



REVISTA AGROTECNOLÓGICA AMAZÓNICA

e-ISSN: 2710-0510
Volumen 2, Número 2, Año 2022.

**Interacciones de los microorganismos
y su importancia en la vida del hombre**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SAN MARTÍN**



Volumen 2 • Número 2 • Julio - Diciembre 2022



Fondo Editorial
Universidad Nacional de San Martín

© **Universidad Nacional de San Martín**

Facultad de Ciencias Agrarias

Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Jr. Maynas N° 177, Tarapoto –Perú

Editor

Fondo Editorial

Editorial:

Universidad Nacional de San Martín

Diseño de portada:

Lic. Manuel Angel Rojas Torres

Volumen 2, Número 2, Año 2022

DOI: 10.51252/raa

e-ISSN: 2710-0510

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022-XXXX

Tarapoto, San Martín, Perú, Julio 2022



Revista Agrotecnológica Amazónica

Volumen 2 • Número 2 • Julio - Diciembre 2022

Tarapoto, Perú

e-ISSN: 2710-0510

DOI: 10.51252/raa

RAA. Revista Agrotecnológica Amazónica es una revista de divulgación científica de acceso abierto editada por el Fondo Editorial de la Universidad Nacional de San Martín, en colaboración con las facultades de Ciencias agrarias e Ingeniería agroindustrial. Tiene como misión divulgar el conocimiento producido por la comunidad académica-científica en las áreas de Agricultura, Acuicultura, Ciencia del suelo, Ciencias de los Alimentos, Agronomía, Protección y nutrición de las plantas y temas afines de las Ciencias Agrarias.

Editor Jefe

Dr. Miguel Angel Valles Coral, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Editor Asociado

Dr. Agustin Cerna Mendoza, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Dra. Mari Medina Vivanco, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Comité editorial

Dr. Winston Ríos Ruíz, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Dr. Oscar Mendieta Taboada, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Comité científico

Dr. José Pasquel Reátegui, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Ing. Danter Cachique Huansi, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Perú

MSc. Richer Garay Montes, Universidad Nacional de San Martín, Perú

MSc. Renzo Valdez Núñez, Universidad Nacional de San Martín, Perú

MSc. José Rafael Vela Paredes, Universidad Nacional Amazonía Peruana, Perú

MSc. Mike Corazón Guivin, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Dr. Geomar Vallejos Torres, Universidad Nacional de San Martín, Perú

MSc. Grecia Fachin Ruíz, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Ph. D. Juan Guerreo Abad, Instituto Nacional de Investigación Agraria, Perú

Dr. Paulo Torres Mayanga, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

Gestor de la revista: Ing. Juan Carlos Velasco Mieses

Secretario editorial: Ing. Lloy Pool Pinedo Tuanama | Bach. Jorge Navarro Cabrera

Diagramadora: Est. Kasidy Argandoña Del Aguila

Correctora de estilo: Bach. Itzel Garagay Mozombite

Soporte Tecnológico Informático: Est. Deyver Montenegro Fernandez

Diseño gráfico editorial: Lic. Manuel Angel Rojas Torres





Índice de contenidos

Editorial

- Los microorganismos y su importancia en la vida del hombre** e411
Microorganisms and their importance in human life
Vélez-Eraza, E. M.

Artículos originales

- Análisis del sistema de agronegocios del cultivo del camu camu (*Myrciaria dubia*) en la provincia de Alto Amazonas – Loreto** e382
*Analysis of the agribusiness system for the cultivation of camu camu (*Myrciaria dubia*) in the province of Alto Amazonas – Loreto*
Ríos-Del Águila, D. B., Pezo-Gonzales, M., Chumacero-Acosta, J. S., Castro-Santander, P. O., Tello-Panduro, B. E. & Álvarez-Arista, Y.

- Hongos nematófagos en el biocontrol de *Meloidogyne exigua* Goeldi en *Coffea arabica* L. var. Catimor, en Satipo – Perú** e343
*Nematophages fungi in the biocontrol of the *Meloidogyne exigua* Goeldi in *Coffea arabica* L. var. Catimor, in Satipo - Peru*
Alomia-Lucero, J. M. & Capcha Ospina, E.

- Tiempo de fermentación anaeróbica en la calidad de *Coffea arabica* L. var. Catimor con proceso Honey, en Satipo-Perú** e359
*Anaerobic fermentation time in the quality of *Coffea arabica* L. var. Catimor with Honey process, in Satipo-Perú*
Alomía-Lucero, J. M., Rojas-Medina, D., Pérez-Romero, L. F., Estrada-Carhuallanqui, H. N., Cañari Contreras, M. D. & Mamani-Santana, G.

Artículo de revisión

- Aplicación de herramientas moleculares en mejora genética forestal tropical** e361
Application of molecular tools in tropical forest genetic improvement
Domínguez-Liévano, A.

Nota científica

- Primer reporte de *Megaselia* sp. (Rondani, 1856) (Diptera: Phoridae) sobre frutos de *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae) en Venezuela** e368
*First report of *Megaselia* sp. (Rondani, 1856) (Diptera: Phoridae) on fruits of *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae) in Venezuela*
Traviezo-Valles, L., Chang-Cova, V. & Arcaya, E.



Los microorganismos y su importancia en la vida del hombre

Microorganisms and their importance in human life

 Vélez-Eraza, Eliana Marcela^{1*}

¹Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

Recibido: 10 Jul. 2022 | **Aceptado:** 15 Jul. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: evelezer@unsm.edu.pe

Como citar este artículo: Vélez-Eraza, E. M. (2022). Los microorganismos y su importancia en la vida del hombre. *Revista agrotecnológica amazónica*, 2(2), e411. <https://doi.org/10.51252/raa.v2i2.411>

EDITORIAL

Los microorganismos han estado en la vida del hombre desde tiempos inmemorables. Con el paso del tiempo hemos aprendido a vivir con ellos, teniendo un efecto positivo o negativo en aspectos como la salud, la alimentación, el medio ambiente entre otros. Desde el punto de vista tecnológico, los microorganismos son trascendentales a varias áreas del conocimiento, como biología, medicina, ingeniería, economía, etc. En todas estas áreas los avances en la biotecnología son cruciales, no solo para entender el comportamiento de los microorganismos, sino también para manipularlos y poder desarrollar diferentes productos o satisfacer diferentes necesidades que la humanidad tenga.

Teniendo en cuenta la importancia de los microorganismos en la vida del hombre, es que en la presente edición de la Revista Agrotecnológica Amazónica resaltan diferentes trabajos de investigación de índole nacional e internacional donde la biotecnología y la genética son protagonistas. Estos trabajos de investigación enriquecen nuestros conocimientos en el área y demuestran que el estudio de los microorganismos puede tener efectos en la agrotecnología, desde la agronomía hasta la agroindustria.

Es por esto que invitamos a todos nuestros lectores a que, no solo lean y compartan con su equipo de trabajo las publicaciones de esta edición, sino que también queremos incentivar y promover este tipo de estudios, ya que representan avances importantes para la región amazónica, los cuales, en el futuro, pueden verse reflejados en aplicaciones industriales que mejoren la calidad de vida de los agentes involucrados.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.





Análisis del sistema de agronegocios del cultivo del camu camu (*Myrciaria dubia*) en la provincia de Alto Amazonas – Loreto

Analysis of the agribusiness system for the cultivation of camu camu (*Myrciaria dubia*) in the province of Alto Amazonas – Loreto

📧 Ríos-Del-Águila, Danhelo Brick^{1*}

📧 Pezo-Gonzales, Mario¹

📧 Chumacero-Acosta, Julio Santiago¹

📧 Castro-Santander, Publio Oscar²

📧 Tello-Panduro, Betty Elizabeth³

📧 Álvarez-Arista, Yuleisdy¹

¹Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

²Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota, Perú

³Helvetas Swiss Intercooperation

Recibido: 21 May. 2022 | Aceptado: 29 Jun. 2022 | Publicado: 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: jschumacero@unsm.edu.pe

Cómo citar este artículo: Ríos-Del Águila, D. B., Pezo-Gonzales, M., Chumacero-Acosta, J. S., Castro-Santander, P. O., Tello-Panduro, B. E. & Álvarez-Arista, Y. (2022). Análisis del sistema de agronegocios del cultivo del camu camu (*Myrciaria dubia*.) en la provincia de Alto Amazonas – Loreto. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 2 (2), e382. <https://doi.org/10.51252/raa.v2i2.382>

RESUMEN

Se realizó un diagnóstico del sistema de agronegocios del camu camu en la provincia de Alto Amazonas- Región Loreto enmarcado desde el ambiente institucional, organizacional y tecnológico, además de analizar las transacciones y nivel de coordinación; complementando con la descripción del entorno interno y externo del SAG. La investigación se realizó en la provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto, aplicando el estudio en los distritos de Jeberos, Lagunas, Santa Cruz y Yurimaguas. Se utilizó el Análisis Estructural Discreto (AED), como metodología para contextualizar de forma sistémica el ambiente institucional (evaluación de los principales hitos e importancia para el sistema), tecnológico (descripción de rendimientos, producción y nivel tecnológico utilizado) y organizacional (identificación y descripción de los principales actores) en donde se desarrolla el SAG del camu camu. Asimismo, se realizó una evaluación del entorno interno y externo SAG de camu camu mediante el Diamante de Porter que describió a los protagonistas y evaluó su posición competitiva. Se concluyó que a nivel organizacional y de coordinación, los actores cuentan con transacciones no alineadas y mal aprovechamiento de ventajas básicas y avanzadas que perjudican el desempeño del SAG camu camu en la región.

Palabras clave: análisis de componentes; análisis estructural discreto; costos de transacción; SAG camu camu

ABSTRACT

A diagnosis of the camu camu agribusiness system was carried out in the province of Alto Amazonas-Loreto Region framed from the institutional, organizational and technological environment, in addition to analyzing the transactions and level of coordination; complementing with the description of the internal and external environment of the SAG. The research was carried out in the province of Alto Amazonas, department of Loreto, applying the study in the districts of Jeberos, Lagunas, Santa Cruz and Yurimaguas. Discrete Structural Analysis (AED) was used as a methodology to systemically contextualize the institutional environment (evaluation of the main milestones and importance for the system), technological environment (description of performance, production and technological level used) and organizational (identification and description of the main actors) where the SAG of camu ca-mu is developed. Likewise, an evaluation of the internal and external environment was carried out. SAG of camu camu was carried out through the Porter Diamond that described the protagonists and evaluated their competitive position. It was concluded that at the organizational and coordination level, the actors have non-aligned transactions and misuse of basic and advanced advantages that harm the performance of SAG camu camu in the region.

Keywords: component analysis; discrete structural analysis; transaction costs; SAG camu camu



1. INTRODUCCIÓN

La limitada disponibilidad de recursos en relación a la demanda de los consumidores, ha determinado que países de la Unión Europea y Asia se conviertan en importantes importadores de materias primas y alimentos (Barilatti, 2008) considerados como superalimentos, por las propiedades nutricionales y/o funcionales que benefician la salud de las personas (Risco Carrero, 2021). Por ello, gran parte de la agricultura se encuentra en un cambio de paradigma de “vender lo que se produce” a “producir lo que se vende” (Dravenstott & Chieffe, 1995; Boehlje, 1993).

Según Zylbersztajn & Neves (2000) para determinar el correcto desempeño de los sistemas agroindustriales, se tiene que conocer la “alineación básica correcta” de los ambientes institucional, organizacional y tecnológico, así como de la alineación de las transacciones entre los agentes económicos, las estructuras de gobernanza, los flujos de información, entre otros aspectos (Palau, 2005). Para este análisis, el enfoque de la Nueva Economía Institucional (NEI) aporta elementos de suma importancia para este análisis (Pozo Sulbaran, 2020), pues contiene premisas o supuestos relacionados con el comportamiento racional de los agentes económicos en condiciones de información incompleta y costos de negociación (North, 1990) que afectan las elecciones del tipo de transacción de los actores o jugadores. Por ello, es necesario las instituciones, como normas, leyes costumbres o tradiciones, que tienen por objetivo reducir la incertidumbre, establecer los derechos de propiedad sobre el recurso y minimizar costos de transacción (North, 1990).

Cuando los costos de transacción son bajos y la especificidad de activos es baja, la estructura de gobernanza que desarrollarán los agentes económicos es el mercado. Por el contrario, si los costos de transacción son altos y la especificidad de los activos es alta, los actores prefieren desarrollar las transacciones de manera interna (integrar vertical) (Williamson, 1991; Rindfleisch & Heide, 1997). Entre los dos extremos, mercado e integración vertical existe la estructura de gobernanza híbrida o contrato en el cual se establecen cláusulas que aseguran una conducta no oportunista de los actores económicos (Williamson, 1991; Menard, 2004; Correa, 2002). Una forma híbrida puede alcanzar los beneficios de una organización integrada vertical sin asumir los costos de administración y control dentro de una sola organización (Jimenez Silva et al., 2018).

La *Myrciaria dubia* es un arbusto que crece en las orillas de las quebradas y cochas de la cuenca Amazónica (Akter et al., 2011), cuyo nombre común es "camu-camu" (Peters & Vásquez, 1988). Se encuentra principalmente distribuida en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Borges et al., 2014). Esta fruta ha mostrado potencial para aplicaciones alimentarias (Imán Correa, 2001), ya que posee el más alto contenido de ácido ascórbico (vitamina C) conocido a nivel mundial (Fracassetti et al., 2013).

En Perú, el sector agroexportador de este país se ha constituido, en los últimos veinte años, en la segunda actividad económica con mayor rentabilidad después de la minería, multiplicándose casi ocho veces sus ganancias a nivel de exportaciones de productos no tradicionales (PromPerú, 2016). En el caso del camu camu, el origen de las exportaciones es la región Loreto, que cuenta con mayores áreas de cultivo naturales por las condiciones medioambientales ideales para su crecimiento y desarrollo (Imán Correa, 2001).

