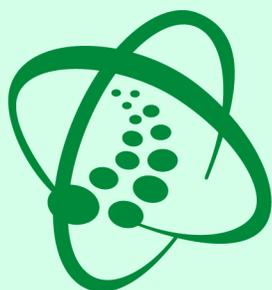




UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

ISSN: 1390-4051
ISSN-L: 1390-4043



CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Volúmen 15, Número 2

DICIEMBRE 2022



Producción y comercialización de naranja (*Citrus sinensis* L.): Caso cantón Caluma, provincia de Bolívar, Ecuador

Orange (*Citrus sinensis* L.) production and marketing: Caluma canton case, Bolívar province, Ecuador

Eduardo Segovia Montalvan^{1,2}, María Varela Solorzano^{1,3}, Emma Torres Navarrete^{1,3}, Betty Gonzales Osorio^{2,4}

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ²Unidad de Posgrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ³Facultad de Ciencias Agropecuarias, ⁴Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

Correspondencia para autor: esegoviam@uteq.edu.ec

Recibido: 24/10/2021. Aceptado: 14/01/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

El objetivo de la investigación fue conocer los aspectos socioeconómicos y de comercialización de naranja (*Citrus X sinensis*) en la provincia de Bolívar-Ecuador, ubicada en las estribaciones de la hoya del río Chimbo Cordillera de los Andes. En esta zona el cultivo de naranja representa el rubro productivo más importante tanto en superficie como en producción. El trabajo se realizó con base en los productores de las comunidades Pueblo Lindo, Yatuví y El triunfo, pertenecientes al cantón Caluma. El estudio fue de tipo transversal y descriptivo. Se utilizó el método de muestreo aleatorio simple (productores de naranja) y censo (comerciantes). Se aplicó un cuestionario a 61 productores y a 21 intermediarios de la fruta. Los resultados indican que un 10% de los productores de naranja utilizan un sistema de comercialización tradicional (venta por lote o en el árbol), lo cual genera un alto grado de intermediación y conlleva a una debilidad en su economía (rentabilidad 15.42 %) y daño en la plantación. Mientras que quienes comercializan por unidades (90%) obtienen mejor rentabilidad 68.32%. Se propone como estrategia de comercialización que los productores se asocien y comercialicen directamente a centros comerciales e industrias extractoras de jugos de tal manera que obtengan mayor rentabilidad y menos intermediación.

Palabras claves: canales de comercialización, productores, acopiadores.

Abstract

The objective of the research was to know the socioeconomic and marketing aspects of orange (*Citrus X sinensis*) in the province of Bolívar-Ecuador, located in the foothills of the river basin of the Chimbo Cordillera de los Andes river. In this area, orange cultivation represents the most important productive item both in terms of area and production. The work was carried out based on the producers of the Pueblo Lindo, Yatuví and El triunfo communities, belonging to the Caluma canton. The study was cross-sectional and descriptive. The simple random sampling method (orange growers) and census (traders) were used. A questionnaire was applied to 61 producers and 21 fruit intermediaries. The results indicate that 10% of orange producers use a traditional marketing system (sale by lot or on the tree), which generates a high degree of intermediation and leads to a weakness in their economy (profitability 15.42%) and damage to the plantation. While those who market by units (90%) obtain better profitability 68.32%. It is proposed as a marketing strategy that producers associate and market directly to shopping centers and juice extracting industries in such a way that they obtain greater profitability and less intermediation.

Keywords: marketing channels, producers, collectors.

Introducción

Los cítricos provienen de Asia Tropical y Subtropical, concretamente de Birmania, Sur del Himalaya y China. El continente americano es el mayor productor de naranja en el mundo, siendo Brasil el país con mayor producción, con aproximadamente 16 millones de toneladas de fruta fresca (32% del total consumido en el planeta) (Tropical Fruits Trading, 2011). Estos frutales se introdujeron en Ecuador, a mediados del siglo XVI, distribuyéndose luego por inmigración interna. El cultivo de naranja es el principal producto cítrico que se desarrolla en el Ecuador (Cortes, 2002).

En el Ecuador actualmente la producción de la naranja no se mercantiliza en su totalidad siguiendo un proceso de cosecha, transporte, acopio y distribución, lo que incrementa los costos de producción, por lo cual los productores han optado por vender el producto (naranja) a los intermediarios, quienes se benefician de los productores de naranja al establecer el precio del producto (Iza *et al.*, 2017)

La superficie del cultivo de naranja en Ecuador es de 55,953 hectáreas con una producción aproximada de 42,000 toneladas de naranjas cada año, siendo la provincia de Bolívar (2,650 ha) la que genera la mayor producción con el 65.56% del total nacional. La provincia Bolívar se encuentra dentro del subtrópico ecuatoriano y tiene como una de sus principales actividades económicas la fruticultura, con énfasis en la producción de cítricos, por lo que la producción de naranja y mandarina tiene impacto en aspectos sociales y económicos de la población (Armas, 2012).

Para el año 2018 la producción mundial de cítricos estuvo representada en un 53.4% por naranjas, 31.5% por mandarinas, 8.3% limones y el 6.7% pomelos. Para ese año se registró una producción mundial de naranjas cercana a los 75 millones de toneladas, donde Brasil encabezó la lista de productores con el 22%, seguido de China con el 12% e India con el 11%. Los principales exportadores de cítricos son Brasil y Estados Unidos, respectivamente, aunque en los últimos años Brasil ha incrementado sus precios, se ha logrado mantener como el líder en la comercialización de este tipo de productos, demostrando que la competitividad en el mercado, además del precio del producto, se relaciona con calidad y trato comercial con los clientes (Cámara de comercio de Medellín, 2012).

Los precios internacionales de naranja para exportación en el año 2019 fueron aproximadamente 0.80 USD kg⁻¹ (Valencia Fruits, 2020), lo que incentiva la exportación de naranja en países suramericanos como Colombia, Ecuador y Perú, lo que convierte a la exportación de cítricos en una alternativa viable, gracias a la producción nacional y las facilidades por los tratados existentes entre países.

En Ecuador la producción de cítricos es principalmente de naranja y mandarina. Para la primera entre el 2016 a 2019, se presentó un incremento de la producción cercano al 80%, la cual se destinó principalmente al mercado nacional. El 65% de la producción se centra en la provincia de Bolívar, el 18% en

Manabí y Esmeraldas, y 9% en Los Ríos (MAG, 2020).

Su balanza comercial es negativa y esto debido a que con su producción no alcanza a abastecer totalmente el consumo local, por lo que requiere importaciones que generalmente provienen de Colombia (51%) y de Estados Unidos (26%) (TradeMap 2020).

En un estudio realizado por Soler y Hernández (2005) en Puebla, México, se determinó que el 75.86% de los productores de naranja realizó la venta de la fruta en el árbol (sistema tradicional), en donde el intermediario tiene una amplia participación, mientras que el porcentaje restante vendieron su fruta fuera de la plantación, es decir, llevándola al mercado regional de Martínez de la Torre (8.76% en fresco y 9.11% industria Cítrica Poblana, Cuernavaca, Gigante DF, y la CEDA del DF, principalmente). Estos autores recalcan que al vender fuera de la plantación, el productor invierte en cosechar, pesar, transportar, y en algunos casos, acondicionar (seleccionar, lavar, encerar y empacar).

El cantón Caluma pertenece a la provincia de Bolívar, es considerada una zona potencialmente apta para el cultivo de naranja, por las características propias del suelo, clima y por su ubicación geográfica (GAD Caluma, 2014). La naranja es el producto referente del este cantón, desde este sitio sale el 60% del cultivo nacional de la fruta con un promedio anual estimado de producción de 3,000 toneladas (MIPRO, 2013).

De acuerdo con lo señalado, la presente investigación tuvo como objetivo conocer algunos aspectos socioeconómicos y de comercialización de la naranja en la provincia de Bolívar-Ecuador, con miras a identificar una propuesta de comercialización que permita incrementar el ingreso neto de los productores de naranja en la zona de estudio.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el cantón Caluma (Figura 1) perteneciente a la provincia de Bolívar, Ecuador, ubicada en las estribaciones de la hoya del río Chimbo, a una distancia aproximada de 57 km de la capital provincial Guaranda y 150 km de Guayaquil (GAD Caluma, 2011). Caluma es conocida como la capital cítrica del Ecuador, tiene una superficie cultivada con naranja de 2,650 hectáreas.

La estrategia que se utilizó para la ejecución de la investigación fue la técnica de la encuesta directa a productores de naranja y a los agentes participantes en la comercialización de la naranja (productor, acopiador, detallista y consumidor final), con estructuración de tipo cuanti-cualitativo y una dimensión temporal de tipo transversal, es decir, los datos se tomaron en un corte de tiempo (Torres *et al.*, 2013). Para determinar el tamaño de la muestra se aplicó la Ecuación 1, mientras que para seleccionar los individuos a evaluar se utilizó el muestreo aleatorio simple, sobre el cual todos y cada uno de los 61 productores de naranja tuvieron la misma e independiente probabilidad de ser seleccionados como miembros de la muestra (Santoyo-Ramírez *et al.*, 2000).

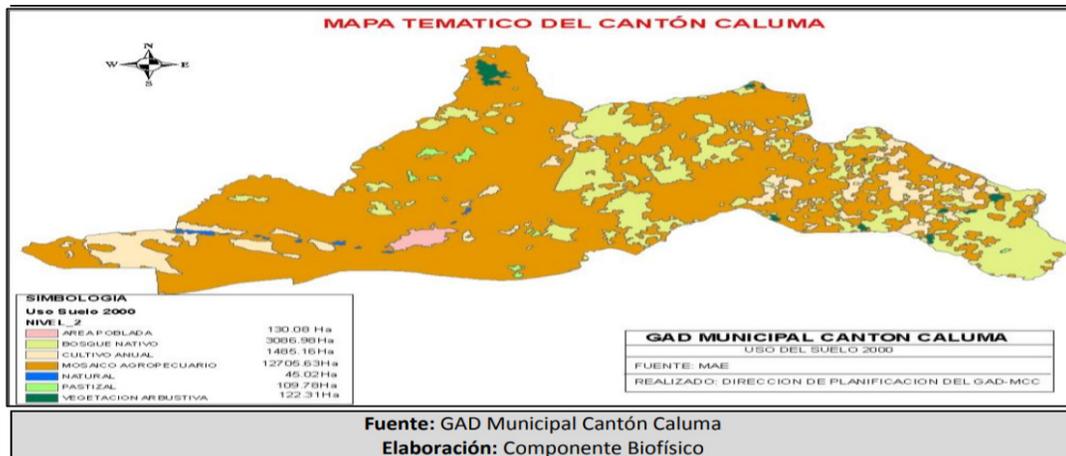


Figura 1. Mapa de uso de suelo del cantón Caluma, provincia de Bolívar, Ecuador

$$n = \frac{(N)(Z^2 \cdot \alpha/2)(pn)(qn)}{(N-1)(d^2) + (N)(Z^2 \cdot \alpha/2)(pn)(qn)} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Dónde, n = tamaño de la muestra; N = 360 (población total o universo); d = 5% (error muestral); $Z^2 \cdot \alpha/2 = 1.69$ (Coeficiente de confianza o confiabilidad); pn = 0.5 (probabilidad de éxito o aceptación); qn = 0.5 (probabilidad de fracaso o rechazo).

Al aplicar la fórmula, se determinó una muestra n=61. La selección de las unidades de muestreo se realizó extrayendo aleatoriamente una a una las unidades de la población (Cuadro 1). Para recopilar la información requerida, se diseñó, probó y aplicó un cuestionario cuyas preguntas fueron de hecho y de opinión; las respuestas, abiertas, cerradas y dicotómicas. Le encuesta aplicada no fue muy extensa, se consideraron en este trabajo aquellas variables que se relacionan con la toma de decisiones para el cultivo de naranja. Dichas variables se agruparon a su vez en los siguientes aspectos: socioeconómicos (Edad del productor, años dedicados a la actividad, integrantes del núcleo familiar, escolaridad), sistemas de producción (manejo del cultivo, uso de variedades) y comercialización (Sistema de venta, precios del productor, del comerciante y del consumidor final).

Cuadro 1. Número ponderado de productores de naranja evaluados por cada localidad productora del cantón Caluma, provincia de Bolívar, Ecuador

Zonas	Número de Productores
Pueblo Lindo	12
Yatavi	34
El Triunfo	16

En el desarrollo de la investigación se siguieron las siguientes etapas: 1) Reconocimiento y aceptación del grupo de trabajo en la comunidad para la identificación

de los productores y acopiadores, 2) Diseño y aplicación de cuestionarios para la obtención de información, 3) Identificación de los canales de comercialización, y 4) Captura y análisis de la información. Posterior a la toma de datos toda la información se analizó mediante el uso de Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software especializado en estudios sociales y mercadotécnicos.

Resultados y discusión

Aspectos socioeconómicos

El 81% de los hogares de los productores de naranjas del cantón Caluma, provincia de Bolívar están conformados hasta por seis personas, mientras que el 19% de hogares la conforman de siete a nueve integrantes en una misma familia. Un 81% de los productores jefes de hogares son de sexo masculino y el 19% pertenecen al sexo femenino. En cuanto al nivel de escolaridad el 65% de estos productores posee primaria, un 18% posee secundaria, 6% tiene estudios superiores y un 11% manifestó no tener instrucción educativa de ninguna índole, considerándose como un alto índice de analfabetismo en la zona de estudio ya que según la UNESCO (2017), la tasa de analfabetismo en Ecuador es de 7%. Respecto del tipo de vivienda de los productores, el 95% es de dominio propio y el 5% arrienda, o le ha prestado algún familiar, caracterizándose por ser de construcción mixta (madera y cemento).

Por otro lado, un 84% de los productores de naranja obtienen otros ingresos para contribuir al bienestar familiar, estos ingresos provienen actividades agropecuarias en su propia finca (cacao, café, plátano, otros cítricos y ganadería) y actividades fuera de la finca (asistentes domésticas, vendedores ambulantes, jornaleros en fincas vecinas), el 16% restante de los productores tienen ingresos únicamente de la venta de naranjas, lo cual los convierte en dependientes de este cultivo.

Aspectos relacionados al sistema de producción

Un 55% de los productores de naranja cuentan una superficie sembrada de una a cuatro hectáreas, el porcentaje restante tienen más de cuatro hectáreas. La variedad de naranja que prevalece en las fincas es la variedad Común (naranja blanca) y la variedad Valencia tardía, que son las plantadas en el cantón Caluma y a nivel de la Provincia de Bolívar. La característica de estas variedades son las siguientes: La variedad Común se cosecha desde el mes de marzo a mayo pudiendo llegar hasta junio, mientras que la variedad Valencia tardía se cosecha desde el mes de mayo hasta septiembre. Aunque también se cultivan, en menores porcentajes las variedades Washington, Thompson y Criolla, esto debido principalmente a la época de producción, demanda del mercado y de condiciones fisiológicas de cada una de las variedades (Ledesma, 2017).

Referente al manejo de la plantación de naranjas, un 70% de productores dan mantenimiento a las plantaciones una vez al año (poda de ramas improductivas, retiro de vegetación embriofitas, musgos, control de malezas), en esta actividad se invierte un promedio de 18 jornales (20 USD jornal⁻¹). El porcentaje restante de productores, hacen el mantenimiento de la plantación cuando es época de cosecha.

El 50% de la población de los productores realiza la cosecha directamente el propietario en compañía de algún familiar, el 40% contrata jornaleros (20 USD jornal⁻¹) y el porcentaje restante prefieren vender la cosecha completa o por lotes a los acopiadores rurales. La producción promedio anual que obtienen los productores es de 80,000 unidades por hectárea (16 t ha⁻¹ aproximadamente) con rangos que fluctúan entre 75,000 a 160,000 unidades.

Cabe destacar que el nivel tecnológico del cultivo de naranja en la zona de estudio es bajo, la fertilización es deficiente, y se basa únicamente en la aplicación de nitrógeno. El control de plagas y enfermedades se centra en el uso de fungicidas para el control de gomosis en cítricos (*Phytophthora parasitica*) y control de arrieras (*Atta cephalotes*). Esto evidencia la enorme brecha tecnológica en este cultivo, respecto de los países que más producen (Brasil, México y EEUU), brecha que puede ser superada siempre y cuando se encaminen los esfuerzos privados y estatales hacia este rubro productivo, pues la tendencia al incremento en el consumo de fruta fresca y su transformación en jugo son buenas opciones para posicionarse en el mercado (Orrego *et al.*, 2021).

Un 40% de las utilidades por la venta de naranja es destinado exclusivamente para la alimentación del núcleo familiar, el porcentaje restante, se invierten en educación, salud y vestuario.

Aspectos de Comercialización

Dentro de los aspectos de comercialización más del 80% de los productores de naranja del cantón Caluma prefiere comercializar su producto por millar (1,000 naranjas), pues desde la perspectiva del productor de naranja resulta más

rentable, obteniendo más ingresos; mientras tanto el 15% prefiere vender su producto a través de la modalidad por lote. Cuando se vende por lote los productores estiman que vende el millar de naranjas a un precio promedio de 15 a 20 USD.

Los productores que realizan la venta por lote (o en el árbol) demuestran falta de interés en incursionar y eliminar eslabones en la cadena de comercialización de la naranja, lo cual se puede atribuir a la poca calidad de la naranja que producen, falta de recursos económicos, falta de tiempo, carencia de medios de transporte, desconocimiento de mercadotecnia y falta de verdadera organización para la comercialización, ocasionando que los intermediarios tengan una participación importante en la cadena, este comportamiento coincide con lo reportado por Soler y Hernández (2005) en estudios realizados en México, quienes describen comportamiento similares por parte de los productores.

La venta de naranjas de la variedad Común se realiza desde marzo a junio a un precio promedio de 35 USD el millar (rangos de 30 a 50 dólares), mientras que la variedad Valencia tardía se cosecha a partir de mayo a septiembre cuyo precio promedio es de 24 USD el millar (rangos de 22 a 28 USD). Es importante destacar que los productores manifiestan entregar la totalidad de la cosecha a los acopiadores o intermediarios, porque la venta la realizan de manera inmediata y segura, pese a que el precio es bajo. Punto de especial atención es el autoconsumo de la fruta, ya que, de acuerdo con el criterio de los productores encuestados, la familia consume aproximadamente entre el 1 a 1.5% de la producción. Cabe recalcar que los productores no se animan a vender la fruta directamente a los centros de acopio, industria, mercado o consumidor final debido a que no cuenta con movilización, por lo tanto, en caso de hacerlo debe alquilar el transporte.

Los costos de producción dependen de las condiciones de producción de la zona, así como de prácticas agrícolas que el productor haya implementado en su finca tales como riego, control de plagas y enfermedades, fertilización, es por esta razón que los costos varían entre los productores encuestados, encontrándose en un rango que va de 1,234 a 3,119 USD ha⁻¹ (García-Salazar *et al.*, 2021); costos que en algunos casos son mayores a los ingresos que obtienen los productores.

En promedio los productores que venden a 35 USD el millar de naranjas tienen ingresos netos anuales de 2,131 USD ha⁻¹, mientras que aquellos que venden a 24 USD el millar tienen un ingreso neto promedio de 481 USD ha⁻¹, cuya rentabilidad corresponde a 68.32 y 15.42%, respectivamente.

Los resultados obtenidos demuestran que la producción de naranja tiene un 76% de su estructura de costos destinada a la mano de obra, considerando esto, se puede atribuir que los pequeños productores junto con su familia estarían teniendo esos ingresos producto de su trabajo (costo de oportunidad). Cabe indicar que de acuerdo con los ingresos netos que recibe el productor y, luego de distribuir el dinero en cubrir las necesidades básicas de la familia está en capacidad de tomar decisiones para invertir en su plantación. Los productores

encuestados manifestaron que los ingresos netos percibidos no les permite realizar mayores inversiones en la plantación de naranja. Coincidiendo con García-Salazar *et al.* (2021), quienes manifiestan que la volatilidad de los precios de la naranja es nociva para los productores dado que ante excesos de producción deben vender por debajo de sus costos incurriendo en pérdidas. La disminución del ingreso del productor no es recomendable por los efectos negativos sobre la pobreza. Para los consumidores la volatilidad de precios es perjudicial en periodos de precios altos porque incurren en un gasto mayor. Los precios altos se observan cuando el producto en el mercado es escaso.

Cadena de comercialización

Para establecer la cadena de comercialización el comerciante adquiere la naranja por millar ya que le es más rentable directamente en la finca a un precio promedio de 35 (marzo-abril) y 24 USD (mayo-septiembre) el millar. Los comerciantes entrevistados indicaron que ellos ya tienen un mercado establecido a quienes le llevan la fruta y se trata de la ciudad de Guayaquil, Ecuador, donde entregan ya sea a la industria, supermercados y mercado mayorista a precios de 45 y 35 USD millar¹, respectivamente.

Propuesta de comercialización de la naranja

Se sugiere activar convenios con entidades públicas y privadas para entregar el producto, así como para formar una red de venta (asociación de productores de naranja) con los mercados locales sin intermediación que pueda favorecer al productor y al consumidor final, y así, la comercialización pueda basarse de forma de compra y venta desde el productor hasta el consumidor, para lo cual el agricultor al momento de cosechar sus productos debe tener información del movimiento del mercado, oportunidades de venta y fluctuación de precios. Esto sería conveniente ya que se reducen los eslabones de la cadena de comercialización y obtendrían mejores precios por el producto, que finalmente mejorara sus ingresos monetarios.

Las entidades de investigación y transferencia de tecnología deben jugar un papel protagónico en la identificación de los sistemas de producción de naranja adecuados para que puedan brindar el apoyo requerido en el manejo del sistema de producción, control de plagas y enfermedades, ya que se observó poco control fitosanitario en las plantaciones, e inadecuado plan de fertilización. De igual manera en el campo de la agroindustria, para el aprovechamiento de la fruta en la zona de producción a través de la venta del jugo procesado de naranja (Hurtado, 2018).

Conclusiones

Los productores se encuentran dispersos, lo que se evidencia en la relación entre la superficie total de cultivo (2,650 ha) y la superficie promedio de cultivo por productor (2.5 ha), situación que hace difícil la organización e incursión

en el proceso de comercialización formal y directo. Es por ello, que, la asociatividad se considera una estrategia para el desarrollo local del cantón Caluma, provincia de Bolívar, Ecuador. Por otro lado, se evidencia la ausencia de manejo técnico del cultivo de naranja (por ejemplo, el programa de fertilización del cultivo solo se basa en nitrógeno) lo que se refleja en un bajo rendimiento por unidad de superficie. Finalmente, incrementar el grado de escolaridad de los productores de naranja del cantón Caluma se muestra como una alternativa de mejora, que favorecería la generación de iniciativas que promuevan el comercio justo de naranja, en donde se beneficien los productores, el comerciante y los consumidores.

Agradecimientos

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a los productores y comerciantes de naranja del cantón Caluma, provincia de Bolívar, Ecuador, por la apertura para brindar la información necesaria y el acompañamiento en el recorrido realizado en las diferentes unidades de producción que se evaluaron.

Bibliografía

- Armas, A. (2012). Diseño de una Planta Modular para la Elaboración de Licor de Naranja en el Cantón Caluma. Tesis de Grado. Guayaquil, Guayas, Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 70 p.
- GAD Caluma (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Caluma). (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012 - 2016. Caluma: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Caluma.
- GAD Caluma (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Caluma). (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Caluma 2014 - 2019. Caluma: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Caluma.
- Cámara de comercio de Medellín. (2012). Cadena de Cítricos en Antioquia. 76. En línea: https://www.camaramedellin.com.co/site/Portals/0/Documentos/2017/Publicaciones_regionales/10_Citricos_Oct19.pdf.
- Cortes, E. (2002). Atlas Agropecuario de Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- García-Salazar, J., Bautista-Mayorga, F., Borja-Bravo, M., Guzmán-Soria, M. (2021). Variación de los precios de la naranja (*Citrus sinensis* L.) en México. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 209-223.
- Hurtado, J. (2018). Modelos asociativos de generación de valor en agroalimentos. Aplicabilidad a cadenas de cítricos en Colombia. Congreso Internacional Citrícola, 53.

- Iza, K., Zapata, C. y Goyes, J. (2017). Impacto de la cadena de comercialización en la reactivación de la economía de los productores de naranja del Cantón Caluma, Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador. En línea: <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/ec/2017/productores-naranja-canton.html>.
- Ledesma, (2017). Valoración de los canales de comercialización del rubro naranja (*Citrus sinensis* L.), en el cantón Caluma provincia Bolívar, Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador). (2020): Resumen Ejecutivo de los Diagnósticos Territoriales del Sector Agrario. Ministerio de Agricultura y Ganadería – Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica. Quito – Ecuador
- MIPRO (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca del Ecuador). (2013). Proyecto para la Industrialización de la naranja. Quito – Ecuador.
- Orrego, C., Salgado, N., Díaz, M. (2021). Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 9. Estudio de mercado interno y externo de la fruta fresca y sus derivados. FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria). Banco Interamericano de Desarrollo. 98 p.
- Santoyo, H., Ramírez, P., Suvedi, M. (2000). Manual para la evaluación de programas de desarrollo rural. México, D.F.: Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial Universidad Autónoma Chapingo-Instituto Nacional de Capacitación Rural.
- Soler, R. y Hernández, J. (2005). Producción y comercialización de la naranja: caso región Acateno-Hueytamalco en el estado de Puebla, México. Revista Mexicana de Agronegocios, 9(16), 510-519.
- Trade Map. (2020). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. En línea: <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Tropical Fruits Trading. (2011). Historia de la naranja. En línea: http://tropicfruitstrading.net/historia_naranja.html
- Torres, E., Quisphe, D., Sánchez, A., Reyes, M., González, B., Torres, A., Cedeño, A., Haro, A. (2013). Caracterización de la producción de frijol en la provincia de Cotopaxi Ecuador: caso comuna Panyatug. Ciencia y Tecnología, 6(1), 26-31
- UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación. (2017). Instituto de estadísticas. En línea: <https://en.unesco.org/countries/ecuador>
- Valencia Fruits. (2021). Semanario Hortofrutícola # 2948. En línea: <https://valenciafruits.com/hemeroteca-2020/>



Respuesta agronómica e incidencia de Mildiu en cultivo de nabo (*Brassica napus* L.) con la inoculación de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense*

Agronomic response and incidence of Mildiu in turnip crops (*Brassica napus* L.) with the inoculation of *Azotobacter* sp. and *Azospirillum brasilense*

Euro Ignacio Torres-Torres¹, Ana Ruth Álvarez-Sánchez², Juan José Reyes-Pérez², Abel Guillermo Muñoz Pinela¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Unidad de Posgrado, Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible. Quevedo, Ecuador, etorrest2@uteq.edu.ec, abel.munoz2014@uteq.edu.ec. ²Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Quevedo, Los Ríos, Ecuador, jreyes@uteq.edu.ec.

Correspondencia para autor: aalvarezs@uteq.edu.ec

Recibido: 25/07/2022. Aceptado: 3/10/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

Los beneficios del uso de bacterias benéficas en la agricultura son numerosos, entre ellos, ayuda a mejorar el rendimiento de los cultivos, inhibe el desarrollo de fitopatógenos, induce respuestas defensivas en las plantas y aumentan su protección contra microorganismos, etc. El principal objetivo de esta investigación fue de evaluar el efecto de diferentes concentraciones bacterianas de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense*, sobre el crecimiento, desarrollo y control de Mildius causado por *Peronospora brassicae* Gaumann. El diseño experimental que se empleó en la investigación fue un diseño completo al azar con 8 tratamientos un testigo experimental y cuatro repeticiones. Las semillas de nabo fueron embebidas por 2 horas en cada uno de los tratamientos antes de su plantación posteriormente, los tratamientos se aplicaron a los 10, 20 y 30 días. Para ver las diferencias entre los tratamientos, se implementó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los resultados determinaron que, las semillas embebidas en las bacterias no representaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) en el parámetro de emergencia de las plantas. En lo que respecta a parámetros de crecimiento y de producción como: altura de la planta, longitud y diámetro de raíz, biomasa fresca y seca de las plántulas y radícula y rendimiento, se observó que los tratamientos inoculados con *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* a una concentración de 1×10^9 UFC mL^{-1} presentaron los mejores promedios siendo estos significativos ($p \leq 0,05$) con respecto al testigo experimental. La incidencia de Mildiu fue menor en tratamientos con la aplicación de *Azospirillum brasilense* en dosis de 1×10^9 UFC mL^{-1} .

Palabras claves: bacterias, bioestimulantes, biofertilizantes, bioproductos

Abstract

The benefits of using beneficial bacteria in agriculture are numerous, including helping to improve crop yields, inhibiting the development of phytopathogens, inducing defensive responses in plants, and increasing their protection against microorganisms, etc. The main objective of this research was to evaluate the effect of different bacterial concentrations of *Azotobacter* sp. and *Azospirillum brasilense*, on the growth, development, and phytosanitary control of turnip plants. The experimental design used in the investigation was a completely randomized design with 8 treatments, an experimental control and five repetitions. The turnip seeds were soaked for 2 hours in each of the treatments before their subsequent planting, the treatments were applied at 10, 20 and 30 days. To see the differences between treatments, Tukey's test ($p \leq 0.05$) was implemented. The results determined that the seeds embedded in the bacteria did not represent significant differences ($p \geq 0.05$) in the emergence parameter of the plants. Regarding growth and production parameters such as: plant height, root length and diameter, fresh and dry biomass of seedlings and radicle and yield, it was observed that the treatments inoculated with *Azotobacter* sp. and *Azospirillum brasilense* at a concentration of 1×10^9 CFU mL^{-1} presented the best averages, these being significant ($p \leq 0.05$) with respect to the experimental control. The incidence of Mildew was lower in treatments with the application of *Azospirillum brasilense* in doses of 1×10^9 CFU mL^{-1} .

Key words: bacteria, biostimulants, biofertilizers, bioproducts

Introducción

El nabo es una hortaliza que se adapta muy bien a los climas fríos, pertenece a la familia de las Crucíferas, que engloba 380 géneros y unas 3,000 especies propias de regiones templadas y frías del hemisferio norte. La importancia de esta familia de hortalizas, a la que también pertenecen las coles y los berros, reside en que contienen compuestos de azufre considerados como potentes antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades (Conversa *et al.*, 2020).

En Ecuador se cultiva en Saquisilí, Ambato, Pillaro, Quero, Cevallos y demás zonas de la región interandina. Mientras que, en la región costa son escasos los registros que indiquen el establecimiento de este cultivo con fines comerciales; esto debido a las condiciones presentes en el litoral que predisponen a las hortalizas a diversos tipos de enfermedades fúngicas, bacterianas y víricas que afectan el rendimiento y la calidad de la producción (Vásconez *et al.*, 2020).

En el país existen sectores agrícolas muy contaminados por el uso frecuente de agroquímicos mismos que afectan de manera significativa en la producción de alimentos, no obstante, los bioproductos a base de bacterias benéficas para el crecimiento vegetal como *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* es una alternativa para utilizar menos agroquímicos) las cuales, pueden ayudar en el crecimiento, producción además de ser una alternativa para reducir la incidencia de fitopatógenos como logrando producciones sostenibles y amigables con el medio ambiente (Martínez *et al.*, 2020).

Uno de los patógenos que ataca el follaje de diferentes miembros de la familia de cultivos Brassica es el mildiú vellosos en los nabos el cual, es una enfermedad fúngica causada por (*Peronospora brassicae* Gaumann) (Runno *et al.*, 2019). Este hongo produce manchas amarillentas en el margen del haz y un micelio grisáceo en el envés. El daño a los nabos maduros se limita a las hojas más cercanas al suelo, pero las plántulas jóvenes pueden morir a causa del mildiú vellosos (Mohammed *et al.*, 2018).

A pesar de, conocen los beneficios óptimos que se obtiene con aplicar bacterias benéficas en la agricultura sus efectos pueden variar según la especie de bacteriana y del cultivo que se va analizar. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes concentraciones bacterianas de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense*, sobre el crecimiento, desarrollo e incidencia de Mildiú en cultivo de nabo. La importancia de este estudio radica en dar alternativas viables y agroecológicas a los productores de este sector agrícola.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se llevó a cabo en el campo experimental “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal

de Quevedo. Situado geográficamente a 01°06' de latitud Sur y 79°27' longitud Oeste, a una altitud de 73 msnm. El sitio presenta un clima tropical húmedo, con temperatura anual de 24.8°C; humedad relativa de 84 %; precipitación anual de 2252.5 mm y heliofanía de 894 horas. El suelo se considera franco limoso, con pH de 6.5 y topografía irregular en los meses de agosto a noviembre del 2021.

