los costos de producción comprenden el valor esencial que engloban los recursos fundamentales involucrados en el proceso de elaboración de gelatina a base de escamas de pescado. Esto abarca desde los recursos humanos hasta las maquinarias, los materiales de trabajo tanto directos como indirectos, y finalmente, los costos relacionados con los terrenos y las construcciones necesarias para llevar a cabo la transformación. Tras un análisis exhaustivo, se ha determinado que la suma total de estos elementos asciende a \$117,434 dólares como se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13. Costos totales de producción de la empresa

Denominación	Valor anual total
Material directo	\$ 26 792
Materiales indirectos	\$ 7 650
Mano de obra	\$ 12 728
Maquinarias	\$ 35 264
Terreno y construcción	\$ 35 000
Total	\$ 117 434

Discusión

Se realizó un análisis exhaustivo sobre la producción de gelatina de escamas de pescado en polvo, del cual se obtuvieron aspectos técnicos clave. Se identificó que el proceso de producción de este producto requiere maquinaria especializada, que lamentablemente no está disponible en el mercado ecuatoriano. Por lo tanto, fue necesario adquirir estas máquinas en regiones externas a la ciudad, lo que generó un desembolso total de activos de \$35 264.

En cuanto a los costos operativos, se determinó que el valor anual de la materia prima asciende a \$26 792, mientras que los materiales indirectos alcanzan los \$7 650. La capacidad de producción instalada es de 17 000 unidades mensuales. Se ha desarrollado un diseño de planta meticulosamente elaborado

para albergar cada maquinaria, cumpliendo con todas las dimensiones requeridas. Esto ha resultado en un costo de producción estimado de \$117 434.

Además, se implementó un método de ponderación para identificar el sector más adecuado para el establecimiento de la empresa. Tras un riguroso análisis, se concluyó que el sector Crucita es la elección más propicia. Esta decisión se basa, en criterios ponderados que consideran aspectos como la disponibilidad de recursos, la ubicación geográfica y las oportunidades de mercado.

Conclusiones

El estudio realizado demostró que las escamas de pescado poseen amplios beneficios para la elaboración de productos alimenticios que aún no han sido completamente aprovechados. A pesar de su potencial en la industria alimentaria, su uso ha sido más prominente en sectores como el textil y la cosmética debido a su riqueza en colágeno. Sin embargo, los resultados de la encuesta señalan que un 91,7% de los habitantes de la ciudad de Portoviejo muestran interés por la gelatina a base de escamas de pescado en polvo de 400 g a un precio de \$2,50.

El desarrollo de la planta procesadora de gelatina a partir de escamas de pescado, requiere etapas verificadas y maquinaria específica para lograr la elaboración del producto. Se ha determinado una capacidad de producción anual de 24 000 libras de materia prima, lo que representa una valiosa oportunidad para innovar en el mercado de la gelatina. Hasta el momento, no se ha registrado la comercialización de gelatina con estas características en el país, lo que posiciona a la planta de manera distintiva y potencialmente exitosa en términos de competencia. La ejecución de la planta de gelatina de escamas de pescado demanda una inversión de \$117 434, que incluye recursos como mano de obra, maquinaria, materia prima y terreno. En cuanto a la ubicación estratégica, según los métodos aplicados, Crucita resalta como una elección acertada.