El sistema de agronegocios del camu camu peruano cuenta con organizaciones de cooperación y otros actores institucionales para apalancar el negocio hacia una ruta agroexportadora, sin embargo, se reportan limitaciones y problemas (Risco Carrero, 2021), como la falta de inversión en tecnología que no permite la consolidación industrial. Por tal motivo, en la presente investigación se realizó un diagnóstico del sistema de agronegocios del camu camu en la provincia de Alto Amazonas- Región Loreto enmarcado desde el ambiente institucional, organizacional y tecnológico, además de analizar las transacciones y nivel de coordinación; complementando con la descripción del entorno interno y externo del SAG.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto, aplicando el estudio en los distritos de Jeberos, Lagunas, Santa Cruz y Yurimaguas. Se utilizó el Análisis Estructural Discreto (AED), como metodología para contextualizar de forma sistémica el ambiente institucional (evaluación de los principales hitos e importancia para el sistema), tecnológico (descripción de rendimientos, producción y nivel tecnológico utilizado) y organizacional (identificación y descripción de los principales actores) en donde se desarrolla el SAG del camu camu. Asimismo, se realizó una evaluación del entorno interno y externo SAG de camu camu mediante el Diamante de Porter que describió a los protagonistas y evaluó su posición competitiva.

El estudio fue complementado con la aplicación estadística del Análisis de Componentes Principales (ACP) combinado con Cluster, los cuales permiten reducir la dimensión de los datos e identificar las variables de más peso, agrupando a los productores en función de las variables caracterizadas; para este análisis se utilizó el software InfoStat.

La recopilación de datos e información se realizó por medio de la investigación y análisis de documentos existentes referentes al sector de producción de camu camu, a nivel nacional y regional. También en base a encuestas y entrevistas de tipo semiestructuradas, con preguntas abiertas, relacionadas a las principales características y dificultades que presenta el SAG del camu camu en la región. Los encuestados fueron 103 productores de camu camu y se entrevistó a 10 actores especialistas de diferentes eslabones de la cadena agroindustrial.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. El sistema de agronegocios de camu camu de la provincia de alto amazonas

Ambiente Institucional

El SAG camu camu cuenta con leyes y normas que promueven el cultivo del camu camu desde la perspectiva de la ampliación de la oferta a nivel nacional, en cumplimiento de los requisitos del mercado internacional. Para ello, existen normas que apalancan el mejoramiento de calidad tales como: a) NTP 11,030: 2007 que establece las definiciones, clasificación y requisitos que debe cumplir el fruto del camu camu arbustivo en estado fresco destinado para el consumo humano o uso industrial, b) NTP 11,031: 2007, establece las definiciones y los requisitos para la pulpa del camu camu arbustivo fresca o conservada exclusivamente por medios físicos y c) NTP 011,032: 2009, establece Buenas prácticas agrícolas para el cultivo de camu camu arbustivo.

Asimismo, la región cuenta con una mesa Técnica de Trabajo, con la participación del Gobierno Regional de Loreto, el IIAP y empresarios privados, quienes se unieron para hallar soluciones a dificultades comunes. Se creó la RED CAMU CAMU en la región como medio articulador entre más de 50 instituciones públicas y privadas contando con ONG como CARE PERU, CEPRODESA o CONTRADROGAS. Todo ello apalancado en un ambiente institucional estable por parte del estado peruano y todas las normas y leyes que fomentan la asociatividad y la agroexportación.

Respecto al ambiente institucional informal, el factor de demarcación, la propiedad territorial y de índole social, hace que cuenten con gran heterogeneidad, debido a las costumbres y creencias de cada comunidad. Los pequeños productores, generalmente no han desarrollado cultura o conocimiento financiero, no saben administrar sus propios recursos, pues el ingreso a la cadena de valor requiere de inversión por parte de los productores que generalmente no pueden cubrir por el costo monetario y que no permite su inclusión al mercado formal, que limita la posibilidad de invertir en equipamiento, infraestructura e incluso incursionar en productos de mayor valor agregado. Generando con frecuencia conflictos violentos entre los pobladores de las comunidades, dificultando la comercialización del producto y la sostenibilidad de sus organizaciones y aliados.

Ambiente Organizacional

El ambiente organizacional del SAG camu camu se encuentra conformado por los eslabones insumos, producción, acopio, transformación y comercialización

En el eslabón de provisión de insumos, las entidades como CEDECAM, CARE Perú, CEDROPESA, brindan herramientas y capacitaciones para que los cultivadores produzcan abono orgánico. En cuanto al eslabón producción, los productores de camu camu se encuentran organizados conformaron diversas asociaciones; representan a la mayoría de actores en este subsistema.

El acopio se realiza la post cosecha, con cuatro actores: los acopiadores individuales conocidos como revendedores, que se caracterizan por viajar entre 6 y 32 horas vía fluvial por el río Huallaga y el río Aipena, son los que manejan el precio de compra y trasladan el producto acopiado a Yurimaguas o Requena a revenderlo a un precio mayor.

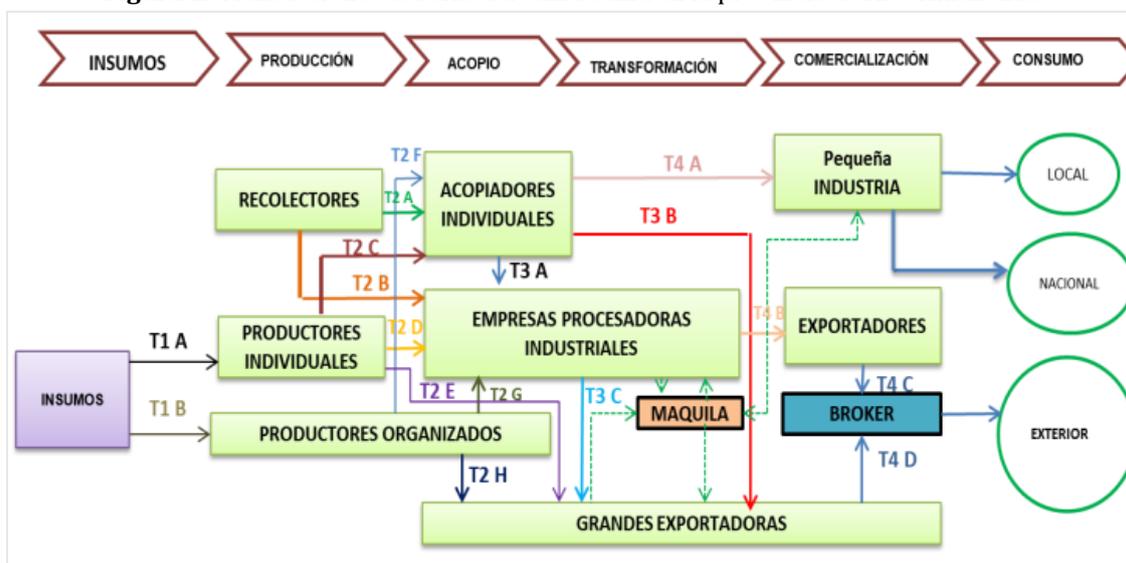
En la etapa de transformación, existen dos actores: a) las empresas procesadoras industriales generalmente son propietarios de sus plantaciones, pero la gran mayoría acopía el producto para transformarlo (Pulpeado) y transportarlo a la ciudad de Lima para su homogeneización y b) las grandes exportadoras que se encargan del acopio se desarrollan por medio de un contrato de palabra con la asociación, en Yurimaguas resaltan Villa Andina y Quality Fruit Foods. En esta etapa, se presentan tres sub etapas importantes: pulpeo, homogeneizado y liofilizado. El primero suele realizarse en la ciudad de alto amazonas, en plantas locales, dentro de ellos se puede distinguir tres grupos: prestadores de servicios, empresas procesadores y maquila. Para Loreto, en materia de procesamiento de la pulpa, la empresa Frutos del Bosque y la Planta Procesadora de Frutales S.A. (persa) ofrecen estos servicios a terceros. En Yurimaguas empresas como Villa Andina y Quality Fruit Foods compran camu camu en estado verde pintón, congelan la pulpa en frigoríficos para luego enviarla a Lima. En el pulpeado estas empresas hacen uso local de la maquila, para minimizar costos logísticos y optimizar la preservación de la pulpa obtenida.

Por último, los actores involucrados en el proceso de comercialización son la pequeña industria, los exportadores, las agrandes exportadoras y los brókeres.

Análisis de transacciones y nivel de coordinación del SAG

A continuación, en la Figura 1 se muestra las transacciones realizadas en del sistema de agronegocios de camu camu de la provincia de Alto Amazonas.

Figura 1. Transacciones del SAG del camu camu en la provincia de Alto Amazonas.



Transacción proveedor de insumos – productor individual (T1)

Los bienes transados son los de material vegetativo (semillas y plántones mejoradas), abonos (abonos orgánicos líquidos o biológicos y sólidos o compost) y herramientas para manejo del cultivo, aquí se encuentran la transacción T1A y T1B, los cuales tienen mucha similitud. Se identifica un nivel bajo de especificidad de los activos, ya que se pueden encontrar en tiendas de agroquímicos en toda la provincia. Los productores acuden al mercado donde la frecuencia es relativamente baja. La incertidumbre es baja para todos los actores puesto que siempre hay demanda suficiente y precios estables en Alto Amazonas. La estructura de gobernanza adoptada es la del mercado spot.

Transacción productor – acopiador y grandes empresas exportadoras (T2)

El bien transado en esta interfaz es el camu camu fresco (fruta) y las transacciones son:

Recolector – Acopiador Individual (T2 A) y Empresa procesadoras (T2 B): En esta transacción los productores realizan acuerdos comerciales con los acopiadores individuales (revendedores); pocas veces interactúan con las empresas procesadoras, sin embargo, cuando lo hacen, las empresas procesadoras, muestran un comportamiento y poder de negociación similar al acopiador individual. El activo específico es alto, puesto que el camu camu proviene de zonas naturales por ende tienen mayor cantidad de vitaminas por esas condiciones, además la perecibilidad por ser una fruta fresca se adiciona al valor del activo específico; la frecuencia es baja debido a la distancia (a 32 horas vía fluvial desde Yurimaguas) para el acopio, razón por la cual el productor vende su producto al primer acopiador que encuentre. La incertidumbre que tienen los acopiadores individuales y las empresas procesadoras es alta, ya que las personas que recolectan no son las mismas siempre, como son rodales naturales todas las localidades compiten entre sí por realizar su cosecha y no siempre dan un buen producto por las deficiencias logísticas. También la incertidumbre es alta para el recolector, pues al existir poca frecuencia se crean condiciones para la asimetría de información en cuanto al precio, ocasionando que el poder de negociación siempre tenga los compradores. La estructura de gobernanza que se utiliza es del mercado spot.

Productor individual – Acopiador individual (T2 C), Empresa procesadora (T2 D) y Grandes exportadoras (T2 E): Transacción realizada por gran mayoría de cultivadores no asociados quienes evitan costos adicionales en cosecha y logística, entregan su producción a granel en el chacra y el costo de la cosecha es asumida íntegramente por el comprador, quien además realiza la clasificación de la fruta. Estos definen con quien tranzar de acuerdo al precio. El activo específico es alto debido a la perecibilidad del fruto. La frecuencia es baja debido a que el productor tranza con el primero que se aparezca en el mercado, esto eleva la incertidumbre para todos, siendo el más afectado el productor, ya que los compradores establecen parámetros de calidad (color del fruto) que no cumplen, además ellos fijan los precios, mostrándose asimetría de información, ya que los compradores sólo aparecen en temporadas altas de producción. El exportador posee una posición dominante en las condiciones y poder de negociación, esto debido a los adelantos de dinero que realizan a los productores, con el fin de asegurar su producción, a pesar de ello la cultura y costumbre de los productores no contribuyen a bajar la incertidumbre debido al oportunismo de ambas partes, el productor por precio y las empresas por cantidad asegurada y calidad requerida. La estructura de gobernanza utilizada es el mercado spot.

Productor asociado – Acopiador individual (T2 F): El productor asociado no negocia a través de su asociación, utiliza el nombre y aprovecha la débil capacidad comercial de la misma para sacar mejor valor al activo específico para su provecho individual. El activo específico es alto debido al fruto fresco y perecible, asimismo, ellos ya tienen una iniciativa de buenas prácticas agrícolas y menor manejo en la cosecha. La frecuencia es baja ya que para el productor asociado no pacta siempre con los mismos acopiadores, y para el acopiador también es baja, porque estos productores a mayor demanda solo venden

a empresas que la asociación les contacta representado por el presidente. El productor asociado se somete a las condiciones del revendedor ya que este fija el precio final y plazo de pago (contado). Con respecto a la incertidumbre es alta ya que por políticas de la asociación siempre tienen que vender a lo que la junta directiva decide, aunque los contratos que estos realicen no les sean del todo beneficioso. La estructura de gobernanza es el mercado spot.

Productor asociado – empresas procesadoras (T2 G) y Exportador (T2 H): La especificidad es alta debido los parámetros de calidad y perecibilidad del producto, la frecuencia es muy alta porque el productor asociado transa generalmente con las empresas procesadoras y exportadoras, sin embargo, no se logra percibir lazos de confianza y comunicación efectiva. La incertidumbre es alta para los productores porque estas empresas no tienen un precio de compra definido, sin embargo, para las empresas la incertidumbre es baja con respecto a la calidad requerida (certificación orgánica y manejo de campo) para la transformación o sus clientes externos. La estructura de gobernanza es de contratos formales e informales (de palabra). Debido a que no existen muchos miembros en la asociación, cubrir el mercado es muy difícil por lo que las empresas acuden a los productores individuales y revendedores para cubrir su demanda.

Transacción acopiador –Empresas transformadoras (T3)

Este eslabón se compone de las siguientes transacciones según la Figura 1:

Acopiador individual–empresas procesadoras (T3 A) y grandes exportadoras (T3 B): El beneficiado en esta transacción son los acopiadores individuales y principal competidor de las empresas procesadoras y grandes exportadoras, ya que como tienen un mercado asegurado al por menor (menudeo) estos son los que ponen el precio. La especificidad del activo es alta, a pesar de que no se preocupan en la calidad, el grado de perecibilidad le otorga ello; la frecuencia es baja ya que su principal mercado son las pequeñas industrias, transan con las empresas sólo cuando necesiten completar volúmenes de exportación. La incertidumbre para la empresa y gran exportadora es alta, debido a que no saben el precio y la calidad, en cambio para el acopiador la incertidumbre es baja, puesto que es una renta adicional a lo planificado. La estructura de gobernanza es el mercado spot.