Semillas de nabo

Se utilizaron semillas de nabo las cuales, fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2% por 2 minutos y lavadas 3 veces con agua destilada estéril. Posteriormente, fueron sembradas en bandejas de polietileno, una semilla por orificio. Para mantener la humedad ideal del suelo se aplicó riego diario, agua destilada estéril. A los 10 días se realizó el trasplante.

Preparación del inoculo para pruebas de cultivo

Los microorganismos (*Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense*) empleados en esta investigación fueron obtenidos de la colección privada del laboratorio de microbiología de la UTEQ, Ecuador. Para la activación de *Azotobacter* sp. se sembraron en matraz con 50 mL de caldo libre de nitrógeno y se incubó a 30°C por un periodo de 48 horas. Para la activación de *Azospirillum brasilense* se utilizó un matraz de Erlenmeyer con 50 mL de medio de cultivo NFB líquido, se añadió 2-3 asadas de la bacteria y se puso en agitación constante a 35°C durante 24 h a 180 rpm. Los cultivos obtenidos se emplearon como tratamiento para la inoculación en plántulas de arroz.

Métodos de inoculación

La inoculación se realizó antes del trasplante, excepto en el tratamiento control (T0) que las plántulas fueron remojadas con agua destilada estéril, mientras que, para el resto de tratamientos las raíces fueron sumergidas en suspensiones bacterianas por 120 minutos: T1 (*Azotobacter* sp. 1×10^3 UFC mL⁻¹), T2 (*Azotobacter* sp. 1×10^6 UFC mL⁻¹), T3 (*Azotobacter* sp. 1×10^9 UFC mL⁻¹), T4 (*Azotobacter* sp. 1×10^{12} UFC mL⁻¹), T5 (*Azospirillum brasilense* 1×10^3 UFC mL⁻¹), T6 (*Azospirillum brasilense* 1×10^6 UFC mL⁻¹), T7 (*Azospirillum brasilense* 1×10^9 UFC mL⁻¹), T8 (*Azospirillum brasilense* 1×10^{12} UFC mL⁻¹).

Experimento

El ensayo correspondió a un diseño completamente al azar (DCA), conformado por 8 tratamientos y un testigo experimental con 25 plantas por unidad experimental con cuatro repeticiones con un total de 900 plantas. La aplicación de los tratamientos bacterianos de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* se llevó a cabo a los 10, 20 y 30 días después del trasplante respectivamente. Se realizaron controles manuales de malezas en el cultivo a fin de causar el mínimo impacto posible sobre el mismo. Referente al control de plagas y enfermedades, no se adicionó ningún producto

químico para su control o prevención con el fin de no alterar los resultados de los bioproductos añadidos. La cosecha se realizó pasado los 60 días de edad del cultivo, verificando que este haya alcanzado su madurez fisiológica.

VARIABLES ANALIZADAS

Las variables cuantificadas en este experimento fueron porcentaje de emergencia, esta se registró diariamente y el porcentaje final se determinó a los 6 días, se calculó mediante la ecuación descrita por Reyes *et al.* (2020) donde n1, n2, n20 son el número de semillas germinadas en los tiempos t1, t2, t10 (en días) este proceso se realizó durante la etapa de vivero. Se tomaron variables de crecimiento, como Longitud de la hoja (cm), Altura de planta (cm) y Longitud radicular (cm). Los indicadores de producción se obtuvieron por medio del peso total de la parcela útil transformándolo a kg ha⁻¹, para ello se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{kg ha}^{-1} = \frac{\text{Rendimiento por parcela útil (kg)} * 10000 \text{ m}^2}{\text{Área de parcela útil (m}^2\text{)}}$$

Se evaluó la incidencia de Mildiu causado por *Peronospora brassicae* Gaumann en los distintos tratamientos durante todo el ciclo productivo este parámetro se evaluó a los 10, 20, 30 y 45 DDT de acuerdo con la siguiente fórmula (Henríquez-Díaz *et al.*, 2020):

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Numero de plantas infectadas}}{\text{Numero de plantas evaluadas}} * 100$$

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los resultados expresados en porcentaje se transformaron para su procesamiento estadístico por la fórmula sin -1 $\sqrt{\%}$ que garantizó que cumplieran una distribución normal. Todos los resultados se analizaron por análisis de varianza y las

medias de los tratamientos se compararon por Pruebas de Rangos Múltiples de Tukey; estos análisis se realizaron con una confianza del 95% (0.05). El software estadístico utilizado fue el Minitab 17 (Minitab Inc., Filadelfia, Pensilvania, EE. UU., 2010).

Resultados y discusión

La inoculación de bacterianas de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* con diferentes concentraciones en el cultivo de nabo no generó significancias estadísticas entre los tratamientos ($p \geq 0.05$). En general, la emergencia, se visualizó en un lapso de 5 días excepto el testigo experimental (T0) (Cuadro 1). Nuestros resultados son similares a los reportados por Sánchez *et al.* (2021) donde al usar una combinación de quitosano y *Bradyrhizobium japonicum* tuvieron una tasa de emergencia (%) del 45.34 - 47.39. Además de Reyes *et al.* (2018) quienes al evaluar la emergencia en plántulas de maíz (*Zea mays* L.) al ser inoculadas con *Azospirillum brasilense* y *Chromobacterium violácea* no encontraron diferencia estadística significativa, sin embargo, los tratamientos inoculados con estas bacterias los valores promedio eran superiores al tratamiento control. No obstante, nuestros resultados son diferentes a los reportados por Roy Chowdhury *et al.* (2016) quienes obtuvieron un mayor porcentaje de emergencia de plántulas de acelgas en semillas inoculadas con bacterias promotoras del crecimiento vegetal en comparación de semillas no inoculadas.

Es importante destacar que el tiempo de emergencia puede ser influenciado por factores como la temperatura, la humedad y la luminosidad (Ojeda-Silvera *et al.*, 2015). Otras condiciones que influyen en la tasa de germinación es las condiciones físicas del suelo, así como los factores ambientales durante el desarrollo de las plántulas (Llanos-Macha *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Efecto de la inoculación de bacterianas de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* en semillas de nabo.

Tratamientos	Descripción	#días a la emergencia	Tasa de emergencia (%)
T0	Sin bioproductos	6	45.37 ± 2.16 ^a
T1	<i>Azotobacter</i> sp. 1x10 ³ UFC mL ⁻¹	5	47.61 ± 2.23 ^a
T2	<i>Azotobacter</i> sp. 1x10 ⁶ UFC mL ⁻¹	5	47.88 ± 1.99 ^a
T3	<i>Azotobacter</i> sp. 1x10 ⁹ UFC mL ⁻¹	5	48.33 ± 2.04 ^a
T4	<i>Azotobacter</i> sp. 1x10 ¹² UFC mL ⁻¹	5	48.66 ± 1.97 ^a
T5	<i>Azospirillum brasilense</i> 1x10 ³ UFC mL ⁻¹	5	47.41 ± 2.13 ^a
T6	<i>Azospirillum brasilense</i> 1x10 ⁶ UFC mL ⁻¹	5	47.89 ± 1.99 ^a
T7	<i>Azospirillum brasilense</i> 1x10 ⁹ UFC mL ⁻¹	5	48.63 ± 2.44 ^a
T8	<i>Azospirillum brasilense</i> 1x10 ¹² UFC mL ⁻¹	5	48.81 ± 2.03 ^a

Letras iguales no difieren estadísticamente en la prueba de Tukey para $p \leq 0.05$.

La mayor altura de las plantas de nabo se registró en los tratamientos donde se inoculó con *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* en la concentración 1×10^9 UFC mL^{-1} (T3 y T7) observando un incremento en la altura con significancia estadística significativa ($p \leq 0.05$) en todos los tratamientos inoculados con las bacterias en comparación del tratamiento control (T0) (Figura 1) incremento que representa un 14%.

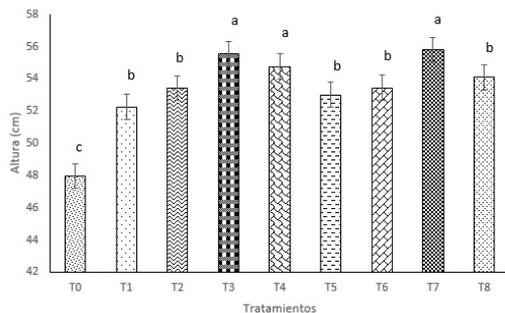


Figura 1. Altura de las plantas tomate con aplicación de bacterianas de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* en cultivo de nabo. Donde: *Azotobacter* sp. T1= (1×10^3 UFC mL^{-1}), T2= (1×10^6 UFC mL^{-1}), T3= (1×10^9 UFC mL^{-1}), T4= (1×10^{12} UFC mL^{-1}). *Azospirillum brasilense* T5= (1×10^3 UFC mL^{-1}), T6= (1×10^6 UFC mL^{-1}), T7= (1×10^9 UFC mL^{-1}), T8= (1×10^{12} UFC mL^{-1}). T0= Testigo experimental (sin bacterias). Letras iguales no difieren estadísticamente en la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$.

Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Devi *et al.* (2018), quienes reportaron los tratamientos con inoculados con bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV)

combinada con fertilización química moderada en cultivos de *Brassica oleracea* var. *Botrytis* promovieron el crecimiento vegetal. Así mismo, Yildirim *et al.* (2016) observaron que la inoculación con BPCV y la fertilización nitrogenada de 160 kg N ha^{-1} , mejoraron el crecimiento de plantas en cultivos de *Brassica oleracea* var. *capitata* L. De igual manera, con Sánchez *et al.* (2021) quienes reportaron un incremento en el crecimiento vegetal de 7.7%.

Para las variables de longitud de raíz y diámetro de raíz se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, destacándose como mejores tratamientos los inoculados con *Azospirillum brasilense* y *Azotobacter* sp. (T7 y T3) con una concentración de 1×10^9 UFC mL^{-1} para la longitud (30.01 ± 1.92 y 29.99 ± 2.44 cm), diámetro (5.56 ± 0.54 y 5.51 ± 0.67 cm). Este mismo comportamiento se observó en las demás variables registradas como: biomasa fresca (888.21 ± 44.57 y 781.06 ± 32.31 g), biomasa seca de las plántulas de nabo (55.35 ± 2.35 y 54.62 ± 2.11 g). Además de, la biomasa seca de radícula (10.03 ± 1.17 y 9.93 ± 1.24 g) y biomasa fresca de radícula (2.34 ± 0.71 y 2.27 ± 0.48 g).

Nuestros resultados son similares a los indicado por Batista *et al.* (2011) quien indica que el nabo genera una raíz promedio de 25 cm de longitud. No obstante, son superiores a lo descrito por Alonso & Dãaz, (2019) quien describen que la longitud radicular depende de la variedad y varía entre 5 a 15 centímetros, el cambio de temperatura bajo cero y que la humedad relativa incide sobre esta variable. Nuestros resultados sobre diámetro de raíz, biomasa fresca plántula y biomasa seca plántula están dentro del rango reportado por Aisha *et al.* (2014) evaluó el efecto de varios niveles de fertilizante orgánico y ácido húmico en el crecimiento y las raíces de las plantas de nabo (*Brassica rapa*)

Cuadro 2. Efecto de la inoculación de bacterianas de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* sobre componentes de crecimiento en plantas de nabo.

Tratamientos	Descripción	Longitud de raíz (cm)	Diámetro de raíz (cm)	biomasa fresca plántula (g)	biomasa seca plántula (g)	biomasa seca de radícula (g)	biomasa fresca de radícula (g)
T0	Sin bioproductos	24.53 ± 1.92^c	4.88 ± 0.62^{ab}	677.08 ± 24.55^c	36.25 ± 2.01^c	6.58 ± 0.99^c	1.93 ± 0.55^{ab}
T1	<i>Azotobacter</i> sp. 1×10^3 UFC mL^{-1}	27.64 ± 1.83^b	5.16 ± 0.51^a	719.64 ± 11.63^{bc}	40.42 ± 3.15^b	7.93 ± 0.93^{bc}	2.01 ± 0.67^a
T2	<i>Azotobacter</i> sp. 1×10^6 UFC mL^{-1}	28.19 ± 2.01^b	5.23 ± 0.35^a	731.55 ± 28.88^{bc}	43.25 ± 2.45^b	8.55 ± 1.13^b	2.11 ± 0.22^a
T3	<i>Azotobacter</i> sp. 1×10^9 UFC mL^{-1}	29.99 ± 2.44^a	5.51 ± 0.67^a	781.06 ± 32.31^b	54.62 ± 2.11^a	9.93 ± 1.24^a	2.27 ± 0.48^a
T4	<i>Azotobacter</i> sp. 1×10^{12} UFC mL^{-1}	29.53 ± 2.21^{ab}	5.44 ± 0.49^a	836.72 ± 44.22^{ab}	50.01 ± 2.43^a	8.98 ± 1.16^{ab}	2.21 ± 0.56^a
T5	<i>Azospirillum brasilense</i> 1×10^3 UFC mL^{-1}	27.67 ± 1.77^b	5.22 ± 0.63^a	816.04 ± 21.76^{ab}	42.5 ± 1.83^{ab}	8.13 ± 1.11^{bc}	2.03 ± 0.57^a
T6	<i>Azospirillum brasilense</i> 1×10^6 UFC mL^{-1}	28.22 ± 1.85^b	5.41 ± 0.49^a	796.99 ± 40.16^b	47.43 ± 2.26^{ab}	9.45 ± 1.01^{ab}	2.03 ± 0.58^a
T7	<i>Azospirillum brasilense</i> 1×10^9 UFC mL^{-1}	30.01 ± 1.92^a	5.56 ± 0.54^a	888.21 ± 44.57^a	55.35 ± 2.35^a	10.03 ± 1.17^a	2.34 ± 0.71^a
T8	<i>Azospirillum brasilense</i> 1×10^{12} UFC mL^{-1}	28.55 ± 2.1^b	5.42 ± 0.98^a	823.11 ± 50.04^{ab}	52.29 ± 2.58^a	9.86 ± 1.08^a	2.21 ± 0.69^a

Letras iguales no difieren estadísticamente en la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$.

y Chong-Qui (2019) quien evaluó tres tipos de compost.

El rendimiento por hectárea kg ha⁻¹ indicó que, el tratamiento inoculado con *Azospirillum brasilense* (T7) fue el más sobresaliente con 49,559.90 kg ha⁻¹, seguido del tratamiento T3 (*Azotobacter* sp.) con 48,172.60 kg ha⁻¹ (Cuadro, 3).

Cuadro 3. Efecto de la inoculación de bacterianas de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del nabo.

Tratamientos	Descripción	Rendimiento por hectárea kg/ha ⁻¹
T0	Sin bioproductos	32,285.11 ^c
T1	<i>Azotobacter</i> sp. 1x10 ³ UFC mL ⁻¹	39,893.42 ^{bc}
T2	<i>Azotobacter</i> sp. 1x10 ⁶ UFC mL ⁻¹	45,743.79 ^b
T3	<i>Azotobacter</i> sp. 1x10 ⁹ UFC mL ⁻¹	48,172.60 ^a
T4	<i>Azotobacter</i> sp. 1x10 ¹² UFC mL ⁻¹	48,096.05 ^a
T5	<i>Azospirillum brasilense</i> 1x10 ³ UFC mL ⁻¹	40,846.83 ^{bc}
T6	<i>Azospirillum brasilense</i> 1x10 ⁶ UFC mL ⁻¹	43,117.66 ^b
T7	<i>Azospirillum brasilense</i> 1x10 ⁹ UFC mL ⁻¹	49,559.90 ^a
T8	<i>Azospirillum brasilense</i> 1x10 ¹² UFC mL ⁻¹	45,453.44 ^b

Letras iguales no difieren estadísticamente en la prueba de Tukey para p≤0,05.

Nuestros rendimientos con la inoculación de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis son superiores a los obtenidos por Abasolo *et al.* (2020) quien reporta un rendimiento de 34,250.00 kg ha⁻¹ con una rentabilidad del 71%. Y superiores a los reportados por Chong-Qui (2019) quien reportó valores de 22,916.7, 21,666.7 y 19,983.3 kg ha⁻¹. Estas diferencias se deben posiblemente a elementos como el cultivar, época de siembra, la vegetación del cultivo (el suelo, humedad, pH y en especial la calidad de la semilla (Barahona y Torres, 2011).

Finalmente, la evaluación de la incidencia de Mildiu causado por *Peronospora brassicae* Gaumann en plantas de nabo evidencio que, los tratamientos inoculados con *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis presentaron menor incidencia respecto al control (T0) siendo el tratamiento (T7) el que mejor resultados presentó, datos estadísticamente significativos (p≤0.05) (Figura 2).

La incidencia de Mildiu en el presente trabajo fue mayor a la encontrada por Henríquez-Díaz *et al.* (2020) a los 40 DDT donde utilizando Quitomax encontró valores de Mildiu veloso en plantas de pepino de 28.2% a 56.5% y menor a la reportada a los 50 DDT 31.5% a 84.5%. Valores similares fueron reportados por Sánchez *et al.* (2021) con uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (*Bradyrhizobium japonicum*) encontrando incidencia de 21.33 - 63.33

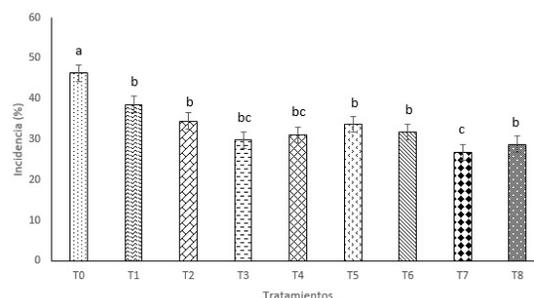


Figura 2. Incidencia de Mildius causado por *Peronospora brassicae* Gaumann en plantas de nabo inoculadas con bacterias de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis a los 45 días después de la inoculación. Donde: *Azotobacter* sp. T1= (1x10³ UFC mL⁻¹), T2= (1x10⁶ UFC mL⁻¹), T3= (1x10⁹ UFC mL⁻¹), T4= (1x10¹² UFC mL⁻¹). *Azospirillum brasilense* T5= (1x10³ UFC mL⁻¹), T6= (1x10⁶ UFC mL⁻¹), T7= (1x10⁹ UFC mL⁻¹), T8= (1x10¹² UFC mL⁻¹). T0= Testigo experimental (sin bacterias). Letras iguales no difieren estadísticamente en la prueba de Tukey para p≤0,05.

Conclusiones

La mejor respuesta agronómica asociadas al crecimiento vegetal en el cultivo de nabo (*Brassica napus* L.) fue con la aplicación de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum brasilense* en la concentración 1x10⁹ UFC mL⁻¹ con los valores numéricos más altos con *Azospirillum brasilense*.

La mayor producción y rendimiento del cultivo de de nabo (*Brassica napus* L.) fue con la aplicación de *Azospirillum brasilense* en la concentración 1x10⁹ UFC mL⁻¹ incrementa la producción del cultivo de manera sostenible.

La inoculación de *Azospirillum brasilense* en la concentración 1x10⁹ UFC mL⁻¹ redujo la mayor incidencia de Mildius causado por *Peronospora brassicae* Gaumann en plantas de nabo.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por el apoyo otorgado a través del Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica (FOCICYT) 8va Convocatoria, a través del proyecto “Uso agrícola de biosólidos de cultivos piscícolas y su efecto en la producción de hortalizas”.

Literatura citada

Abasolo, F., Ojeda-Silvera, C., Cervantes, J., Villacreses, E., Aviles, D., Mendoza, E. y Mazón-Suástegui, J.M. (2020). Respuesta agronómica del Nabo (*Brassica napus* L.) a la aplicación de medicamentos homeopáticos. Terra Latinoamericana, 38(1), 183-198.

- Aisha, H. A., Shafeek, M. R., Mahmoud, R. A., y El Desuki, M. (2014). Effect of various levels of organic fertilizer and humic acid on the growth and roots quality of turnip plants (*Brassica rapa*). *Current Science International*, 3(1), 7-14.
- Alonso, R. U. y Díaz, E. R. (2019). Evaluación del efecto de tres tratamientos de fertilización (más un testigo DAP) en el desarrollo aéreo y radicular de colinos de café variedad castillo. *Revista Matices Tecnológicas*, 10 (1), 6-37.
- Barahona, Á. F. R., & Torres, I. D. A. (2011). Efecto del Contenido de Humedad sobre Propiedades Físicas de la Semilla de Vitabosa (*Mucuna deeringiana*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), 5961-5971.
- Batista, C., Barros, L., Carvalho, A. M. y Ferreira, I. C. (2011). Nutritional and nutraceutical potential of rape (*Brassica napus* L. var. *napus*) and “trinchuda” cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *costata*) inflorescences. *Food and Chemical Toxicology*, 49(6), 1208-1214.
- Chong-Qui, J. P. (2019). Evaluación de tres tipos de compost en el rendimiento del cultivo de nabo (*Brassica rapa* L.) [Bachelor's thesis, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos, Ecuador].
- Conversa, G., Lazzizzera, C., Bonasia, A., La Rotonda, P., & Elia, A. (2020). Nutritional characterization of two rare landraces of turnip (*Brassica rapa* var. *rapa*) tops and their on-farm conservation in Foggia province. *Sustainability*, 12(9), 3842.
- Devi, M., R. S. Spehia, M. Sandeep, A. Mogta, and A. Verma. 2018. Influence of integrated nutrient management on growth and yield of cauliflower (*Brassica oleracea*) var. *botrytis* and soil nutrient status. *Int. J. Chem. Stud.* 6: 2988-2991.
- Henríquez Díaz, L. G., Salgado-Valle, Y., Ramírez-Arrebató, M., Reyes-Pérez, J., Rodríguez Pedroso, A. T., Ruiz Sánchez, M., y Hernández-Montiel, L. G. (2020). Efecto de Quitomax en el control del mildiú vellosa en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Ecosistemas Recursos Agropecuarios*, 7(2), e2479.
- Martínez Blanco, B., Antonio Vejar, V., Bello-Martínez, J., et al. 2020. Bacterias promotoras de crecimiento vegetal para incrementar la producción de *Lactuca sativa* L. en campo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(2): 449-452.
- Mohammed, A. E., You, M. P., & Barbetti, M. J. (2018). Temperature and plant age drive downy mildew disease epidemics on oilseed *Brassica napus* and *B. juncea*. *European Journal of Plant Pathology*, 151(3), 703-711.
- Ojeda-Silvera, C. M., B. Murillo-Amador, A. Nieto-Garibay, E. Troyo-Diéguez, F. H. Ruiz-Espinoza, y J. L. García-Hernández. 2015. Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés hídrico. *Ecosistemas Recur. Agropecuarios*. 2(5):151-161.
- Reyes, L. M., Jiménez, C. E. A., Montiel, M. G. C., Galdámez, J. G., Cabrera, J. A. M., Aguilar, F. B. M., ... & Padilla, E. G. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* l.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra*, 5(1), 26-37.
- Roy Chowdhury, A., A. Bagchi, and C. Sengupta. 2016. Isolation and characterization of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) from agricultural field and their potential role on germination and growth of spinach (*Spinacia oleracea* L.) plants. *Int. J. Curr. Agric. Sci.* 6: 128-131.
- Runno-Paurson, E., Lääniste, P., Eremeev, V., Kaurilind, E., Hörak, H., Niinemets, Ü., & Metspalu, L. (2019). Evaluation of downy mildew (*Hyaloperonospora brassicae*) infection severity on different cruciferous oilseed crops. In *Rural development 2019: research and innovation for bioeconomy (RD2019): proceedings of the 9th international scientific conference*, September 26-28, 2019, Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, 2019, p. 329-335.
- Sánchez, A. R. Á., Álvarez, E. M. C., Reyes-Pérez, J. J., Casacó, A. R. B., Freile, M. F. M., Véliz, M. B. C., & Alvarado, W. H. S. (2021). Crecimiento, producción y estado fitosanitario de plantas de nabo (*brassica napus* l.) a la aplicación de quitosano y bacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 11392-11406.
- Sánchez, A. R. Á., Álvarez, E. M. C., Reyes-Pérez, J. J., Casacó, A. R. B., Freile, M. F. M., Véliz, M. B. C., & Alvarado, W. H. S. (2021). Crecimiento, producción y estado fitosanitario de plantas de nabo (*brassica napus* l.) a la aplicación de quitosano y bacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 11392-11406.
- Vásconez, R. D., J. E. Mossot, A. G. Shagñay, E. M. Tenorio, V. P. C. Utreras, y I. D. Suquillo. 2020. Evaluación de *Bacillus* spp. como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) y lechuga (*Lactuca sativa*). *Cienc. Tecnol. Agropecuaria*. 21(3): 1-16.
- Yildirim, E., M. Turan, A. Dursun, M. Ekinci, R. Kul, K. F. Parlakova, D. M. Figen, and N. Kitir. 2016. Integrated use of nitrogen fertilization and microbial inoculation: change in the growth and chemical composition of white cabbage. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 47: 1-2245-2260. doi: <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1228955>.



Producción del *Pleurotus ostreatus* utilizando cáscaras de maíz y leguminosas

Production of *Pleurotus ostreatus* using corn husks and legumes

Jorge Gustavo Quintana Zamora^{1,2}, Fred Eduardo Taranto Moreira^{1,3}, Mercedes Cleotapra Moreria Menéndez^{1,4}, María Aurora Parrales Gallo^{1,5}.

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos - Ecuador. ²Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Ingeniería en Alimentos, jquintana@uteq.edu.ec. ³Facultad de Ciencias Ambientales, Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental, fred.taranto@uteq.edu.ec. ⁴Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Ingeniería Industrial, mmoreira@uteq.edu.ec. ⁵Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Ingeniería en Agroindustrias, maria.parrales2016@uteq.edu.ec.

Correspondencia para autor: jquintana@uteq.edu.ec

Recibido: 7/4/2022. Aceptado: 20/10/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

Pleurotus ostreatus, es un hongo comestible que se produce en una gran variedad de residuos agrícolas y agroindustriales, debido a su gran capacidad de colonizar y degradar sustratos lignocelulósicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la cinética de crecimiento radial, para la obtención de micelio y la producción de *Pleurotus ostreatus* en estado fresco, utilizando para su crecimiento cáscara de mazorca de maíz tierno, cáscara de leguminosas (arveja, frejol y haba). En la cinética de crecimiento radial, que fue la obtención de micelio el que mejor comportamiento demostró en el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* fue el medio de cultivo Papa dextrosa agar más la inclusión de cáscara de arveja (*Pisum sativum*) 74 mm a las 168 horas de crecimiento, mientras que el mejor rendimiento de cosecha de *Pleurotus ostreatus* fue la cáscara de haba (*Vicia faba*) 151.40 g de *Pleurotus ostreatus*, por kilogramo de sustrato en la primera cosecha. Con estos resultados se tiene una alternativa de utilizar los residuos de hortalizas que se generan en el mercado central del cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador, en la obtención de un alimento y disminuir la contaminación que los residuos generan en el medio ambiente.

Palabras clave: *Pleurotus*, cáscaras, producción, micelio.

Abstract

Pleurotus ostreatus, is an edible fungus that is produced in a wide variety of agricultural and agro-industrial residues, due to its great ability to colonize and degrade lignocellulosic substrates. The objective of this work was to evaluate the kinetics of radial growth, to obtain mycelium and the production of *Pleurotus ostreatus* in fresh state, using for its growth husks of fresh corn cob, husks of legumes (peas, beans and broad beans). In the kinetics of radial growth, which was the obtaining of mycelium, the one that showed the best behavior in the growth of *Pleurotus ostreatus* was the culture medium Potato dextrose agar plus the inclusion of pea husk (*Pisum sativum*) 74 mm at 168 hours of growth, while the best *Pleurotus ostreatus* harvest yield was the bean husk (*Vicia faba*) 151.40 g of *Pleurotus ostreatus*, per kilogram of substrate in the first harvest. With these results, there is an alternative to use the vegetable waste generated in the central market of the Quevedo canton, Los Ríos Province, Ecuador, to obtain food and reduce the pollution that the waste generates in the environment.

Key words: *Pleurotus*, shells, production, mycelium

Introducción

Los hongos son las estructuras fructíferas de especies especializadas hongos que tienen cualidades únicas para degradar las sustancias orgánicas y reciclar los nutrientes en el suelo. Estos son hongos maravillosos que pueden convertir los desechos agrícolas en ricos en materiales lignocelulósicos en valiosa biomasa rica en proteínas tener todos los nutrientes esenciales (Thakur, 2020). La producción de hongos está emergiendo como una dimensión adicional en agricultura diversidad; su cultivo radica en la utilización de residuos agrícolas ricos en materiales lignocelulósicos (Kumar *et al.*, 2020).

El nivel de desarrollo del crecimiento de los hongos depende en gran medida de los factores ambientales, así como del tipo de sustrato. Casi todos los desechos agrícolas están disponibles para el cultivo de hongos, ya que contienen sustancias lignocelulósicas. La capacidad del hongo para convertir un alto porcentaje de sustratos lignocelulósicos en cuerpos fructíferos aumenta la rentabilidad (Agba *et al.*, 2021). Los desechos agrícolas incluyen principalmente celulosa, lignina y hemicelulosa. El contenido de estos componentes químicos en varios tipos de cultivos es diferente. Por ejemplo, el contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa de los residuos de cultivos son 35-50%, 20-30% y 15-30%, respectivamente (Mo *et al.*, 2018)

Uno de los principales problemas que se enfrentan en todo el mundo es la disposición tanto de la gran cantidad de desechos agroindustriales y los residuos derivados de las actividades ganaderas. De acuerdo con la Índice de Sostenibilidad Alimentaria: un estudio global sobre nutrición, agricultura sostenible y desperdicio de alimentos, que recopila datos de 67 países de todo el mundo: cada año, la población mundial en promedio desecha 37 kg de comida por persona. En general, los países de ingresos altos producen una mayor cantidad de desperdicio de alimentos en comparación con los países de bajos ingresos (Ritota & Manzi, 2019)

Si estos residuos se liberan a el medio ambiente sin un procedimiento adecuado de eliminación que puede causar contaminación ambiental y efectos nocivos sobre la salud humana y animal. La mayor parte de la agroindustria los desechos no se tratan y se subutilizan, por lo tanto, en el máximo informa que eliminó ya sea quemándolos, vertiéndolos o vertidos no planificados. Estos desechos sin tratar crean diferentes problemas con el cambio climático aumentando un número de gases de efecto invernadero (Sadh *et al.*, 2018)

Los hongos *Pleurotus* se consideran saludables por su riqueza en proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Los hongos *Pleurotus* se consumen como un alimento funcional ya que atraen el sabor y el aroma, valor nutritivo y medicinal. Especies de *Pleurotus* (hongos ostra) son comercialmente importantes hongos comestibles y cultivados a nivel mundial (Raman *et al.*, 2020). Este nutritivo hongo comestible ocupa

el segundo lugar entre hongos cultivados comercialmente (Adebayo *et al.*, 2021). El cultivo de setas comestibles ha ido creciendo con técnicas caseras hasta convertirse en una industria altamente tecnificada (Guevara-Viejó *et al.*, 2021). El consumo de hongos en todo el mundo está en constante aumento el aumento a medida que más personas reconocen estos como una valiosa fuente de alimentos saludables; es rico en hidratos de carbono, proteínas, minerales y vitaminas, pero bajo en calorías y grasas (Sifat *et al.*, 2020)

El objetivo de este trabajo es la producción y la obtención de micelio de *Pleurotus ostreatus*, teniendo una alternativa en disminuir la contaminación ambiental, que generan los residuos de hortalizas en el mercado central del cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador

Materiales y métodos

Área de estudio y materiales experimentales

El estudio se realizó en la finca experimental la María perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en junio del 2017. Se utilizaron cáscaras de arveja (*Pisum sativum*); frejol (*Phaseolus vulgaris*); haba (*Vicia faba*) y cáscara de mazorca de maíz tierno (*Zea mays*), los mismos que se recopilaron del mercado central del cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador. El cultivo puro de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) se obtuvo del área de microbiología del laboratorio de Rumiología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Obtención de micelio de hongos *Pleurotus*

Para la obtención del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, se utilizó medio de cultivo PDA (Papa Dextrose Agar) en dosis de 39 g por litro de agua destilada y desmineralizada, se esterilizó en autoclave a 121°C por 30 minutos a 15 psi (libras de presión), se utilizaron cajas petris de vidrio esterilizadas de 80 mm llenas con 15 ml de medio de cultivo PDA, donde se tomó con un saca bocado de acero inoxidable 4 mm de micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, se lo depositó en el centro de las cajas petris con medio de cultivo para su posterior crecimiento se depositaron las cajas petris en una incubadora (Memmert Schwabach, Alemania) a 30°C por el lapso de 10 días hasta que el micelio del hongo abarque todo el diámetro de la caja Petri. Se utilizó recipientes de vidrio de 400 ml desinfectados con agua clorada y se llenaron con semilla de trigo (*Triticum*) en una cantidad de 400 g para luego esterilizarlos en autoclave a 121°C por 30 minutos a 15 psi (libras de presión), se dejaron enfriar a temperatura ambiente y después a cada recipiente con la semilla se trajo de inoculo 40 mm de micelio del hongo *Pleurotus* y se dejó en la estufa (Memmert Schwabach, Alemania) a 30°C por el lapso de 10 días, hasta obtener su colonización total. Los residuos agrícolas triturados se pesaron en una cantidad de 1 kilogramo en bolsas plásticas, para luego ser lavados en agua corriente

y su posterior pasteurización a 100°C por 45 minutos, los residuos se dejaron enfriar a temperatura ambiente 25°C, y sembrar semilla 100 g de trigo con micelio de hongos *Pleurotus ostreatus* por cada 1,000 g de cáscaras de arveja, frejol, haba y maíz tierno

Las cáscaras inoculadas con los hongos *Pleurotus*, se colocaron dentro de cámaras de incubación cubiertas en su totalidad de plástico color negro, por el lapso de 21 días, obteniendo una colonización total de las cáscaras, se realizaron agujeros circulares en las bolsas que contenían las cáscaras con micelio, se les proporciono luz artificial para inducir la fructificación de las setas, las cuales con la ayuda de una navaja esterilizada con alcohol al 98% de procedió a cortar las setas para posteriormente pesar la producción y realizar los análisis físicos y químicos inmediatamente.