Referencias bibliográficas

- Anastacio, J. (2021). *Exportaciones Pesqueras (Enero - Abril 2021)*. Cámara Nacional de Pesquería. <https://bit.ly/3BluqIK>
- Barrera, M., Jaimes, L. y Serrano, J. (2023). Utilización de residuos de pescados como alternativa para el mejoramiento de la alimentación humana y disminución del desperdicio de alimentos. *Publicaciones e Investigaciones*, 17(3). <https://dx.doi.org/10.22490/25394088.7447>
- Da Trindade, A., Graciano, G., Machado, A. y Prentice, C. (2013). Physical and chemical properties of wami tilapia skin gelatin. *Food Science and Technology*, 33(3), 592-595. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612013005000069>
- Espinoza, D. y Castillo, A. (2022). Avances tecnológicos en la obtención, identificación y producción de hidrolizados de proteínas a partir de residuos de pescado por acción enzimática: propiedades bioactivas y tecnofuncionales, aplicación en alimentación, mercado y regulación. *Ciencia Agropecuaria*, 13(2), 135-148. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.012>
- Hernandez, R., Fernandez, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México: McGRAW-Hill Education.
- Hleap, J. y Gutiérrez, C. (2017). Hidrolizados de pescado - producción, beneficios y nuevos avances en la industria. Una revisión. *Acta Agronómica*, 66(3), 311-322. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.52595>
- Mathews, C. (2002). *Bioquímica*. 3ra. ed. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Miano, A., Rojas, C. y Barraza, G. (2014). Influencia de la temperatura y tiempo de extracción en la fuerza de gel y rendimiento de gelatina obtenida a partir de tollo (*Mustelus mento*). *Ciencia Agropecuaria*, 5(3), 140-147. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357634226004>
- Molinari, M., Gomes, A. y Gozzo, A. (2015). Extracción y caracterización de gelatina a partir de subproductos de tilapia del Nilo (*Sarotherodon niloticus*). *Blucher Proceedings*, 1(3). <https://bit.ly/4f5EsM5>
- Montero, M. y Acosta, O. (2020). Producción de gelatina de piel de atún: optimización de las etapas de extracción y escalamiento del proceso. *CyTA - Journal of Food*, 18(1), 580-590. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1801849>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. <https://n9.cl/iqju3>
- Pandia-Estrada, S. ., Romero-Santivañez, R. ., Céspedes-Chombo, R. . y Solari-Godíño, A. (2021). Películas comestibles a base de gelatina obtenida de piel de mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) y extracto de orégano: Características fisicoquímicas, antimicrobianas, estructurales y de superficie. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 229-237. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.026>
- Pazmiño, A. y Vera, A. (2020). Eviscerado en la pesca artesanal, y su impacto ambiental en la caleta pesquera del recinto "Los arenales", Parroquia Crucita, segundo semestre del 2013. *Revista Científica Arbitrada De Posgrado Y Cooperación Internacional CLAUSTRO*, 3(6), 2-11. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/claustro/article/view/133>
- Pérez, V., Rubio, J., Guerrero, A. y Romero, A. (2020). Estudio de colágeno y gelatina como potenciales materias primas para ingeniería Tisular. 33-36. <https://hdl.handle.net/11441/130612>

- Prado, J. y Villamar, V. (2022). Generación de subproductos a partir de residuos de pescado. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 5(44-57), 3. <https://dx.doi.org/10.56519/rci.v3i5.56-url no valido>
- Quintero, J. y Zapata, J. (2017). Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta. *Información tecnológica*, 28(1), 109-120. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100011>
- Ramírez Guerra, H., Ramírez Suarez, J. y Manzorra Manzano, M. (2013). Propiedades Biológicas de péptidos derivados del colágeno de organismos marinos. *Biotechnia*, 15(3), 34-45. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971124006-url no válido>
- Serna-Cock, L., Pineda-Cuervo, D. y Ayala-Aponte, A. (2007). Aplicación de endopeptidasa alcalina en carnaza bovina para mejorar la calidad de la gelatina. *Revista Colombiana de Química*, 36(2), 169-181. <https://n9.cl/hxnmd>
- Tejada, E., Fernandez, Y. y Salazar, M. (2020). Actividad antioxidante y antimicrobiana del hidrolizado de gelatina de pieles de sarda chiliensis chiliensis “bonito”. *Sociedad Química del Perú*, 86(4), 207-218. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i3.295>
- Tello, F., Segundo, R., Bravo, A., Arce, T. y Dario, J. (2019). Gelatina a partir de piel de Doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*) y su uso como material encapsulante. *Tecnia*, 29(1). <https://dx.doi.org/10.21754/tecnia.v29i1.535>





CIENCIA Y TECNOLOGÍA

revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt



cienciaytecnologia@uteq.edu.ec



+593 997507331