Empresas procesadoras – Grandes exportadoras (T3 C): Los grandes exportadores están integrados verticalmente, se dedican también al acopio debido a la insuficiente producción propia, por lo que acuden a empresas procesadoras, la especificidad del activo es muy alta ya que en esta etapa la pulpa de camu camu necesita de mayor cuidado y parámetros de salubridad; la frecuencia es baja ya que solo transan al necesitar completar sus pedidos, y para ello la incertidumbre es alta, ya que no siempre estas empresas podrán transar y desconocen el precio en momentos de necesidad no planificada.

Transacción Acopiador, Empresas Transformadoras – Comercializadores (T4)

Estas transacciones se resuelven en mercado spot e integración vertical de acuerdo al siguiente detalle:

Acopiadores individuales- Pequeña industria (T4 A): El acopiador individual se convierte en revendedor; la especificidad del activo es alta por la perecibilidad. La frecuencia es baja para el revendedor y media para la pequeña industria, esto debido a que el revendedor transa con el primero que encuentra en el mercado, en cambio la pequeña industria no llega con las cantidades que necesita obligándola a tratar de buscar coordinación con los mismos, pero aún no se ha logrado a plenitud esta estrategia. La incertidumbre es media para el revendedor ya que no es importante el tiempo ni la calidad, pero sí asegurar los volúmenes comprados, ya que ellos manejan el precio en el mercado. Sin embargo, para la pequeña

industria si tiene incertidumbre alta por conseguir el volumen mínimo al precio planificado. La estructura de gobernanza adoptada es el mercado spot.

Empresas procesadoras- Exportadores (T4 B): Estas empresas procesadoras se dedican al acopio y luego pulpean la fruta para venderlas a los exportadores, quienes se encargan de la industrialización, la especificidad del activo es muy alta ya que estos manejan parámetros de calidad exigentes, la frecuencia es alta ya que manejan un cronograma de pedido y que se tiene que cumplir. La incertidumbre por ende es baja para ambos ya que se manejan tiempos y precios establecidos, por lo que la estructura de gobernanza es de contrato, esta transacción está alineada.

Exportadores (T4 C) y grandes exportadores (T4 D)- Broker: El exportador tiene una frecuencia baja con el exterior, ya que ellos no hacen contacto directo, todo por el contrario existe un mediador o conocido también como Broker. El activo específico es alto para ambos, porque se ha agregado valor a un producto de alta calidad respecto a características únicas en el mundo. En esta transacción se suma un activo específico más, que es la marca, que en general es la del exportador. Es decir, es de vital importancia que el comprador del exterior “cuide” de los atributos del producto (el bróker asume el gasto, ya que la mayoría de envíos se realiza FOB, cuidado del packaging, cadena de frío, etc.). La incertidumbre se torna media alta para el broker, ya que siempre existe variabilidad en la fecha de pago de su cliente final, que va desde los 30 a 60 días, esto es transferido al exportador, puesto que como es un producto perecible, el bróker debe esperar que el producto llegue en óptimas condiciones y se pueda así colocar en los puntos de venta, pues en caso de pérdida por daños de esta índole, el broker asume el gasto, ya que la mayoría de envíos se realiza FOB. La estructura de gobernanza que se utiliza es el contrato (sin salvaguardas); pudiendo ser formal en algunos casos e informal por medio de un Bróker, en la mayoría. Del análisis se observa una transacción desalineada.

Finalmente, en la tabla 1 se muestra el análisis de la alineación de las estructuras de gobernanza (EG) adoptadas en cada transacción en base a los atributos Activo Específico (AE), Frecuencia (F) e Incertidumbre (I).

Tabla 1. Resumen del análisis de transacciones y nivel de coordinación del SAG

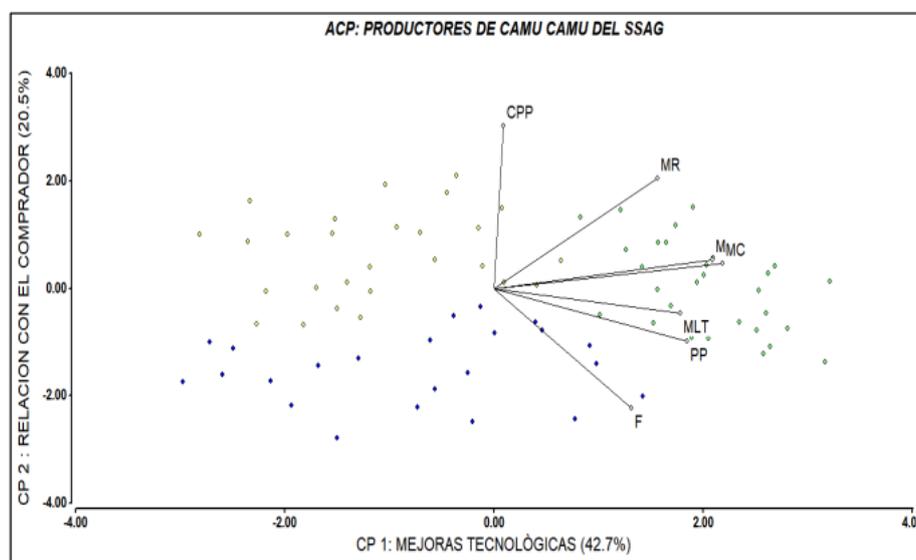
Transacción	Atributos analizados			E.G.	Alineación	
	A.E.	F.	I			
T1	T1 A	Bajo	Bajo	Bajo	Mercado spot	Si
	T1 B	Bajo	Bajo	Bajo	Mercado spot	Si
T2	T2 A	Alto	Bajo	Alto	Mercado spot	No
	T2 B	Alto	Bajo	Alto	Mercado spot	No
	T2 C	Alto	Bajo	Alto	Mercado spot	No
	T2 D	Alto	Bajo	Alto	Mercado spot	No
	T2 E	Alto	Bajo	Alto	Mercado spot	No
	T2 F	Alto	Bajo	Alto	Mercado spot	No
	T2 G	Alto	Alto	Alto ¹ y bajo ²	Contrato formal e informal	No
T3	T3 A	Alto	Bajo	Alto ² y bajo ³	Mercado spot	No
	T3 B	Alto	Bajo	Alto ² y bajo ³	Mercado spot	No
	T3 C	Alto	Bajo	Alto	Mercado spot	No
T4	T4 A	Alto	Bajo ⁴ / media ⁵	Media ⁴ y alto ⁵	Mercado spot	No
	T4 B	Alto	Alto	Bajo	Mercado spot	Si
	T4 C	Alto	Bajo	Alto broker	Contrato formal e informal	No
	T4 D	Alto	Bajo	Alto broker	Contrato formal e informal	No

Nota: ¹Productor, ²Empresa, ³Acopiador, ⁴Acopiador industria, ⁵Pequeña industria

3.3 Análisis organizacional y ambiente tecnológico según ACP y CLUSTER.

En la Figura 2, se muestra el análisis de las variables que más se ajustaron estadísticamente en torno al desempeño del subsistema en cada ambiente, conformidad con el precio de pago, frecuencia de entrega, conformidad con el plazo de pago, mejora en los rendimientos, mejora en la post cosecha, mejora en la calidad del fruto, mejora en el transporte y logística. Acorde a los autovalores formados en la matriz, las dos primeras componentes o nuevas variables se interpretan como: CP1: Mejoras Tecnológicas. CP2: Relación con el Comprador, ya que acumularon el 63% del total de la varianza.

Figura 2. Componentes principales en dos dimensiones de las variables estudiadas



De acuerdo a la intensidad de los vectores analizadas, se identificaron aquellas variables de mayor peso con cada componente principal propuesto. Las variables de mayor correlación con el CP1 (Mejoras Tecnológicas) fueron: Mejora Tecnológica en Transporte y Logística, Mejora en Rendimiento, Mejora en Post Cosecha, Mejora en Calidad. Mostrando una correlación positiva con valores entre 0,60 y 0,85. La conformidad con el Precio y la Frecuencia de Entrega de los productores revelaron una correlación positiva con el CP1, con valores cercanos a 0,50 y 0,70; la Conformidad con el Plazo de Pago muestra cuenta con una correlación de 0,03. Por otro lado, las variables con mayor correlación positiva con la CP2 (Relación con el Comprador) fueron: Mejora en el Rendimiento y Conformidad con el Plazo de Pago con 0,55 y 0,81. Aunque las variables Mejora de la Calidad y Mejora en Post Cosecha tienen valores positivos pero muy bajos con 0,12 y 0,14 respectivamente. Y las variables de Mejora en Logística y Transporte y Conformidad con el Precio de Pago mostraron una correlación negativa frente a la CP2, con valores de 0,12 y 0,27. En cambio, la Frecuencia mantiene una correlación negativa con un valor considerable de 0,60

En la figura 3, se muestra los componentes principales de Mejora en Aspectos Tecnológicos (CP1-eje X) y Relaciones con el Comprador (CP2-eje Y-) analizados, se obtuvo la identificación de tres grupos de productores, los cuales se describieron teniendo en cuenta una matriz primaria (variables y componentes principales) y secundaria (características generales de los productores) correspondiente a las encuestas.

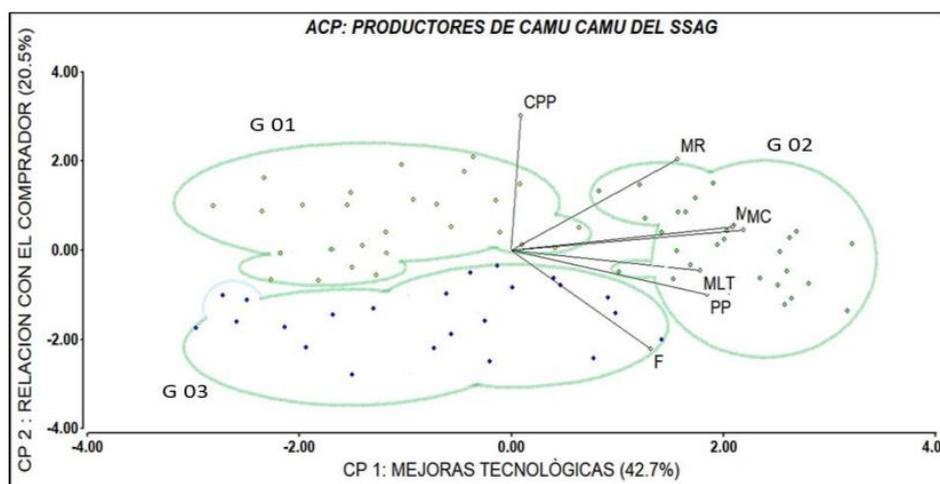
Grupo 1: Conformado por el 26% de los productores, de los cuales el 70% son mayores a 40 años, todos son padres de familia, el 59% curso el nivel educativo primaria y un 30% secundaria. La totalidad manifestaron mantener su cultivo de camu camu natural y que cuentan con título de propiedad de las áreas de cultivo, el 50% de este grupo cuentan con peones que residen en los alrededores de los cultivos, el 85% de estos peones son pequeños productores (1 a 4 ha.) y el porcentaje restante cuentan con áreas mayor o igual a 5 ha. El rendimiento promedio por el que se caracteriza este grupo es de 1594 Kg/ ha; 70% se encuentran entre Jeberos y Lagunas, sólo el 15% se encuentran conformes con el precio de pago, el 52%

transan con el mismo revendedor al que vendieron su producto, el 85% se encuentran de acuerdo con el plazo de pago (contado). La relación con el comprador de este grupo indica que el 48% está muy insatisfecho y el 26% se siente satisfecho con el comprador, 89% utilizan contrato de palabra.

Grupo 2: Se compone por el 35% de productores, de los cuales el 70% son mayores a 40 años y todos tienen hijos, un 31 % tienen al menos educación primaria, el 67% tienen educación secundaria, todos aseguran ser dueños de sus tierras y una producción sin químicos, la mayoría (74%) tienen mano de obra privada. En este grupo la mayoría son de la zona de Yurimaguas y solo el 25% pertenecen a Lagunas. Se puede verificar en el grupo que el 72% tienen entre 1 a 4 ha de camu camu y el 28% mayor a 5 ha. Es el grupo que mejores resultados tienen con respecto a mejoras tecnológicas, postcosecha y calidad de su producción ya que tienen un mejor rendimiento promedio con 3263Kg/ha por año. Perciben un mejor pago por su producto (3,47 soles en promedio), casi la mitad está conforme con el precio de pago y 58% están de acuerdo con el plazo de pago, el 64% aseguran vender al mismo comprador, generalmente son los revendedores y la totalidad del grupo manifiesta que los compradores les exigen calidad y un 8% tiene contrato firmado, los restantes cuentan con contrato de palabra y están insatisfechos con el comprador. Todos desconocen una ley que beneficia al camu camu y a todos les encantaría trabajar con una asociación con apoyo institucional. La mayoría cuenta con una buena percepción del performance del SAG.

Grupo 3: Este grupo representa el 39% de productores, la mayoría son mayores a 40 años, todos tienen hijos, el 50% tiene solo educación primaria, el 45% educación secundaria y el 5% educación superior, todos son dueños de sus tierras y la mayoría aseguran que producen camu camu naturalmente, el 73% tienen mano de obra familiar y todos son de zonas muy alejadas a su centro de acopio. De tal forma que el 98% de este grupo están lejos de Yurimaguas, (Jeberos, Lagunas y Santa Cruz), el 88% tiene 1 a 4 ha de camu camu, y solo un 12% tienen más de 5 ha de camu camu. El 98% tienen a los revendedores como su comprador, el 75% venden al mismo comprador siempre, de las cuales solo el 5% están conformes con el precio de pago y con el plazo de pago la mayoría (83%), el 95% de compradores les exigen calidad en el fruto de camu camu (basado en el color del fruto, de verde pintón a maduro) asimismo, la mayoría se queja de las mejoras en cuanto a calidad, post cosecha y rendimiento no hay resultados, ya que en el grupo se tiene un rendimiento promedio de 1268 Kg/ha en el año. El 33% dice que tiene mercado o conoce de un mercado, nadie conoce de una ley y todos estarían de acuerdo en formar una asociación con apoyo del gobierno.

Figura 3. Mapa en dos dimensiones con identificación de grupos de productores.