Preparación de los medios de cultivo

Se pesó, 100 g de cáscara de arveja; 100 g de cáscara de frejol; 100 g de cáscara de frejol y 100g de cáscara de maíz tierno; para los cuatro medios de cultivo. Se colocó en cada recipiente de aluminio los 100 g de cada una de las muestras (cáscaras de arveja, frejol, haba y maíz tierno) picada y lavada, posteriormente se agregó 1 L de agua destilada para cada muestra.

Se llevó al fuego y se dejó hervir por 30 minutos, se tapó para evitar pérdidas excesivas por evaporación. Se filtró con la ayuda de gasa y algodón para evitar el paso de cualquier impureza, se colocó en los matraces que contenían 20 g de agar y 20 g dextrosa, luego estas soluciones de las distintas cáscaras se disolvieron con la ayuda de agitadores magnéticos y calentadores. Para preparar el PDA (Papa, dextrosa, agar) se utilizó 200 g de papa (*Solanum tuberosum*) (pelada en cuadros, estos pedazos de papa se hirieron para obtener una solución a la cual se pasó a un matraz donde contenían 20 g de agar y 20 g de dextrosa, luego se disolvieron con la ayuda de agitadores magnéticos y calentadores.

Las cinco soluciones preparadas fueron sometidas a calor para que se diluyan uniformemente el agar y dextrosa dejándolo hervir por el lapso de 30 minutos. Se esterilizaron en autoclave a 121°C y 15 psi durante 30 minutos. En total se obtuvieron cinco medios de cultivo: PDA (papa dextrosa agar); PDACA (papa dextrosa agar + cáscara de arveja); PDACF (papa dextrosa agar + cáscara de frejol); PDACH (papa dextrosa agar + cáscara de haba); PDACMT (papa dextrosa agar + cáscara de maíz tierno), en la cabina de bioseguridad se depositaron 15 mL de cada medio en las cajas petri y se dejaron solidificar

Cosechas y determinación de la producción de *Pleurotus*

Se realizó una cosechas de setas, con la ayuda de una navaja desinfectada con alcohol al 96% de procedió a cortar las setas, se pesaron en una balanza digital Sartorius.

Determinación de curva de crecimiento micelial de *Pleurotus*

Se cortó con el sacabocado 4 mm de diámetro de PDA invadido por el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* en estudio, y se sembró en el centro de una caja petri de 80 mm, la que contenía 15 mL del medio de cultivo y se incubó en una incubadora Memmert Schwabach, Alemania a 29°C, con la ayuda de un calibrador se realizó mediciones cada 24 horas, del diámetro de crecimiento del micelio de la cepa de *Pleurotus ostreatus*. Se tomó dos medidas en diferente dirección a partir del segundo hasta el séptimo día de incubación, que fue la invasión total de la caja petri.

Análisis estadístico

En la primera fase se determinó el crecimiento micelial y en la segunda fase producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Para el crecimiento radial o crecimiento de micelio se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos y 5 repeticiones. Para el rendimiento de la cosecha del hongo *Pleurotus*, se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y 5 repeticiones, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los resultados del crecimiento radial del micelio de *Pleurotus ostreatus*, en varios medios de cultivos, se puede apreciar que existe diferencias estadísticas entre los tratamientos, teniendo un mejor crecimiento el PDACA, en comparación con el tratamiento de control PDA y a los otros medios de cultivos preparados con las cáscaras de maíz y leguminosas. Estos resultados pueden deberse a la composición química de la cáscara de alverja en su bajo contenido de humedad higroscópica (3.44%) y también al contenido de fibra detergente neutra (58.25%). Los residuos agrícolas, agroindustriales y urbanos, de origen vegetal, presentan un alto contenido de celulosa; un polímero de glucosa; que es el principal componente de la pared celular de las plantas (Díaz Muñoz *et al.*, 2019). *Pleurotus ostreatus* es un saprofito, con alta flexibilidad para crecer por bioconversión en un amplio rango de materiales lignocelulósicos (Fayssal *et al.*, 2021).

(Mahadevan & Shanmugasundaram, 2018), reporto valores similares, en el Efecto comparativo de diferentes medios de cultivo sobre el rendimiento del crecimiento micelial de *Pleurotus sapidus*, 7.72 cm, en un medio Yeast Malt Agar, a los 8 días de cinética de crecimiento radial. Así mismo (Hoa & Wang, 2015), publico crecimientos radiales superiores de 9.00 cm en *Pleurotus ostreatus*, a los 8 días de crecimiento, en diferentes medios de cultivo, estos resultados pueden deberse a la utilización de medios de cultivos fúngicos puros. (Phadke Monika *et al.*, 2020), obtuvieron menores crecimientos de micelio de *Pleurotus* entre 36.11 mm a

45.28 mm a los 8 días de inoculación, en diferentes medios de cultivos. Mientras que, (Bankole & Salami, 2017), reportaron crecimientos de 8.50 cm en medios de cultivos Papa dextrosa agar y Agar de mazorcas de maíz al 5% de sacarosa, a los 5 días de inoculación. (Maftoun *et al.*, 2017), utilizaron aditivos en medio PDA, para incrementar el crecimiento de micelio de *Pleurotus*, obteniendo 10 cm de micelio en un medio de cultivo compuesto por PDA + Extracto de levadura + Extracto de malta + Nitrato de sodio, a los 12 día de inoculación

En el Cuadro 2, se puede apreciar el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, cosechado en cáscaras de maíz y leguminosas, existiendo diferencias estadísticas entre los tratamientos, presentado un mejor rendimiento de hogos frescos la cáscara de haba con 151.40 gramos por kilogramo de cáscara de haba. Estos resultados son similares a los reportados por (Roblero Mejía *et al.*, 2021), teniendo rendimientos 152.80 gramos de hongos *Pleurotus ostreatus* en una mezcla de pasto

pangola, pulpa de café y olote de maíz. (Pokhrel *et al.*, 2013), obtuvieron menores rendimientos en residuos de guisantes 137.51 gramos y en tallos de maíz, rendimientos similares de 158.96 gramos en la primera cosecha de hongos *Pleurotus*. Además (Chukwurah *et al.*, 2012) reportaron rendimientos superiores de hongos *Pleurotus ostreatus* en un sustrato compuesto por paja de maíz, aserrín, cal y agua, obteniendo una producción de 220 gramos en la primera cosecha y 270.50 gramos en la sexta cosecha de *Pleurotus*. No obstante (Fufa *et al.*, 2021), cosecharon menores rendimientos de 144.18 gramos de *Pleurotus* en residuos de mazorcas de maíz. También (Nasir *et al.*, 2021) obtuvieron, el rendimiento más bajo se registró para la primera descarga (95 g), la segunda descarga (88 g), la tercera descarga (80 g) y el rendimiento total (263 g) en el caso del Tratamiento-T5 (residuos de maíz 100%)

Cuadro1. Crecimiento radial del micelio de *Pleurotus ostreatus* inoculado en diferentes medios de cultivos preparados con cáscara de maíz y leguminosas

Horas de crecimiento	Crecimiento en (mm)					
	PDA	PDACA	PDACF	PDACH	PDACMT	P<
24	1.00 c ^{1/}	3.80 a	2.60 b	2.60 b	2.00 b	<.0001
48	2.00 c	7.80 a	4.60 b	4.20 b	4.20 b	<.0001
72	3.40 d	11.00 a	6.80 b	7.60 b	7.60 bc	<.0001
96	6.00 c	13.20 a	8.60 c	11.60 c	11.60 a	<.0001
120	10.80 c	21.40 a	11.00 c	15.00 b	15.00 b	<.0001
144	34.00 b	47.00 a	43.00 ab	34.00 b	34.00 b	<.0001
168	58.00 b	74.00 a	59.00 b	59.00 b	47.00 c	<.0001

PDA = papa dextrosa agar

PDACA = papa dextrosa agar + cáscara de arveja (*Pisum sativum*)

PDACF = papa dextrosa agar + cáscara de frejol (*Phaseolus vulgaris*)

PDACH = papa dextrosa agar + cáscara de haba (*Vicia faba*)

PDACMT = papa dextrosa agar + cáscara de maíz tierno (*Zea mays*)

^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05)

Cuadro 2. Rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, cosechado en cáscaras de maíz y leguminosas

	Cáscara de arveja	Cáscara de frejol	Cáscara de haba	Cáscara de maíz tierno	P<
Rendimiento	72.00 b ^{1/}	80.00 b	151.40 a	72.00 b	0.0001

^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05).

Rendimiento de hongos frescos por cada 1000 g de cáscaras de maíz tierno y leguminosas, en una sola cosecha.

Conclusiones

En la producción de *Pleurotus ostreatus*, la cáscara de haba mostró el mejor rendimiento en cosecha del hongo comestible, mientras que en la producción de micelio el que mejor comportamiento tuvo en la cinética de crecimiento radial fue el medio Papa dextrosa agar más la inclusión de cáscara de alverja, demostrando que estos residuos de leguminosas se

pueden emplear en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, al Fondo Competitivo de Investigación Ciencia y Tecnología (FOCICYT), cuarta convocatoria en el proyecto “Fuentes de Proteína en el incremento de la Digestibilidad del Pasto

Saboya (*Panicum maximum*)”

Literatura citada

- Adebayo, E., Elkanah, F., Afolabi, F., Ogundun, O., Alabi, T., & Oduoye, O. (2021). Molecular characterization of most cultivated *Pleurotus* species in sub-western region Nigeria with development of cost effective cultivation protocol on palm oil waste. *Heliyon*, 7, 8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06215>
- Agba, M.-I. O., Markson, A.-A. A., Oni, J. O., & Bassey, G. A. (2021). Growth and yield impact of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq P. Kumm) cultivated on different agricultural wastes. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 27 (01), 2225–2233. <https://doi.org/https://doi.org/10.18801/jbar.270121.272>
- Bankole, F., & Salami, A. (2017). Use of Agro-Wastes for Tissue Culture Process and Spawn Production of Oyster Mushroom (*Pleurotus florida*). *Journal of Applied Life Sciences International*, 14 (1), 9. doi: 10.9734/JALSI/2017/35858
- Chukwurah, N., Eze, S., Chiejina, N., Onyeonagu, C., Ugwuoke, K., Ugwu, F., Nkwonta, C., Akobueze, E., Aruah, C., & Onwuelughasi, C. (2012). Performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in different local agricultural waste materials. *African Journal of Biotechnology*, 11 (37), 8979–8985. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2525>
- Díaz Muñoz, K., Casanova Guarjado, M., León Torres, C. A., & Arturo, G. R. L. (2019). Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos. *Arnaldoa* 26, 3, 1177–1184. <https://doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26322>
- Fayssal, S. A., Sebaaly El, Z., Alsanad, M., Najjar, R., Bo'hme, M., Yordanova, M., & Sassine, Y. (2021). Combined effect of olive pruning residues and spent coffee grounds on *Pleurotus ostreatus* production, composition, and nutritional value. *PLOS ONE*, 16 (9). <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255794>
- Fufa, B. K., Tadesse, B. A., & Tulu, M. M. (2021). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on Agricultural Wastes and Their Combination. *International Journal of Agronomy*, 2021, 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/1465597>
- Guevara-Viejó, F., Valenzuela-Cobos, J. D., Vicente-Galindo, P., & Galindo-Villardón, P. (2021). Application of K-Means Clustering Algorithm to Commercial Parameters of *Pleurotus* spp. Cultivated on Representative Agricultural Wastes from Province of Guayas. *Journal of Fungi*, 7, 537. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jof7070537>
- Hoa, H. T., & Wang, H.-L. (2015). The Effects of Temperature and Nutritional Conditions on Mycelium Growth of Two Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 43 (1), 14–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.1.14>
- Kumar, S., Chand, G., & Kumar Patel, D. (2020). Evaluation of different substrate supplements on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). *Indian Phytopathology*, 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42360-020-00252-9>
- Maftoun, P., Abd Malek, R., Masry, H. J., Agouillal, F., Pareek, A., Hanapi, S. Z., & Enshasy, H. (2017). Effect of additives on *Pleurotus ostreatus* Growth on Agar medium. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 12(Issue 3 Ver), 106–110. <https://doi.org/DOI:10.9790/3008-120304106110>
- Mahadevan, K., & Shanmugasundaram, K. (2018). Comparative effect of different culture media on mycelial growth performance of *Pleurotus sapidus*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7 (4), 874–878. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue4/PartO/7-3-733-395.pdf>
- Mo, J., Yang, Q., Zhang, N., Zhang, W., Zheng, Y., & Zhang, Z. (2018). A review on agro-industrial waste (AIW) derived adsorbents for water and wastewater treatment. *Journal of Environmental Management*, 227, 395–405. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.069>
- Nasir, A., Urwa, T., Ayesha, A., Awais, A., Asma, A., Babar, K., & Shahzad, M. (2021). Effect of maize residues and sawdust substrates on the growth and yield of oyster mushroom *Pleurotus sapidus*. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 1–7. https://doi.org/doi:10.15421/2021_68
- Phadke Monika, V., Jadhav, D., Hasabnis, G., Jadhav, P., & Patil, S. (2020). Effect of cultural variability on mycelial growth of eleven mushroom isolates of *Pleurotus* spp. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9 (6), 881–888. www.phytojournal.com
- Pokhrel, C., Kalyan, N., Budathoki, U., & Yadav, R. K. (2013). Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* using different agricultural residues. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 1 (2), 019–023. <https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/281307219>
- Raman, J., Jang, K.-Y., Oh, Y.-L., Oh, M., Im, J.-H., Lakshmanan, H., & Sabaratnam, V. (2020). Cultivation and Nutritional Value of Prominent *Pleurotus* Spp.: An Overview. *Mycobiology*, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1835142>
- Ritoto, M., & Manzi, P. (2019). *Pleurotus* spp. Cultivation on Different Agri-Food By-Products: Example of Biotechnological Application. *Sustainability*, 11, 5049. <https://doi.org/doi:10.3390/su11185049>
- Roblero Mejía, D. O., Aguilar Marcelino, L., & Sánchez, J. (2021). Effect of substrate variation on the productivity of two strains of *Pleurotus* spp. *Scientia Fungorum*, 52, 1–11. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1377>
- Sadh, P. K., Duhan, S., & Duhan, J. S. (2018). Agro-industrial

- wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresour. Bioprocess*, 5 (1), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
- Sifat, N., Lovely, F., Zihad, S. M. N. K., Hossain, M. G., Shilpi, J. A., Grice, D., Mubarak, M. S., & Uddin, S. J. (2020). Investigation of the nutritional value and antioxidant activities of common Bangladeshi edible mushrooms. *Clinical Phytoscience*, 6, 88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40816-020-00235-3>
- Thakur. (2020). Advances in mushroom production: key to food, nutritional and employment security: A review. *Indian PhytopathoMiranda. Entreciencias* (1): 73-96.
- McBratney, A., Field, D., Koch, A. (2014). The dimensions of soil security. *Geoderma*, 213: 203-213.



Necesidades hídricas del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams

Water needs of the banana crop (*Musa paradisiaca*) Williams variety

Marlon Fernando Monge-Freile¹, Ana Ruth Álvarez-Sánchez¹, Aimé Rosario Batista-Casaco¹, Wiver Humberto Santana Alvarado¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito. Km 1 ½ vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador
Correspondencia para autor: mmongef@uteq.edu.ec

Recibido: 16/06/2022. Aceptado: 7/11/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

Con el objeto de establecer la evapotranspiración (ETc) y el coeficiente de cultivo (Kc) para el banano cultivado en condiciones tropicales, a través de lisímetros de drenajes se midió el consumo de agua del cultivo al 100% de la ETc, y en condiciones de estrés hídrico, al 40, 60 y 80% de la ETc. En la época crítica (agosto a diciembre), el consumo de agua al 100, 80, 60 y 40% de la ETc fue de 227.78, 79.81, 65.24 y 52.66 mm, respectivamente, mientras que, en las mismas condiciones evaluadas de ETc, los Kc fueron de 1.12, 0.69, 0.53 y 0.36, respectivamente. Los resultados evidencian que los valores de Kc recomendados por la FAO (Food and Agricultural Organization of United Nations) son menores a los Kc observados en la Costa ecuatoriana, por lo que probablemente la necesidad de agua del banano este siendo subestimada.

Palabras clave: Coeficiente del cultivo kc, déficit hídrico, evapotranspiración, Lamina de riego.

Abstract

In order to establish evapotranspiration (ETc) and the crop coefficient (Kc) for bananas grown under tropical conditions, through drainage lysimeters the water consumption of the crop was measured at 100% of ETc, and under conditions of water stress, at 40, 60 and 80% of ETc. In the critical season (September to December), water consumption at 100, 80, 60 and 40% of ETc was 227.78, 79.81, 65.24 and 52.66 mm, respectively, while, under the same evaluated conditions of ETc, the Kc were 1.12, 0.69, 0.53 and 0.36, respectively. The results show that the Kc values recommended by the FAO (Food and Agricultural Organization of United Nations) are lower than the Kc observed on the Ecuadorian coast, so the need for water in bananas is probably being underestimated.

Key words: Crop coefficient kc, water deficit, evapotranspiration, irrigation layer.

Introducción

En la actualidad el impacto ambiental de la agricultura se da por el uso del agua para riego, recurso natural que es cada vez más escaso por el incremento de las áreas de cultivo con riego y por la disponibilidad de fuentes de abastecimiento, escasez de agua que se agudiza en la época seca en donde las precipitaciones no superan los 100 mm en toda la época (aproximadamente seis meses), por lo cual, se debe implementar programas de riego con técnicas que logren dar un uso más eficiente a los recursos hídricos, donde se define cantidad de agua por planta o área de cultivo, los intervalos y tiempos de riego.

En el cultivo de banano es necesario conocer los requerimientos hídricos para el normal desarrollo y producción del mismo (Aguilar, 2021). Se introdujo el estrés hídrico representado por láminas de riego, de manera que se pueda describir su efecto en los parámetros agronómicos, mismos que son parte fundamental para la programación del riego. La evapotranspiración (ET) es un parámetro muy importante en el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos (Lázaro *et al.*, 2012); este parámetro constituye la columna vertebral del diseño agronómico de todo sistema de riego, a través del cual se dimensionan redes de canales, redes de tuberías, reservorios (Ortiz y Chile, 2020); además, facilita la planificación de la operación de un sistema de riego (calendario y turnos de riego), y permite planificar la gestión de los recursos hídricos (Cuadra y García, 2016)

La estimación del Kc con base en el clima local, la variedad y las condiciones de manejo del riego para el banano ayudará a mejorar la programación del riego y la eficiencia del uso del agua, seguido de buenos rendimientos. Por ello, el uso del lisímetro aportará información útil para estimar la evapotranspiración del cultivo (ETc) y cuantificar el Kc a lo largo de todo el ciclo del cultivo, además de satisfacer las necesidades hídricas del banano, racionalizando su uso y su disponibilidad hídrica en el suelo (Neira *et al.*, 2020). El cambio climático, el acelerado crecimiento poblacional y la alta demanda de agua en la agricultura han motivado esta investigación. El objetivo se centró en cuantificar el coeficiente del cultivo (Kc) del banano empleando un lisímetro de drenaje. Además, se buscó determinar la evapotranspiración de referencia (ETo) mediante el método de FAO Penman-Monteith y la evapotranspiración del cultivo (ETc) a partir de las medidas de un lisímetro de drenaje.

Materiales y métodos

Evapotranspiración de referencia (ETo) y de cultivo (ETc)

Los datos climáticos utilizados para estimar la evapotranspiración de referencia (ETo) por el método de Penman-Monteith (Ecuación 1), se obtuvieron del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI – Ecuador), situada en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubica a 1.5 km de distancia del ensayo.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde, ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹), Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹), R_n = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹), G = Flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día⁻¹), γ = Constante psicrométrica (kPa °C⁻¹), T = Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C), u₂ = Velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹), e_s = Presión de vapor de saturación (kPa), e_a = Presión real de vapor (kPa).

La evapotranspiración de cultivo (ETc) se determinó a través de un balance hídrico mediante el lisímetro de drenaje (Ecuación 2), donde se consideran las variables riego, lluvia, percolación profunda y variación de humedad en el suelo.

$$ET_c = R + P - D \pm \Delta SW \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde, R = Agua aportada por el riego (mm), P = Agua aportada por la precipitación (mm), D = Percolación profunda (mm), ΔSW = Variación de la humedad del suelo

Coficiente de cultivo (Kc)

Para la determinación del Kc, se estableció el cociente entre la evapotranspiración cultivo (ETc) y la evapotranspiración de referencia (ETo) obtenida por cada metodología aplicada (Ecuación 3).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde, ET_c = evapotranspiración del cultivo (mm día⁻¹), ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

Resultados

Evapotranspiración de referencia (ETo) y de cultivo (ETc) La ETo con el método de Penman-Monteith presentó valores que oscilaron entre 2.15 a 2.55 mm día⁻¹ en función de las condiciones climáticas. Así mismo, se pudo evidenciar que la ETc se incrementó a medida que avanzó en su edad y consecuente el desarrollo del cultivo. La ETc acumulada se incrementó de 6.64 mm en la semana 5 de edad del cultivo, a 227.78 mm al cabo de las 16 semanas bajo condiciones óptimas que corresponde a la reposición del 100% de la ETc (Figura 1A).

Como se observa en la Figura 1B, que corresponde a estrés hídrico porque solo se hizo la reposición de agua al 80% de la ETc, el requerimiento de agua pasó de 5.51 mm en la semana 5 a 79.81 mm al cabo de la semana 11. Para el estrés del 60% de la ETc (Figura 1C), la lámina acumulada consumida por

el cultivo fue de 5.18 mm en la semana 5 y 65.24 mm para la semana 11. Por último, para el estrés del 40% de la ETc (Figura 1D), se obtuvo un consumo de 4.46 mm en la semana 5, mientras que para la semana 11 se obtuvo un consumo de lámina acumulada de 52.66 mm.

Coefficiente de cultivo (Kc) de banano variedad Williams en condiciones óptimas y bajo estrés hídrico

Los valores de Kc del cultivo de banano variedad Williams en condiciones óptimas de riego fluctuaron entre 0.46 a 1.77 con el 100% de la ETc entre la semana 5 a 16,

respectivamente, evidenciándose diferencias a la Kc reportada por la FAO que estiman valores por debajo a los hallados en esta investigación (Figura 2A). Los valores de Kc variaron de 0.46 a 0.96 con el 80% de la ETc entre las semanas 5 a 11, respectivamente (Figura 2B). Los valores del Kc para estrés hídrico entre las semanas 5 a 11 en un 60% de la ETc, fue entre 0.30 a 0.75 (Figura 2C). Los valores del Kc para estrés hídrico entre las semanas 5 a 11 en un 40% de la ETc, fue entre 0.12 a 0.59 (Figura 2D).

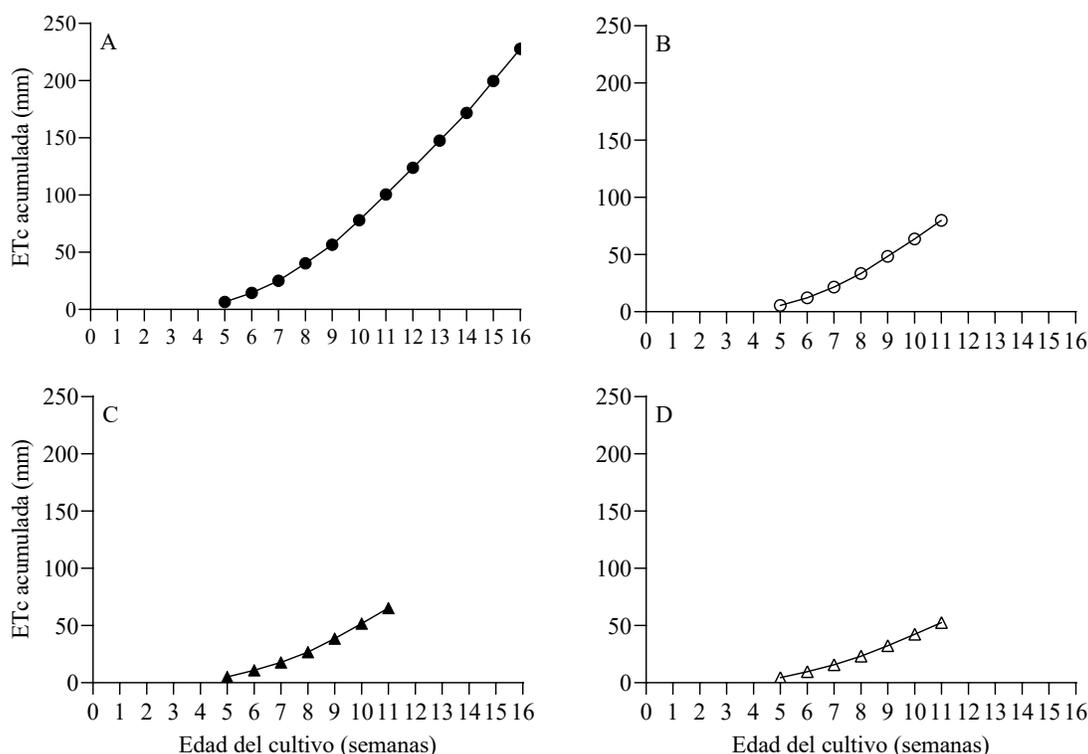


Figura 1. Evapotranspiración del cultivo (ETc) acumulada del cultivo de banano variedad Williams bajo condiciones de lámina 100 (A - ●), 80 (B - ○), 60 (C - ▲) y 40% (D - △) de la ETc determinada utilizando el método del lisímetro de drenaje

Discusión

Para las condiciones de riego al 100% de la ETc fue evaluada entre las semanas 5 y 16 de edad del cultivo, debido a la presencia de lluvias que limitaron el aporte de riego bajo las condiciones de estrés hídrico de 40, 60 y 80% de la ETc. Esto concuerda con el estudio de Cuadra y García (2016), quienes sostienen que para evaluar estos parámetros en condiciones de campo es necesario que el estudio se desarrolle en condiciones de época seca, por lo que lluvias descontroladas interfieren en la obtención de los resultados, limitando la información generada al respecto.

La evaluación de la evapotranspiración del cultivo de banano fue disminuyendo en función del sometimiento de las plantas a condiciones de estrés hídrico, lo que se puede describir

como un efecto de la planta de adaptabilidad a las condiciones adversas, en las que se busca la sobrevivencia, esto concuerda con la investigación de Méndez *et al.* (2019), donde refiere que bajo dichas condiciones de estrés hídrico la planta trata de restringir el consumo de agua disminuyendo al máximo la tasa de transpiración. Ganchozo y Rosado (2015) manifiesta que al disminuir la dosis de riego el cultivo racionalizó el consumo de agua y por consiguiente la evapotranspiración. La estimación precisa de la evapotranspiración permite obtener valores reales sobre las necesidades hídricas de los cultivos (Willmott *et al.*, 2012).

La FAO presenta cuatro etapas de crecimiento en todos los cultivos: inicial, desarrollo, medio y final, con tres valores de coeficiente único (promedio temporal) Kc-inicial, Kc-medio y Kc-final (Allent *et al.*, 2006). El alcance de los valores de

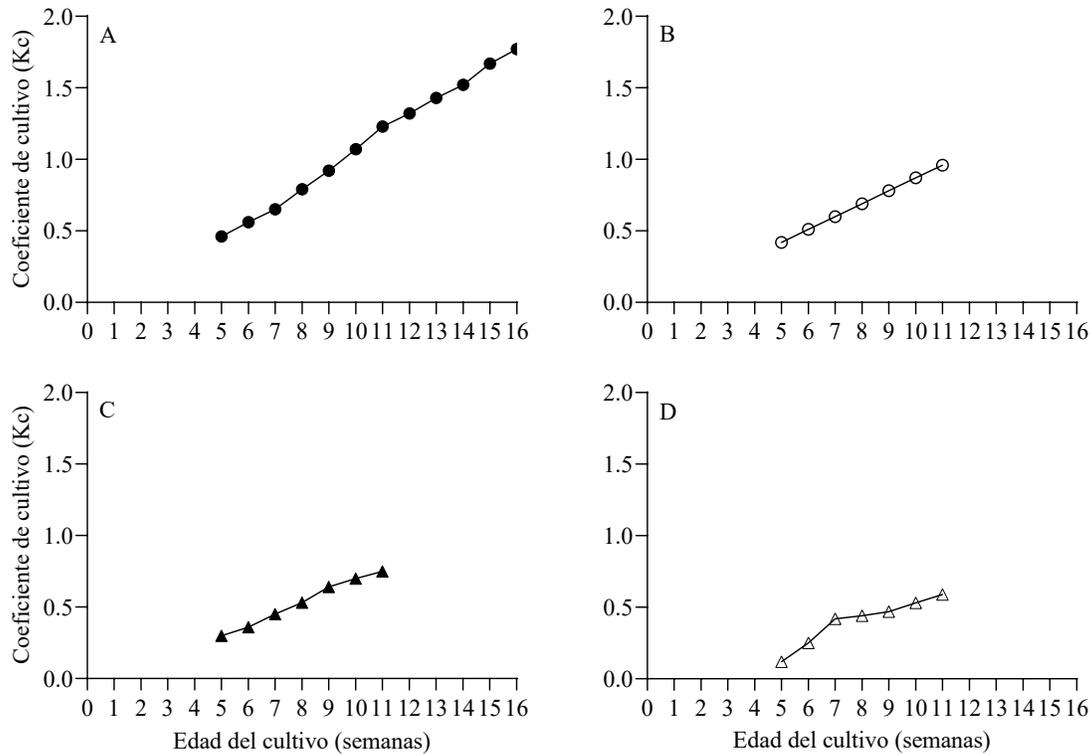


Figura 2. Coeficientes de cultivo (Kc) por semana del cultivo banano variedad Williams bajo condiciones de lámina 100 (A - ●), 80 (B - ○), 60 (C - ▲) y 40% (D - △) de la ETc determinada utilizando el método del lisímetro de drenaje.

Kc en condiciones óptimas de riego obtenidos en esta investigación fue de 0.46 a 1.77 hasta inicio de la etapa media, evidenciándose que los valores de Kc recomendados por la FAO para el cultivo de banano están subestimados al recomendar valores en el rango de 0.50 a 1.10, conclusión que concuerda con la investigación desarrollada por Neira *et al.* (2020), donde reporta valores de Kc mayores a los recomendados por la FAO en el cultivo de arroz, obteniéndose valores de Kc en el rango de 0.9 a 1.7, así mismo en investigaciones desarrollada por Mohan y Arumugam (1994) se reportan valores de Kc en el rango de 0.95 -1.69, comparados a los valores Kc recomendados por la FAO que se encuentra en el rango de 0.5 a 1.2.