3.4. Análisis del entorno interno y externo del SAG camu camu

El diamante de Porter diagnosticó e identificó las ventajas competitivas del sector estudiado: a) Condiciones de los factores, la provincia de Alto Amazonas tiene un clima tropical, cálido y lluvioso; existe un potencial de 281,094 ha aptas para ser aprovechados por el cultivo del camu camu; la hidrografía favorece el crecimiento de los rodales naturales de camu camu; en la que sobresalen las principales cuencas: Amazonas, la mano de obra consta de familiares y peones; el 87% de hectáreas de camu camu proveniente de los rodales naturales podría ser certificado como orgánico; b) Condiciones de la demanda, En el mercado interno la demanda es muy baja, se comercializa el fruto en pequeñas cantidades; en el mercado internacional Japón, Reino Unido, Australia, Alemania son los principales consumidores; c) Estrategia, estructura y rivalidad de la empresa, poca organización de los productores, inexistencia de un diálogo fluido entre los agricultores y exportadores, constituye una barrera para implementar un contacto competitivo debido a la falta de liderazgo, la ausencia de una cadena de valor integrada y la básica industrialización del camu camu; c) los Sectores conexos o de apoyo (SKAL brinda certificaciones orgánicas y escasez de proveedores en suministros y servicios especializados en agricultura orgánica para este producto; limitada disponibilidad de transporte y logística).

Todos estos atributos conforman un sistema denominado "Diamante" y algunas auxiliares complementan el marco del análisis, tal como, el gobierno (No existe plan de desarrollo agrario regional competitivo, escasa promoción del producto) y los hechos fortuitos o causales (Nuevos competidores, ampliación del mercado de la acerola y los efectos del cambio climático en la región).

3.5. Discusión

North (1990) afirma que el ambiente institucional facilita la estructura de incentivos de una economía; a medida que la estructura va cambiando, de igual forma a la dirección de cambio económico hacia el crecimiento, el estancamiento, o el declive. Por su parte, Marchena Chanduvi (2015) afirma que para que los derechos sean seguros deben ser apoyados por una institución eficaz que haga cumplir la ley, el ambiente institucional formal del SAG del camu camu, cuenta con regulaciones y entidades como la Oficina de Competitividad Agraria (DGCA) y la Dirección Regional Agraria de Loreto, que promueven el cultivo del camu camu desde la perspectiva de la ampliación de la oferta a nivel regional y nacional, sin embargo no se denota un trabajo resaltante y mucho menos conocido o percibido por los productores y algunos actores del SAG.

La estructura organizacional involucra la participación de entes privados tales como los proveedores de bienes y servicios, productores primarios, empresas industriales y comercializadoras, además de organizaciones públicas y asociaciones vinculadas (Flores Calle, 2018). En el SAG del camu camu se identificaron los actores y su participación en cada etapa como CEDECAM, CARE Perú, CEDROPESA, que brindan herramientas y capacitaciones para que los cultivadores produzcan abono orgánico. Generalmente la estructura organizativa se ve fortalecida por la creación y participación activa de asociaciones de productores y exportadores que facilitan las interrelaciones de comercio (Marchena Chanduvi, 2015). Existen 81 asociaciones de productores de camu camu en la provincia de alto amazonas que realizan gestión empresarial y productiva, Kherallah & Kirsten (2002), mencionan que entre las ventajas de organizar a los productores en grupos están la reducción de costos de transacción para acceder a los insumos, así como un mejor poder de negociación de los pequeños productores frente a compradores o vendedores de mayor porte, algo que no se ve reflejado en el SAG de camu camu, puesto que hay organizaciones pero no están ejerciendo adecuada organización.

La FAO señala que la adaptación de los sistemas de negocios agroalimentarios incluyendo la I+D, el agro, la industria, contribuye al desarrollo del sistema de negocio; ya que el cambio institucional es una condición necesaria para la innovación en las organizaciones e innovación en las tecnologías de proceso y producto (Marchena Chanduvi, 2015). La producción de dos cosechas al año, cosecha manual, la baja diversificación varietal y el limitado uso de recursos humanos especializados en el SAG del camu camu son variables que

afectan la calidad del producto final al momento de la comercialización; así como la estructura de costos de los productores, pequeños en particular (Capello et al., 2017).

La hipótesis básica de la teoría de los costos de transacción es que la organización óptima de una actividad es la que minimiza los costos de transacción y dependen de distintos atributos. Estos son: “Incertidumbre”, “Frecuencia” y “Especificidad de los activos” (Williamson, 1991). La especificidad de los activos, es el determinante principal en la elección de la estructura de gobernanza. Cuanto más específico sea un activo, mayores serán los riesgos, mayor su pérdida de valor y mayores los costos de transacción (Ordoñez, 2000). Para un equilibrio en la transacción debe existir una relación directa entre los costos incurridos para la obtención del producto (camu camu) y su destino final, a un precio que justifique los costos invertidos incluyendo la especificidad. Además, los costos de transacción para el sistema son altos, estos se derivan del análisis en la coordinación para las transacciones, en donde se muestra una desalineación para el sistema.

Marchena Chanduvi (2015) y Chumacero Acosta (2016) con experiencia con el banano y cacao respectivamente, analizan sistemas agroindustriales que se encuentra estrictamente coordinado mediante contratos, y coordinan verticalmente el proceso desde la producción hasta su comercialización, debido a los altos activos específicos invertidos. El SAG de camu camu cuenta con altos activos específicos, además no existe una alineación entre los atributos de la transacción y la estructura de gobernanza correcta para resolverlas.

Hernández-Castro et al. (2008) afirman que cuando una tecnología ayuda o resuelve problemas de los agricultores, la edad y la escolaridad no son un factor determinante para implementarlo (Cáceres, 1995), por lo contrario, expone que no se debe subestimar los componentes económicos y socioculturales ya que el proceso de incorporación tecnológica es muy complejo. A partir del ACP combinado con Cluster se encontró que los 3 grupos identificados tienen homogeneidad en la educación y la edad, y que estas características no se convierten en un impedimento para aplicar mejoras tecnológicas.

El sistema de agronegocios peruano de cada cultivo cuenta con diferencias por las distintas realidades e incluye actividades productivas, industriales, exportadoras y comerciales. Cada sector se interrelaciona a través de productos que conforman la oferta agroexportable a lo largo de cadenas agroalimentarias (García Winder et al., 2009). No obstante, el negocio de los alimentos a nivel mundial y local enfrenta fuertes crisis a todo nivel, en particular en lo económico (Pisani & Franceschetti, 2009), político (Velazco & Velazco, 2012), social (Brown, 2013) y ambiental (Meza, 2014), agudizando la problemática año tras año. El SAG de camu camu en Alto Amazonas no está ajeno a esta realidad expuesta y analizado desde los ambientes institucional, organizacional y tecnológico.

4. CONCLUSIONES

Se concluye que el ambiente institucional formal cuenta con el respaldo de instituciones privadas y públicas, el ambiente informal del camu camu en Alto Amazonas se ve influenciado, por el factor de demarcación, la propiedad territorial y aspectos sociales, que cuentan con gran heterogeneidad debido a las costumbres y creencias de cada comunidad. El ambiente organizacional, cuenta con muchos intermediarios y el productor no accede directamente al siguiente eslabón en el mercado. El ambiente tecnológico se encuentra en un nivel precario con muy poca innovación, el nivel de transformación y de valor agregado es básico debido a las limitaciones de la oferta (baja productividad).

El análisis de Componentes Principales combinado con Cluster definen que las variables de más peso percibidas por los productores en el SAG de camu camu es en mejoras tecnológicas; teniendo a la mejora de transporte y logística, mejora en post cosecha y mejora en rendimiento, mejora la calidad como variables de más peso, y en regular medida la conformidad con el precio y frecuencia de entrega. Se identificaron 3 grupos de productores que presentaron una correlación positiva con la lejanía al centro de acopio y el tipo de respuesta para las diferentes variables estudiadas.

El escaso desarrollo del cuarto atributo del diamante de Porter determina un bajo incentivo o presión hacia la innovación. El nivel de coordinación del sistema es bajo, puesto que no están alineadas las transacciones (ambiente institucional, ambiente organizacional y ambiente tecnológico) y existe un predominio de ventajas competitivas y ventajas básicas no aprovechadas en el sistema.

FINANCIAMIENTO

Ninguno

AGRADECIMIENTOS

A las empresas e instituciones que facilitaron las entrevistas y a los productores que permitieron desarrollar la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Ríos-Del-Águila, D. B.; Pezo-Gonzales, M.; Chumacero-Acosta, J. S.

Curación de datos: Tello-Panduro, B. E.; Álvarez-Arista, Y.

Análisis formal: Ríos-Del-Águila, D. B.; Tello-Panduro, B. E.; Álvarez-Arista, Y.; Castro-Santander, P. O.

Investigación: Ríos-Del-Águila, D. B.; Pezo-Gonzales, M.; Chumacero-Acosta, J. S.; Ríos-Del-Águila, D. B.; Tello-Panduro, B. E.; Álvarez-Arista, Y.; Castro-Santander, P. O.

Metodología: Pezo-Gonzales, M.; Chumacero-Acosta, J. S.; Tello-Panduro, B. E.; Castro-Santander, P. O.

Supervisión: Pezo-Gonzales, M.; Chumacero-Acosta, J. S.

Validación: Pezo-Gonzales, M.; Chumacero-Acosta, J. S.

Redacción - borrador original: Ríos-Del-Águila, D. B.; Pezo-Gonzales, M.; Chumacero-Acosta, J. S.; Álvarez-Arista, Y.

Redacción - revisión y edición: Ríos-Del-Águila, D. B.; Pezo-Gonzales, M.; Chumacero-Acosta, J. S.; Álvarez-Arista, Y.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akter, M. S., Oh, S., Eun, J. B., & Ahmed, M. (2011). Nutritional compositions and health promoting phytochemicals of camu-camu (*myrciaria dubia*) fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1728–1732. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2011.03.045>
- Barilatti, M. M. (2008). *Análisis de las transacciones industria-distribución y producción-industria del SAG lácteo argentino: estructuras de gobernanza y conflictos en un contexto de políticas de intervención* [Universidad de Buenos Aires]. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2013barilattimariamercedes.pdf>
- Boehlje, M. (1993). Agricultural Finance in the Year 2000. *Agricultural and Rural Finance Markets in Transition*, 4–5. <https://ideas.repec.org/p/ags/nc1993/131330.html>
- Borges, L. L., Conceição, E. C., & Silveira, D. (2014). Active compounds and medicinal properties of Myrciaria genus. *Food Chemistry*, 153, 224–233. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.12.064>
- Brown, W. J. (2013). El papel de la agricultura en la reducción de la pobreza. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 32, 166–178. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-mexicana-de->

agronegocios/articulo/el-papel-de-la-agricultura-en-la-reduccion-de-la-pobreza

- Cáceres, D. M. (1995). Pequeños Productores e Innovación Tecnológica: Un Abordaje Metodológico. *AgroSur*, 23(2), 127–139.
https://www.researchgate.net/publication/234003495_Pequeños_Productores_e_Innovación_Tecnológica_Un_Abordaje_Metodológico
- Capello, F. P., Spósito, M. B., & Osaki, M. (2017). Production costs and profitability of 'Niagara Rosada' table grape grown in different regions of São Paulo State. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(4).
<https://doi.org/10.1590/0100-29452017774>
- Chumacero Acosta, J. S. (2016). *Innovación organizacional en la producción de cacao orgánico en Perú: estudio de caso de la cooperativa agraria Oro Verde* [Universidad de Buenos Aires].
<http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=tesis&d=2016chumaceroacostajuliosantiago>
- Correa, I. (2002). *Manual de licitaciones públicas* (Primera Edición). Ilpes.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5583/1/S2002616_es.pdf
- Dravenstott, J., & Chieffe, N. (1995). Corporate Social Responsibility: Should I Invest for It or against It? *The Journal of Investing*, 20(3), 108–117. <https://doi.org/10.3905/JOI.2011.20.3.108>
- Flores Calle, A. de los M. (2018). *Desempeño del subsistema de agronegocios de palta Hass peruana* [Universidad de Buenos Aires]. <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=tesis&d=2018florescalleanaeldelosmilagros1>
- Fracassetti, D., Costa, C., Moulay, L., & Tomás-Barberán, F. A. (2013). Ellagic acid derivatives, ellagitannins, proanthocyanidins and other phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of two powder products from camu-camu fruit (*Myrciaria dubia*). *Food Chemistry*, 139(1–4), 578–588.
<https://doi.org/10.1016/j.FOODCHEM.2013.01.121>
- García Winder, M., Riveros, H., Pavez, I., Rodríguez, D., Lam, F., Arias, J., & Herrera, D. (2009). Cadenas agroalimentarias: un instrumento para fortalecer la institucionalidad del sector agrícola y rural. *Iica*.
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/19460>
- Hernández-Castro, E., Martínez-Dávila, J. P., Gallardo-López, F., & Villanueva-Jiménez, J. A. (2008). Aceptación de nueva tecnología por productores ejidales para el manejo integrado del cultivo de papayo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8(3), 279–288.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911235007>
- Imán Correa, S. A. (2001). Cultivo de Camu Camu *Myrciaria dubia* H.B.K. en la región Loreto. In *Instituto Nacional de Innovación Agraria* (Primera Edición). INIA. .
<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/894>
- Jimenez Silva, W. R., Silva Ordoñez, I. F., & Gallardo Medina, W. M. (2018). Influencia del comportamiento organizacional como práctica necesaria para la administración de las Pequeñas y Medianas Empresas. *Revista Publicando*, 5(14), 192–201.
<https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/1139>
- Kherallah, M., & Kirsten, J. F. (2002). The new institutional economics: Applications for agricultural policy research in developing countries. *Agricultural Economics Research, Policy and Practice in Southern Africa*, 41(2), 110–133. <https://doi.org/10.1080/03031853.2002.9523589>
- Marchena Chanduvi, R. I. (2015). *Fuerzas impulsoras de una organización colectiva exitosa: el caso de los pequeños productores de banano orgánico para exportación en Perú* [Universidad de Buenos Aires].

- Menard, C. (2004). The Economics of Hybrid Organizations. *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)*, 160(3), 345–376. <https://www.jstor.org/stable/40752467>
- Meza, L. (2014). La agricultura familiar y el cambio climático. In S. Salcedo & L. Guzmán (Eds.), *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política* (pp. 79–100). FAO. <https://dds.cepal.org/redesoc/publicacion?id=3419>
- North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance* (1ra ed.). Fondo de Cultura Económica de España. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>
- Ordoñez, H. A. (2000). *La nueva economía y negocios agroalimentarios*. (Primera Edición). Efa. <https://www.orientacionlibros.com.ar/productos/nueva-economia-y-negocios-agroalimentarios-la-h-a-ordonez/>
- Palau, H. (2005). *Agronegocios de ganados y carnes en la Argentina restricciones y limitaciones al diseño e implementación de sistemas de aseguramiento de origen y calidad, estudio de caso múltiple* [Universidad de Buenos Aires]. <http://ceiba.agro.uba.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=13054>
- Peters, C. M. ., & Vásquez, A. (1988). Estudios ecológicos de Camu-Camu (*Myrciaria dubia*) producción de frutos en poblaciones naturales. *Folia Amazónica*, 1(1–2), 87–102. <https://doi.org/10.24841/FA.V1I1-2.98>
- Pisani, E., & Franceschetti, G. (2009). Evolución del pensamiento económico agrario de los agronegocios a la nueva ruralidad. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 41(2). <https://bdigital.uncu.edu.ar/fichas.php?idobjeto=3184>
- Pozo Sulbaran, B. D. (2020). La nueva economía institucional y las causas fundamentales del desempeño económico: Un enfoque a partir de Douglass North. *Revista Pensamiento Gerencial*, 8, 29–40. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/rpg/article/view/829>
- PromPerú. (2016). *Desenvolvimiento del comercio exterior agroexportador*. <https://media.peru.info/promperu/Desenvolvimientoagro2016.pdf>
- Rindfleisch, A., & Heide, J. B. (1997). Transaction Cost Analysis: Past, Present, and Future Applications. *Journal of Marketing*, 61(4), 30–54. <https://doi.org/10.1177/002224299706100403>
- Risco Carrero, D. A. (2021, June 30). *Oportunidades comerciales mediante el ecommerce para la oferta exportable peruana en mercados priorizados*. https://repositorio.promperu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/4924/ecommerce_oferta_exportable_peruana_2021_keyword_principal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Velazco, J., & Velazco, J. (2012). Características del empleo agrícola en el Perú. In C. Garavito & I. Muñoz (Eds.), *Empleo y protección social* (1ra ed., pp. 161–211). Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://ideas.repec.org/h/pcp/pucchp/lde-2012-01-06.html>
- Williamson, O. E. (1991). Economic Institutions: Spontaneous and Intentional Governance. *Journal of Law, Economics & Organization*, 7, 159. <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/jleo7&id=599&div=&collection=>
- Zylbersztajn, D., & Neves, M. F. (2000). Economía e gestão dos negócios agroalimentares: indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição. In *Uniwersytet śląski*. Pioneira. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>



Hongos nematófagos en el biocontrol de *Meloidogyne exigua* Goeldi en *Coffea arabica* L. var. Catimor, en Satipo – Perú

Nematophages fungi in the biocontrol of the *Meloidogyne exigua* Goeldi in *Coffea arabica* L. var. Catimor, in Satipo - Peru

Alomía-Lucero, José M.^{1*}

Capcha-Ospina, Eliseo¹

¹Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú

Recibido: 11 Mar. 2022 | **Aceptado:** 14 Jul. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: jalomia@uncp.edu.pe

Cómo citar este artículo: Alomia-Lucero, J. M. & Capcha Ospina, E. (2022). Hongos nematófagos en el biocontrol de *Meloidogyne exigua* Goeldi en *Coffea arabica* L. var. Catimor, en Satipo – Perú. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 2(2), e343.

<https://doi.org/10.51252/raa.v2i2.343>

RESUMEN

La selva central del Perú es la región más importante de producción de café a nivel nacional, donde se observa una alta incidencia de nematodo formador de agallas en las raíces del cafeto; siendo el *Meloidogyne exigua* Goeldi difícil de controlar, el mismo que afecta la salud y el medio ambiente, en ese sentido se busca alternativas de control biológico. El objetivo fue probar la eficacia de tres hongos nematófagos contra *M. exigua* Goeldi utilizando plantas de vivero. El trabajo se realizó en laboratorio y campo. Las variables evaluadas fueron el número de agallas, incidencia de nematodo, severidad, población de huevos, población de juveniles y población de hembras. Los resultados muestran que la aplicación de *Pochonia chlamidosporia* supera estadísticamente en el control de nematodos respecto a *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum*, que ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente. La dosis de 2 g/plántula para *P. chlamidosporia* supera estadísticamente a las dosis de 1,0 y 0,5 g/plántula. Cuando aumenta la dosis de aplicación de *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* disminuyen todas las variables; pero cuando aumenta la dosis de *Trichoderma harzianum* las variables permanecen constantes, por lo que no tiene efecto de control.

Palabras clave: control; dosis; *Paecilomyces*; *Pochonia*; *Trichoderma*

ABSTRACT

The central jungle of Peru is the most important region for coffee production at the national level, where a high incidence of gall-forming nematodes is observed in the roots of the coffee tree; being the *Meloidogyne exigua* Goeldi difficult to control, the same one that affects health and the environment, in that sense alternatives of biological control are sought. The objective was to test the efficacy of three nematophagous fungi against *M. exigua* Goeldi using nursery plants. The work was carried out in the laboratory and in the field. The variables evaluated were the number of galls, nematode incidence, severity, egg population, juvenile population and female population. The results show that the application of *Pochonia chlamidosporia* statistically outperforms in the control of nematodes with respect to *Paecilomyces lilacinus* and *Trichoderma harzianum*, which occupy the second and third place respectively. The dose of 2 g/seedling for *P. chlamidosporia* statistically outperforms the doses of 1.0 and 0.5 g/seedling. When the application dose of *Paecilomyces lilacinus* and *Pochonia chlamydosporia* increases, all the variables decrease; but when the dose of *Trichoderma harzianum* increases, the variables remain constant, so there is no control effect.

Keywords: control; dose; *Paecilomyces*; *Pochonia*; *Trichoderma*



1. INTRODUCCIÓN

Las plantas de café son afectadas por el nematodo fitoparásito *Meloidogyne exigua*; estos organismos parasitarios afectan las raíces de los cafetos formando agallas en los tejidos, las que impiden la circulación de la savia en la planta, por lo que baja el crecimiento y rendimiento del cultivo. El problema se acentúa cuando se tiene instaladas a cafetos de la variedad Catimor, que son resistentes a la roya, pero susceptibles al nematodo del nudo, que se acentúa cuando los suelos son pobres y con baja materia orgánica como son los suelos de la selva tropical.

En cuanto a *Trichoderma spp.* Mendoza et al. (2013), observó que *T. atroviride*, *T. harzianum* y *T. viride* destruyen los huevos de *Meloidogyne sp.*, en una secuencia parasítica que lleva a la destrucción completa en 72 horas. Respecto al hongo *Pochonia chlamydosporia* es un controlador biológico con potencial comercial para los nematodos del nudo y el quiste de la raíz; produce una serina proteasa alcalina, VCP1, durante la infección de huevos de nematodos (Morton et al., 2003); asimismo Luambano et al. (2015) mencionan que la eficacia de muchos agentes de control biológico, incluido *P. chlamydosporia*, depende de las condiciones del suelo.

El hongo *P. chlamydosporia var. chlamydosporia* (Pc-10) presenta un gran potencial contra los nematodos agalladores en cultivos de hortalizas (Bontempo et al., 2014). El efecto de diferentes concentraciones de la cepa IMI SD 187 de *Pochonia chlamydosporia var. catenulata* sobre la colonización del suelo y raíces y la actividad parasítica del hongo sobre *Meloidogyne* incógnita se determinaron en un experimento con macetas en condiciones de aisladores biológicos (Puertas & Hidalgo Díaz, 2009).

El hongo *nematófago P. chlamydosporia var. chlamydosporia* es uno de los agentes de control biológico más estudiados contra nematodos (semi) endoparásitos de plantas de los géneros *Globodera*, *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Nacobbus* y, más recientemente, *Rotylenchulus* según (Manzanilla-López et al., 2013). Los aislamientos mexicanos de este hongo generaron un parasitismo encima al 60% en huevos del nematodo agallador y colonizaron al 100% de la rizosfera según Flores-Camacho et al. (2007).

Cleopas C. et al. (2017) refiere que el agente controlador biológico *Paecilomyces lilacinus* cepa 251 (PL251), fue evaluado debido a su potencial en el control del nematodo agallador *Meloidogyne* incógnita en tomate; los experimentos de cámara de crecimiento, un tratamiento de suelo previo a la siembra redujo la excoriación de raíces en un 66 %, el número de masas de huevos en un 74 % y la población final de nematodos en las raíces en un 71 % en comparación con el control inoculado.

Los niveles de colonización en suelo y raíces del cultivo del tomate aumentaron con el incremento de la concentración de inóculo de *P. chlamydosporia var. catenulata* a diferencia de la actividad parasítica, que, aunque manifiesta un incremento rápido tiende a estabilizarse a partir de niveles del hongo en suelo y raíces que se corresponden con una concentración de inóculo de 5000 clamidosporas. gE-1 de suelo (Puertas et al., 2006).

La adición de *P. chlamydosporia* a materiales orgánicos previamente descompuestos resultó en una gran cantidad de propágulos fúngicos; donde el porcentaje de infección de huevos de nematodos aumentó con el nivel de nitrógeno de 5 a 100 mM cuando el carbono se mantuvo a 10 mM; estos resultados se pueden utilizar para mejorar la eficacia del hongo en los trópicos como parte de un manejo integrado de plagas en condiciones de campo tropicales donde el problema de los nematodos agalladores es común (Luambano et al., 2015).

Hay información sobre crecimiento parasitario de *Pochonia chlamydosporia* sobre huevos de nematodos y crecimiento saprotrófico en la colonización de la rizosfera de plantas (Esteves et al., 2009). El análisis estructural y funcional del genoma de *P. chlamydosporia* proporciona un punto de partida para comprender los mecanismos moleculares implicados en el estilo de vida multitrófico de este hongo (Larriba et al., 2014).

Se encontraron relaciones dosis-respuesta significativas cuando se aplicaron conidios *Paecilomyces lilacinus* cepa 251 (PL251) al suelo con o sin la formulación a base de glucosa; para el número de masas de huevos por raíz la EC50 fue de 0,007 g de producto o $2,64 \times 10^5$ UFC/g de suelo, encontrándose que se necesita una sola aplicación previa a la plantación a una concentración de 1×10^6 CFU/g de suelo para un biocontrol suficiente de *M. incógnita* por parte de PL251 (Cleopas C. et al., 2017).

El nematodo *M. incógnita* se controló con mayor eficacia y los rendimientos del cultivo fueron mejores cuando *Paecilomyces lilacinus* y *Pasteuria penetrans* se aplicaron juntos en micro parcelas de campo que cuando se aplicaron solos (Dube & Grover C., 1987). Al evaluar el efecto biocontrolador de nematodos se incrementó la producción total y comercializable de raíces de zanahoria en 25,35 y 55,03%, respectivamente; la producción de raíces no comercializables se redujo en un 50% en las parcelas tratadas; asimismo, todos los *bionematicidas* redujeron el número de raíces no comercializables con agallas; también la incorporación de *Paecilomyces* en el suelo de las camas controla al nematodo y mejora la calidad y el rendimiento de la zanahoria (Bontempo et al., 2014).

Se deduce que una variación genética relacionada con el huésped en VCP1 entre aislamientos de *P. chlamydosporia* aislados de diferentes huéspedes nematodos, lo que podría contribuir a la preferencia del huésped; tales diferencias pueden ser importantes en la explotación futura del hongo como agente de biocontrol de nematodos (Morton et al., 2003). La alta densidad de inóculo de nematodos resulta en una muerte considerable de la planta de tomate, lo que demuestra que el hongo no pudo controlar los altos niveles de nematodos; en la cosecha de la mayoría de los ciclos de cultivo, se encontraron menos J_2 en el suelo o las raíces o se contaron menos masas de huevos por sistema de raíces en macetas con *P. chlamydosporia* en comparación con macetas sin el hongo; mientras una aplicación única de este hongo pudo ralentizar la acumulación de la población de *M. javanica* durante al menos 5 a 7 meses (Hoedekie et al., 2005).

Al evaluar cinco aislamientos mexicanos y uno brasileño del hongo *Pochonia chlamydosporia* se encontró que los tratamientos con el aislamiento brasileño VC10 tuvieron el menor número de agallas; los aislamientos mexicanos más eficientes en el control de *N. aberrans* fueron SMB3 y SC1 (Flores-Camacho et al., 2007). Al estudiar el efecto del momento de aplicación de la cepa IMI SD 187 de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* sobre el parasitismo de los huevos de *M. incógnita* en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) los resultados demostraron que la capacidad parasítica del hongo fue superior a la aplicación del hongo en el trasplante (Puertas & Hidalgo Díaz, 2009).

Dado a que la mayoría de autores han estudiado el control biológico de nematodos en cultivos temporales como tomates, frijoles y otras hortalizas; pero en café muy poco; el objetivo fue evaluar el control biológico de estos hongos en la población de los nematodos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se pesaron de cada tipo de hongo 30, 60, 120 g cada uno de ellos en 3 L de agua destilada sumados en total 27 L, diluidos cada 3 L con Tween 80 al 30% hasta que las esporas de hongos estén suspendidas en agua para aplicarse antes de repique. Se precoció el arroz, se quitó el agua, se pesó 100 g en tres placas Petri. Una vez frío el arroz, se inoculó con el medio líquido preparado. Las placas sembradas se incubaron por 5 días a temperatura ambiente 23°C y humedad relativa $\geq 70\%$, observándose el crecimiento del hongo sobre el sustrato.

Para la concentración de conidios del hongo del sustrato de arroz se tomaron muestras al azar, se las colocó en una bolsa con 100 g. Se homogeneizó la muestra y se tomó solo 1 g, el cual fue a una bolsa con 10 ml de agua destilada con Tween 80 al 0,01% y se procedió a diluir la muestra madre. Con la dilución deseada, con

una pipeta se tomó una muestra y se puso sobre dos cámaras de *neubauer*. Una vez contadas las *conidias* con microscopio en la cámara de *neubauer*, se utilizó la fórmula:

$$\text{Concentración de conidias} = (X) \times 5 \times 10^4 \times ID$$

Donde:

χ = Promedio del número de *conidias* contadas

5 = Quinta parte del cuadrante central de la cámara.