Por otra parte, investigaciones desarrolladas en el cultivo de ají tabasco, realizadas por Herrera (2015), presentan el mismo comportamiento que las reportadas en esta investigación y las citadas anteriormente, donde se observa claramente valores de Kc mayores a las recomendadas por la FAO, siendo estas: Kc-inicial=0.7, Kc-medio= 1.51 y Kc-final=1.30, mientras que la FAO reporta 0.3; 1.05 y 0.9 respectivamente.

Conclusiones

La ETo obtenida por el método FAO Penman-Monteith varió de 2.15 a 2.55 mm/día en los meses de agosto a septiembre. Así mismo, La ETc acumulada bajo condiciones hídricas no limitantes, obtenida por el lisímetro de drenaje,

es aproximadamente de 230 mm entre los meses de agosto a septiembre. Los Kc para el cultivo de banano para condiciones óptimas fue de 1.12. Los hallazgos evidencian que los valores de Kc recomendados por la FAO (Food and Agricultural Organization of United Nations) son menores a los Kc observados en la Costa ecuatoriana, por lo que probablemente la necesidad de agua del banano este siendo subestimada.

Referencias

- Aguilar, H. (2021). Incidencia del intervalo de riego en sistema de irrigación subfoliar, aplicando fertirriego y fertilización edáfica en la producción de banano. Machala-Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 298 p
- Cuadra, F., García, D. (2016). Evaluación de tres láminas de riego por goteo y dosis de biofertilizante EM-5 (Sutocho) sobre el crecimiento, desarrollo y producción de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) cv. Shanty, UNA, 2016. Managua-Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Ganchozo R, Rosado E. (2015). Estudio de tres frecuencias de riego por goteo sobre la producción de camote (*Ipomoea*

- batatas L.) en el valle del río Carrizal. Calceta-Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. 2015. 81 p.
- Herrera, J. (2015). Determinación experimental de la curva del coeficiente de cultivo (Kc) del ají tabasco (*Capsicum annum*) en la Vereda Guacas, municipio de Guacarí (valle). Tesis de Grado. Universidad del Valle, Colombia.
- Lázaro, F., Célia, M., Otto, C. (2012). Evaluation of six empirical evapotranspiration equations – Case study: campos dos Goytacazas. *Revista Brasileira de Meteorología*, 27(3), 272-280.
- Méndez-Espinoza, C., Vallejo-Reyna, M. (2019). Mecanismos de respuesta al estrés abiótico: hacia una perspectiva de las especies forestales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 33-64.
- Mohan, S., Arumugam, N. (1994). Irrigation crop coefficients for lowland rice. *Revista Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands*, 8, 159-176.
- Neira, E., Ramos, L., Razuri, L. (2020). Coeficiente del cultivo (Kc) del arroz a partir de lisímetro de drenaje en La Molina, Lima-Perú. *Idesia*, 38(2), 49-55.
- Ortiz, R., Chile, M. (2020). Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. *Siembra*, 7(1), 70-79.
- Willmott, C., Robeson, S., Matsuura, K. (2012). A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, 32, 2088-2094.



Huertos hortícolas al servicio de la comunidad urbana y rural: una experiencia en el cantón La Maná, subtrópico del Ecuador

Horticultural orchards at the service of the urban and rural community: an experience in the canton La Maná, subtropics of Ecuador

Wellington Pincay-Ronquillo¹, Jonathan López-Bósquez¹, Kleber Espinosa-Cunuhay¹, Christian Alejandro Durán-Mera²,
Moisés Andrés Lozada Caisa¹

¹Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Carrera de Agronomía, La Maná, Ecuador; ²Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Correspondencia para autor: jonathan.lopez9292@utc.edu.ec

Recibido: 25/09/2022. Aceptado: 7/11/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

Con la finalidad de fortalecer el suministro de alimentos básicos para la población del cantón La Maná, se desarrolló el proyecto de huertos hortícolas en siete comunidades urbanas y cuatro rurales del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Con la participación de 25 estudiantes de la carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi (extensión La Maná), se intervino en el diseño, instalación y manejo de huertos hortícolas en 11 localidades. Como producto del proyecto, en las localidades participantes, se logró que las familias implementen huertos hortícolas en sus hogares, incrementado la disponibilidad inmediata de alimentos básicos para el consumo familiar. Como producto del proyecto, en las localidades participantes, se logró que a nivel urbano y rural la aceptación de los huertos hortícola se dio en igual proporción. Sin embargo, cerca del 100% de los hombres de la zona rural está dispuesto a colaborar en actividades hortícolas, situación contraria situación contraria que se observó a nivel urbano. Por otro lado, sin considerar el género, hubo un mayor interés en la producción de hortalizas a nivel rural con respecto a la zona urbana.

Palabras clave: Agricultura, huerto, hortalizas, comunidad, La Maná

Abstract

To strengthen the supply of basic food for the population in the canton La Maná, the horticultural orchards project was developed in urban and rural communities in the canton La Maná, Cotopaxi province, Ecuador. With the participation of 25 Agronomy students from the Universidad Técnica de Cotopaxi (La Maná extension), the intervention was made in the design, installation, and management of horticultural orchards in 11 localities. As a product of the project, in the participating communities, families were able to implement horticultural orchards in their homes, increasing the immediate availability of basic foods for family consumption. As a product of the project, in the participating localities, it was achieved that at the urban and rural level the acceptance of the horticultural orchards was given in equal proportion. However, close to 100% of men in rural areas are willing to collaborate in horticultural activities, a contrary situation that was observed at the urban level. On the other hand, regardless of gender, there was greater interest in the production of vegetables at the rural level with respect to the urban area.

Key words: Agriculture, orchard, vegetables, community, La Maná

Introducción

En la actualidad, la alimentación es impactada por diferentes patrones productivos, siendo estos la globalización y la urbanización, debido a esto la acogida de alimentos y estándares de consumos han variado logrando ver cambios muy radicales en su preferencia por alimentos altos en grasa y azúcar todo estos procesados y derivados de la agricultura mecanizada generando estos impactos negativos en la salud de los consumidores, es por esto que es de suma importancia aprender a implementar huertos hortícolas debido a que aquellos tienen la capacidad de producir alimentos sanos y saludables de forma sostenible y a pequeña escala.

Por consiguiente, se debería profundizar más en las ventajas de la agricultura familiar tradicional y valorar qué aspectos de la misma se deberían conservar, debido a que las familias agrarias abandonaron sus costumbres tradicionales para adquirir una mentalidad netamente de mercado y de búsqueda de plusvalías (Ferrás *et al.*, 2007). En el Cantón La Maná la economía de las familias se ve realmente afectada por el aumento de los costos de los alimentos básicos, la crisis económica por los efectos de la invasión a Ucrania en los precios de las materias primas, en particular los alimentos, la inflación se mantendrá elevada. Por otro lado, de mantenerse los niveles actuales de volatilidad cambiaria y la tendencia a la apreciación del dólar en los mercados internacionales, el costo de los bienes e insumos importados seguirá creciendo y, con ello, la inflación de la economía ecuatoriana perjudica a las familias de bajos recursos de los sectores urbanos y rurales (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2022).

Los huertos familiares son sistemas diversificados y muy productivos trabajados por la unidad familiar, donde las mujeres y hombres participan intensamente, por lo que el proyecto fue dirigido especialmente para ellos enfoca Rebollar *et al.* (2008) y según Rivera *et al.* (2022) es un recurso efectivo para fomentar los educandos una actitud proambiental y habilidades para la producción de alimentos. Menciona Benalcazar (2009) que la importancia social del hortalizas en general radica en los elevados requerimientos de mano de obra que demanda su proceso productivo, indicando Borbor *et al.* (2016) que son pequeños centros de producción rural diversificada generalmente con menos de una ha y la familia complementa su sostenimiento con diversas actividades económicas.

Por tal motivo la carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, ejecutó el proyecto de huertos hortícolas en siete comunidades urbanas y cuatro rurales del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, Ecuador, buscando incrementar la variedad y disponibilidad de especies vegetales hortícolas, asegurando la alimentación de colectivos, familias e individuos, eligiendo la forma de producir e intercambiar las hortalizas.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, situado en el subtrópico del Ecuador, con una ubicación geográfica de 0° 59' 11" S, Longitud y de 70° 10' 51" W. Latitud, que colinda al norte con la reserva Biológica los Illinizas y al sur con el cantón Valencia (Figura 1). De acuerdo con la estación meteorología del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, Ecuador), la temperatura promedio es de 23.15°C, y una precipitación media anual de 242.14 mm.



Figura 1. Ubicación del trabajo desarrollado en Sudamérica en la zona subtropical del Ecuador, Cantón La Maná (Muñoz, 2017).

El proyecto fue desarrollado y replicado en once localidades, siete urbanas y cuatro rurales (Cuadro 1). El estudio fue de descriptivo, no experimental y finalmente analizar e interpretar sistemáticamente las 11 localidades, con la aplicación de la encuesta a una muestra (142 integrantes) del total de integrantes de las localidades (220 integrantes). Zona, género, edad, interés por los huertos hortícolas, especies de hortalizas prefiere (rábano, lechuga, pimiento, tomate, pepino, cebollín, entre otras) labores culturales (preparación del terreno a cosecha), usos de las especies de hortalizas (consumo familiar, comercialización). Información a partir de una muestra aleatoria simple, teniendo en consideración que para establecer el tamaño de muestra se realizó un listado de los integrantes de cada localidad, se registró a las familias que poseen huertos para obtener la población (N) y a partir de este dato se calculó la muestra mediante la siguiente fórmula (Aguilar, 2005).

$$n = \frac{N}{e^2(N-1)+1}$$

$$n = \frac{220}{0,05^2(220-1)+1}$$

$$n = 142$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

e² = error de estimación

Cuadro 1. Parroquias, comunidades y beneficiarios por los huertos hortícolas de los participantes a nivel urbano y rural en el proyecto de huertos hortícolas implementado en el cantón La Maná - Ecuador

Parroquias	Localidades	Beneficiarios
Urbanas		
El Carmen	Angueta Moreno	20
La Mana	La Esmeralda	20
	Nuevos Horizontes	20
	Los Rosales	20
El Triunfo	Toquillal	20
	26 De Octubre	20
	El Triunfo	20
Rurales		
Guasaganda	La Josefina	20
	Centro	20
	Juan Cobo	20
Pucayacu	Pucayacu	20

Resultados y discusión

Mediante el Cuadro 2, se evidencia que en ambas zonas (urbanas y rurales) el interés por los huertos hortícolas es dominado por las mujeres al igual que el género que predomina en este proyecto cabe mencionar que el promedio de edad en ambos géneros es la etapa de la adultez (40-55 años) muy cercana a la etapa de persona mayor (60 años) en los hombres, por lo cual con total seguridad se demuestra el compromiso de las personas adultas en mejorar su calidad de alimentación teniendo como alternativa la disponibilidad de hortalizas y a su vez reduciendo los costos mediante la producción de sus propios huertos hortícolas, en este mismo sentido en una investigación realizada en México por Toral *et al.* (2016), acerca de la práctica de la horticultura periurbana se muestra que los participantes en el proyecto alrededor del 48.2% son hombres y el 51.8% mujeres, lo que indica que los proyectos enfocados a huertos hortícolas, son inclusivos, pudiendo ser integrados por hombres y mujeres que requieren del

conocimiento puesto en práctica para el autoconsumo familiar como primer fin y el excedente pudiendo ser comercializado.

Según lo expuesto en el Cuadro 3, las hortalizas cultivadas podemos deducir que tanto en la zona urbana y rural, se eligió mayormente a las especies hortícolas como; pepino, pimiento, tomate, rábano y lechuga, esto debido a que los participantes consideran de gran utilidad y de mayor consumo en sus hogares en este contexto Luna y Delgado (2014), sostienen que el tomate, es una fuente importante de licopeno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos, cuyo consumo está relacionado con sus propiedades anticancerígenas, por su parte Figueroa *et al.*, (2015) sustentan que el pimiento, es rico en vitamina C por su concentración alta de ácido ascórbico y su alta capacidad antioxidante, el pepino para Rodríguez y Girón (2021) entre las propiedades nutritivas tiene especial importancia su elevado contenido en ácido ascórbico y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B. Por otra parte, cabe resaltar que se cultivó mayor cantidad de hortalizas en la zona rural debido a la disponibilidad de espacios aptos para el desarrollo de hortalizas como suelos cultivables.

En el Cuadro 4, se observa que las labores culturales consideradas de mayor fuerza fueron las escogidas por los hombres siendo estas: preparación del terreno, deshierbe, aporque, fertilización y cosecha, las demás actividades como el tutorado, riego y monitoreo fueron realizadas por las mujeres, siendo un gran aporte de ambas partes para poder obtener la producción esperada en los huertos implementados, aunque las mujeres fueron las que mayor horas dedicaron a este trabajo, los hombres facilitaron las labores más arduas, consecuentemente Larrubia Vargas *et al.* (2020), menciona que para lograr tener éxito en la implementación de un huerto es muy importante la planificación valorando las posibilidades que este ofrece y adaptando su diseño al entorno, mismos que fueron efectuados en este proyecto hortícola, de la misma forma Sánchez *et al.* (2015) las prácticas agrícolas deben darse según las actividades propias del cultivo, es decir, se debe mantener un control para el buen desarrollo de los huertos hortícolas, por otra parte Corrales *et al.* (2018) enfoca que para evitar el uso de pesticidas tóxicos en los huertos existen sustancias naturales como alternativa dentro de un plan de manejo integrado de huertos hortícolas.

Cuadro 2. Género, edad e interés por los huertos hortícolas de los participantes a nivel urbano y rural en el proyecto de huertos hortícolas implementado en el cantón La Maná - Ecuador

Zona	Género		Promedio de edad (años)		Interés por los huertos hortícolas	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Urbana	22 (35)	40 (62) *	52	40	7 (32)	28 (70)
Rural	38 (48)	42 (53)	55	48	25 (40)	41 (95)
Total	60	82	54	44	32	69

* Valores dentro del paréntesis representan porcentajes

Mediante el Cuadro 5, expuesto podemos observar que en ambas zonas el consumo familiar fue el de mayor aprovechamiento en los participantes en el huerto, siendo este mismo el objetivo principal de este proyecto, también podemos ver que su producción se utilizó para la venta esto principalmente en la zona rural, la misma que en el Cuadro 3 nos demuestra que fue la zona con mayor cantidad de especies cultivadas debido a su disponibilidad de espacio, por aquello podemos decir con certeza que los huertos hortícolas son de gran ayuda para las familias tanto en el ámbito de consumo como en el aporte de ingreso, en el mismo sentir Yáñez y Deichler (2018), menciona que los huertos hortícolas deben ser evaluados más allá de su rentabilidad económica o su capacidad de procurar la suficiencia alimentaria de las familias, es decir, tiene que ser algo más valorado por las personas, debido que con el tiempo estas costumbres se pierden y se puede profundizar en los métodos participativos que nos sirvan como herramientas para trabajar, caracterizar y capacitar a las comunidades urbanas y rurales, por otra parte Rico y Rico (2014), nos indica que el suelo es de gran relevancia para la producción y el sostenimiento de sistemas productivos, es por

esto que podemos deducir que en las zonas rurales debido a la fertilidad de sus suelos por las prácticas agrícolas constantes se logró obtener mayor producción debido a que sus suelos están mejor preparados para el desarrollo y producción de cualquier hortaliza.

Conclusiones

La realización de los huertos hortícolas una experiencia al servicio de la comunidad urbana y rural en el Cantón La Maná, representó un gran paso de inclusión a la agricultura hortícola en cada una de las localidades. Como producto del proyecto, en las localidades participantes, se logró que a nivel urbano y rural la aceptación de los huertos hortícola se dio en igual proporción. Sin embargo cerca del 100% de los hombres de la zona rural está dispuesto a colaborar en actividades hortícolas, situación contraria situación contraria que se observó a nivel urbano. Por otro lado, sin considerar el género, hubo un mayor interés en la producción de hortalizas a nivel rural con respecto a la zona urbana.

Cuadro 3. Especies de hortalizas cultivadas por los participantes a nivel urbano y rural en el proyecto de huertos hortícolas implementado en el cantón La Maná - Ecuador

Especies de hortalizas	Zona	
	Urbana	Rural
Papa china	0 (0)*	2 (3)
Melón Sandía	20 (32)	50 (63)
Pepino	50 (81)	70 (88)
Fréjol	20 (32)	50 (63)
Haba	10 (16)	30 (38)
Pimiento	55 (89)	76 (95)
Tomate	58 (94)	79 (99)
Cebolla	20 (32)	35 (44)
Col de brúcelas	10 (16)	15 (19)
Brócoli	10 (13)	17 (21)
Rábano	57 (92)	65 (81)
Coliflor	5 (8)	15 (19)
Ápio	4 (6)	10 (13)
Espinaca	28 (45)	45 (56)
Remolacha	18 (29)	30 (38)
Alcachofa	14 (23)	26 (33)
Lechuga	49 (79)	69 (86)
Zanahoria	33 (53)	55 (69)
Total	461	739

*valores dentro del paréntesis representan porcentajes

Cuadro 4. Labores culturales, género encargado de la ejecución y horas dedicadas a la actividad por ciclo de aprovechamiento del huerto en el proyecto de huertos hortícolas implementado en el cantón La Maná - Ecuador

Labor cultural	Género encargado de la ejecución		Horas dedicadas por ciclo de aprovechamiento (8 m ²)
	Hombre	Mujer	
Preparación del terreno	100*	13	3 (5)**
Deshierbe	90	21	10 (16)
Aporque	74	40	5 (8)
Tutorado	48	96	3 (5)
Riego	37	73	15 (24)
Fertilización	79	26	5 (8)
Monitoreo	58	83	20 (32)
Cosecha	97	100	2 (2)
Total de horas dedicadas por ciclo de aprovechamiento			63

*valores representan porcentaje de participantes hombres (n = 62) y mujeres (n = 80) que prefieren una determinada labor cultural. **valores dentro del paréntesis representan porcentajes.

Cuadro 5. Servicios (consumo familiar, venta) de las especies de hortalizas cultivadas por los participantes a nivel urbano y rural en el proyecto de huertos hortícolas implementado en el cantón La Maná - Ecuador

Especies de hortalizas	Zona			
	Urbana		Rural	
	Consumo familiar	Venta	Consumo familiar	Venta
Papa china	0	0	100	0
Melón Sandía	94	6	63	38
Pepino	95	5	69	31
Fréjol	98	2	98	3
Haba	94	6	94	6
Pimiento	97	3	74	26
Tomate	92	8	66	34
Cebolla	98	2	95	5
Col de brúcelas	94	6	94	6
Brócoli	95	5	99	1
Rábano	97	3	64	36
Coliflor	94	6	80	20
Ápio	95	5	84	16
Espinaca	92	8	86	14
Remolacha	97	3	94	6
Alcachofa	98	2	95	5
Lechuga	100	0	73	28
Zanahoria	97	3	86	14

*valores representan porcentaje de participantes de la zona urbana (n = 62) y rural (n = 80) que prefieren como servicio de las especies de hortalizas cultivadas el consumo familiar o la venta

Agradecimientos

Al proyecto de investigación de interés social de la carrera de Agronomía-UTC La Maná “Fortalecimiento de la producción hortofrutícola con enfoque agroecológico en el cantón La Maná”. También se agradece a los sectores sociales por permitir realizar los estudios en sus comunidades.

Bibliografía

- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco, 338 p.
- Benalcázar, L. (2009). Plan estratégico para la entrega domiciliaria de productos orgánicos en un sector de la ciudad de Quito. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Borbor, M., Mercado, W., Soplín, H., & Blas, R. (2016). Importancia de los huertos familiares en la estrategia de diversificación del ingreso y en la conservación in situ de *Pouteria lucuma*. Ecología Aplicada, 15(2), 179-187
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2022). Estudio económico de América Latina y el Caribe. Santiago: Naciones Unidas.
- Corrales, J., Rodríguez, A., Villalobos, M., Keylor, Hernández, S., & Alvarado, O. (2018). Evaluación de tres extractos naturales contra *Bemisia tabaci* en el cultivo del melón. Agronomía Costarricense, 42(2), 93-106
- Figueroa, I., Martínez, M., Rodríguez, J., Cruz, O., Beryl, M., Valle, S., & Ramírez, S. (2015). Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.). Interciencia, 40(10), 696-703
- García, H., Valdez, C., Servín, V., Murillo, A., Rueda, P., Salazar, S., & Vázquez, V. T. (2009). Manejo de plagas en la producción de hortalizas orgánicas. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10, 15-28.
- Hernández, L. (2006). La agricultura urbana y caracterización de sus sistemas productivos y sociales, como vía para la seguridad alimentaria en nuestras ciudades. Cultivos tropicales, 27(2), 13-25.
- Larrubia Vargas, R., Natera Rivas, J. J., & Carruana Herrera, D. (2020). Los huertos urbanos como estrategia de transición urbana hacia la sostenibilidad en la ciudad de Málaga.
- Luna, G., & Delgado, A. (2014). Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Avances en Investigación Agropecuaria, 18(1), 51-66.
- Moreno, P. (2005). El profesorado de Educación Física y las competencias básicas en TIC en el desarrollo de su actividad profesional. En P. Moreno, El profesorado de Educación Física y las competencias básicas en TIC en el desarrollo de su actividad profesional. Tachira-Venezuela.
- Muñoz, A. (2017). Plan Integral de Seguridad del agua de la provincia de Los Ríos y su área de influencia. Quevedo.
- Rebollar, S., Santos, V., Tapia, N., & Pérez, C. (2008). Huertos familiares una experiencia en Chanchah. Polibotánica, 25, 135-154.
- Rico, F., & Rico, H. (2014). El uso del suelo, ¿Un problema de capacidad productiva y de políticas públicas? Revista Logos, Cinecia & Tecnología, 5(2), 213-231.
- Rivera, J., Baños, M., Moreno, G., Espinosa, D., Luna, A., Jiménez, R., & González, N. (2022). El huerto ecopónico: un recurso efectivo para fomentar en los estudiantes una actitud proambiental y educación alimentaria. Ciencia Latina Revista Multidisciplinar, 6(1), 1589.
- Rodríguez, P., & Girón, J. (2021). Producción ecológica de pepino (*cucumis sativus* L.) en las condiciones edafoclimáticas del III frente. Ciencia en su PC, 1(2), 71-81.
- Sánchez, J., Argumedo, A., Álvarez, J., Méndez, E., & Ortiz, B. (2015). Conocimiento tradicional en prácticas agrícolas en el sistema del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla. Agricultura, sociedad y desarrollo, 12(2), 237-254.
- Toral, M., López, C., & Gallardo, F. (2016). Factores que influyen en la práctica de la horticultura periurbana: caso de una ciudad en el estado de Veracruz, México. Estudios Sociales, 24(47), 206-228.
- Yáñez, A., & Deichler, C. (2018). Los huertos obreros y la agricultura familiar. Santiago de Chile: 1930-1945. Mundo Agrario, 19(42), e095.
- Yong, A. (2004). Técnicas de formación y manejo del rosal. Cultivos Tropicales, 25(4), 53-60.



Recursos genéticos de cacao tipo Nacional en Ecuador: una revisión sistemática

Genetic resources of cacao Nacional type in Ecuador: a systematic review

Lady Sornoza Vélez¹, Leidy Valencia Carreño¹, Liliana Corozo-Quiñónez¹, Fernando Sánchez Mora¹, Carlos Salas-Macías¹, Geover Peña Monserrate²

¹Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Km 15 vía Portoviejo-Santa Ana, Lodana, Ecuador.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Portoviejo,

Correspondencia para autor: liliana.corozo@utm.edu.ec

Recibido: 11/08/2022. Aceptado: 07/11/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

Con la finalidad de recopilar información relacionada al cacao tipo Nacional, la siguiente revisión aborda i) importancia del cacao en Ecuador, ii) bancos de germoplasma y caracterización de genotipos del cacao tipo Nacional, iii) principales zonas de producción y iv) materiales recomendados para las diferentes zonas de producción. Se realizó una búsqueda sistemática de literatura desde 1937 hasta 2022 en bases de datos científicas, como Scopus, Scielo, Redalyc, Latindex. Además, se recopilaron documentos en repositorios de universidades e institutos de investigación nacionales e internacionales. Para el análisis de la información se realizaron estadísticas descriptivas y multivariantes. La revisión sistemática realizada permite concluir que: i) los recursos genéticos de este tipo de cacao son muy importantes para el sector cacaotero, ii) las principales variables reportadas como discriminantes fueron: número y peso de semillas y menos del 50% de las accesiones han sido caracterizadas genéticamente iii) las principales provincias productoras de cacao tipo Nacional en Ecuador son Manabí, Guayas, Los Ríos y Esmeraldas y iv) los clones INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 (con 2.5 y 2.0 t ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente) han reportado rendimientos superiores al clon CCN51. La presente revisión pretende concientizar al sector cacaotero y consumidor sobre la importancia de mantener este importante recurso genético.

Palabras clave: germoplasma; clones; cacao arriba

Abstract

In order to compile information related to Nacional type cocoa, the following review addresses i) importance of cocoa in Ecuador, ii) germplasm banks and characterization of Nacional type cocoa genotypes, iii) main production areas and iv) recommended materials for the different production areas. A systematic literature search was conducted from 1937 to 2022 in scientific databases such as Scopus, Scielo, Redalyc, Latindex. In addition, documents were collected in repositories of national and international universities and research institutes. Descriptive and multivariate statistics were used to analyze the information. The systematic review carried out allows concluding that: i) the genetic resources of this type of cocoa are very important for the cocoa sector, ii) the main variables reported as discriminant were: number and weight of seeds and less than 50% of the accessions have been genetically characterized iii) the main producing provinces of Nacional type cocoa in Ecuador are Manabí, Guayas, Los Ríos and Esmeraldas and iv) the clones INIAP-EETP-800 and INIAP-EETP-801, with 2.5 and 2.0 t ha⁻¹ year⁻¹ respectively, have reported higher yields than clone CCN51. This review aims to raise awareness among the cocoa sector and consumers about the importance of maintaining this important genetic resource.

Keywords: germplasm; clones; cocoa above

Introducción

Los recursos genéticos vegetales representan la fuente primaria utilizada para el desarrollo de nuevas variedades con características de interés comercial, por ejemplo, variedades más productivas, adaptadas a condiciones climáticas adversas (estrés abióticos) y con mayor resistencia a plagas y enfermedades (estrés bióticos) (Vasconcelos *et al.*, 2005). Estos recursos tienen una función cada vez más importante en la seguridad alimentaria y en el desarrollo económico mundial y junto con las especies silvestres relacionadas, representan el depósito de variabilidad genética potencial para los programas de mejoramiento genético de plantas cultivadas que aseguran el medio de subsistencia de una gran proporción de mujeres y hombres que dependen de la agricultura (FAO, 2019).

En Ecuador, el estado los recursos genéticos, representa una base fundamental para la toma de decisiones políticas y de investigación por parte de las autoridades del país, y alberga la gran diversidad biológica presente en el territorio nacional para su uso y conservación (INIAP, 2008). Uno de los cultivos de mayor interés en el país es el cacao (*Theobroma cacao* L.), especie alógama, cultivada comercialmente por pequeños agricultores en los trópicos húmedos (Argout *et al.*, 2010; Dantas & Guerra, 2010; Durango *et al.*, 2019; Motamayor *et al.*, 2002), y que también, contribuye significativamente a la economía de muchas regiones del mundo, incluyendo países de África Occidental, Asia, América del Sur y Central y el Caribe (FAO, 2018).

El cultivo de cacao fue domesticado en América Central en tiempos precolombinos y los indios nativos lo consideraban de origen divino. Por ello, en 1753 Linneo designó su nombre científico, *Theobroma*, que significa alimento de los dioses (Bekele & Phillips-Mora, 2019). En Ecuador en los últimos años, varias investigaciones han centrado su atención al origen de la domesticación y dispersión del cacao Nacional Fino de Aroma, considerada en la actualidad una variedad representativa de la costa ecuatoriana (Coe, 2020; Lanaud *et al.*, 2012; Looor-Solorzano *et al.*, 2012; Motamayor *et al.*, 2002). Demostrando que dicha variedad tiene una larga historia de cultivo en la alta Amazonía (Zarrillo *et al.*, 2018).

De acuerdo con Looor-Solorzano *et al.* (2012), el cacao silvestre sobrevivió a la última era glacial en remanentes de bosque tropical en los Andes orientales en el sur de Colombia, Ecuador y el norte del Perú. Posteriormente, desde este refugio se extendieron al resto de la Amazonía, Centroamérica y Mesoamérica.

En Ecuador, la variedad autóctona Nacional fue la única que se plantó a principios de la década de 1890. El cultivo comenzó comercialmente en los tramos bajos del Río Guayas y se extendió hacia arriba, hasta las orillas de sus afluentes: los ríos Daule y Babahoyo. Como resultado, el grano de cacao ganó el pseudónimo de “Arriba” en el mercado internacional, que está relacionado a su lugar de origen. La variedad que le da origen a este cacao se conoce como nacional y, botánicamente,

es miembro del grupo de plantas conocidas como forasteros amazónicos (Looor Solorzano *et al.*, 2012; Quingaísa & Riveros, 2007; Rosero, 2002). El tipo Nacional es una de las más antiguas poblaciones cultivadas comercialmente y fundamentalmente se encuentran en las regiones costeras del Ecuador, al oeste de los andes.

Para el año 2020, en Ecuador, se estimó una producción de 327,903 toneladas de cacao en grano. Aumentando su producción en aproximadamente un 15.6% con un rendimiento de 621.8 kg ha⁻¹ y un total de área cosechada de 527,347 ha⁻¹ lo cual “representa tan solo 5% de la producción mundial, sin embargo, en ese porcentaje se encuentra el 70% de la producción mundial de cacao fino de aroma” (FAOSTAT, 2021). El hecho de que Ecuador ocupe el primer lugar en calidad de cacao es particularmente notable porque también produce chocolate con un fuerte aroma además del cacao fino. Este doble significado lo eleva a la cima, de acuerdo con los chocolateros internacionales más respetados (FAO, 2020).

El cacao cuenta con una gran diversidad genética y esta comprende un conjunto de poblaciones silvestres y domesticadas, con distinto origen genético y grado de evolución, así mismo esta diversidad genética juega un papel importante para la conservación de germoplasma nativo y mejorado y la utilización de estos últimos con fines de propagación clonal (Bekele & Phillips-Mora, 2019). Históricamente, el cacao se ha dividido en dos grandes grupos genéticos llamados “Criollo” y “Forastero” basados en características físicas y orígenes geográficos. Se han identificado los híbridos “Criollo” X “Forastero” que conforman el tercer grupo, conocido como “Trinitario” (Herrera-García *et al.*, 2015).

Los botánicos identificaron simultáneamente dos subespecies: *cacao* y *sphaeorocarpum*, también conocidos como “Criollo” y “Forastero”, que algunos escritores afirman que se originaron en Centro y Sur América, respectivamente. Según algunos escritores, “Criollo” y “Trinitario” son más apropiadamente considerados como cultivares tradicionales que como agrupaciones genéticas. Sin embargo, de acuerdo con la clasificación de Motamayor *et al.* (2008), se identificaron diez genotipos: “Amelonado, Contamana, Criollo, Curaray, Guiana, Iquitos, Marañón, Nacional, Nanay y Purús, luego de evaluar 735 individuos provenientes de esta región.

La estrategia de mejoramiento en la mayoría de los países productores de cacao se ha basado en la selección de árboles éliticos y la formación de híbridos (Bekele & Phillips-Mora, 2019; Paulin & Eskes, 1995; Sánchez-Reyes, 2012). Para ello, se han adoptado varias técnicas para la multiplicación de clones a los agricultores, tales como: esquejes enraizados, injertos en árboles adultos en campo e injertos en plantas jóvenes en vivero (Sena *et al.*, 2015). Sin embargo, pese a todo esto, el rendimiento de los materiales mejorados ha estado cuestionado por problemas fitosanitarios como la monilia (*Moniliophthora roreri* (Cif.) (Evans *et al.*, 1978) y escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa* (Stahel

(Phillips-Mora *et al.*, 2006), las cuales pueden ocasionar hasta un 80% de pérdidas en la producción, los cuales requieren cantidades considerables de agrotóxico para su control, afectando la economía de los productores cacaoteros (Quiroz, 2016). Actualmente en Ecuador, “se cultivan algunos tipos de cacao, pero la variedad conocida como Nacional es la más reconocida” por la industria chocolatera, por la calidad de sus granos y su aroma (Dostert *et al.*, 2012; Quingáisa & Riveros, 2007; Rangel-Fajardo *et al.*, 2012). Dicha variedad actualmente está desapareciendo de las huertas tradicionales ecuatorianas debido a varios factores como los son: ineficiente manejo técnico que ha conllevado a bajas producciones, árboles muy viejos, la introducción de genotipos de otros países que ha creado un complejo hoy en día denominado complejo nacional. Sin embargo, esfuerzos través del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) han rescatado genotipos nacionales que reposan en los bancos de germoplasmas de sus estaciones experimentales. Además, varios de estos genotipos han sido liberados en los últimos 30 años nuevamente para el uso en diferentes lugares del país.