10^4 = Factor de la cámara

ID = Inversa de la dilución (10^{-4})

Resultado obtenido: $\chi = 6,27$

Entonces la concentración de *conidias* fue la siguiente:

Concentración de *conidias* = $6,27 \times 5 \times 10^4 \times 10^{-4}$

Concentración de *conidias* = $31,35 \times 10^4 \times 10000$

Concentración de *conidias* = $31,35 \times 10^8 \text{ con/ml} = 3,13 \times 10^9 \text{ con/ml}$

De esto se deduce que 1,0 g de *Paecilomyces lilacinus* contiene $3,13 \times 10^9$ UFC. Con esto se obtuvo los siguientes resultados:

T1 (30 g / 3 litros de agua): 0,5 g de *Paecilomyces* / 50 ml de agua

T2 (60 g / 3 litros de agua): 1 g de *Paecilomyces* / 50 ml de agua

T3 (120 g / 3 litros de agua): 2 g de *Paecilomyces* / 50 ml de agua

T4 (30 g / 3 litros de agua): 0,5 g de *Pochonia* / 50 ml de agua

T5 (60 g / 3 litros de agua): 1 g de *Pochonia* / 50 ml de agua

T6 (120 g / 3 litros de agua): 2 g de *Pochonia* / 50 ml de agua

T7 (30 g / 3 litros de agua): 0,5 g de *Trichoderma* / 50 ml de agua

T8 (60 g / 3 litros de agua): 1 g de *Trichoderma* / 50 ml de agua

T9 (120 g / 3 litros de agua): 2 g de *Trichoderma* / 50 ml de agua

Luego se realizó el conteo de *conidias* por separado, con ayuda de cámara *neubauer* promedio de "x", encontrando las siguientes concentraciones.

Paecilomyces lilacinus: T1= 3,4; T2= 6,9; y T3= 13,8

Pochonia chlamydosporia: T4= 2,4; T5= 5,3; y T6= 10,4

Trichoderma harzianum: T7= 4,5; T8= 10,3; y T9= 19,7

Utilizando la fórmula $\text{Concentración de conidias} = (X) \times 5 \times 10^4 \times ID$, se tiene:

30 g de *Paecilomyces* en suspensión = $1,7 \times 10^9$ UFC / ml

60 g de *Paecilomyces* en suspensión = $3,45 \times 10^9$ UFC / ml

120 g de *Paecilomyces* en suspensión = $6,9 \times 10^9$ UFC / ml

30 g de *Pochonia* en suspensión = $1,2 \times 10^8$ UFC / ml

60 g de *Pochonia* en suspensión = $2,65 \times 10^8$ UFC / ml

120 g de *Pochonia* en suspensión = $5,2 \times 10^8$ UFC / ml

30 g de *Trichoderma* en suspensión = $2,25 \times 10^9$ UFC / ml

60 g de *Trichoderma* en suspensión = $5,15 \times 10^9$ UFC / ml

120 g de *Trichoderma* en suspensión = $9,85 \times 10^9$ UFC / ml

Se tomaron varias muestras al azar del sustrato de arroz con hongo. En una placa de Petri con P.D.A (papa dextrosa agar), se colocaron tres gotas de la preparación, a temperatura ambiente promedio de 23 °C por 48 hrs. Transcurrido el tiempo, se sacó la placa Petri en donde ha germinado el hongo y con la ayuda de un bisturí se cortó un cuadrado de 1 cm², esta muestra se puso sobre una lámina porta objetos, se le agregó

una gota de azul de lactofenol y una lámina cubre objeto. Al observar al microscopio para el conteo se tomó 5 campos visuales y se contó el número de *conidias* germinadas y no germinadas con la fórmula siguiente:

$$\%G = \left(\frac{NSG}{(NSG+NSNG)} \right) 100$$

%G: Porcentaje de germinación

NSG: Número de *conidias* germinadas

NSNG: Número de *conidias* no germinadas

Se ha esterilizado la tierra agrícola y humus. Se distribuyó el suelo en una capa de 2 cm sobre un piso de cemento y a los rayos del sol hasta que seque. El embolsado se hizo en bolsas de 15x20 cm con un peso de 1,2 kg/bolsa. Se tomaron las dosis a trabajar (30, 60, 120 g cada uno de ellos en tres litros de agua destilada con 1 microlitro de Tween 80. Una vez lavado el arroz se procedió a ser colado. Para la aplicación en el sustrato de la dilución se procedió a homogeneizar la muestra, luego con una probeta graduada se tomó 50 ml de la suspensión para ser incorporados en cada bolsa de sustrato.

Las masas de huevos de *Meloidogyne exigua* se las obtuvo de plantones de cafeto variedad Catimor. Se tomaron las raicillas de las plantas que mostraban nodulación y agallas causados por el nematodo. Se lavaron las raicillas, se las puso sobre papel toalla para su secado. Luego se procedió a cortar las raicillas a un tamaño de 2 cm. Luego se machacó en un mortero y en un vaso de precipitación luego se añadió hipoclorito de sodio a una concentración del 0,5%, por 3 min. Las raíces fueron enjuagadas con agua en juego de tamices de 100, 200 y 400 mesh para capturar huevos.

Lo que se obtuvo del tamiz de 400 mesh fue recuperado con la ayuda de una *pizeta* y puesto sobre un vaso de precipitación enrazando a 1 litro de agua. Luego se procedió al conteo de los huevos recogidos, para esto se tomaron 3 veces de 1 ml del volumen total, con el microscopio y un contómetro se realizó dicha operación; del número encontrado en los 3 ml se extrapoló para obtener la cantidad de huevos en el volumen total. Con la alícuota con la cantidad de huevos por ml, se procedió a inocular las plantas, con una pipeta graduada. La inoculación se hizo al cuello de raíz, y se inocularon 10 000 huevos por bolsa de sustrato.

3. RESULTADOS

3.1 Del número de agallas por planta a los 90 días

Tabla 1. Prueba de comparación de promedios de Tukey para nódulo radicular de planta, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Número de nudos (unid.)	Significación w=0,05
01	<i>P. chlamydosporia</i>	1,80	a
02	<i>P. lilacinus</i>	2,38	b
03	<i>T. harzianum</i>	3,74	c

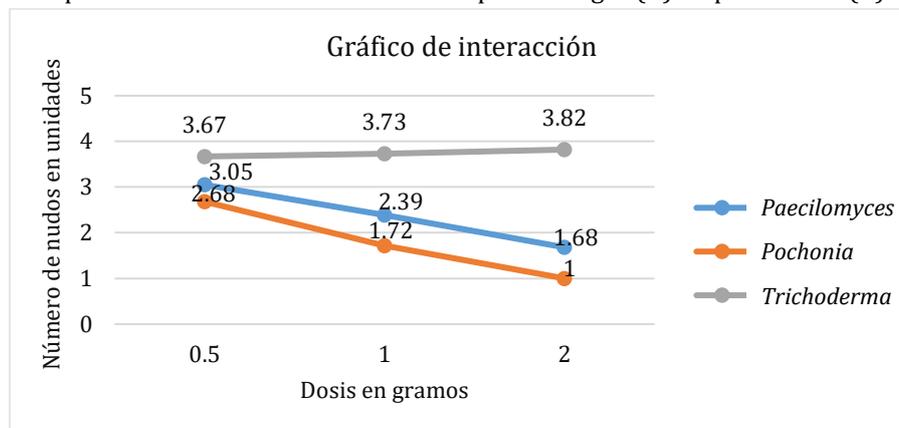
La Tabla 1 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor nodulación radicular con 1,80 unidades.

Tabla 2. Prueba de comparación de promedios de Tukey para el nódulo radicular de planta, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Número de nudos (unid.)	Significación w=0,05
01	2	2,17	a
02	1	2,62	b
03	0,5	3,13	c

La Tabla 2 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor nodulación radicular con 2,17 unidades.

Figura 1. Prueba de comparación de promedios para el nódulo radicular de la planta, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 1 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* permanece constante los nudos, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* a medida que aumenta la dosis baja número de nudos por planta, al comparar entre estos dos últimos *Pochonia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.2 Incidencia de nematodos en raíces

Tabla 3. Prueba de comparación de promedios de Tukey para incidencia de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en porcentajes: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Incidencia (%)	Significación w=0,3
01	<i>P. chlamydosporia</i>	23,16	a
02	<i>P. lilacinus</i>	28,48	b
03	<i>T. harzianum</i>	35,11	c

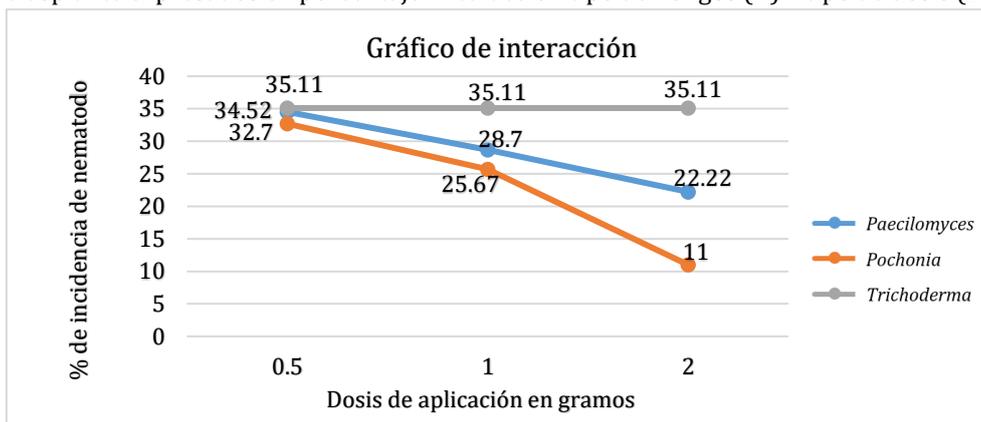
La Tabla 3 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor incidencia con 23,16%.

Tabla 4. Prueba de comparación de promedios de Tukey para incidencia de nematodo en la plántula, a los 90 días de trasplante expresados en porcentaje: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Incidencia (%)	Significación w=0,3
01	2	22,81	a
02	1	29,83	b
03	0,5	34,11	c

La Tabla 4 muestra la diferencia estadística entre niveles del factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor incidencia de nematodo con 22,81 %.

Figura 2. Prueba de comparación de promedios para incidencia de nematodos en la plántula, a los 90 días de trasplante expresados en porcentaje: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B).



En la Figura 2 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* permanece constante la incidencia de nematodo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* cuando se incrementa la dosis baja porcentaje de incidencia, al comparar entre estos dos últimos *Pochonia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.3. Severidad de nematodos en raíces

Tabla 5. Prueba de comparación de promedios de Tukey para severidad de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en porcentajes: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Severidad (%)	Significación w=0,05
01	<i>P. chlamydosporia</i>	1,80	a
02	<i>P. lilacinus</i>	2,38	b
03	<i>T. harzianum</i>	3,74	c

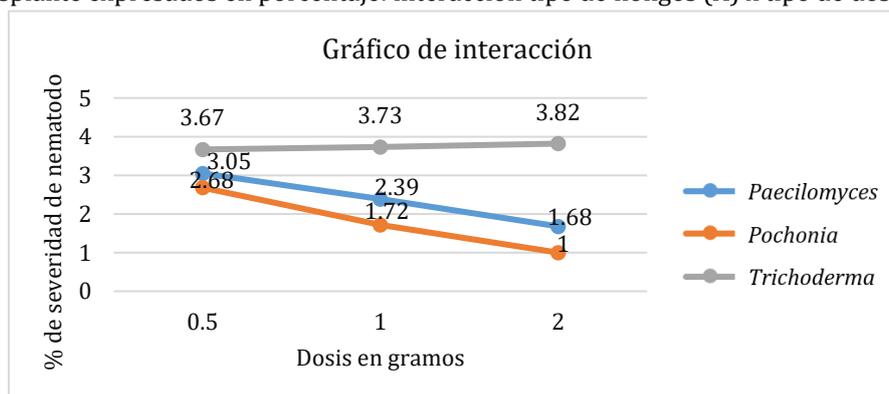
La Tabla 5 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor severidad con 1,80%.

Tabla 6. Prueba de comparación de promedios de Tukey para severidad de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en porcentaje: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Hongos (A)	Severidad (%)	Significación w=0,05
01	2	2,17	a
02	1	2,62	b
03	0,5	3,13	c

La Tabla 6 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor severidad de nematodo con 2,17%.

Figura 3. Prueba de comparación de promedios para severidad de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en porcentaje: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 3 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* permanece constante la severidad de nematodo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* cuando se incrementa la dosis baja porcentaje de severidad, al comparar entre estos dos últimos *Pochonia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.4. Población de huevos de nematodo por agalla

Tabla 7. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de huevos de nematodo por agalla en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Número de huevos (unid.)	Significación w=0,33
01	<i>P. chlamydosporia</i>	4,10	a
02	<i>P. lilacinus</i>	6,71	b
03	<i>T. harzianum</i>	12,37	c

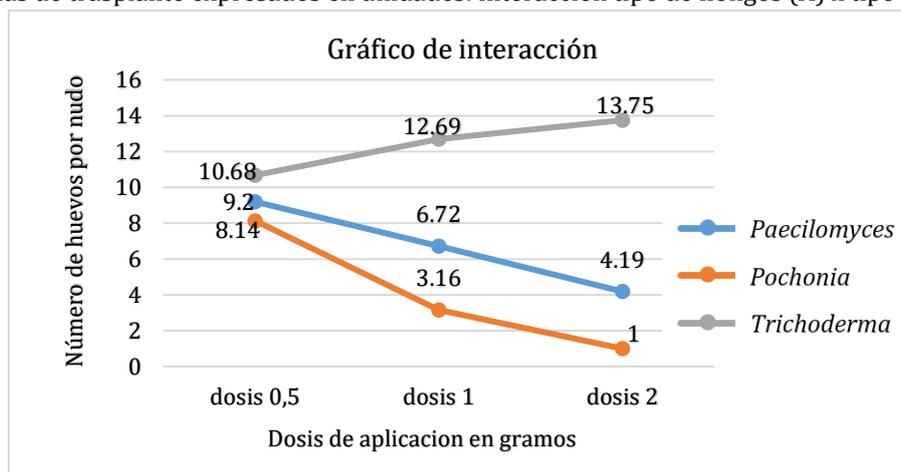
La Tabla 7 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* el número de huevos en las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población con 4,10 unidades por nudo.