Este trabajo es una revisión sistemática de los recursos genéticos de las variedades de cacao tipo Nacional en el Ecuador con la finalidad de informar cuál ha sido el avance científico en el desarrollo de conocimiento del cultivo destacando los principales desafíos y las perspectivas futuras.

Metodología

Para el análisis bibliométrico, en primera instancia se realizó una exploración general en la base de datos SCOPUS, utilizando solo la palabra “cacao” como criterio de búsqueda. Posteriormente, con la finalidad de concentrar información específica sobre “cacao nacional” se buscó coincidencias en títulos, resúmenes y palabras clave de los artículos adscritos a la misma base de datos SCOPUS, utilizando varias rutas para la búsqueda: i) [(“Theobroma cacao” OR “tipo Nacional” OR “tipo Nacional”) AND (“Ecuador”), ii) [(“cacao” OR “fino” OR “aroma”) AND (“caracterización” OR “evaluación”), iii) [(“Ecuador” OR “Equador”) AND “variedades de cacao” OR “cultivares de cacao” OR “tipo Nacional”), iv) [(“Ecuador” OR “Equador”) AND “bancos de germoplasma de cacao” OR “colección de cacao”), v) [(Fine AND Flavour AND Nacional AND Theobroma AND cacao)], vi) [(aroma AND cacao OR cacao AND nacional OR cacao AND arriba)]. Se realizó una búsqueda sistemática de literatura desde 1937 hasta 2022 en las bases de datos científicas, como WoS Scopus, Scielo, Redalyc, Latindex.

La información relacionada con la producción y exportación del cacao fueron tomadas desde el año 2019 de bases de datos nacionales como el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador (INEC), Banco Central del Ecuador, la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACO), el Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (PRO ECUADOR) así como de instituciones

internacionales como la Organización Internacional del Cacao (ICCO). Se consultó el repositorio virtual del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP) y boletines del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para considerar información relacionada con los recursos genéticos del cacao tipo Nacional, variedades recomendadas y condiciones agroclimáticas para cada zona de producción en Ecuador.

Los datos relacionados con los bancos de germoplasma se consideraron de publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), La Base de datos Internacional de Germoplasma de Cacao (ICGD) y la Red Global para los Recursos Genéticos del Cacao (CacaoNet). Para el análisis de la información se utilizó inicialmente estadística descriptiva y luego multivariante. Con la información obtenida de las variables morfológicas discriminantes en diferentes estudios se generó una matriz de datos binarios que fue analizada mediante un análisis canónico (CA). Para la matriz de rendimiento de almendras en clones comerciales de cacao se realizó el análisis clúster (HCA), utilizando la distancia euclidiana y el método de agrupamiento UPGMA. Los análisis estadísticos fueron realizados en el programa R versión 4.2 (R Core Team, 2021).

Desarrollo

El cacao es una especie tropical de gran importancia para la economía de varios países del mundo. En el continente africano se produce el 73% del cacao, siendo su área sembrada un 64% del total. “Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Nigeria” son los principales países productores. En América, se produce un 17% del cacao mundial, produciéndose mayormente en seis países (Belice, Brasil, Costa Rica, Ecuador, México y Perú). El restante 10% se produce en Asia (Sulawesi y Sumatra Central los de mayor producción) (FAOSTAT, 2021; Fountain & Huetz-Adams, 2020). El cultivo del cacao es una tradición de larga data en varios países de América Latina y el Caribe (ALC), ya que ha sido un importante motor económico desde la época colonial cuando se producía para la exportación. Además de sus ventajas económicas, el cacao es visto como una posible solución para combatir los efectos del cambio climático y sustituir las prácticas agrícolas ilícitas (Durango *et al.*, 2019)

El sondeo inicial sobre investigaciones en torno a la temática “cacao”, dio como resultado un total de 12,548 artículos publicados entre 1837 y 2022, observando que el 83.97 % de estos se realizaron a partir del año 2000 y el mayor número de publicaciones se dio lugar en el 2012 (650) y en el 2013 (635). Adicionalmente, fue posible establecer que poco más del 57% de las publicaciones fueron realizadas por instituciones ubicadas en Estados Unidos, Estados Unidos, Brasil, Reino Unido, Alemania, Guyana Francesa, Francia, España, Italia, Indonesia, Ghana. En este aspecto, Ecuador se encuentra en el número 24 de países que han publicado

sus investigaciones en revistas adscritas a la base de datos SCOPUS.

Una búsqueda más específica sobre publicaciones realizadas en torno al “cacao nacional” demostró que existen 255 artículos publicados en el periodo comprendido entre 1938 y 2022. Mediante la información de las afiliaciones institucionales se pudo mapear la distribución geográfica de las publicaciones. Los países que cuentan con mayor aporte bibliográfico en el tema cacao Nacional, en orden descendente, son: Ecuador, Francia, Estados Unidos, Venezuela, Colombia, México, Alemania, España, Bélgica y Perú que en conjunto logran poco más del 71.28 % de las publicaciones realizadas durante el periodo en estudio (Figura 1).

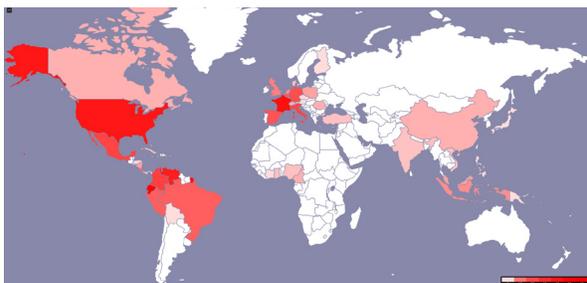


Figura 1. Ubicación de instituciones y afiliaciones de autores de 255 publicaciones en la base de datos SCOPUS sobre Cacao Nacional.

Importancia del cacao en Ecuador

En Ecuador, el cacao tiene importancia económica como producto de exportación al generar divisas y fuentes de empleo (Abad *et al.*, 2020; CFN, 2021). Debido a sus condiciones geográficas y riqueza en recursos biológicos, es el principal productor mundial de cacao fino y de aroma, que representa el 63 por ciento de la producción mundial. Los mayores fabricantes de chocolate eligen este tipo de cacao debido a su aroma y sabor distintivo (Anecacao, 2021). Por su excelente calidad, delicado aroma floral y exquisito sabor “Arriba”, la producción de granos de cacao ha sido una actividad históricamente significativa y económicamente significativa para varias regiones de la costa ecuatoriana (Acebo, 2016). Como resultado, la producción de granos de cacao se ha vuelto cada vez más significativa (Mazeira, 2013).

Ecuador es un actor importante en el mercado mundial del cacao; según datos de la Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2022), “el precio promedio del cacao en el mes de agosto de 2021 fue de \$ 2,4843 USD ton⁻¹”. Dos categorías de cacao en gránulos se venden a escala global: “cacao fino” o “de aroma” y “cacao común” o “al granel”, considerándose como tal al primer productor de cacao fino (CFN, 2021). La demanda de cacao ecuatoriano está aumentando en países como “Indonesia y Malasia”, pero desde 2020, las ventas en “Estados Unidos se han ido recuperando. Como resultado, las exportaciones aumentaron un 11% en 2021 de 91,821 a 101,605 toneladas”. El aumento en términos económicos es de

\$223.3 millones a \$262.5 millones. En medio de la pandemia, en 2020, las ventas comerciales alcanzaron las 345,000 toneladas, que fue el nivel más alto en los últimos cinco años (Anecacao, 2020). “Según la Encuesta de Producción Agropecuaria Superficial y Continua (INEC, 2021)”, “Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y Santo Domingo” de los Tsáchilas fueron las principales provincias productoras de Ecuador, con 590,579 hectáreas de cacao plantadas a escala nacional. Aproximadamente el 80% de la producción del país se concentra en estas cinco provincias (Figura 2).

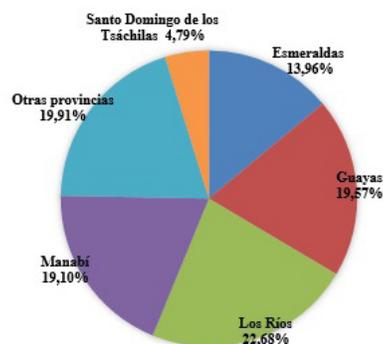


Figura 2. “Participación en la superficie plantada total de cacao en Ecuador. Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua - ESPAC 2020”.

El cacao ha tenido un rol importante en la economía e historia ecuatoriana y junto al banano, camarón y el petróleo constituyen la tríada más importante de productos primarios de exportación, elementos claves para la articulación del Ecuador con la economía mundial (Abad *et al.*, 2020).

Bancos de germoplasma y caracterización de genotipos del cacao tipo Nacional

Desde principios del siglo XX, tareas de conservación y recolección de cacao se han realizado en bancos de genes de campo. Sin embargo, las primeras colecciones tuvieron como objetivo primordial, identificar especies útiles (resistentes). Actualmente, las actividades de recolección se han centrado en capturar la diversidad genética en poblaciones geográficamente aisladas (End *et al.*, 2021). Durante las décadas de 1970 y 1980, la Comisión Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (IBPGR), ahora Bioversity International, estableció formalmente un ‘registro de colección’ (IFPRI, 2022). La Unidad de Investigación de Cacao de la Universidad de las Indias Occidentales (CRU/UWI) y el Centro de Investigación y Enseñanza Superior en Agricultura Tropical (CATIE) establecieron acuerdos auspiciados por la FAO para garantizar que el germoplasma designado sea de dominio público, y se almacene de forma segura durante periodos largos de tiempo, de acuerdo con los estándares internacionales y que esté disponible para programas de fitomejoramiento y otros usuarios (Bekele & Phillips-Mora, 2019; End *et al.*, 2021).

Los bancos de germoplasma son centros orientados a

la representación de la variabilidad genética de una especie determinada y se les consideran una herramienta real y concreta para planes de restauración ecológica (Aikpokpodion, 2019), son de vital importancia ya que permiten capturar la máxima diversidad genética, rescatando la agro biodiversidad a través de la recolección, estudio, conservación y potenciación de muestras de plantas cultivadas (Monteros-Altamirano *et al.*, 2018; Priyanka *et al.*, 2021).

Para muchas especies, el germoplasma puede almacenarse en forma de semillas secas y a baja temperatura (almacenamiento “ortodoxo” de semillas). Pero las semillas de cacao son recalcitrantes, es decir, que normalmente germinan en cuanto se sacan de la vaina y no pueden sobrevivir al proceso de secado y/o al almacenamiento a baja temperatura. Por lo tanto, el germoplasma del cacao tiene que conservarse de manera *ex situ*, como árboles vivos en bancos de genes de campo, como tejidos o embriones *in vitro* y de manera *in situ* en los campos de los agricultores o como poblaciones en áreas protegidas como reservas naturales (Laliberté *et al.*, 2018). “Los bancos de germoplasma de cacao han sido creados a nivel internacional con el fin de proteger variedades nativas y especies silvestres”, además de garantizar la conservación de la biodiversidad y satisfacer las necesidades de la comunidad científica y de los agricultores (Nieves *et al.*, 2019).

A nivel mundial existen bancos pequeños de germoplasma que proporcionan semillas a nivel nacional y local encargados de los recursos genéticos del cacao, de esta misma forma se existen los pertenecientes al Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR)) formado por quince centros sin fines de lucro, presentes principalmente en países en vía de desarrollo, y otros grandes bancos nacionales como los de Australia, Brasil, Canadá, China, Alemania, Holanda, Federación Rusa, Estados Unidos y el Banco Nórdico o el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ubicado en Costa Rica que distribuyen muestras a nivel internacional (CacaoNet, 2022; Van-Alfen, 2014). De acuerdo con End *et al.* (2021) y CacaoNet, (2022) existen más de 24,370 accesiones de cacao de colecciones *ex situ* en el mundo.

En el cuadro 1, se muestran los países y centros de investigación con más de 200 colecciones. El Banco de germoplasma del CATIE, conserva más de 1,146 accesiones (principalmente “Trinitarios” y “Criollos”), y el Banco de germoplasma de la Unidad de Investigación de Cacao (CRU) de la Universidad de las Indias Occidentales (Trinidad y Tobago), conserva más de 2,400 accesiones de cacao, principalmente “Forasteros del Alto Amazona”, “Trinitarios” y “Criollos” (Bekele & Phillips-Mora, 2019; Nieves *et al.*, 2019). En Ecuador, las colecciones de cacao se iniciaron por los años cuarenta del siglo 20, cuando varios investigadores vieron la necesidad de seleccionar material de calidad y resistencia a las enfermedades de Escoba de bruja y Moniliasis (Loor Solorzano *et al.*, 2012). Actualmente el INIAP cuenta

con uno de los principales Bancos de germoplasma de cacao a nivel mundial, con más de 2,000 accesiones de todos los grupos (naturales y artificiales) y colecciones internacionales (introducidas) de otros países, incluyendo material genético peruano colectado de los tributarios del río Ucayali y Marañón (Nieves, 2019). Varias colecciones están caracterizadas molecularmente, mientras que la totalidad de las accesiones están caracterizadas morfológicamente. Se han identificado materiales con resistencias a las principales plagas (Durango *et al.*, 2019).

El Centro de Cacao de Aroma Tenguel (CCAT), es un banco nacional de germoplasma de diversidad de cacao, considerado el segundo más importante en el país con 3,970 accesiones. Esto hace posible la selección de aquellas introducciones de cacao que destacan en términos de productividad y tolerancia a enfermedades (Amores *et al.*, 2009; Durango *et al.*, 2019).

El Programa Nacional de Cacao, establecido por el INIAP en 1940, ha desarrollado clones de tipo Nacional a partir de la selección de las mejores características productivas, adaptabilidad y resistencia a plagas y enfermedades; todo ello a nivel de colecciones, que luego se establecieron en lotes experimentales. Es así como en 1950 se identificaron, inicialmente, seis clones: “EET-19, EET-48, EET-62, EET-95, EET-96 y EET-103”, los cuales fueron liberados en la década del 70, junto con dos clones Trinitarios denominados EET-111 y EET-275, estos dos últimos con la recomendación de ser sembrados en conjunto. Sin embargo, esta recomendación fue posteriormente modificada debido a la eliminación de clones Trinitarios por incompatibilidad en el manejo postcosecha (INIAP, 1983).

Posteriormente, el INIAP adquirió una colección de muestras genéticas en diversas zonas de la costa ecuatoriana. Por ejemplo, “los clones EET-19, EET-95 y EET-103” se recolectaron en la finca Tenguel en la provincia del Guayas, mientras que “los clones EET-48, EET-62 y EET-96” se obtuvieron en la finca Porvenir, en la provincia de Los Ríos; finalmente, los clones de la serie 500 son de la Colección del Centro de Cacao de Aroma Tenguel (CCAT), que salieron al mercado en el año 2000 y tuvieron como indicación considerar las condiciones específicas del área donde se establecería. De esta manera:

- los clones EET-544 y EET-558 son recomendables para la región Peninsular, donde predominan los arcillosos y calcáreos, con una gran luminosidad.
- los clones EET-559, EET-576 y EET-577” fueron entregados a Organizaciones Cacaoteras de la Zona Central como una alternativa de mercado en la industria del chocolate, luego de que se determinara que tenían un aroma distintivo.
- el clon EET-575, que tiene un buen desempeño en Esmeraldas como material de alta adaptabilidad a

zonas de alta precipitación, y que junto con el EET-103 conforma el policlon recomendado para esta zona.

A finales del 2016, se liberarán los clones “INIAP-EETP 800 Aroma Pichilingue e INIAP-EETP-801 Fino Pichilingue, clones de alto rendimiento y fino de aroma” (Quiroz-Vera *et al.*, 2021).

Cuadro 1. Bancos genéticos de cacao (T. cacao) con más de 200 accesiones.

Continen- te	País	Instituto	Año de la colección	# de Accesiones	Sitio web
África	Ghana	CRIG	1943	1,366	http://www.crig.org.gh/#
	Nigeria	CRIN	1948	1,100	https://crin.gov.ng/
	Togo	CRAF	1968	217	https://fertilogo.tg/itra
América	Brazil	CEPEC-CEPLAC	1967	1,302	
		CEPLAC/SUEPA	1965	2,504	
		CEPLAC/SUERO		773	
	Colombia	AGROSAVIA		745	https://www.agrosavia.co/
	Costa Rica	CATIE	1944	1,146	https://www.catie.ac.cr/index.php
	Costa de Marfil	CNRA	1973	1,605	https://cnra.ci/
	Ecuador	INIAP	1940	2,332	http://www.iniap.gob.ec/
	Guyana Francesa	CIRAD	1980	508	https://www.cirad.fr/
	Trinidad y Tobago	CRU/UWI	1982	2400	https://sta.uwi.edu/cru/
		ICT	1999	607	https://www.ict.org.pe/
	Perú	UNAS	1987	422	
	Estados Unidos	USDA	1930	200	https://www.usda.gov/
	Venezuela	INIA	1994	872	
Asia	India	CPCRI	1970	291	https://cpcri.icar.gov.in/
	Indonesia	Bah Lias	1978	305	
	Indonesia	ICCRI	1995	714	https://iccri.net/
Europa	Reino Unido	ICQC,R	1985	400	http://www.icgd.rdg.ac.uk/icqc/about.php
	Malaysia	MCB	1992	2,263	www.koko.gov.my
Oceanía	Papúa Nueva Guinea	CCI	1994	1,200	

Instituto de Investigación de cacao de Ghana (CRIG), Centro de Investigación Agrícola del Sur (CRIG), Comité Ejecutivo del Plan de Cultivos de Cacao (CEPLAC), Instituto Agronómico de Campinas (ICA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNRA), Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAC), Instituto de Investigación de Cultivos de Plantación Central (CPCRI), Instituto de Investigación del Café y Cacao de Indonesia (ICCRI), Junta del Cacao de Malasia (MCB), Instituto de Investigación del Cacao de Nigeria (CRIN), Central Piurana de Cafetaleros (CEPICAFE), Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Centro de Investigación de Horticultura de Chumphon (CHRC), Centro de Investigación Agronómica Zona Forestal (CRAF), Centro Internacional de Cuarentena de Cacao (ICQC,R), Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centre de recherches agricoles Sud Bénin (CRA-SB), Guyana - Mabaruma/Hosororo Organic Cocoa Growers Association (MHOCGA), Bah Lias Research Station, Sumatra, Cocoa and Coconut Institute (CCI), Cocoa Research Unit of the University of the West Indies (CRU/UW)

La investigación tradicional sobre el mejoramiento genético del cacao, basada en la selección clonal han fracasado en la Amazonia ecuatoriana. A pesar de los esfuerzos por difundirla, el impacto ha sido limitado, y actualmente son muy pocas las plantaciones establecidas con estos materiales debido a la falta de aceptación por parte de los productores. La alternativa ha sido fortalecer los procesos de selección participativa en los que los productores y las pequeñas asociaciones juegan un papel importante en la identificación, evaluación y definición de los “árboles notables”. Por ello, se está aprovechando la variabilidad natural presente en las plantaciones y fincas tradicionales, que combinada con el conocimiento de las familias cacaoteras sobre el comportamiento de estos árboles, permite seleccionar materiales de alta calidad con alto potencial productivo para cada zona (Cuadro 2).

A la luz de estas evidencias, varios autores han propuesto listas de descriptores morfológicos para identificar y evaluar germoplasma de cacao. Por ejemplo, IBPGR utiliza 65 descriptores, mientras que Phillips-Mora & Enríquez (1988) proponen una lista de 26 descriptores morfológicos y el CIRAD tiene 24. Los descriptores se han utilizado durante la última década para caracterizar las colecciones en varias instituciones de investigación, incluyendo CATIE, ICGT e ICGD (Bekele & Butler, 2000). A partir de los trabajos de caracterización morfológica revisados para este efecto, se realizó un Biplot-logístico que agrupó las variables que mediante investigaciones resultaron ser discriminantes al momento de utilizarlo como criterio de diferenciación de clones de cacao tipo Nacional. Las variables morfológicas mayormente reportadas como discriminantes en los estudios revisados fueron: número y peso de semillas, mientras que la

forma y color de hoja y color de antocianina en el pedicelo fueron reportadas en pocos trabajos (Figura 3).

Por otra parte, genéticamente, los trabajos científicos revisados reportan marcadores como SSR's, AFLP, RAPD y SNP's, para caracterizar molecularmente los clones Nacionales. Sin embargo, en el 63% de las investigaciones se reportan los SSR's como marcadores importantes para estudiar la diversidad genética de los clones de cacao tipo Nacional. Cabe recalcar que, de acuerdo a el Cuadro 3, menos del 50% de las colecciones tipo Nacional en Ecuador han sido caracterizadas molecularmente.

Características agroclimáticas de las principales zonas de producción

El cacao debe ser cultivado en zonas con condiciones ambientales que les permitan prosperar y desarrollar todo su potencial productivo, con climas cálidos y húmedos con precipitaciones 1600 a 2500 mm al año, así mismo con temperaturas de 15°C y 26°C y altitud de hasta 1200 msnm dependiendo de la latitud del sitio y temperatura (Arvelo *et al.*, 2017).

Los clones del tipo Nacional se pueden cultivar a mayor altitud a medida que se acerque a la línea Equinoccial o Ecuatorial de la Tierra. Sin embargo, considerando la sensibilidad del cacao al viento, especialmente en sistemas de cultivo a cielo abierto, se recomienda para la siembra, zonas sin viento fuertes debido a que vientos mayores a 14 km/h aumentan la pérdida excesiva de agua y caída prematura de las hojas (López-Ulloa *et al.*, 2021; Quiroz-Vera *et al.*, 2021).

Cuadro 2. Nuevas iniciativas de árboles sobresalientes de cacao (*T. cacao*) del complejo Nacional (Quiroz-Vera *et al.*, 2021).

Clon	Descubridor	Origen	Has sembradas	Provincias	Rendimiento
JHV-10	Luis Olmedo León	Milagro	5000	Guayas, Tena, Sucumbíos	+ 2 Ton/ha
Súper árbol	Edwin Sánchez	Joya de los Sachas	1500	Napo, Orellana, Sucumbíos, Sto. Domingo	+ 1 Ton/ha
Martínez 02	Milton Martínez	Arosemena Tola provincia de Napo	320	Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos, Sto. Domingo	+ 1 Ton/ha
Pincay (PMA 12)	Máximo Pincay	Quinindé-Esmeraldas	1000	Esmeraldas, Imbabura, Carchi, Joya de los Sachas	+ 1 Ton/ha

Según Quiroz-Vera *et al.* (2021), para la siembra de cacao se recomiendan suelos fértiles con 2 m de profundidad de texturas medias: franco, franco-limoso, franco-arcilloso (evitar los suelos arenosos), nivel freático mayor a 1.5 m, suelos con pH de 6 a 7, con un mínimo de 3 a 5% de materia orgánica, relación carbono/nitrógeno de 9 y altos contenidos de nutrientes. Mientras que López-Ulloa *et al.* (2021) mencionan que el suelo debe estar libre de metales pesados u otros contaminantes.

A pesar de las generalidades mencionadas, existen particularidades en las “principales provincias productoras de cacao en Ecuador de acuerdo” con MAGAP, (2016), como por ejemplo la máxima precipitación y altas temperaturas en Los Ríos y Guayas respectivamente (Cuadro 4).

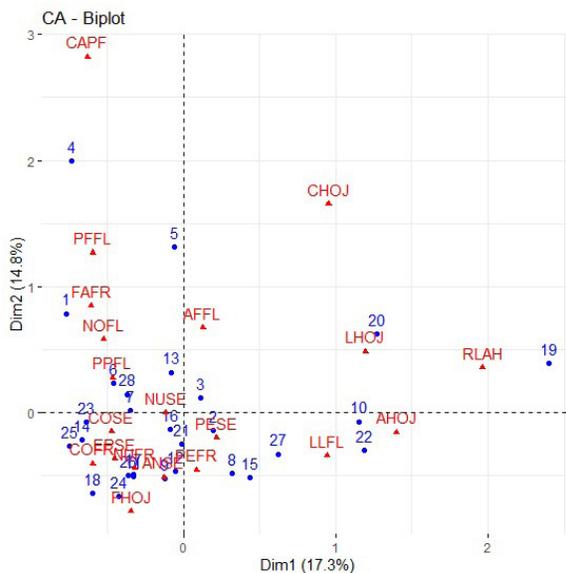


Figura 3. Biplot-logístico para datos binarios relacionados con caracteres morfológicos discriminarias estudiadas en diferentes investigaciones relacionadas al cacao tipo Nacional.

¹Quiroz-Vera (1994); ² Lerceteau *et al.* (1997); ³Quiroz-Vera (2002); ⁴Loor-Solorzano (2002); ⁵Peña-Monserrate (2003); ⁶Calderon-Peña (2004); ⁷Calderon-Peña *et al.* (2006); ⁸Jácome-Vasquez (2018); ⁹Ortiz *et al.* (2018); ¹⁰Quevedo *et al.* (2020); ¹¹Ortega y Jumbo (2017); ¹²Campi-Vera (2013); ¹³Martínez (2017); ¹⁴Ramírez *et al.* (2017); ¹⁵Ballestero-Possu (2011); ¹⁶Montaleza *et al.* (2020); ¹⁷Oliva *et al.* (2021); ¹⁸Ramos *et al.* (2019); ¹⁹Macías y Bravo (2021); ²⁰Mena (2022); ²¹Bartra- Perea (2009); ²²Quiroz (2002); ²³Perez *et al.* (2015); ²⁴Rojas (2020); ²⁵Ramos *et al.* (2004); ²⁶Perez y Friele(2017); ²⁷Tello (2021); ²⁸Montaleza *et al.* (2020)”

Materiales recomendados para las diferentes zonas de producción

Las zonas de producción de cacao en Ecuador son Guayas, Esmeraldas, Manabí, El Oro, Los Ríos, Santo Domingo, Santa Elena, Bolívar, Cañar, Chimborazo, Azuay, Pichincha, Loja, Imbabura, Orellana, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe,

Morona Santiago; en las cuales se siembran determinadas variedades de cacao (Barrera *et al.*, 2019; Quiroz-Vera *et al.* (2021); Quiroz, 2000). Algunas variedades recomendadas de cacao sembradas en las diferentes provincias del Ecuador provienen de los clones de los materiales de cacao tradicionalmente conocidos y sembrados en fincas de productores. En la tabla 5 se detallan los materiales recomendados en las zonas productoras de acuerdo con los ensayos de interacción genotipo x ambiente desarrollados por el INIAP. Es de resaltar que los clones fueron liberados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Todos los materiales de siembra recomendados en las diferentes provincias tienen la característica de ser tolerantes a las enfermedades más conocidas del cacao que son la escoba de bruja, monilla y el mal del machete. Sin embargo, los clones que recientemente fueron liberados (Aroma Pichilingue EETP-800 y fino Pichilingue EETP-801) han sido recomendados por el INIAP por los excelentes rendimientos que presentan. Existe en Ecuador un clon de tipo Trinitario (CCN51) que en promedio produce 1.3 a 1.8 t/ha (García-Briones *et al.* (2021) que se ha expandido por la mayoría de las zonas productoras de cacao de Ecuador (Jaimez *et al.*, 2022); sin embargo, Quiroz-Vera *et al.* (2021) reporta rendimientos superiores en los clones comerciales tipo Nacional EETP 800 – y EETP 801, con 2.5 y 2 t/ha/año respectivamente. Esto competir al cacao tipo Nacional como un cacao de excelente productividad, y podría reducir las sustituciones de estas plantaciones y así evitar la erosión genética en este tipo de cacao exclusivo del Ecuador (Figura 4)

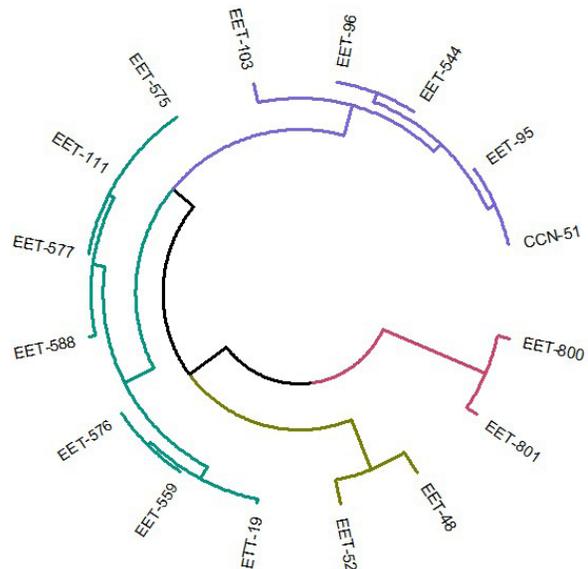


Figura 4. Cluster para datos de rendimientos de clones estudiadas en diferentes investigaciones relacionadas al cacao tipo Nacional.

Cuadro 3. Marcadores moleculares empleados en el estudio de la diversidad genética del cacao tipo Nacional.

Autores	Año	Tipo de marcador	Número de accesiones	Número de marcadores
Jarrín-Escudero	2013	SSRs	44	8
Rosero-Galarraga	2013	SSRs	17	31
Lozada-Vargas	2014	SSRs	400	20
Loor-Solorzano <i>et al</i>	2014	SSRs	308	40
Romero <i>et al</i>	2010	SSRs	41	9
Quiroz-Vera	2002	AFLP	63	7
Rosero <i>et al</i>	2013	SSRs	10	20
Loor-Solorzano	2002	SSRs	37	15
Carranza <i>et al</i>	2020	SNPs	80	96
Zhang <i>et al</i>	2008	SSRs	482	15
Carranza <i>et al</i>	2008	RAPD	20	14
Lerceteau <i>et al</i>	1997	RAPD	60	18
Lerceteau <i>et al</i>	1997	AFLP	60	17
Delgado <i>et al</i>	2003	RAPD	10	9
Loor-Solorzano <i>et al</i>	2009	SSRs	322	40
Motamayor <i>et al</i>	2008	SSRs	952	106

Cuadro 4. Condiciones agroecológicas de las principales provincias productoras de cacao tipo Nacional en Ecuador.

Provincia	Temperatura °C	Precipitación mm	Velocidad del viento km/h	Tipo de suelo	pH	Referencia
Manabí	20 a 32	200 a 2000	9.5 a 16.5	arcillosos, francos arenosos, franco arcilloso, arcilloso arenoso y arcilloso limoso	6-8.6	MAGAP, 2016; Quiroz-Vera <i>et al.</i> 2021; Rodríguez <i>et al.</i> 2010; Vera <i>et al.</i> 2019; Motato-Alarcón & Pincay-Menéndez <i>et al.</i> 2015
Guayas	21 a 40	2321 a 2813	12,3 a 15,4	arcillosos, limosos, de arenisca o de origen volcánico	6.8 y 7.6	MAGAP, 2016; Quiroz-Vera <i>et al.</i> 2021
Los Ríos	21 a 32	2.000 y 4000	8 a 12,0	arcillosa a franco arcilloso, francos limosos	ligeramente ácido y altamente fértiles	MAGAP, 2016; Quiroz-Vera <i>et al.</i> 2021
Esmeraldas	26 a 31	158 a 283	6,5	Franco a franco limoso	6	Guerrero, 2012; MAGAP, 2016; Quiroz-Vera <i>et al.</i> (2021)

Tabla 5. Materiales genéticos recomendados para las principales zonas productoras del Ecuador de acuerdo a Quiroz-Vera *et al.*, (2021)

Provincia	Materiales recomendados	Rendimiento t ha ⁻¹
Guayas	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-544, EET-558, EET-559, EET-576, EET-577, EETP-800, EETP-801”	1.60 a 2.50
Los Ríos	“EET-19, EET-48, EET-62, EET-95, EET-96, EET-103, EET-576, EET-577”	1.60 a 2.5
Esmeraldas	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-575”	1.60 a 2.50
Manabí	“EET-19, EET-48, EET-95, EET-96, EET-103, EET-450, EET-454, EET-575, EET-576, EETP-800, EETP-801”	0.9 a 2.5
El Oro	“EET-19, EET-95, EET-96, EET-103”	0.35 a 0.62
Santo Domingo	“EET-95, EET-96, EET-103”	0.136
Bolívar	“EET-19, EET-96, EET-103, EET-576”	3.5 a 4.0
Santa Elena	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-544, EET-558”	1.3
Cotopaxi	“EET-19, EET-95, EET-96, EET-103, EET-544, EET-575”	0.136 a 0.136
Cañar	“EET-95, EET-96, EET-103”	1.82 a 1.902
Chimborazo	“EET-95, EET-96, EET-103”	1.10 a 1.3
Azuay	“EET-95, EET-96, EET-103”	0.17
Loja	“EET-95, EET-96, EET-103”	
Pichincha	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-800, EETP-801”	2 a 2.5
Imbabura	“EET-96, EET-103”	0.88
Sucumbíos	“EET-95, EET-103, EET-111, EET-576”	0.40
Orellana	“EET-95, EET-103, EET-111, EET-576”	0.32
Napo	“EET-95, EET-103, EET-576”	0.33
Pastaza	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-111”	0.19
Morona Santiago	“EET-19, EET-48, EET-95, EET-96, EET-103, EET-400, EET-576”	0.48
Zamora Chinchipe	“EET-19, EET-48, EET-95, EET-96, EET-103, EET-400, EET-576”	0.66

Principales desafíos y perspectivas futuras de cacao tipo Nacional

El éxito y la sostenibilidad futura del cultivo del cacao tipo Nacional, dependerán en gran medida de la disponibilidad de materiales de plantación mejorados para las próximas generaciones de cacaoteros. Son varios los desafíos que enfrenta el sector, entre los que se incluye: i) involucrar a los pequeños agricultores en los debates relacionados a la importancia de conservar el cacao tipo Nacional, ii) mejorar la resistencia a plagas y enfermedades en este tipo de cacao, iii) realizar otras investigaciones en parámetros de calidad del grano, precocidad, productividad y en la facilidad de establecimiento, iv) ampliar estudios genéticos y caracterización con marcadores moleculares. Los avances en cualquiera de estas áreas serán fundamentales para mejorar los estudios relacionados con los recursos genéticos de esta especie. A pesar de que la situación es bastante compleja por la falta de apoyo al sector por parte de gobiernos seccionales, las perspectivas futuras son lograr que las colecciones sigan aumentando de tamaño, considerando la eliminación de duplicados. De la misma manera, se espera que las colecciones adquieran proporcionalmente más accesiones de parientes silvestres, considerando que las silvestres, suelen ser más

difíciles y costosas de mantener que las accesiones cultivadas. Además, podría ser posible reducir el costo de conservación de las colecciones clonales mediante la criopreservación, y otras tecnologías aun conociendo que estas tecnologías representarán un costo considerable.

Referencias bibliográficas

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 7(7), 59–83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Acebo, M. (2016). Estudios industriales y orientación estratégica para la toma de decisiones para la Industria de cacao. In *Escuela Politécnica del Litoral*. <https://url2.cl/1Ug8n>
- Aikpokpodion, P. (2019). Cocoa Breeding and Genetic Resources Utilization. In P. Aikpokpodion (Ed.), *Theobroma Cacao: Deploying Science for Sustainability of Global Cocoa Economy* (First, pp. 101–103). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73761>

- Amores, F., Agama, J., Francisco, M., Jimenez, J., Loor, G., & Quiroz, J. (2009). Nuevos Clones de Cacao Nacional para la producción bajo riego en la península de Santa Elena. In INIAP - Estación Experimental Pichilingue.
- Anecacao (2021). Cacao Fino de Aroma Ecuatoriano, Calidad insuperable. Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador. <http://www.anecacao.com/index.php/es/inicio.html>
- Argout, X., Salse, J., Aury, J.-M., Guiltinan, M. J., Droc, G., Gouzy, J., Allegre, M., Chaparro, C., Legavre, T., Maximova, S. N., Abrouk, M., Murat, F., Fouet, O., Poulain, J., Ruiz, M., Roguet, Y., Rodier-Goud, M., Fernandes Barbosa-Neto, J., Sabot, F., ... Lanaud, C. (2010). The genome of *Theobroma cacao*. *Nature Publishing Group*, 43(2). <https://doi.org/10.1038/ng.736>
- Arvelo, M. A., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas Latinoamericanas. In Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>
- Barrera, V., Casanova, T., Domínguez, J., Escudero, L., Loor, G., Peña, G., Rarraga, J., Arevalo, J., Tarqui, O., Plaza, L., Sotomayor, I., Zambrano, F., Rodríguez, G., García, C., & Racines, M. (2019). La cadena de valor del cacao en y el bienestar de los productores de la provincia de Manabí-Ecuador. In Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (1st ed.). Libro Técnico No. 171. ARCOIRIS Producciones Gráficas. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5382>
- Bekele, F.L., & Butler, D. (2000). Proposed short list of cocoa descriptors for characterization. In Working procedures for cocoa germplasm evaluation and selection. Proceedings of the CFC/ICCO/IPGRI Project Workshop. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 41–48. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20001611520>
- Bekele, F., & Phillips-Mora, W. (2019). Cacao (*Theobroma cacao* L.) Breeding. In J. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops* (1era ed., Vol. 6, pp. 409–487). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23265-8_10
- CacaoNet (2022, April 17). Cacao Collections: Global Network for Cacao Genetic Resources. CacaoNet. <https://www.cacaonet.org/cacao-collections>
- CFN (2021). Ficha sectorial Cacao y chocolate. In Corporación Financiera Nacional (Vol. 1, Issue 1). <https://doi.org/10.18779/cyt.v1i1.222>
- Coe, S. (2020). *The True History of Chocolate*. Thames & Hudson.
- Dantas, L. G., & Guerra, M. (2010). Chromatin differentiation between *Theobroma cacao* L. and *T. grandiflorum* Schum. *Genetics and Molecular Biology*, 33(1), 94–98. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572009005000103>
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2012). Hoja botánica: Cacao (*Theobroma cacao* L.) (pp. 1–20).
- Durango, W., Caicedo, M., Sotomayor, I., Saini, E., & Chávez, E. (2019). La cadena del valor del cacao en América Latina y El Caribe (C. I. Víctor Hugo Sánchez, José Luis Zambrano (ed.); primera). Fontagro. https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf
- End, M., Daymond, A., & Hadley, P. (2021). Technical Guidelines for the Safe Movement of Cacao Germplasm. Revisde from the FAO/IPGRI Technical Guidelines No. 20 (Vol. 20, Issue August).
- Evans, H., Stalpers, J., Samson, R., & Benny, G. (1978). On the taxonomy of *Monilia roleri*, an important pathogen of *Theobroma cacao* in South America. *Journal of Botany*, 56(20), 2528–2532. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/b78-305>
- FAO (2018). Plataforma multiagencia de cacao para América Latina y el Caribe “Cacao 2030-2050.” <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1402133/>
- FAO (2019). The state of the World’s. Biodiversity for food and agriculture in brief. In Organización de las Naciones Unidas para la alimentación. Commission on genetic resources for food and agriculture (Vol. 1, Issue 4).
- FAO (2020, June 24). El encanto del chocolate de origen ecuatoriano. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/ar/c/1295417/>
- FAOSTAT (2021). Base de datos de la FAO sobre agricultura, comercio y alimentación. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación. <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fountain, A., & Huetz-Adams, F. (2020). Barómetro del Cacao 2020.
- GAD-Durán (2014). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial. In Gobierno Autónomo Descentralizado. Municipio del Cantón Durán.
- GAD-Montalvo, (2011). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2015-2020.
- García-Briones, A., Pico-Pico, B., & Jaimez-Arellano, R. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinerгия Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 4(2), 152–172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>
- Guerrero, R. (2012). Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la Zonificación Agroecológica Económica como herramienta para el Ordenamiento Territorial: caso de aplicación en la provincia de Sucumbíos. Universidad San Francisco de Quito.
- Herrera-García, K., Aragón-Obando, E., & Aguilar-Bustamante, V. (2015). Diversidad genética en 105

- aciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) colectadas en Nicaragua, utilizando 10 marcadores moleculares tipo SSR. *La Calera*, 15(25), 54–62. <https://doi.org/10.5377/CALERA.V15I25.5972>
- INIAP (1983). Formación y mantenimiento de recursos genéticos del cacao. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- INIAP (2008). Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Jaimez, R., Barragan, L., Fernández-Niño, M., Wessjohann, L. A., Cedeño-García, G., Cantos, I. S., & Arteaga, F. (2022). *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: a comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. *PeerJ*, 9, 1–23. <https://doi.org/10.7717/peerj.12676>
- Laliberté, B., End, M., Cryer, N., Daymond, A., Engels, J., Bernardus Eskes, A., Gilmour, M., Lachenaud, P., Phillips-Mora, W., Turnbull, C., Umaharan, P., Zhang, D., & Weise, S. (2018). Conserving and exploiting cocoa genetic resources: the key challenges. In P. Umaharan (Ed.), *Archiving sustainable cultivation of cocoa* (Issue October 2020, pp. 19–46). Cocoa Research Center. <https://doi.org/10.19103/as.2017.0021.02>
- Lanaud, C., Loor, R. G., Zarrillo, S., & Valdez, F. (2012). Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en el Ecuador. *Nuestro Patrimonio*, 34, 12–14.
- Loor-Solorzano, R., Fouet, O., Lemainque, A., Pavék, S., Boccara, M., Argout, X., Amores, F., Courtois, B., Risterucci, A. M., & Lanaud, C. (2012). Insight into the Wild Origin, Migration and Domestication History of the Fine Flavour Nacional *Theobroma cacao* L. Variety from Ecuador. *PLOS ONE*, 7(11), e48438. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0048438>
- Loor-Solorzano, R. G., Fouet, O., Lemainque, A., Pavék, S., Boccara, M., Argout, X., Amores, F., Courtois, B., Risterucci, A. M., & Lanaud, C. (2012). Insight into the Wild Origin, Migration and Domestication History of the Fine Flavour Nacional *Theobroma cacao* L. Variety from Ecuador. *PLoS ONE*, 7(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048438>
- López-Ulloa, M., Jaimez, R., & Orozco, L. (2021). Selección del sitio para el cultivo de cacao. *Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao-Ecuador* (1.a ed., pp. 1-16). (p. 22). Unión Europea; Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). www.ecociencia.org
- MAGAP (2016). La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025. In M. Naranjo (Ed.), *Ministerio de Agricultura y Ganadería* (1st ed., Issue 44). Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://www.fao.org/3/i5778s/i5778s.pdf>
- Mazeira, F. (2013). Compatibilidad genética en arboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional in situ en la zona de Valencia durante la época seca. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Monteros-Altamirano, A., Tacán, M., Peña, G., Tapia, C., Paredes, N., & Lima, L. (2018). Guía para el manejo de los recursos fitogenéticos en Ecuador. *Protocolos. Publicación moscelánea N. 432*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE*, 3(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Motamayor, J., Risterucci, A., Lopez, P., Ortiz, C., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380–386. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800156>
- Nieves, Y., Vega, C., Villanueva, S., & Henríquez, M. (2019). Banks of Germplasm of *Theobroma Cacao*, importance and definition. *Ciencia En Revolución*, 5(15), 35–42.
- Paulin, D., & Eskes, A. . (1995). Le cacaoyer: stratégies de sélection. 1–14. https://agritrop.cirad.fr/388091/1/document_388091.pdf
- Phillips-Mora, W., Cawich, J., Garnett, W., & Aime, M. C. (2006). First report of frosty pod rot (moniliasis disease) caused by *Moniliophthora roreri* on cacao in Belize. *Plant Pathology*, 55(4), 584–584. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01378.x>
- Phillips-Mora, W., & Enríquez, G. (1988). Catálogo de cultivares de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Priyanka, V., Kumar, R., Dhaliwal, I., & Kaushik, P. (2021). Germplasm conservation: Instrumental in agricultural biodiversity—a review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13126743>
- Quingaisa, E., & Riveros, H. (2007). Estudio de caso: denominación de origen “cacao arriba.” In *FAO-IICA*. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7704E/A7704E.PDF>
- Quiroz-Vera, J., Mestanza, S., Parada-Vera, N., Morillo, E., Samaniego, I., & Garzón, I. (2021). Catálogo de cultivadores de cacao en Ecuador (L. Peñaherrera, D. Navia, E. Quiala, R. Moreira, E. Baqué, C. Noriega, & J. Parreño (eds.); 1st ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). www.iniap.gob.ec
- Quiroz, J. (2000). Características agronómicas de clones recomendados por el INIAP (p. 5). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Quiroz, J. (2016). El Cultivo de Cacao en Ecuador y sus enfermedades. *El Productor*. <https://elproductor.com/2016/04/el-cultivo-de-cacao-en-ecuador-y-sus-enfermedades/>
- R Core Team. (2021). R: a language and environment for

- statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at. www.R-project.org
- Rangel-Fajardo, M. A., Zavaleta-Mancera, H. A., Córdova-Téllez, L., López-Andrade, A. P., Delgado-Alvarado, A., Vidales-Fernández, I., & Villegas-Monter, Á. (2012). Anatomía e histoquímica de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) Criollo mexicano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(3), 189–197.
- Rosero, J. L. (2002). La ventaja comparativa del cacao ecuatoriano. Banco Central del Ecuador, Dir. General de Estudios.
- Sánchez-Reyes, C. (2012). Cultivo y Producción del Cacao (Ripalme E-). Ripalme.
- Sena, A. R., Andrade, G., Guitinan, M., Lockwood, R., & Maximova, S. (2015). Supplying new cocoa planting material to farmers: A review of propagation methodologies. In *Bioversity International*.
- Van-Alfen, N. (2014). *Encyclopedia of agriculture and food systems* (N. Van-Alfen (ed.); First, Vol. 4, Issue 1). University of California, Davis, CA, USA.
- Vasconcelos, M., dos Santos, L. A., Okabe, E. T., & Pires, J. R. (2005). Variability in genetic resources of cacao in Rondônia, Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 5, 318–324.
- Alarcón, N. M., & Menéndez, J. P. (2015). Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí. *La técnica*, (14), 6-23.



Análisis filogenético de aislamientos patogénicos de la familia Botryosphaeriaceae en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Los Ríos

Phylogenetic analysis of pathogenic isolates of the Botryosphaeriaceae family in cacao (*Theobroma cacao* L.) in the Los Ríos area

Wendy Jiménez¹, Andrés Ramírez², Jonathan López^{1,2}, Andry Alvarez³

¹Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, Quevedo, Los Ríos, Ecuador, wendyjimenez@itscv.edu.ec. ²Universidad Técnica de Cotopaxi-(UTC), La Maná, Cotopaxi, Ecuador, andrefer67@hotmail.com, jonth.lopz@gmail.com. ³Egresada de la Universidad de Córdoba, Córdoba, España, andryalvarezaspiaz@gmail.com.

Correspondencia para autor: wendyjimenez@itscv.edu.ec.

Recibido: 6/09/2022. Aceptado: 30/11/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

Los problemas fitosanitarios causados por hongos vasculares que afectan a las plantaciones de cacao CCN-51, han tomado gran importancia en las últimas décadas, por los daños que le producen. Especies de la familia Botryosphaeriaceae están asociadas a cancheros y secamiento de yemas, muerte descendente, pudrición de frutos y pudrición del cuello, síntomas que se han observado en diferentes zonas y que merman la producción de la planta. Con el objetivo de caracterizar e identificar a nivel molecular aislamientos patogénicos de este hongo, se muestrearon cinco árboles sintomáticos seleccionados de fincas localizadas los cantones: Buena Fe, Mocache, Quevedo, Quinsaloma y Valencia de la provincia de Los Ríos, obteniendo 15 aislamientos de los cuales se extrajo ADN y utilizaron secuencias de las regiones de ITS (Internal transcribed spacer) y EF1- α (Factor de elongación de alpha). Los tamaños de secuencia se verificaron mediante electroforesis y se establecieron las identidades putativas de 3 especies utilizando la herramienta de Basic local alignment (BLAST). Los árboles filogenéticos construidos mediante los algoritmos de máxima verosimilitud y vecinos cercanos, con los aislamientos en cinco cantones, confirmaron la presencia de *Lasiodiplodia theobromae* en Quevedo, *Diplodia seriata* en Quinsaloma y *Botryosphaeria dothidea* en Valencia, Mocache y Buena Fe, resaltando una politomía entre estos últimos.

Palabras claves: Cancro, cacao, Región ITS, EF1-a, filogenia

Abstract

Phytosanitary problems caused by vascular fungi affecting CCN-51 cocoa plantations have become very important in recent decades, due to the damage they cause. Species of the Botryosphaeriaceae family are associated with cankers and drying of buds, downward death, fruit rot and neck rot, symptoms that have been observed in different areas and that reduce plant production. In order to characterize and identify pathogenic isolates of this fungus at the molecular level, five symptomatic trees were sampled from farms located in the cantons of: Buena Fe, Mocache, Quevedo, Quinsaloma and Valencia of the province of Los Ríos, obtaining 15 isolates from which DNA was extracted and sequences from the ITS (Internal transcribed spacer) and EF1- α (Elongation factor of alpha) regions were used. Sequence sizes were verified by electrophoresis and putative identities of 3 species were established using the Basic local alignment tool (BLAST). Phylogenetic trees constructed using maximum likelihood and nearest neighbor algorithms, with isolates in five cantons, confirmed the presence of *Lasiodiplodia theobromae* in Quevedo, *Diplodia seriata* in Quinsaloma and *Botryosphaeria dothidea* in Valencia, Mocache and Buena Fe, highlighting a polytomy among the latter.

Key words: Cancro, cacao, ITS Region, EF1-a, phylogene.

Introducción

Dentro de los cultivos de mayor importancia en Ecuador, se encuentra el cacao (*Theobroma cacao* L.), una fruta tropical mayormente producida en las provincias de Manabí, Sucumbios, Guayas y Los Ríos (Guerrero, 2015). La producción de cacao fino o de aroma es de 173000 t aproximadamente, los cuales provienen de 17 países de los que destaca el Ecuador con una producción del 61% (Pino, 2010), el cual además se posiciona como el primero en cuanto a calidad.

No obstante, en los últimos años, una de las limitantes que han puesto en riesgo su producción es la presencia de enfermedades originadas por hongos de la familia Botryosphaeriaceae, siendo el más representativo *Lasiodiplodia theobromae*, el cual provoca la muerte descendente de ramas y pudrición de frutos (Picos *et al.*, 2015), causando pérdidas severas después de la cosecha y aún más importantes durante el almacenamiento prolongado, reduciendo la calidad de los frutos y limitando su comercialización (Sandoval *et al.*, 2013).

En cacao se han reportado síntomas asociados a *Lasiodiplodia* en Filipinas en el año 2014 (Alvinda & Gallema, 2017). A pesar de existir investigaciones que indicarían la presencia de *Lasiodiplodia* en plantaciones de cacao desde 1890 en Ecuador (Crous *et al.*, 2006), no se han realizado estudios que permitan confirmar el agente causal a nivel molecular. En relación a aquello, se han determinado correlaciones filogenéticas de esta especie y género crípticas a través del análisis de ADN en fragmentos de las regiones espaciadoras intergénicas (ITS), la beta-tubulina BT2a y BT2b y el factor de elongación 1 alfa (EF-1 α), accediendo ubicaciones más precisas en concordancia a especímenes análogos o contiguamente relacionados, de la misma manera, Picos *et al.* (2015), reportan la especie *L. theobromae*, como la causante de canchales y la separan de *Dothidea Theobromae*, pese a su similar sintomatología.

En ese contexto, esta investigación tuvo como objeto analizar la diversidad genética de la familia Botryosphaeriaceae presente en cacao en la zona de Los Ríos mediante un árbol filogenético de las secuencias de ITS y EF1- α .

Materiales y métodos

Esta investigación contó con una fase en campo y otra en laboratorio. Considerando los sitios de origen de las muestras recolectadas, la fase de campo consistió en coleccionar material vegetal de la variedad CCN 51 en fincas de los cantones: Buena Fe, Mocache, Quevedo, Quinsaloma y Valencia de la provincia de Los Ríos. Se muestrearon tallos con síntomas de enfermedades fitopatológicas y en la fase de laboratorio se realizaron los aislamientos, identificación, extracción de ADN, secuenciación y análisis.

Recolección de muestras en campo

El muestreo se realizó en fincas cacaoteras previamente identificadas con plantas con síntomas. Usando el método por conglomerados con georreferenciación de las zonas muestreadas, se procedió a seleccionar por cada cantón de la provincia de Los Ríos, Ecuador (Figura 1), tres zonas, y por cada zona tres plantas de cacao con síntomas de muerte regresiva en el tallo, de los cuales se extrajo una porción en el sitio de intersección entre el desarrollo del hongo y la porción sana. Cada muestra obtenida fue debidamente etiquetada y conservada en refrigeración hasta su ingreso al laboratorio.

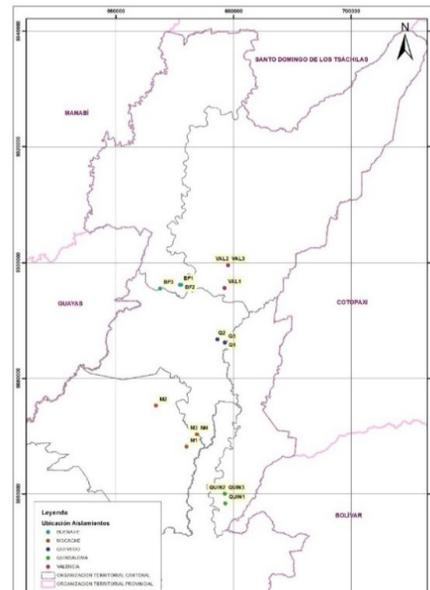


Figura 1. Zonas muestreadas en los cantones de la provincia de Los Ríos, Ecuador

Siembra de aislamientos en laboratorio

Cada muestra fue tratada mediante el método descrito por Wright y Harmon (2010) para obtener los aislamientos de Botryosphaeriaceae, a los cuales se les esterilizó la superficie exterior del tejido y se procedieron con la interfase de infección en medio de cultivo de la siguiente manera: Se realizaron cortes a partir de trozos de ramas de 10 x 10 mm obtenidos desde las zonas de avance de infección, los cuales se desinfectaron etanol al 70% durante 30 segundos, seguido por hipoclorito de sodio al 5% durante 3 minutos y varios lavados. Para secarlos se usó papel absorbente y después fueron dispuestos en placas de Petri conteniendo medio papa dextrosa agar PDA. Todas las placas se mantuvieron a una temperatura de 24°C por tres semanas (Suarez, 2016). Los hongos con la morfología y características de los conidios consistentes con Botryosphaeriaceae (Mehl *et al.*, 2017) fueron aislados a partir de una punta de hifa en cajas Petri con medio papa dextrosa agar PDA.

Identificación morfológica

Con la finalidad de comprobar que los aislamientos correspondan a la familia Botryosphaeriaceae, se procedió a la identificación morfológica en su estado asexual, considerando que una definición completa de la familia en la que consideraban que las ascosporas eran hialinas y aseptadas, y que podrían pigmentarse y tabicarse con la edad. Es más, una circunscripción basada únicamente en el estado sexual no es adecuada especialmente porque algunas especies se conocen sólo por su estado asexual, mientras que en otros el estado sexual es extremadamente infrecuente. Dado estas condiciones se proporciona una circunscripción modificada de la familia, dicha información fue corroborada por Slippers y Wingfield (2007) citado por Phillips *et al.* (2013), quienes se basaron en la morfología asexual, dado que la sexual no se conoce para algunos géneros, es muy poco común para otros y no se ha inducido en cultivo. Además, las conidias producidas fueron examinadas en microscopio óptico y se utilizaron las claves de Barnett y Hunter (2010) y Walker (1980), para la identificación a nivel de género.

Caracterización molecular

Extracción de ADN

Los aislamientos fúngicos fueron caracterizados molecularmente de acuerdo con los pasos de la Figura 2. A las quince cepas seleccionadas se les extrajo el ADN utilizando un kit de extracción DNA easy Plant mini Kit (Qiagen, Valencia, CA, USA) siguiendo las indicaciones del fabricante. Usando los buffers presentes en el kit, en el siguiente orden: 1. Buffer de lisis junto con el micelio del hongo. 2. Buffer AW1 y AW2 que permitieron lavar y filtrar por medio de la membrana de sílice el ADN puro sin la presencia de proteínas u otros elementos. 3. Buffer AE, para asegurar la obtención del ADN puro.

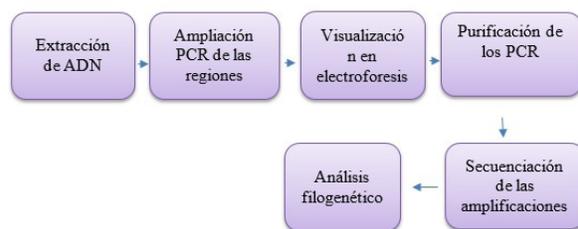


Figura 2. Diagrama sobre la metodología empleada para la caracterización molecular de aislamientos patogénicos de la familia botryosphaeriaceae en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Los Ríos

La concentración y calidad de ADN se verificó visualizándolo en un gel de agarosa 2% luego de la electroforesis. El ADN ribosomal con las secuencias de los espaciadores transcritos internos (ITS) y el factor de elongación 1- α se amplificaron usando la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la combinación de los

iniciadores universales ITS1 e ITS4 (White *et al.*, 1990) y EF1-728F y EF1-986R (Carbone & Kohn, 2014) como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de las secuencias de los cebadores para los genes ITS y EF-a

Gen	Cebador	Secuencia (5'-3')	Referencia de publicación
ITS	ITS1	TCCGTAGGTGAACCTGCGG	White <i>et al.</i> (1990)
	ITS4	TCCTCCGCTTATTGATATGC	
EF-a	EF1-728F	CAT CGA GAA GTT CGA GAA GG	White <i>et al.</i> (1990)
	EF1-986R	TAC TTG AAG GAA CCC TTA CC	

Los pasos a seguir en la PCR fueron los siguientes:

1. Por 30 segundos, se realizó una desnaturalización inicial a 98°C.
2. Durante 10 segundos una desnaturalización de 98°C.
3. Durante 10 segundos una hibridación de los cebadores a temperatura de 52°C, y durante 23 segundos una temperatura de extensión de 72°C.

Los últimos tres pasos se repitieron 35 ciclos, para culminar con una temperatura de extensión final de 72°C durante 5 minutos (Guamán, 2018)

El producto de la PCR fue visualizado en un gel de agarosa siguiendo la metodología usada por Silva (2018) y purificado usando el kit (QUIAGEN) de purificación. Para concluir, el producto final fue enviado para su secuenciación a PROMEGA. Con las secuencias obtenidas se creó un árbol filogenético de las cepas aisladas en Ecuador.

Diseño de la investigación

Análisis estadístico

La estadística usada para el análisis de las secuencias genéticas fue inferencial, usando los programas informáticos BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) y MEGA (Molecular Evolutionary Genetics Analysis) (versión 6.0), para el método de unión de vecinos (neighbor joining) y máxima verosimilitud (maximum-likelihood). Este último, emplea modelos probabilísticos para seleccionar el mejor árbol, es decir aquel que tenga la probabilidad más alta (verosimilitud) de reflejar el proceso real evolutivo (Rodríguez, 2013).

Análisis filogenético

Teniendo como base la metodología usada por Caicedo *et al.* (2017) se realizó el análisis filogenético, así, los resultados de las secuencias obtenidas de las muestras de ADN que se encontraban en forward y reverse, fueron unidas y alineadas con el programa MEGA-X, cada secuencia final fue comparada con la herramienta BLASTn de la plataforma del

NCBI (National Center for Biotechnology Information), para encontrar la secuencia con mayor similitud de una especie ya reportada en la base de datos.

Para los genes ITS y EF-alpha, en un bloc de notas se ingresaron las secuencias de la investigación junto con secuencias de referencia, basadas en el estudio de Phillips *et al.* (2013) mismas que fueron obtenidas del Gen Bank con programa BLAST. Se utilizó la función MUSCLE del Programa MEGA-X, para la alineación múltiple de las secuencias, y para su análisis comparativo se empleó el algoritmo ML y N, generando así árboles filogenéticos. Para la comparación con especies reportadas en la familia se utilizaron secuencias de referencia identificadas en investigaciones previas, descartando los taxones más antiguos y enfocándose en los géneros que pueden ser reconocidos filogenéticamente y las especies de Botryosphaeriaceae, que se conocen actualmente por cultivo. A continuación, En el Cuadro 2 se presentan los números de accesiones que se consideraron para la elaboración de los mapas.

Se evaluó la variación genética de las regiones espaciadoras intergénicas (ITS), y la variación genética del Factor de elongación 1 alfa (EF-1 α) de los diferentes aislamientos de la provincia

Resultados y discusión

Caracterización morfológica de los aislamientos.

Los quince aislamientos, correspondientes al 100%, desarrollaron un crecimiento circular de coloración blanquecina al inicio, que con el paso de los días se tornó oscura, en medio PDA, independiente de su especie y localidad, como lo muestra la Figura 3.



Figura 3. Vista frontal (A)- Crecimiento del patógeno a los 15 días, colonia cultivada en medio PDA a partir de una porción de tallo. Vista Posterior (B)-La coloración oscura que se observa a los 15 días está relacionada a los compuestos secretados por el hongo al medio PDA.

Los análisis morfológicos realizados a los aislamientos antes mencionados, corroboraron que son hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, de acuerdo a imágenes de referencia. Las figuras a continuación, muestran sus estructuras observadas a través del microscopio:

Descripción de conidias.

Las conidias de los aislamientos de todos los cantones, demostraron ser de pared estrecha, delgada, estriados y con un tabique, pudiendo ser ahusado o no en sus extremos. Los resultados morfológicos expuestos, concuerdan con los obtenidos por Phillips *et al.* (2013), quienes manifiestan que dentro de la familia Botryosphaeriaceae, se pueden encontrar conidios con extremos ahusados en uno o varios extremos, con paredes delgadas o gruesas. Pudiendo ingresar directamente mediante aberturas en las plantas sanas sean estas lenticelas u estomas (E. A & F. F, 1981) (KiWoo *et al.*, 1999). Estudios moleculares realizados por Santiago *et al.* (2015), al género Botryosphaeria, mostraron poca variabilidad genética entre sí, agrupando a todos como los causantes de secamiento de plantas de diversas especies.

Cuadro 2. Especies tipo de la familia Botryosphaeriaceae, con sus respectivos códigos de genbank (Phillips *et al.*, 2013)

ESPECIES	Número de acceso a Genbank	
	ITS	EF1a
<i>Barriopsis fusca</i>	EU673330	EU673296
<i>Botryobambusa fusicoccum</i>	JX646792	JX646857
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	AY236949	AY236898
<i>Cophiniforma atrovirens</i>	JX646800	JX646865
<i>Diplodia mutila</i>	AY259093	AY573219
<i>Diplodia seriata</i>	AY259094	AY573220
<i>Dothiorella sarmentorum</i>	AY573212	AY573235
<i>Endomelanconiopsis endophytica</i>	EU683656	EU683637
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	AY640255	AY640258

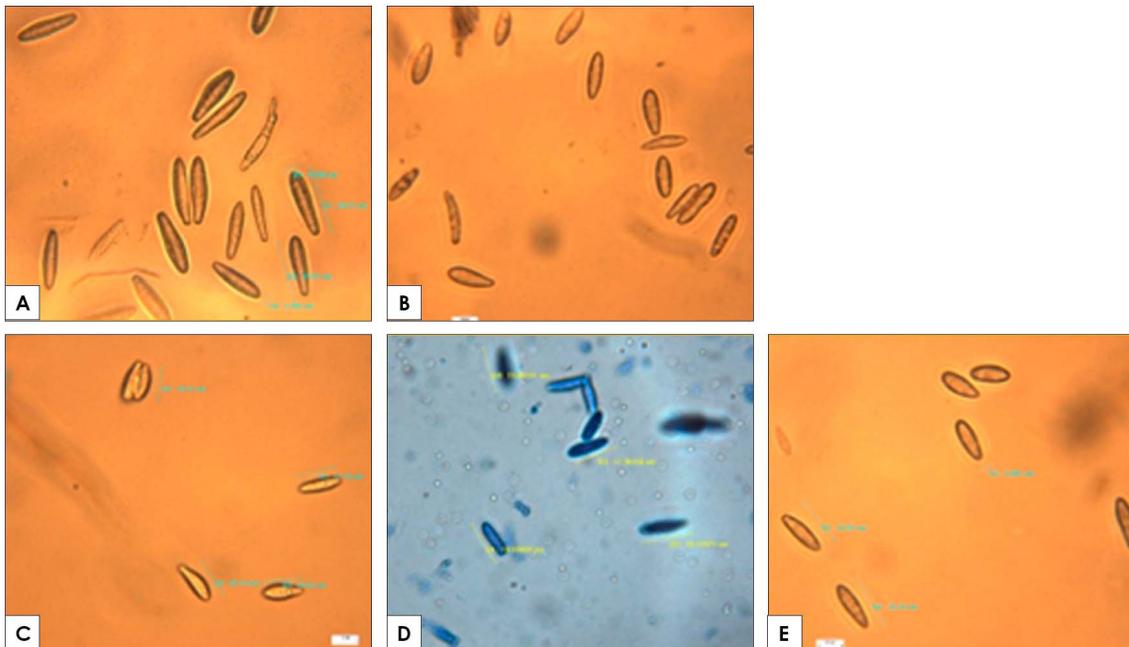


Figura 4. Conidiosporas de aislamientos de fincas del cantón Quevedo (A), Quinsaloma (B), Valencia (C), Buena Fe (D), Mocache (E).