Tabla 8. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de huevos de nematodo por nudo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Número de huevos (unid.)	Significación w=0,33
01	2	6,31	a
02	1	7,52	b
03	0,5	9,34	c

La Tabla 8 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población de huevos de nematodo con 6,3.

Figura 4. Prueba de comparación de promedios para población de huevos por nudo de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 4 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* aumenta número de huevos por nudo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* cuando se incrementa la dosis baja número de huevos, al comparar entre estos dos últimos *P. chlamydosporia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.5. Población de juveniles 2 de nematodo por agalla

Tabla 9. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de J₂ por nudo de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Juveniles 2 (unid.)	Significación w=0,11
01	<i>P. chlamydosporia</i>	2,49	a
02	<i>P. lilacinus</i>	3,37	b
03	<i>T. harzianum</i>	5,36	c

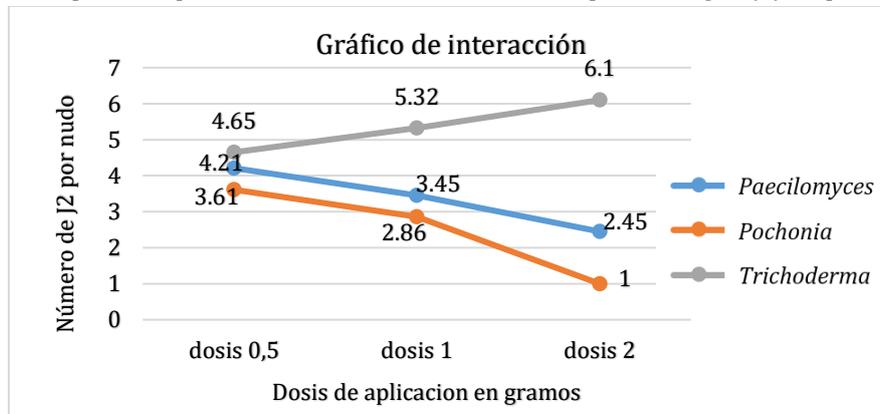
En la Tabla 9 se observa que hay diferencia estadística significativa entre niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* el número de J₂ en las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población con 2,49 unidades.

Tabla 10. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de J₂ de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Juveniles 2 (unid.)	Significación w=0,05
01	2	3,18	a
02	1	3,88	b
03	0,5	4,16	c

La Tabla 10 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población de J₂ de nematodo con 3,18 unidades.

Figura 5. Prueba de comparación de promedios para población de J₂ por nudo de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 5 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* aumenta número de juveniles 2 por nudo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* cuando incrementa la dosis baja número de J₂, nudo, al comparar entre estos dos últimos *P. chlamydosporia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.6 Población de hembras de nematodo por agalla

Tabla 11. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de hembras por agalla de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Número de hembras (unid.)	Significación w=0,07
01	<i>P. chlamydosporia</i>	1,36	a
02	<i>P. lilacinus</i>	1,71	b
03	<i>T. harzianum</i>	2,34	c

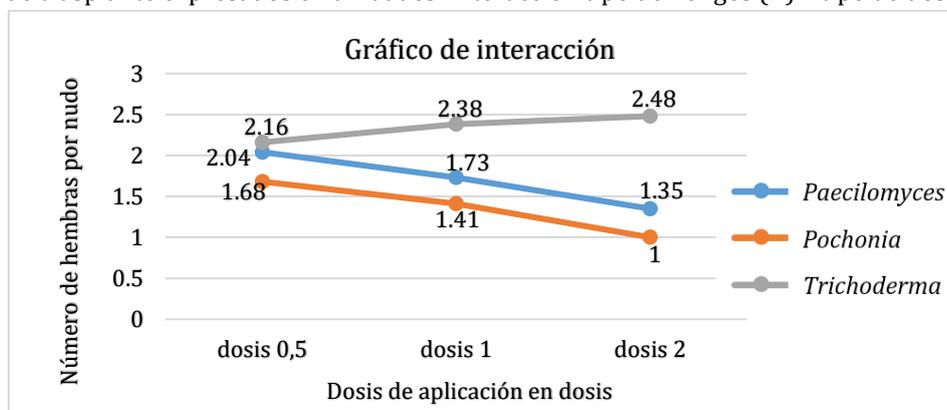
En la Tabla 11 se observa que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* el número de hembras en las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población con 1,36 unidades.

Tabla 12. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de hembras por nudo de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Juveniles 2 (unid.)	Significación w=0,07
01	2	1,61	a
02	1	1,84	b
03	0,5	1,96	c

La Tabla 12 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población de hembras de nematodo con 1,61 unidades.

Figura 6. Prueba de comparación de promedios para población de hembras de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 6 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* aumenta número de hembras por nudo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* a medida que aumenta la dosis baja número de hembras por nudo.

4. DISCUSIÓN

La aplicación de *Pochonia chlamydosporia* supera estadísticamente en el control de nematodos *M. exigua* en raíces de café respecto a *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum*, a los 90 días del trasplante, ya que experimenta menor nodulación radicular con 1,80 unidades por planta, menor incidencia de nematodos con 23,16 %, menor severidad con 1,80 %, menor número de huevos del nematodo con 4,10 unidades por nudo, menor población de juveniles 2 con 2,49 unidades por nudo, menor población de hembras de nematodo con 1,36 unidades por nudo. Estos resultados coinciden con lo manifestado por Puertas & Hidalgo (2009) quien dice que el hongo *Pochonia chlamydosporia* controla a los nematodos *Meloidogyne exigua*; de igual modo, como lo corroboran Bontempo et al. (2014), que refiere a *P. lilacinus* como controlador biológico de este nematodo. Asimismo, Mendoza et al. (2013), que estudió el efecto de *Trichoderma* spp. sobre este nematodo agallador; los resultados encontrados refuerzan lo mencionado por Luambano et al. (2015) respecto a *P. chlamydosporia* cuando se deduce que a mayor concentración hay mayor efecto.

La dosis de *P. chlamydosporia* con 2 g/plántula supera estadísticamente a las dosis de 1,0 y 0,5 g por plántula, a los 90 días del trasplante, ya que experimentan menor nodulación radicular con 2,17 unidades, menor incidencia de nematodo con 22,81%, menor severidad de nematodos con 2,17%, menor población

de huevos de nematodo con 6,31 unidades por nudo, menor población de juveniles 2 de nematodo con 3,18 unidades/nudo y menor población de hembras de nematodo con 1,61 unidades/nudo. Esto se atribuye a que *Pochonia chlamidosporia* presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*; tal como lo mencionan Manzanilla-López et al. (2013) el hongo reduce los daños del nematodo, como también lo corroboran Flores-Camacho et al. (2007) sobre el efecto parasitario sobre huevos de nematodos. De igual modo, lo mencionado por Cleopas C. et al. (2017), quien indica que *P. lilacinus* también reduce daños del nematodo. Este se atribuye a que *Pochonia chlamidosporia* en dosis 2 gramos presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*; así como lo mencionan Esteves et al. (2009), el efecto parasitario sobre huevos de nematodos influye en la incidencia del nematodo.

Cuando aumenta la dosis de aplicación de *P. lilacinus* y *P. chlamydosporia* disminuyen todas las variables a los 90 días del trasplante, como el número de nudos/planta, incidencia de nematodos/planta, severidad, número de huevos/planta, población de juveniles 2/nudo, población de número de hembras/nudo; mientras que con a medida que aumenta la dosis baja el nivel de todas las variables; mientras que para *T. harzianum* permanecen constantes todas las variables, lo que indica que no tiene efecto en el *M. exigua*. Tal como menciona sobre la incidencia (Puertas et al., 2006) hay efecto del hongo en la incidencia del nematodo; Morton et al. (2003) dice que el efecto del biocontrol que realiza *P. chlamidosporia* reduce la severidad del nematodo. Esto se atribuye a que *Pochonia chlamydosporia* presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*; así como lo mencionan Hoedekie et al. (2005), el efecto de control de este biocontrolador sobre la especie de *M. exigua*.

Otros autores como Flores-Camacho et al. (2007), indican que se evidencia un control de daños del nematodo. Las enzimas segregadas por *P. chlamydosporia* intervienen en el proceso de infección de huevos cuando permiten que al hongo degrade la cáscara de huevo de nematodo; como lo corroboran Flores-Camacho et al. (2007), quienes indican que durante el proceso infeccioso *Pochonia chlamydosporia* tiene un buen efecto de control. Este se atribuye a que *P. chlamydosporia* presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*, tal como lo mencionan Bontempo et al. (2014) el efecto de control, pero en el cultivo de zanahorias.

También se confirma lo mencionado por Cleopas C. et al. (2017) quienes afirman el buen efecto de control que tiene el hongo. Asimismo, Puertas & Hidalgo Díaz (2009), señalan que con este efecto *Pochonia chlamydosporia* reduce la infestación del nematodo. Este se atribuye a que *P. chlamydosporia* en dosis 2 gramos presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*. Tal como lo corroboran Hoedekie et al. (2005), que *P. chlamydosporia* tiene buen efecto de control en estos nematodos; así como indica Luambano et al. (2015), que *Pochonia chlamydosporia* tiene efecto de control a nivel de huevos del nematodo agallador, lo mismo afirman Puertas & Hidalgo Díaz (2009) que *P. chlamydosporia* coloniza masa de huevos del nematodo del nudo y de igual manera afirman Cleopas C. et al. (2017), el efecto del control a nivel de huevos de *Meloidogyne*.

5. CONCLUSIONES

La aplicación de *Pochonia chlamidosporia* supera estadísticamente en el control de nematodos *M. exigua* en raíces de cafeto respecto a *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum*, a los 90 días del trasplante, ya que experimenta menor nodulación radicular con 1,80 unidades por planta, menor incidencia de nematodos con 23,16%, menor severidad con 1,80%, menor número de huevos del nematodo con 4,10 unidades por nudo, menor población de juveniles 2 con 2,49 unidades por nudo, y menor población de hembras de nematodo con 1,36 unidades por nudo.

La dosis de *P. chlamydosporia* con 2 g/plántula supera estadísticamente a las dosis de 1,0 y 0,5 g por plántula, a los 90 días del trasplante, ya que experimentan menor nodulación radicular con 2,17 unidades, menor incidencia de nematodo con 22,81%, menor severidad de nematodos con 2,17%, menor población

de huevos de nematodo con 6,31 unidades por nudo, menor población de juveniles 2 de nematodo con 3,18 unidades/nudo y menor población de hembras de nematodo con 1,61 unidades/nudo.

Cuando aumenta la dosis de aplicación de *P. lilacinus* y *P. chlamydosporia* disminuyen todas las variables a los 90 días del trasplante, como el número de nudos/planta, incidencia de nematodos/planta, severidad, número de huevos/planta, población de juveniles 2/nudo, población de número de hembras/nudo; mientras que a medida que aumenta la dosis baja el nivel de todas las variables; mientras que para *T. harzianum* permanecen constantes todas las variables, lo que indica que no tiene efecto en el *M. exigua*.

FINANCIAMIENTO

Ninguno

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

Curación de datos: Capcha-Ospina, E.

Análisis formal: Alomia-Lucero, J. M.

Investigación: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

Metodología: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

Supervisión: Capcha-Ospina, E.

Validación: Alomia-Lucero, J. M.

Redacción - borrador original: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

Redacción - revisión y edición: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bontempo, A. F., Fernandes, R. H., Lopes, J., Freitas, L. G., & Lopes, E. A. (2014). *Pochonia chlamydosporia* controls *Meloidogyne incognita* on carrot. *Australasian Plant Pathology*, 43(4), 421–424.
<https://doi.org/10.1007/s13313-014-0283-x>
- Cleopas C., Kwasi S., Y., & Mark D., L. (2017). Biological control of the rootknot nematode, *Meloidogyne javanica* (Chitwood) using *Bacillus* isolates, on soybean. *Biological Control*, 109, 37–41.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.03.009>
- Dube, B., & Grover C., S. J. (1987). Biological Control of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* and *Pasteuria penetrans*. *Journal of Nematology*, 19(2), e227.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2618639/>
- Esteves, I., Peteira, B., Atkins, S. D., Magan, N., & Kerry, B. (2009). Production of extracellular enzymes by different isolates of *Pochonia chlamydosporia*. *Mycological Research*, 113(8), 867–876.
<https://doi.org/10.1016/j.MYCRES.2009.04.005>
- Flores-Camacho, R., Manzanilla-López, R. H., Cid del Prado-Vera, I., & Martínez-Garza, Á. (2007). Control de *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne y Allen con *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Gams y Zare. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25(1), 26–35.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092007000100004
- Hoedekie, A., Viaene, N., & Van Damme, V. (2005). Long-term efficacy of *Pochonia chlamydosporia* for

- management of *Meloidogyne javanica* in glasshouse crops. *Nematology*, 7(5), 727–736.
<https://doi.org/10.1163/156854105775142973>
- Larriba, E., Jaime, M. D. L. A., Carbonell-Caballero, J., Conesa, A., Dopazo, J., Nislow, C., Martín-Nieto, J., & Lopez-Llorca, L. V. (2014). Sequencing and functional analysis of the genome of a nematode egg-parasitic fungus, *Pochonia chlamydosporia*. *Fungal Genetics and Biology*, 65, 69–80.
<https://doi.org/10.1016/j.fgb.2014.02.002>
- Luambano, N. D., Manzanilla-López, R. H., Kimenju, J. W., Powers, S. J., Narla, R. D., Wanjohi, W. J., & Kerry, B. R. (2015). Effect of temperature, pH, carbon and nitrogen ratios on the parasitic activity of *Pochonia chlamydosporia* on *Meloidogyne incognita*. *Biological Control*, 80, 23–29.
<https://doi.org/10.1016/j.BIOCONTROL.2014.09.003>
- Manzanilla-López, R. H., Esteves, I., Finetti-Sialer, M. M., Hirsch, P. R., Ward, E., Devonshire, J., & Hidalgo-Díaz, L. (2013). *Pochonia chlamydosporia*: Advances and Challenges to Improve Its Performance as a Biological Control Agent of Sedentary Endo-parasitic Nematodes. *Journal of Nematology*, 45(1), 7.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3625126/>
- Mendoza, G. A. ., Wilson, J. H. ., & Colina, J. C. (2013). Efecto de *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* sobre huevos de *Meloidogyne* sp. en condiciones de laboratorio. *Revista Científica de Estudiantes Rebiolest*, 1(2), e65.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/479>
- Morton, C. O., Hirsch, P. R., Peberdy, J. P., & Kerry, B. R. (2003). Cloning of and genetic variation in protease VCP1 from the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*. *Mycological Research*, 107(1), 38–46. <https://doi.org/10.1017/S0953756202007050>
- Puertas, A., De la Noval Pons, B. M., Martínez, B., Miranda, I., Félix, F., & Hidalgo-Díaz, L. (2006). Interacción de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* con *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* y *Glomus clarum* en el control de *Meloidogyne incognita*. *Revista de Protección Vegetal*, 21(2), 80–89.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2009100416>
- Puertas, A., & Hidalgo Díaz, L. (2009). Efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el establecimiento de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* en el sustrato y la rizosfera de plantas de tomate. *Revista de Protección Vegetal*, 24(3), 165. <http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/457>