Caracterización molecular

El tamaño de los amplicones en todos los aislamientos de Botryosphaeriaceae, para cada gen taxonómico, fue igual, siendo estos de 520 pb para ITS (figura 5) y 450 pb para EF1-a (Figura 6), el producto de la PCR fue observado en el gel de agarosa. La intensidad del color que muestra el gel, se debe a la cantidad de ADN existente, de aquí la colorimetría de la Figura 6. Es importante mencionar que el kit de extracción presenta una medida estándar de extracción, es decir que la cantidad analizada en cada muestra es la misma.

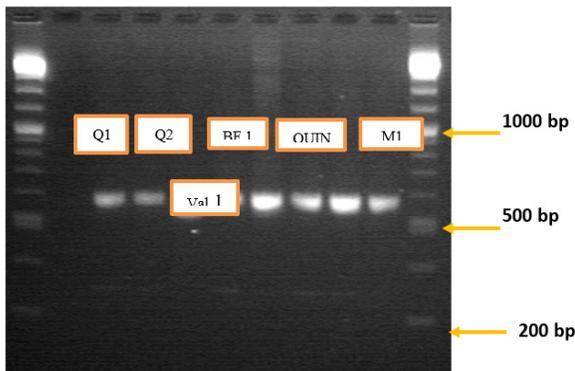


Figura 5. Visualización en gel de agarosa al 2% de productos de PCR con los marcadores ITS1 e ITS 4 para amplificar parte de las regiones ITS

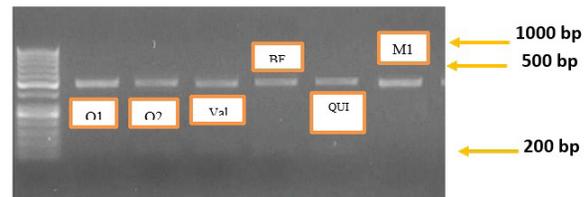


Figura 6. Electroforesis en gel de agarosa al 2%, del producto PCR para el factor de elongación Alpha de los distintos aislados

Continuando con la caracterización molecular, el número de pares de bases obtenidos para el gen ITS y EF1-a, son semejantes a los reportados en Marques *et al.* (2013) quienes encontraron 600 pb para la región ITS y 650 para EF1-a. Los resultados brindados por el BLAST, permitieron corroborar el parecido existente entre los aislamientos de la provincia de Los Ríos y las especies reportadas en otros países, como la causante de muerte y canchales en diferentes plantas forestales y frutales pese a la escasa investigación. Tal es el caso de Chile, donde existe mayor cantidad de información reportada de daños en especies frutales, ocasionada por Botryosphaeriaceae. Así por ejemplo, se han identificado *Diplodia seriata*, *B. dothidea* (encontrados también en esta investigación), *D. mutila*, y *Spencermartinsia viticola* como los responsables de muerte regresiva, en viñedos (Chou, 1988). Otro estudio en mango realizado por Sandoval *et al.* (2013) demostró que la sintomatología se presentaba en ramas con secamiento descendente que mostraban haces vasculares

necrosados y exudados gomosos rojizos, los cuales exhibían secamiento con defoliación parcial y ramas con hojas secas y verdes, fueron atribuidos a *Lasiodiplodia theobromae*.

Análisis Blast (Basic Local Alignment Search Tool)

Con las secuencias obtenidas forward y reverse, previamente alineadas, se procedió a la identificación

mediante la herramienta básica de búsqueda de alineación local. La Cuadro 3 se muestra la identificación realizada en el BLAST de acuerdo con los aislamientos, en la columna especie se muestra la que más se asemejó con su respectivo porcentaje de identidad. Además, en la última columna se encuentra el código GenBank correspondiente a cada especie.

Cuadro 3. Especies del genbak más parecidas a los aislamientos de la investigación

Gen	Aislamiento	Especie	Cubierta de consulta (%)	Identidad (%)	Código GenBank
	Q1	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	100	100	MT644474
	QUIN1	<i>Diplodia seriata</i>	100	100	MN634025
ITS	VAL 1	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	100	100	MK178545
	BF1	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	100	100	MN634016
	M1	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	100	100	MT252674
	Q1	<i>Diplodia seriata</i>	100	99.77	FJ904868
	QUIN1	<i>Diplodia seriata</i>	100	99.64	MK759849
EF-a	VAL 1	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	100	100	MT454342
	BF1	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	100	100	KP721654
	M1	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	100	100	KP721653

Análisis filogenético

El árbol filogenético para los genes ITS y EF1-a, construido con los algoritmos de máxima verosimilitud y vecinos cercanos se muestran en las figuras 7, 8, 9 y 10.

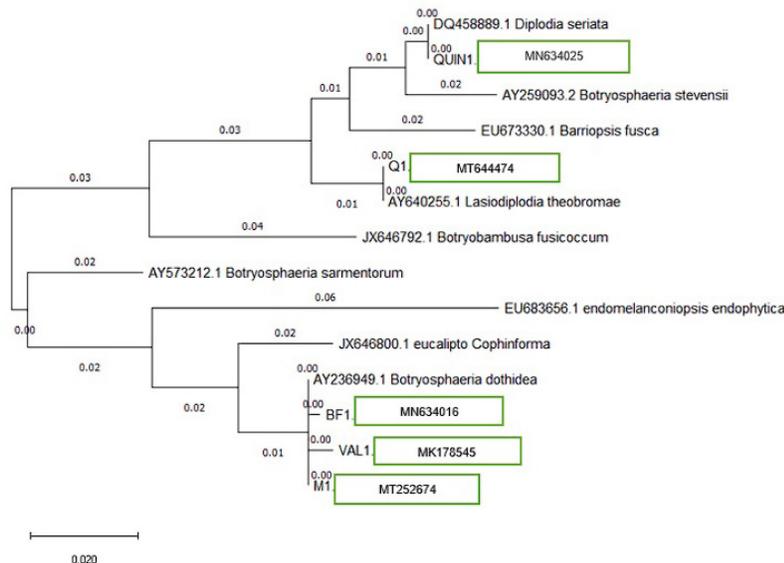


Figura 7. Modelo de máxima verosimilitud con las regiones ITS construido mediante Inferencia Bayesiana de 15 aislamientos del complejo Botryosphaereaceae. Los recuadros muestran el código genbank de la accesión tipo a la que más se asemejan. La cantidad de cambios esperados por sitio es indicada por la barra de escala.

El modelo de Tamura-Nei junto con el método de máxima verosimilitud, permitieron inferir la historia evolutiva y el árbol mostrado posee la mayor probabilidad logarítmica. Después de aplicar los algoritmos NJ y BioNJ a la matriz de distancias por pares. El árbol dibujado a escala, muestra las longitudes de las ramas medidas en el número de sustituciones por sitio. Involucrando 14 secuencias de nucleótidos. Las posiciones de codón incluidas fueron 1^a + 2^a + 3^a + Sin codificación. Con un

total de 599 posiciones en la database final.

Para el caso del aislamiento BF1, M1 y VAL1 se establece una politomía, que no permite establecer un orden de ramificación, pero relacionándolos con *Botryosphaeria dothidea*. Por otro lado, los árboles filogenéticos observados, muestran la misma topología para cada región, y se diferencian claramente tres especies.

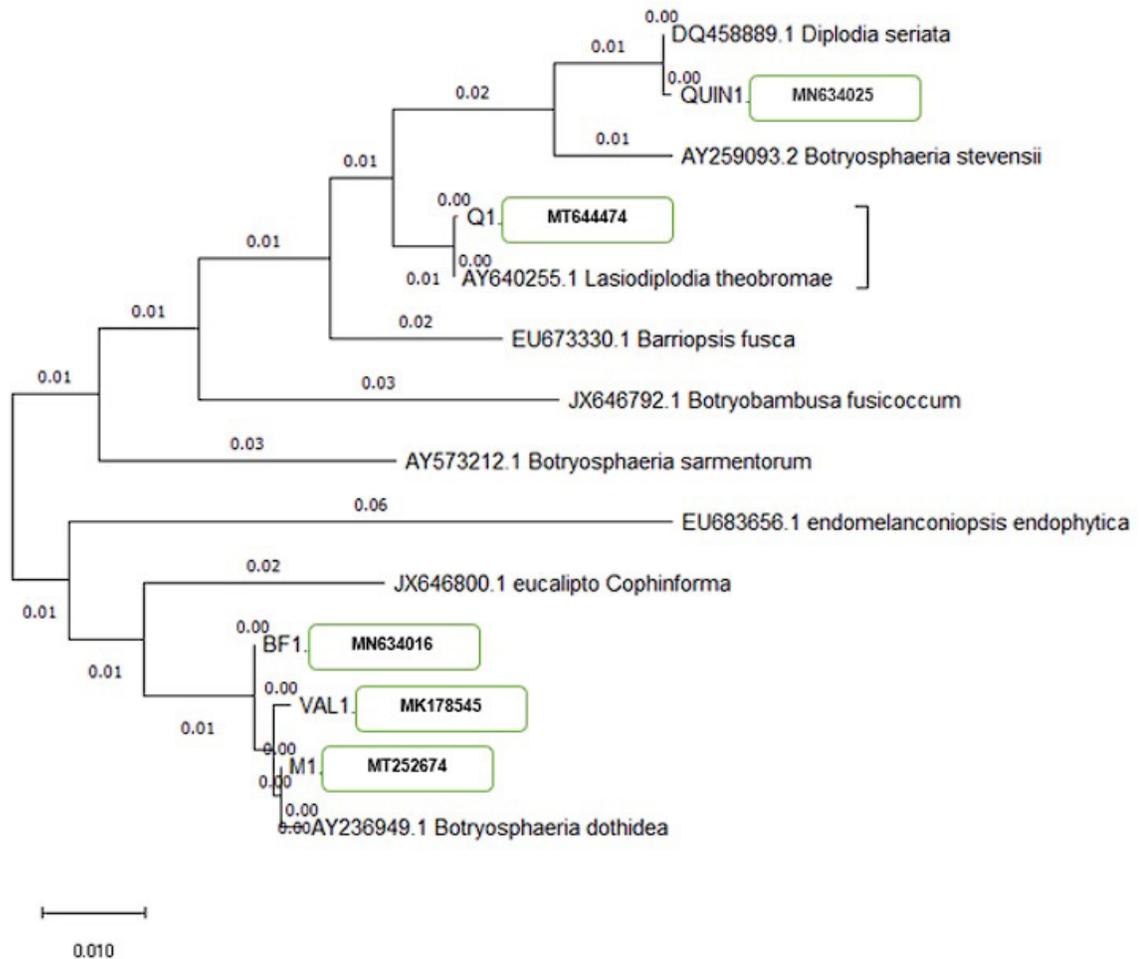


Figura 8. Árbol filogenético derivado de la secuencia de las regiones ITS con el modelo de vecinos cercanos. Los recuadros muestran el código Genbank de la accesión tipo a la cual más se parecen.

La historia evolutiva se infirió mediante el método de unión de vecinos. Se muestra el árbol óptimo con la suma de la longitud de la rama = 0.27387260, dibujado a escala, considerando las mismas unidades tanto para las distancias evolutivas como para la longitud de las ramas, siendo estas el número de sustituciones de bases por sitio, calculadas por el

método de máxima probabilidad compuesta e involucrando 14 secuencias de nucleótidos. Las posiciones de codón incluidas fueron 1^a + 2^a + 3^a + Sin codificación. Todas las posiciones ambiguas se eliminaron con la opción de eliminación por pares, obteniéndose un total de 599 posiciones en el conjunto de datos final.

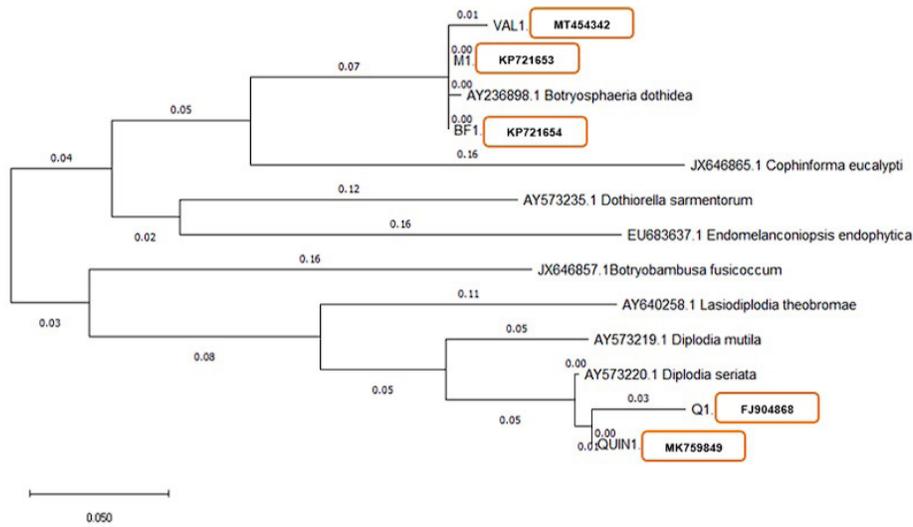


Figura 9. Árbol filogenético derivado de la secuencia de la región EF1, usando el algoritmo “Máxima verosimilitud”. Los recuadros muestran el código Genbank de la accesión tipo a la que más se parecen

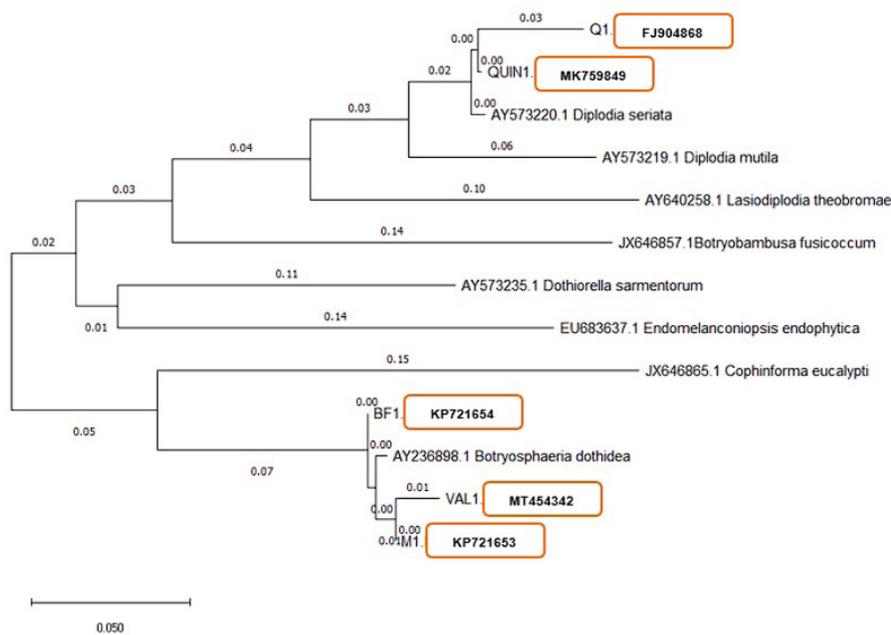


Figura 10. Árbol filogenético derivado de la secuencia de la región EF1. La construcción del árbol filogenético se utilizó el algoritmo “Vecinos cercanos”. Los recuadros muestran el código genbank de la accesión tipo a la que más se parecen

Sobre el análisis de secuencias y el porcentaje de identidad, este pudo variar entre las especies debido a posibles modificaciones o cambios en su ADN, sean estas transversiones (polimorfismos de un único nucleótido “SNP”) mutaciones y transiciones; pudiendo ocurrir de manera espontánea por un posible error en la replicación, despurinización, daños oxidativos en el ADN, o por la exposición de radiación ultravioleta, radiaciones ionizantes o fungicidas con capacidad mutagénica (Palero & Crandall,

2009) citado en (Guamán, 2018).

Son estas mismas diferencias las que ubicaron a los aislamientos en ramales de diferentes especies dentro del árbol filogenético, pero que, tanto en el algoritmo de máxima verosimilitud como el de vecinos cercanos, se ubicaron en el mismo orden. Esto asegura los resultados obtenidos ya que según Saitou y Nei (1987), la unión de vecinos o neighbor joining es un método de agrupación de abajo hacia arriba para la creación de árboles fenéticos, que produce un árbol final

único bajo el principio de mínima evolución, mientras que el método de máxima verosimilitud determina valores para los parámetros de un modelo. Éstos, se encuentran de tal manera que maximizan la probabilidad de que el proceso descrito por el modelo produzca los datos que realmente se observaron (Brooks, 2018).

Lo expuesto anteriormente, así como la abundancia de relatos de estudios sobre Botryosphaeriaceae, permite concluir que las especies pertenecientes a esta familia son particularmente exitosas como colono endofítico oportunista como lo menciona Slippers y Wingfield (2007). Schoch *et al.* (2012) añaden además que, en el orden de los Botryosphaeriales, son la única familia que integra patógenos causantes de cancos en tallos. Características que se presentaron en las fincas de donde se obtuvieron los diferentes aislamientos y, que justificaría el porqué de la presencia de las diferentes especies encontradas en el presente estudio, todas relacionadas con muerte descendente en plantas de cacao.

Conclusiones

En los diferentes cantones de la provincia de Los Ríos, Ecuador, se encontraron agentes patogénicos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, en plantaciones de cacao con sintomatología de muerte regresiva, lo cual fue corroborado de acuerdo con las características morfológicas de sus conidias. Para el gen ITS, la similitud fue del 100% de identidad en relación a las secuencias encontradas en la base de datos GenBank. Mientras que para EF1, las similitudes fluctuaron entre un 99% para Q1 y QUIN1 y 100% para BF1, VAL1 y M1. Las regiones ITS (Espaciador transcrito Interno) y EF1-a (factor de elongación alpha), secuenciadas, alineadas y usadas para la construcción del árbol filogenético, identificaron la especie de los aislamientos de Botryosphaeriaceae, como *Lasiodiplodia theobromae* en Quevedo, *Diplodia seriata* en Quinsaloma y *Botryosphaeria dothidea* en Valencia, Buena Fe y Mocache. Mostrando la ausencia de cualquier diferencia entre aislados del mismo taxón, al encontrarse dos clados con notoria politomía entre los aislados.

Bibliografía

- Alvinda, D., & Gallema, F. (2017). *Lasiodiplodia theobromae* causes vascular streak dieback (VSD)-like symptoms of cacao in Davao Region, Philippines. *Australasian Plant Disease Notes*, 12, 54. <https://doi.org/10.1007/s13314-017-0279-9>
- Barnett, H., & Hunter, B. (2010). *Illustrated genera of imperfect fungi (1972 Burgess Publishing Company (ed.))*.
- Brooks, J. (2018). *Probability concepts explained: Maximum likelihood estimation. Towards Data Science*.
- Caicedo, J. D., Lalangui, K. P., Pozo, A. N., Cevallos, P. A., Arahana, V. S., & Méndez, K. S. (2017). Multilocus molecular identification and phylogenetic analysis of *Colletotrichum tamarilloi* as the causal agent of Tamarillo (*Solanum betaceum*) anthracnose in the Ecuadorian highlands. *European Journal of Plant Pathology*, 148(4), 983–996. <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1155-3>
- Carbone, I., & Kohn, L. (2014). A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. *Mycological Society of America*, 91(3), 553–556.
- Chou, C. (1988). Crown wilt of pinus radiata associated with *diplodia pinea* infection of woody stems. *European Journal of Forest Pathology*, 17(7), 398–411.
- Crous, P., Slippers, B., Wingfield, M., Rheeder, J., Marasas, W., Philips, A., Alves, A., Burgess, T., Barber, P., & Groenewald, J. (2006). Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. *Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae*. *Mycology*, 55, 235–253. <http://dx.doi.org/10.1016/j.funbio.2016.11.001> <http://dx.doi.org/10.3114/sim0020> <http://dx.doi.org/10.1016/j.funbio.2016.08.011> http://www.mycosphere.org/pdf/Mycosphere_7_7_13.pdf http://www.mycosphere.org/pdf/Mycosphere_7_7_13.pdf
- E. A. B., & F. F. H. (1981). Pathogenicity and histopathology of *Botryosphaeria dothidea* on apple stems. *Phytopathology*, 71(4), 375–379. <https://doi.org/10.1094/phyto-71-375>
- Glass, N., & Donaldson, G. (1995). Development of primer sets designed for use with the PCR to amplify conserved genes from filamentous ascomycetes. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(4), 1323–1330. <https://doi.org/10.1128/aem.61.4.1323-1330.1995>
- Guamán, M. (2018). Caracterización morfológica, molecular y de resistencia a fungicidas de *Colletotrichum* sp., aislado de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.fao.org/3/I8739EN/i8739en.pdf> <http://dx.doi.org/10.1016/j.adolescence.2017.01.003> <http://dx.doi.org/10.1016/j.childyouth.2011.10.007> <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23288604.2016.1224023> <http://pdx.sagepub.com/lookup/doi/10>
- Guerrero, G. (2015). El cacao ecuatoriano su historia empezó antes del siglo XV. *Revista Líderes*. <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html>
- KiWoo, K., EunWoo, P., & KyungKu, A. (1999). Penetration behavior of *Botryosphaeria dothidea* on apple fruits. *Plant Pathology Journal*, 15(4), 223–227.
- Marques, M., Lima, N., De Morais, M., Michereff, S., Phillips, A., & Câmara, M. (2013). *Botryosphaeria*, *Neofusicoccum*, *Neoscytalidium* and *Pseudofusicoccum* species associated with mango in Brazil. *Fungal Diversity*, 61, 195–208. <https://doi.org/10.1007/s13225-013-0258-1>
- Mehl, J., Wingfield, M., Roux, J., & Slippers, B. (2017). Invasive everywhere? Phylogeographic analysis of

- the globally distributed tree pathogen *Lasiodiplodia theobromae*. *Forests*, 8(145), 1–22. <https://doi.org/10.3390/f8050145>
- Palero, F., & Crandall, K. (2009). Phylogenetic inference using molecular data. 9–32. <https://doi.org/10.1201/9781420092592-c5>
- Phillips, A. J. L., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M. J., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2013). The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Studies in Mycology*, 76, 51–167. <https://doi.org/10.3114/sim0021>
- Picos, P., García, R., León, J., Sañudo, A., & Allende, R. (2015). *Lasiodiplodia theobromae* en cultivos agrícolas de México: Taxonomía, Hospedantes, Diversidad y Control. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 33(1), 54–74.
- Pino, S. (2010). Ecuador the land of fine cocoa ‘Arriba’ (Vol. 7, Issue 1). https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- Rodríguez, E. (2013). Construcción de árboles filogenéticos (pp. 1–97). <https://www.tamps.cinvestav.mx/~ertello/bioinfo/sesion13.pdf>
- Saitou, N., & Nei, M. (1987). The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4(4), 406–425. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040454>
- Sandoval-Sánchez, M., Nieto-Ángel, D., Sandoval-Islas, J. S., Téliz-Ortiz, D., Orozco-Santos, M., & Silva-Rojas, H. V. (2013). Hongos asociados a pudrición del pedúnculo y muerte descendente del mango (*Mangifera Indica* L.). *Agrociencia*, 47, 61–73.
- Santiago, D., Valadez, E., & Cibrián, D. (2015). Identificación molecular del complejo *Botryosphaeria* sp. asociado a canchales y secamiento de yemas en *Eucalyptus* sp. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(32), 93–106.
- Schoch, C. L., Seifert, K. A., Huhndorf, S., Robert, V., Spouge, J. L., Levesque, C. A., Chen, W., & Fungal Barcoding Consortium. (2012). Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for fungi. *PNAS*, 109(16), 6241–6246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117018109>
- Silva, P. (2018). Caracterización genotípica y de virulencia de *Colletotrichum tamarilloi* y *Colletotrichum* sp. causantes de la antracnosis en tomate de árbol. Universidad Central del Ecuador.
- Slippers, B., & Wingfield, M. J. (2007). Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal Biology Reviews*, 21, 90–106. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.06.002>
- Suarez, G. (2016). Botryosphaeriaceae asociadas a la muerte de ramas en plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill. en la región del Biobío y de La Araucanía (Chile) [Universidad de Concepción]. In Universidad de Concepción. http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/2000/3/Tesis_Botryosphaeriaceae_Asociadas_a_la_muerte_de_ramas.Image.Marked.pdf
- Walker, J. (1980). The coelomycetes. Fungi imperfecto with Pycnidia, Acervuli and Stromata. *Australasian Plant Pathology*, 9(1), 120–121.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal rna genes for phylogenetics. *PCR Protocols*, 315–322. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-372180-8.50042-1>
- Wright, A. F., & Harmon, P. F. (2010). Identification of species in the Botryosphaeriaceae family causing stem blight on southern highbush blueberry in Florida. *Plant Disease*, 94(8), 966–971. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-8-0966>

Entomofauna de árboles nativos, medicinales o bioplaguicidas en fincas agrícolas de Mariscal Sucre, Guayas - Ecuador

Entomofauna of native tree, medicinal, or biopesticides, in agricultural farms of Mariscal Sucre, Guayas - Ecuador

Karla Avata Zúñiga¹, Flor Dorregaray Llerena², Giniva Guiracocha Freire², Jorge Mendoza Mora³

¹Investigadora independiente. Graduada de Ingeniería Agronómica de la Universidad Agraria del Ecuador, sofiaavata1997@gmail.com. ²Laboratorio de Recursos Fitogenéticos. Facultad de Ciencias Agrarias, Ciudad Universitaria Dr. Jacobo Bucaram Ortiz, Universidad Agraria del Ecuador. Av. Jacobo Bucaram y Emilio Morgner, Milagro, Ecuador, flordorrega-ray@gmail.com, dguiracocha@uagraria.edu.ec. ³Departamento de Entomología. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador. km 50 vía Durán-Tambo, El Triunfo, Ecuador, jmendoza@cinae.org
Autor de correspondencia: Telf 0997439315, flordorregaray@gmail.com

Recibido: 06/09/2022. Aceptado.: 30/11/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

En las fincas agrícolas de Mariscal Sucre, Milagro - Ecuador, existen especies arbóreas nativas como *Muntingia calabura* Linneo, *Pseudobombax millei* (Standl.) A. Robyns, *Brugmansia candida* Pers. y *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav. que son hábitats de entomofauna benéfica o dañina para algunos de los cultivos de la zona. No se conoce a esta fauna ni sus interacciones con los cultivos, ni la percepción del agricultor al respecto. Estudiar tales aspectos fue la finalidad de esta investigación. Se evaluaron doce fincas de menos de 10 ha que tenían los árboles en estudio. Se entrevistó de manera libre, informada y consensuada a los propietarios sobre cómo percibían la interacción entomofauna-cultivos agrícolas. Se tomaron muestras de la entomofauna en cada especie arbórea en estudio y se trasladaron al Laboratorio de Recursos Fitogenéticos de la Ciudad Universitaria Dr. Jacobo Bucaram Ortiz (Universidad Agraria del Ecuador) para identificación taxonómica más próxima posible y discriminación de especímenes con actividad polinizadora. Se registraron 3665 individuos (tres subfilos, quince órdenes y 50 familias). Los órdenes mejor representados fueron Hymenoptera (59%), Hemiptera (14%) y Coleoptera (12%). Se identificaron cinco grupos polinizadores: *Wasmannia auropunctata* Roger, *Apis mellifera* Linneo, *Eristalis tenax* Linneo, Familia Muscidae y Familia Coccinellidae. El 83% de los entrevistados mencionaron que las especies vegetales estudiadas no son hospedantes de entomofauna dañina y el 50% considera que la entomofauna cumple un papel polinizador o depredador. Este es el primer aporte al estudio de la entomofauna en árboles nativos en la zona y concientiza sobre la necesidad de conservar ese componente arbóreo.

Palabras clave: biodiversidad agrícola, función polinizadora, percepción del agricultor, entomología en fincas.

Abstract

In the agricultural farms of Mariscal Sucre, Milagro - Ecuador, there are native tree species such as *Muntingia calabura* Linneo, *Pseudobombax millei* (Standl.) A. Robyns, *Brugmansia candida* Pers., and *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav., which are entomofauna habitats that can be beneficial or harmful to the crops of the area. This fauna and their interactions with crops are not known, nor is the farmer's perception of it. Knowing these interactions was the purpose of this research. Twelve farms of less than 10 ha that had the trees under study were evaluated. The owners were interviewed freely, informed, and consensually about their perception of the entomofauna-agricultural crops interaction. Entomofaunal samples were taken in each tree species under study. They were taken to the Laboratory of Plant Genetic Resources of the Dr. Jacobo Bucaram Ortiz University City (Agrarian University of Ecuador) for the closest possible taxonomic identification and discrimination of those with pollinating activity. 3665 individuals (three subphylum, fifteen orders and 50 families) were registered. The most represented orders were Hymenoptera (59%), Hemiptera (14%) and Coleoptera (12%). Five pollinator groups were identified: *Wasmannia auropunctata* Roger, *Apis mellifera* Linneo, *Eristalis tenax* Linneo, Family Muscidae and Family Coccinellidae. 83% of the interviewees mentioned that the studied species are not hosts of harmful entomofauna and 50% consider that they fulfill a role of pollinators or predators. This is the first contribution to the entomofaunal study of native trees in the area and it raises awareness about the need to conserve this arboreal component.

Key words: agricultural biodiversity, pollination function, farmer's perception, farm entomology.

Introducción

La agroforestería se relaciona con la inclusión de árboles en los sistemas agrícolas. Tal inclusión contribuye a una agricultura sostenible, donde se protege la diversidad biológica del entorno, se mejoran la calidad, salud y productividad del suelo, así como los servicios ecosistémicos (control de la erosión del suelo, la recarga y calidad del agua, la retención de nutrientes, el control de plagas, etc.). En este contexto, la agroforestería proporciona a la entomofauna silvestre nichos de hábitat para su crecimiento y reproducción, lo cual repercute en la salud de los cultivos agrícolas (Udawatta *et al.*, 2019).

La fauna entomológica constituye un componente determinante en la productividad agrícola. Su presencia o ausencia puede significar desde daños directos e indirectos a las plantas cultivadas o, por el contrario, efectos positivos, por ejemplo, cuando promueve la polinización en los sembradíos (Mínaro *et al.*, 2018). Alrededor del 75% de los cultivos alimenticios aumentan su producción debido a la presencia de polinizadores y el 87% de las plantas que florecen son polinizadas por animales, incluyendo mamíferos y otros vertebrados, pero son los insectos quienes destacan en esta actividad (Nava-Bolaños *et al.*, 2022). Para que se realice una polinización efectiva se requiere de refugios de vegetación natural, cuando hay pérdida de estos sitios, la población de polinizadores disminuye y, por tanto, se necesitarán prácticas de manejo para el sostenimiento de la producción alimentaria (Bradhear, 2005).

La parroquia rural Mariscal Sucre forma parte del cantón Milagro, provincia del Guayas, en la costa ecuatoriana. Tiene un área de 56.47 km², sus agricultores se dedican esencialmente a cultivos establecidos a pleno sol: cacao (2,018 ha), banano (1,692 ha) y caña de azúcar (1,505 ha), que representan el 95% de la superficie agrícola, fijada en 5,483 ha (Gobierno Autónomo Descentralizado, 2015).

En Mariscal Sucre, así como en el resto del país, muchos agricultores aún mantienen en sus fincas un significativo componente arbóreo con funciones tanto alimenticias como de cercas vivas. León (2006) refiere que mango (*Mangifera indica* Linneo, 1753), guaba de machete (*Inga spectabilis* (Vahl) Willd., 1806), zapote (*Matisia cordata* Bonpl., 1805) y roble (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., 1845), son las especies más abundantes en las fincas cacaoteras de Yaguachi y Milagro, lugares cercanos a Mariscal Sucre (27 y 12 km respectivamente). Indagaciones previas a la presente investigación (Dorregaray-Llerena *et al.*, 2020) revelaron que, además de las especies mencionadas por León (2006) para el Cantón Milagro, en Mariscal Sucre existen especies nativas con valor medicinal o bioplaguicida dispersas en las fincas. Algunas de ellas son *Muntingia calabura* L., 1753 (nigüito), *Pseudobombax millei* (Standl.) A. Robyns, 1963 (beldaco), *Brugmansia candida* Pers., 1805 (campana) y *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav., 1798 (álamo). La entomofauna en

tales especies y su papel en los cultivos agrícolas de la zona es aún desconocido.

Esta investigación tuvo como objetivos identificar la fauna entomológica asociada a *M. calabura*, *P. millei*, *B. candida* y *T. integrifolia*, conocer su interacción con la polinización de cultivos agrícolas y la percepción del agricultor al respecto en fincas de la parroquia rural Mariscal Sucre en la provincia del Guayas. Se trata del primer reporte sobre la entomofauna para estas especies de árboles en el área de estudio. Los resultados contribuyen al conocimiento de la fauna local y su relación con el desarrollo de los cultivos agrícolas a fin de impulsar la conservación y el aprovechamiento de las especies arbóreas y de su fauna entomológica asociada, actualmente en peligro de ser desplazadas por el crecimiento de la frontera agrícola.

Materiales y métodos

Descripción del área en estudio

Mariscal Sucre es una parroquia rural del Cantón Milagro, provincia del Guayas, Ecuador. Se ubica entre las coordenadas UTM 666016.93 - 9773863.68; 670297.87 - 9766524.14; 660479.44 - 9763775.08 y 661812.80 - 9766788.75; posee una superficie de 56.47 km² (Figura 1) (Consejo de Planificación del GAD Parroquial Rural de Mariscal Sucre, 2015).

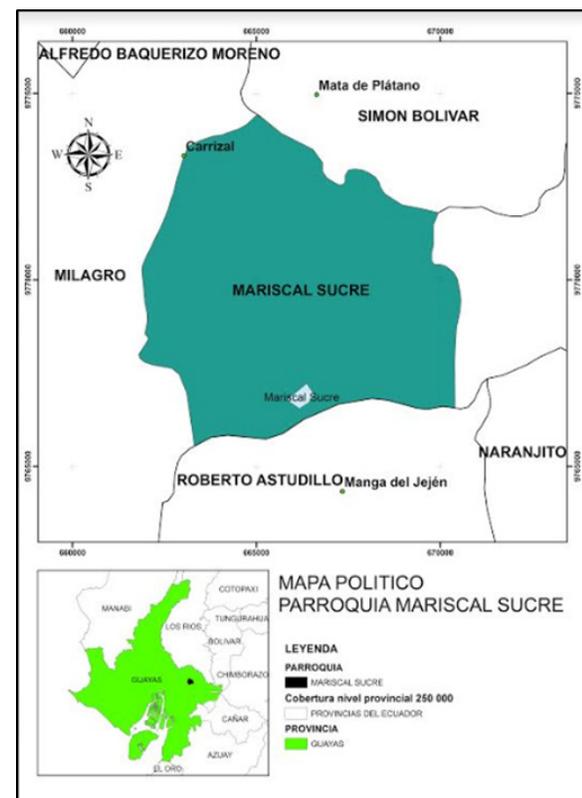


Figura 1. Mapa político de la parroquia Mariscal Sucre, Milagro - Guayas.

Identificación de la fauna entomológica asociada a los árboles en estudio

Esta investigación se realizó entre los meses de agosto de 2019 a enero de 2020 en doce fincas agrícolas de la Parroquia. Para elegir las fincas donde se encontraban las especies en estudio (*M. calabura*, *P. millei*, *B. candida* y *T. integrifolia*) y realizar las entrevistas a sus propietarios se usó un muestreo no probabilístico siguiendo la técnica “Bola de nieve” (Albuquerque *et al.*, 2014). En campo se evaluaron seis árboles de *M. calabura*, nueve de *P. millei*, cinco de *B. candida* y tres de *T. integrifolia*, de acuerdo con su disponibilidad en las fincas, en todos los casos se hicieron

ponderaciones para presentar los resultados. Las muestras se tomaron al mismo tiempo en cada árbol cada ocho días y por tres ocasiones usando los métodos de barrido con la red entomológica, trampas de suelo y directo (tejido vivo). Los pases de malla se efectuaron en dirección Norte - Sur - Este - Oeste de cada copa de los árboles en estudio. En las mismas direcciones, de cada individuo arbóreo se colectaron sus ramas bajas, considerando que aquellos, y de acuerdo a su especie, presentaban diferentes medidas para variables como diámetro a la altura del pecho, altura total, altura de copa y diámetro de copa, como se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Promedios de las características diámetro a la altura del pecho, altura total, altura de copa y diámetro de copa de las especies arbóreas evaluadas.

Nombre común	Nombre científico	N	DAP (cm)	Altura total (m)	Altura de copa (m)	Diámetro de copa (m)
Beldaco	<i>P. millei</i>	9	69.91	16.8	13.37	8.08
Nigüito	<i>M. calabura</i>	6	13.36	9.01	6.15	9.13
Campana	<i>B. candida</i>	5	5.09	3.85	2.36	2.35
Álamo	<i>T. integrifolia</i>	3	7.3	3.3	1.35	1.65

N= Número de individuos evaluados.

DAP: diámetro a la altura del pecho (1,30 m).

Por otra parte, próximas al fuste de cada individuo se instalaron dos trampas pitfall. Las trampas eran envases de plástico de 10 cm de diámetro y 15 cm de profundidad, que contenían agua (0.5 L.), detergente (5 g) y bórax (10 g). Las trampas permanecían activas por 7 días, luego de los cuales se recogían y se reemplazaban por unas nuevas.

La fauna entomológica muestreada se colocó en un frasco de vidrio con alcohol al 70% con los datos de colecta. El tejido muestreado (ramas) se guardó en bolsas plásticas transparentes. Los envases y las bolsas plásticas se trasladaron al laboratorio de Recursos Fitogenéticos de la Ciudad Universitaria Dr. Jacobo Bucaram Ortiz, Universidad Agraria del Ecuador, donde las muestras se montaron y trataron para su preservación, siguiendo las recomendaciones de Schauf (2001) y Márquez (2005). Los individuos se identificaron hasta la categoría taxonómica más específica posible, con la consulta de Böcher *et al.* (2015), VanDyk (2021), Loureiro y Braz de Queiroz (1990), González (2014), Ribera *et al.* (2015) y Triplehorn y Jonsson (2011). Las muestras recolectadas se depositaron en el Laboratorio de Entomología de la Universidad Agraria del Ecuador.

Interacción polinizadora de la fauna entomológica con cultivos agrícolas

Para conocer la interacción polinizadora de la fauna entomológica recolectada con los cultivos agrícolas se efectuaron revisiones bibliográficas: De la Peña *et al.* (2018), Knapp (2010), Mejicano (2011), Willmer (2011), Hernández-Ortiz y Hernández-López (2019), Hurtado (2013), Torreta *et al.* (2010).

Percepción del agricultor con respecto a la interacción positiva o negativa de la fauna entomológica con los cultivos en las fincas

Las entrevistas a los propietarios de las fincas fueron libres, informadas y consensuadas, bajo un formato semiestructurado. Los temas consultados se relacionaron con los datos personales del productor y la finca, la presencia de la entomofauna en los árboles en estudio y, los efectos positivos y negativos de éstos sobre los cultivos próximos. Con la información recopilada se creó una base de datos en la hoja de cálculo Microsoft Office Excel 2016.

Análisis estadístico de los datos

Para la evaluación de la entomofauna en general y la polinizadora en particular se usó como estadística descriptiva a la media. Los resultados se presentaron en cuadros.

Resultados**Identificación de la fauna entomológica asociada a los árboles en estudio**

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos sobre la fauna entomológica encontrada en cada una de las cuatro especies en estudio.

Cuadro 2. Número de especímenes entomológicos, de acuerdo a su categoría taxonómica, por especie arbórea (N= Número de individuos evaluados).

Categorías taxonómicas			Número de ejemplares entomofáunicos por especie arbórea				
Subfilos	Orden	Familias	<i>P. millei</i> (N=9)	<i>M. calabura</i> (N=6)	<i>B. candida</i> (N=5)	<i>T. integrifolia</i> (N=3)	
Hexapoda	Hymenoptera	Apoidea	1	2	4	1	
		Formicidae	1121	933	86	40	
		Thynnidae	2	0	0	0	
	Coleoptera	Buprestidae	2	0	0	0	
		Brentidae	1	1	0	0	
		Cerambycidae	1	0	0	0	
		Chryomeloidea	40	31	0	6	
		Coccinellidae	7	9	1	0	
		Dryophthoridae	2	3	1	18	
		Escarabaeidae	213	3	22	0	
		Nosondendridae	0	1	0	0	
		Phalacridae	1	0	0	0	
		Silphidae	0	0	0	6	
		Staphylinidae	0	0	56	0	
		Diptera	Culicidae	36	9	11	2
			Drosophilidae	0	0	4	0
	Muscidae		5	2	0	4	
	Oestroidea		2	0	0	0	
	Uliididae		2	1	2	3	
	Sciapodinae		1	0	6	1	
	Syrphidae		0	2	0	0	
	Tephritidae		1	2	0	0	
	Hemiptera		Aphididae	0	0	1	0
			Aradidae	0	1	0	1
		Cicadellidae	12	359	7	4	
		Coccoidea	2	1	4	0	
		Pentatomoidea	6	0	0	0	
		Pyrrhocoridae	0	0	0	3	
		Reduviidae	0	13	93	4	
	Blattodea	Blaberidae	3	4	0	0	
Blattidae		5	2	0	0		
Ectobiidae		9	0	0	0		
Odonata	Corduliidae	0	0	0	1		

Ortoptera	Gryllidae	13	19	7	2	
	Gryllotalpidae	0	1	0	0	
	Tettigoniidae	3	0	0	0	
Neuroptera	Chrysopidae	7	2	0	0	
Mantodea	Mantidae	6	4	0	0	
Dermaptera	Anisolabididae	3	0	0	0	
Lepidoptera	Gelechiidae	1	0	0	0	
Trypoptera	No identificado	0	0	1	0	
Miriapoda	Julida	Julidae	11	18	3	9
Chelicerata	Araneae	Anyphaenidae	47	13	0	0
		Araneidae	20	24	22	9
		Ctenidae	13	0	9	5
		Eutichuridae	6	21	0	0
		Oecobiidae	0	19	0	3
		Salticidae	27	22	13	0
		Theridiidae	0	18	4	11
Opiliones	Cosmetidae	3	0	0	0	
Total		1635	1540	357	133	
Promedio de número de ejemplares por árbol		181.7	256.7	71.4	44.3	

Beldaco (*Pseudobombax millei*) N=9

En esta especie se obtuvo en promedio, en relación a las otras especies arbóreas, 181.7 especímenes entomológicos. Esta especie tuvo el mayor número de subfilos (Hexapoda, Myriapoda, Chelicerata y Opiliones). Se recolectaron individuos pertenecientes a trece órdenes y 36 familias. En cuanto a los individuos recolectados, los órdenes más representados fueron Hymenoptera (69%), Coleoptera (16.3%) y Araneae (7%). La familia Formicidae (Hymenoptera) tuvo el mayor número de especímenes (68%), seguido de la familia Scarabaeidae (Coleoptera, 13%).

Nigüito (*Muntingia calabura*) N=6

En relación con las otras tres especies en estudio, en promedio se encontraron en los árboles de nigüito la mayor cantidad de especímenes entomológicos (256.7). Se identificaron tres subfilos (Hexapoda, Myriapoda, Chelicerata), diez órdenes y 30 familias. Sobre el número de individuos, los órdenes mejor representados fueron Hymenoptera (60.7%), Hemiptera (24.3%) y Araneae (7.6%). La familia Formicidae (Hymenoptera) presentó el mayor número de individuos (60.6%), seguido de la familia Cicadellidae (Hemiptera, 23.3%).

Campana (*Brugmansia candida*) N=5

En los árboles de campana se encontraron, en promedio, 71.4 especímenes. La entomofauna presente en esta especie corresponde a tres subfilos (Hexapoda, Myriapoda y Chelicerata); ocho órdenes y 21 familias. Los órdenes con

mayor número de ejemplares fueron Hemiptera (29.4%), Hymenoptera (25.2%) y Coleoptera (22.4%). Las familias con mayor número de individuos fueron Reduviidae (Hemiptera, 26%) y Formicidae (Hymenoptera, 24%).

Álamo (*Tessaria integrifolia*) N=3

En promedio, se obtuvieron 44.3 individuos en los árboles evaluados de esta especie. Los especímenes pertenecieron a tres subfilos (Hexapoda, Myriapoda y Chelicerata) ocho órdenes y 20 familias. En términos de número de ejemplares, los órdenes más representativos fueron Hymenoptera (30.8%), Araneae (21%) y Coleoptera (18%). Las familias Formicidae (Hymenoptera) y Dryophthoridae (Coleoptera) fueron las más abundantes (30% y 13.5%, respectivamente).

Interacción polinizadora de la fauna entomológica con cultivos agrícolas

Solo en dos fincas evaluadas se encontraron insectos polinizadores. *M. calabura* fue el árbol que más polinizadores registró (dos especies y dos familias), pero *B. candida* tuvo el mayor número de individuos acumulados durante la evaluación (62). La especie más abundancia fue *Wasmannia auropunctata* Roger, 1863, seguida de las familias Coccinellidae, Muscidae, Syrphidae y la especie *Apis mellifera* Linneo, 1758 (Cuadro 3). Existen reportes de la actividad polinizadora de *W. auropunctata* (Delabie *et al.*, 2003; Goitia *et al.*, 1992) y de la familia Coccinellidae (De la Peña *et al.*, 2018).

Cuadro 3. Número de especímenes con taxones polinizadores encontrados en cada especie arbórea evaluada.

Taxones	<i>P. millei</i> (N=9)	<i>M. calabura</i> (N=6)	<i>B. candida</i> (N=5)	<i>T. integrifolia</i> (N=3)
<i>Wasmannia auropunctata</i>	0	0	57	7
<i>Apis mellifera</i>	1	2	4	1
<i>Eristalis tenax</i>	0	1	0	0
Familia Muscidae	5	2	0	4
Familia Coccinellidae	7	14	1	0
Total	13	19	62	12

N= Número de individuos evaluados

En el Cuadro 4 se muestra la relación de los taxones polinizadores identificados en este estudio y los reportados por la literatura para algunas de las especies cultivadas en la zona.

Cuadro 4. Relación de polinizadores presentes en los árboles medicinales o bioplaguicidas y los cultivos de las fincas de Mariscal Sucre.

Polinizadores	Especies cultivadas en fincas de Mariscal Sucre	Referencias Bibliograficas
<i>Wasmannia auropunctata</i>	<i>Theobroma cacao</i>	(Goitia <i>et al.</i> , 1992; Páliz y Mendoza, 1995)
<i>Apis mellifera</i>	<i>Persea americana</i> , <i>Mangifera indica</i> y <i>Cocos nucifera</i>	(Reyes y Cano, s.f.)
<i>Eristalis tenax</i>	Solanaceae	(Jauker y Wolters, 2008)
Familia Muscidae	<i>Persea americana</i>	(Eardley y Mansell, 1996)
Familia Coccinellidae	<i>Mangifera indica</i> , <i>Annona cherimola</i> y <i>Persea americana</i>	(De la Peña <i>et al.</i> , 2018)

Percepción del agricultor con respecto a la interacción positiva o negativa de la fauna entomológica con los cultivos en las fincas

Se entrevistaron a doce agricultores, propietarios de las fincas en estudio. El 42% de los agricultores dijo no saber si existía entomofauna benéfica en las especies arbóreas evaluadas. El 8% que quizás podría existir y el 50% que sí existe entomofauna benéfica que cumple un papel de polinizador o depredador. Cuando se preguntó a los entrevistados si algunos de los individuos identificados de la entomofauna causan daños a una determinada especie arbórea, solo tres respondieron que sí y nombraron al “pulgón” (Aphididae) como causante de la muerte de *M. calabura*. En el Cuadro 5 se muestra las plagas más comunes en los cultivos agrícolas, según lo expuesto por los productores entrevistados. La mayoría considera que estas

plagas provienen desde otras fincas que no reciben un manejo adecuado (67%), un 8% opinó que están albergadas en las plantas y árboles que se encuentran alrededor de las fincas.

El 83% de los entrevistados dijeron que las especies arbóreas medicinales que se encuentran en sus fincas no son hospedantes de la entomofauna dañina. El 17% respondió que las plantas arbóreas medicinales sí hospedan a insectos dañinos, y se mencionó a *M. calabura* como la especie que aloja “pulgones”. Sobre los métodos de control de plagas en los cultivos, el 17% dijo realizar control cultural que no afecta a la entomofauna que se encuentra en los árboles estudiados. El 83% contestó que realizan un control químico que afecta a la entomofauna. Todos los agricultores expresaron no controlar directamente a la entomofauna presente en las arbóreas medicinales.

Cuadro 5. Agente entomofáunico dañino (según el agricultor) y tipos de daño en cultivos de cacao y banano próximos a las especies arbóreas evaluadas.

Cultivo	Agente dañino		Número de personas que reportaron según tipo de daño					
	Nombre común	Familia	En mazorca	Caída de botones florales	Muerte de plantas	Deformación de frutos	Baja producción	En hojas
Cacao	Chinchorro	Pentatomidae	9				1	
	Patilla	Formicidae		1	1			
	Pulgón	Aphididae			4	1	1	
	Mosca blanca	Aleyrodidae						1
Banano	Cochinilla	Pseudococcidae					2	

Discusión

Identificación de la fauna entomológica asociada a los árboles en estudio

De los diecisiete órdenes correspondientes a la entomofauna registrada, el de mayor abundancia fue Hymenoptera (59%) con la familia Formicidae como la predominante dentro del orden (99%). Estos resultados fueron consistentes con los publicados por Troya *et al.* (2016) quienes en una investigación sobre entomofauna en los remanentes de bosques secos andinos de Ecuador indicaron que el orden Hymenoptera fue el más abundante (70%), con el 95% de individuos de la familia Formicidae. En similar contexto, Azevedo *et al.* (2013), respecto a la entomofauna de la hojarasca en un área de Caatinga, en el bosque nacional de Açú, Brasil, mencionan que el orden Hymenoptera fue uno de los predominantes y que este grupo estuvo representado mayormente por la familia Formicidae. De igual forma Petiza *et al.* (2013) en una investigación etnoentomológica en la ciudad de São Gabriel da Cachoeira, Brasil, mencionan que el orden Hymenoptera obtuvo el mayor número de insectos registrado.

Dentro del orden Hemiptera, el segundo más abundante en esta investigación, se encontró con mayor frecuencia individuos de la familia Cicadellidae en la especie *M. calabura*. Se presume que se trata del “pulgón” mencionado por tres de los agricultores entrevistados durante esta investigación, pues presentan caracteres externos que lo asemejan a los pulgones.

Coleoptera fue otro de los órdenes más abundantes registrados y el que tuvo mayor diversidad de familias. Estos resultados se corresponden con lo encontrado por Gastón (1993, citado en Fernández 2006) que indica que Coleoptera es uno de los órdenes más diversos del planeta.

Pseudobombax millei registró mayor número de individuos de las órdenes Hymenoptera y Coleoptera. Esto puede atribuirse a las características morfológicas de *P. millei*:

los árboles se distinguen por ser altos (20 m) y tener una copa amplia (8 m) lo que potencialmente permitiría un nicho de hábitat apropiado para muchas especies en contraste con la estructura más pequeña de las otras especies estudiadas. Además, el número de árboles de *P. millei* evaluados fue superior al de las otras arbóreas medicinales.

Interacción polinizadora de la fauna entomológica con cultivos agrícolas

En cuanto a los grupos polinizadores, tres especies y dos familias fueron identificadas. *Wasmannia auropunctata* fue la especie que obtuvo el mayor número de individuos capturados. Falero *et al.* (2018) y la Base de Datos Global de Especies Invasoras (2015) consideran que *W. auropunctata* es una plaga agrícola en países de la región tropical y ha sido incluida dentro de la lista de las 100 peores especies invasoras. Sin embargo, Páliz y Mendoza (1995) consideran a esta especie como visitante de la flor del cacao en Ecuador, mientras que Goitia *et al.* (1992) encontraron que su presencia aumentaba en un 46% el número de flores polinizadas. La familia Coccinellidae fue el segundo grupo entomológico en registrar mayor cantidad de individuos polinizadores. Zúñiga-Reinoso (2011) menciona que este grupo se caracteriza por ser utilizado para el control de plagas agrícolas debido a su capacidad depredadora de insectos herbívoros. Así mismo, De la Peña *et al.* (2018) aseguran que esta familia actúa como polinizadores de árboles frutales, entre ellos *Mangifera indica*, *Annona cherimola* Mill, 1768 y *Persea americana* Mill, 1768.

De las especies arbóreas evaluadas, *Brugmansia candida* fue la que mostró mayor presencia de *Apis mellifera*. De acuerdo a la literatura esta especie puede ser un polinizador importante para *Brugmansia*. Así, Knapp (2010) en una investigación sobre polinizadores, filogenia y forma de flores en solanáceas describe como posibles polinizadores del género *Brugmansia* a colibríes, murciélagos, polillas y abejas. De igual manera Mejicano (2011) comenta que las abejas

están presentes en flores de *B. suaveolens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Sweet, 1818 y que pueden ser sus polinizadores secundarios durante el día.

Percepción del agricultor con respecto a la interacción positiva o negativa de la fauna entomológica con los cultivos en las fincas

En relación al proceso de la recolecta de datos sobre cómo perciben los productores la interacción insecto cultivo, en siete de las doce fincas evaluadas se encontró al menos un individuo de las especies arbóreas medicinales en estudio, esto contrasta con el espacio dedicado al establecimiento de monocultivos como cacao y banano, lo que evidencia el desplazamiento de las especies nativas. Como resultado se supone una disminución en las poblaciones de insectos con potencial benéfico, dado que la presencia de monocultivos tiene consecuencias negativas en el entorno, tales como pérdida de biodiversidad y degradación de los recursos (Lechón y Chicaiza 2019).

De los doce productores encuestados, el 50% mencionaron haber observado insectos en las especies arbóreas evaluadas, pero solo el 42% de ellos los identificaron. La especie más nombrada fue la que ellos consideran “pulgonés”, todos concordaron que éstos ocasionan daños a los árboles de *M. calabura*. A decir de Arroyo *et al.* (2015) porque tienen piezas bucales especializadas para penetrar las células vegetales y succionar la savia.

En la parroquia rural Mariscal Sucre existen fincas agrícolas que aún conservan y aprovechan árboles nativos medicinales y bioplaguicidas. Estas especies constituyen albergues para una variada entomofauna que potencialmente puede constituirse en una amenaza para los cultivos, en conformidad con el desequilibrio latente de las poblaciones vegetales y debido al uso de plaguicidas o, en un efecto positivo para el agricultor local, por los servicios ecosistémicos relacionados con la polinización.

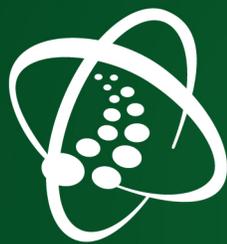
Los polinizadores asociados a las arbóreas nativas estudiadas en Mariscal Sucre fueron escasos en número de especies e individuos, probablemente se deba a que las especies arbóreas estudiadas no son atractivas para esas poblaciones. Actualmente, existe una preocupación global por promover la protección de los insectos con función polinizadora y estos resultados llaman a la acción para inducir entre los pobladores locales, mediante estrategias apropiadas, la instalación y uso de especies arbóreas multipropósito. Ello podría contribuir a aumentar las poblaciones dado la relación intuitivamente observada entre características morfológicas de los árboles y la proporción entomofaunística.

Literatura citada

Albuquerque, U., Farias R. y Machado E. 2014. Selection of research participants. In: Albuquerque U. P. et al. (Eds.). *Methods and techniques in Ethnobiology and*

- Ethnoecology. Springer Protocols Handbooks. EUA. p.1.
- Arroyo, W., Pérez, A., Díaz-Soto, J. y Beltrán, J. 2015. Identificación de morfotipos de *Empoasca* spp. (Hemiptera: Cicadellidae) en agro-ecosistemas de ñame y yuca (Sucre, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 41(2): 163-169
- Azevedo, C., Oliviera, F., Valera, R., Macedo, I. y Borges, P. 2013. Entomofauna presente no conteúdo da serapilheira em área de caatinga na floresta nacional do Açú-RN. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8(4): 50-56.
- Base de Datos Global de Especies Invasoras. 2015. Species profile *Wasmannia auropunctata*. <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=58>
- Böcher, J., Kristensen, N., Pape, T., and Vilhelmsen, L. (Eds.). 2015. *The Greenland Entomofauna: An identification Manual of Insects, Spiders and Their Allies*. Leiden, Netherlands.
- Bradbear, N. 2005. Las abejas son los diligentes de las frutas y cultivos. <http://www.fao.org/docrep/008/y5110s/y5110s03.htm>
- Consejo de planificación del GAD parroquial rural de Mariscal Sucre. 2015. Diagnóstico provisional. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0968564230001_DIAGNOSTICO%20BIO%20-MARISCAL%20SUCRE_20-05-2015_00-01-27.pdf
- Dorregaray-Llerena, F., Guiracocha-Freire, D. y Mendoza Mora, J. 2020. Conocimiento local sobre el uso de plantas nativas para el control del piojo de la gallina en fincas agrícolas de Guayas, Ecuador. *Revista Etnobiología*, 18 (1): 47-58.
- De la Peña, E., Pérez, V., Alcaráz, L., Lora, J., Larrañaga, N. y Hormaza, I. 2018. Polinizadores y polinización en frutales subtropicales: implicaciones en manejo, conservación y seguridad alimentaria. *Ecosistemas* 27(2): 91-101.
- Delabie, J., Ospina, M. y Zabala, G. 2003. Relaciones entre hormigas y plantas: una introducción. (pp.167-180). In Fernández F. (Ed.), *Introducción a las hormigas de la región neotropical Acta Nocturna*. Bogotá, Colombia.
- Eardley, C., and Mansell, M. 1996. The Natural Occurrence of Insect Pollinators in an Avocado Orchard. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 19: 36-38.
- Falero, O., Ferro, J. y García, L. 2018. Apuntes sobre la invasión de *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) en tres especies de bromelias de tanque presentes en el Parque Nacional Guanahacabibes, Cuba. *Ecovida*, 8(1): 28-38.
- Fernández F. 2006. Sistemática de los himenópteros de la Región Neotropical: Estado del conocimiento y perspectivas. In: Fernández. F. y M. Sharkey. (Eds.). *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*. Universidad Nacional de Colombia & Socolen. Bogotá D.C, Colombia. p.8.

- Gobierno Autónomo Descentralizado. 2015. Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón San Francisco de Milagro. Milagro: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón San Francisco de Milagro. http://app.sni.gob.ec/sni-linksplusdiagadplusdiagnostico/0960000730001diagno%C3%B3stico_15-11-2014.pdf
- Goitia, W., Bosque, C. y Jaffe, K. 1992. Interacción Hormiga-Polinizador en cacao. Turrialba, 42 (2): 178-186.
- González, G. 2014. Coccinellidae. In: Roig-Juñent S., L. Claps y J. Morrone (Eds.). Biodiversidad de Artrópodos Argentinos Volumen 3. Editorial INSUE-UNT San Miguel de Tucumán, Argentina. p.509.
- Hernández-Ortiz, V. y Hernández-López, M. 2019. En tiempos de crisis, ¿qué sabemos de las moscas polinizadoras en los agroecosistemas tropicales? El sol de México. Ciudad de México, México. <https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/en-tiempos-de-crisis-que-sabemos-de-las-moscas-polinizadoras-en-los-agroecosistemas-tropicales-3730717.html>
- Hurtado, P. 2013. Estudio del ciclo de vida de sírfidos cristalinos (Díptera, Syrphidae) y bases para su cría artificial tesis doctoral. Universidad de Alicante. España.
- Jauker, F., and Wolters, V. 2008. Hover flies are efficient pollinators of oilseed rape. *Oecologia*, 156(4), 819-823.
- Knapp, S. 2010. On 'various contrivances': pollination, phylogeny and flower form in the Solanaceae. *Philosophical transactions The Royal Society B Biological Science*, 36(1539): 449-460.
- Lechón, W. y Chicaiza, J. 2019. De la agricultura familiar campesina a las microempresas de monocultivo. Reestructura socio territorial en la sierra norte del Ecuador. *Eutopía*, (15): 193-210
- León, R. 2006. Diversidad vegetal asociada a cacaotales de dos zonas agroecológicas en la Región Litoral del Ecuador (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- Loureiro, M., y Braz de Queiroz, M. 1990. Insetos de Vicosá Formicidae. Universidade Federal de Vicosá.
- Márquez, J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, (37): 385-408.
- Mejicano, E. 2011. Pollination Syndrome and Nectar Protection in *Brugmansia suaveolens* (Solanaceae). <https://digital.lib.usf.edu/SFS0001417/00001>
- Minarro, M., García, D. y Martínez-Sastre, R. 2018. Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de la diversidad. *Ecosistemas* 27(2): 81-90.
- Nava-Bolaños, A., Osorio-Olvera, L. y Soberón, J. 2022. Estado del arte del conocimiento de biodiversidad de los polinizadores de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93, 1-76.
- Páliz, V. y Mendoza, J. 1995. Insectos del cacao. En Suarez, C., M. Moreira and J. Vera (Eds.), Manual del cultivo de cacao. Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p.106.
- Petiza, S., Hamada, N., Bruno, A. y Costa, E. 2013. Etnoentomología Baniwa. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, (52): 323-343.
- Reyes, J., y Cano, P. s.f. Manual de polinización apícola. http://www.mieldemalaga.com/data/manual_polinizacion_apicola.mex.pdf.
- Ribera, I., Melic, A. y Torralba, A. 2015. Introducción y guía visual de los artrópodos. *Revista IDE@-SEA*, (2): 1-30.
- Schauff, M. E. 2001. Collecting and preserving insects and mites: Techniques and tools. G.C. Steyskal, W.L. Murphy, E.H. Hoover (Eds.), Update and Modified WWW Version Of: Insects and Mites: Techniques for Collection and Preservation. Agricultural Research Service, USDA, 1443, Miscellaneous Publication, p. 1.
- Torreta, J., Medan, D., Roig, A. y Montaldo, N. 2010. Visitantes diurnos del girasol (*Helianthus annuus*, Asterales: Asteraceae) en la Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69(1): 17-32.
- Triplehorn, C. y Johnson, N. 2011. Estudio dos Insetos. Cengage Learning, Sao Paulo.
- Troya, A., Bersosa, F. y Espinoza, L. 2016. Insectos de los remanentes de bosques secos andinos del norte de Ecuador. *Ecosistema*, 25 (2): 79-82.
- Udawatta, R. Rankoth, L. & Jose, S. (2019). Agroforestry and biodiversity. *Sustainability*, 11, 2879.
- VanDyk, J. (Ed.). 2021. BugGuide.Net: Identification, Images, & Information For Insects, Spiders & Their Kin For the United States & Canada. Iowa State University. <https://bugguide.net/>
- Zúñiga-Reinoso, A. 2011. Los coccinélidos (Coleóptera: Coccinellidae) de la región de magallanes: nuevos registros y distribución regional. *Anales Instituto Patagonia* 39(1), 59-71.



CIENCIA Y TECNOLOGÍA



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



cienciaytecnologia@uteq.edu.ec



+593 997507331