Tiempo de fermentación anaeróbica en la calidad de *Coffea arabica* L. var. Catimor con proceso Honey, en Satipo-Perú

Anaerobic fermentation time in the quality of *Coffea arabica* L. var. Catimor with Honey process, in Satipo-Perú

Alomía-Lucero, José M.^{1*}

Rojas-Medina, Diana¹

Pérez-Romero, Leocadia F.¹

Estrada-Carhuallanqui, Hebert N.¹

Cañari-Contreras, Miriam D.¹

Mamani-Santana, Gloria²

¹Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú

²Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Chanchamayo, Perú

Recibido: 14 Abr. 2022 | Aceptado: 14 Jul. 2022 | Publicado: 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: jalomia@uncp.edu.pe

Cómo citar este artículo: Alomía-Lucero, J. M., Rojas-Medina, D., Pérez-Romero, L. F., Estrada-Carhuallanqui, H. N., Cañari Contreras, M. D. & Mamani-Santana, G. (2022). Tiempo de fermentación anaeróbica en la calidad de *Coffea arabica* L. var. Catimor con proceso Honey, en Satipo-Perú. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 2(2), e359. <https://doi.org/10.51252/raa.v2i2.359>

RESUMEN

Esta investigación buscó evaluar tres tiempos de fermentación 0, 24, 48 y 72 hrs en la calidad del café de variedad Catimor con proceso Honey. El trabajo se realizó en campo y laboratorio. Las variables evaluadas fueron organolépticas, físicas y microbiológicas. Los resultados muestran que el máximo puntaje de calidad alcanzado es 85,08 con fermentación de 72 hrs; luego con 48 hrs y con 24 hrs; el testigo con 0 hrs muestra menor puntaje; la calidad crece con el tiempo de fermentación en una curva parabólica de máximo a 120 hrs. El análisis de mohos indica que a 0 y 72 hrs hay mayor cantidad de UFC/g, mientras que a 24 y 48 hrs es menor. A 35,19 tiene menor cantidad. Según análisis físico a 0 y 72 hrs hay menor cantidad de humedad en granos; mientras que a 24 y 48 hrs es mayor y para llegar a 11% se requiere 61,2 hrs. Se concluye que las hrs de fermentación aumenta el porcentaje de rendimiento, variando de 72,9% con 0 hrs y a 76,37% con 72 hrs; el máximo se encuentra con 88,1 hrs.

Palabras clave: humedad; murciélago; organoléptica; parabólica

ABSTRACT

This research sought to evaluate three fermentation times 0, 24, 48 and 72 hrs in the quality of Catimor variety coffee with Honey process. The work was carried out in the field and laboratory. The variables evaluated were organoleptic, physical and microbiological. The results show that the maximum quality score reached is 85.08 with a 72-hour fermentation; then with 48 hours and with 24 hours; the control with 0 hrs shows a lower score; the quality grows with the fermentation time in a parabolic curve with a maximum of 120 hours. The analysis of molds indicates that at 0 and 72 hours there is a higher amount of CFU/g, while at 24 and 48 hours it is lower. At 35.19 it has less quantity. According to physical analysis at 0 and 72 hours there is less moisture in grains; while at 24 and 48 hours it is higher and to reach 11% it takes 61.2 hours. It is concluded that the fermentation hours increase the yield percentage, varying from 72.9% with 0 hours and 76.37% with 72 hours; the maximum is found with 88.1 hrs.

Keywords: humidity; mucilage; organoleptic; parabolic



1. INTRODUCCIÓN

Muchos han experimentado el procesamiento convencional y Honey para mejorar la calidad del café, así Ayala Ceballos (2020), en la zona norte del departamento de Nariño tomó muestras de café en cereza para someterlas a estos métodos, con el café oro o verde y se comparó la calidad sensorial realizando pruebas de taza. Castillo y F6 dieron cafés especiales en los diferentes tiempos de fermentación, con 80 y 84,99 puntos, mientras que Caturra disminuyó la calidad con una fermentación de 24 y 30 hrs (Ladino-Garzón et al., 2016).

La fermentación del café es uno de los factores más importantes en la calidad de taza; para incrementar sabores especiales y consistentes es necesario diagnosticar fallas en los procesos de beneficio y secado, según Puerta Quintero et al. (2016). El tiempo de fermentación promedio que ha usado fue de $18,75 \pm 3,2$ hrs para Caturra y $18,94 \pm 3,4$ hrs para Castillo; se determinó el efecto de los procesos tradicionales de fermentación sobre la calidad sensorial del café (Córdoba-Castro & Guerrero-Fajardo, 2016). El beneficio Honey favorece al productor, no solo porque se ahorra agua y reducen contaminación, sino como alternativa para mercados especiales, con tasa diferenciada, que disminuye costos y mejora precios (Boyacá Vásquez, 2018).

Rojas Checca (2017) evaluó dos variedades de café Typica, Catimor Rojo y Catimor Amarillo y tiempos de fermentación 0, 12, 18 y 24 hrs. Paima Flores (2017) indica que el más predominante es el café Catimor, aunque la mejor calidad de taza proviene de la variedad Caturra; sin embargo, el procesamiento del café Catimor puede elevar los puntajes de calidad en taza; así Córdoba Rafael & Efus Díaz (2021), en el distrito de Huabal-Jaén, manifiestan que para determinar el rendimiento y calidad en taza ubicaron parcelas de altitudes de a 1 850, 1 800 y 1 761 msnm.

El formato de catación de la SCAA (2007) (*Speciality Coffee Association of América*) (2007) con una escala de 6-10 puntos, se usa para calificar cada uno de los atributos sensoriales de cada muestra recolectadas como manifiesta Rojas Checca (2017). También Jarata Quispe (2015), en Ayapata-Carabaya, evaluó el rendimiento y perfiles de taza en tres zonas productoras de café variedad Catimor. Asimismo, Rojas Checca (2017), señala que la evaluación sensorial se realizó utilizando formato SCAA, para calificar los atributos sensoriales de las variedades de Typica, Catimor Rojo y Catimor Amarillo procedentes de las localidades.

Rojas Checca (2017) refiere que hay diferencias estadísticas significancias para la calidad física y organoléptica, sobresaliendo en café exportación las variedades Catimor Rojo con 81,23 % y Amarillo con 80,83 % en 1700 msnm, y en la calidad organoléptica la variedad Catimor Amarillo y Catimor Rojo llegaron a alcanzar puntajes de 83,06 y 82,92 respectivamente en 1180 msnm. Asimismo, Untiveros Soldevilla (2021), indica que el café catimor con el método Honey, obtuvo: fragancia/aroma (7,47); sabor (7,58); postgusto (7,47); acidez (7,58); cuerpo (7,58); balance (7,50) y apreciación (7,56); hubo tres variables como uniformidad, taza limpia y dulzura que fueron similares, alcanzando 10 puntos cada una.

Gálvez-López (2018) alude que para obtener una taza con una puntuación final por arriba de 85 puntos para la variedad Pacamara, se determinó que la combinación ideal de un pH final es de 2,30 y un grosor de cama de 7,52 cm, con una temperatura ambiente promedio de 25 °C. Asimismo, Jarata Quispe (2015), refiere que en perfil de taza y sus características, el mejor puntaje fue de la muestra de zona alta con un aroma floral 7,83 puntos, sabor achocolatado y vainilla 7,50 puntos, acidez alta 8,17 puntos y cuerpo medio 7,58 puntos.

Ayala Ceballos (2020) indica que hay diferencias estadísticas significativas en cuanto a la fragancia -aroma, mejor sabor residual, acidez, cuerpo, dulzura, balance, que son mejoradas por el método Honey. Para características como el sabor, uniformidad y limpieza, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El puntaje del catador y la impresión global, permiten ver diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo que indica que las muestras de café verde obtenidas

por vía Honey, presentaron mayor puntaje de catación. Al promediar los datos correspondientes al mejoramiento de atributos mediante el método Honey, se obtiene 2,1 puntos.

Por otra parte, Córdoba Rafael & Efus Díaz (2021) reportaron que en el distrito de Huabal-Jaén se determinó el rendimiento y calidad en taza del café Caturra y Catimor, de altitudes de 1850, 1800 y 1761 msnm, encontrando como resultado que la variedad Catimor logró un rendimiento con 73,83%; en cuanto a calidad en taza, obtuvo una calificación de 78,10%. Asimismo, Lugo Ruiz (2019) indica que, en tres variedades de café tostado y molido, Parainema, IHCAFE 90 y Typica; donde los consumidores percibieron los tratamientos Parainema e IHCAFE 90 de tueste claro como los preferidos y los más dulces.

Rojas Checca (2017) menciona que existen diferencias estadísticas significativas para tiempos de fermentación en la calidad física del café en lo respecta al número de defectos en el piso altitudinal de 1180 msnm, más no tuvo diferencias en la calidad organoléptica. Respecto a la variedad presentó diferencias estadísticas significancias para la calidad física y organoléptica según análisis de varianza, sobresaliendo en café exportación las variedades Catimor Rojo con 81,23 % y Amarillo con 80,83 % en el piso altitudinal de 1700 msnm, y en la calidad organoléptica la variedad Catimor Amarillo y Catimor Rojo llegaron a alcanzar puntajes de 83,06 y 82,92 puntos respectivamente en el piso altitudinal de 1180 msnm.

En otro contexto, Blandón-Castaño et al. (1998) mencionan que en los sustratos frescos actúan principalmente bacilos gram (-) y levaduras; en el producto final del compostaje de la pulpa sola se identificaron 11 géneros de bacterias, 4 de hongos, 2 de actinomicetos. Asimismo, Patiño-Velasco et al. (2016) reportan que para asegurar que se conserven sus propiedades organolépticas, el contenido de humedad en el grano de café seco debe estar alrededor del 11%, de lo contrario su calidad se deteriora. Paima Flores (2017) indica que los lavados y secados se hacen hasta una humedad entre 10 – 12%.

En la selva peruana, Paima Flores (2017) refiere que hay granos de mayor tamaño en la parte alta, siendo 269 gramos para Alonso y 211,9 para Lamas; el mayor rendimiento en la parte media y alta de Alonso con 78%. En sensorial no se encontraron diferencias entre localidades ni altitudes. Asimismo, Untiveros Soldevilla (2021), menciona que mediante el proceso de lavado se logró 80,83% de café exportable, con Honey 75,19% y natural 47,33%. También Jarata Quispe (2015), indica que los resultados en las propiedades físicas en rendimiento de la zona baja (800-1 000 msnm) tiene 78,29%, zona media (1 000-1 400 msnm) con 77,59% y zona alta (1400 - 1600 msnm) con 76,25%, existiendo una diferencia significativa entre las muestras.

En este panorama, esta investigación propone evaluar tres tiempos de fermentación 0, 24, 48 y 72 hrs en la calidad del café de variedad Catimor con proceso Honey, en la provincia de Satipo-Perú.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó a una altitud de 635 msnm, con un clima sub tropical húmedo, temperatura media de 22-28 °C. Los cerezos de café se colectaron de parcelas con altitud mayor a 1 000 msnm. El tipo de investigación fue aplicada, y el nivel explicativo. El enfoque fue cuantitativo y cualitativo; método inductivo y deductivo. El tipo de diseño fue el DCA con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se probaron cuatro tiempos de fermentación anaerobia de café con 0, 24, 48 y 72 hrs. El volumen de café se midió en latas de aceite vacías, considerando que una lata equivale a un volumen de 20 litros.

Evaluación microbiológica: Se consideró la evaluación de mohos, que son microorganismos de los hongos que se encuentran tanto al aire libre como en los exteriores; se midió en UFC/g.

Evaluación organoléptica: Se evaluó fragancia aroma, acidez, cuerpo, uniformidad, taza limpia dulzor, postgusto, taza limpia, balance, apariencia general.

Se trabajó con nueve unidades experimentales, por cada tratamiento seis latas de cerezos de café, haciendo un total de 18 latas para todo el experimento. La muestra fue de 2 kg por tratamiento de café, haciendo un total de 24 kg.

La fragancia se evalúa una muestra molida sin agregar agua, momento en que manifiestan los atributos o defectos del café. El aroma es apreciado a través de la nariz acercando por encima de la taza, el aroma se desprende al momento de romper la espuma. La acidez se detecta con la punta o lados de la lengua, llegando a sentir una sensación que limpia el paladar. El cuerpo se evalúa de acuerdo a la consistencia o espesor de la bebida. El sabor se evalúa de acuerdo a los estándares si una taza es agradable o desagradable. El sabor residual/post gusto, es la permanencia del sabor en el paladar después de haber expulsado el café de la boca; este puede ser agradable dejando un sabor dulce y refrescante o desagradable dejando un sabor amargo o áspero.

La dulzura se evalúa de acuerdo a la intensidad de dulzor del café. El balance es una combinación que presentan cafés sanos y limpios de atributos de cuerpo, acidez y sabor. En la uniformidad el evaluador cataloga según los atributos y defectos como positivas y negativas de diferentes tazas de una muestra. La limpieza es la referencia a la falta de impresiones negativas como los defectos. El puntaje del catador es lo que da la calificación de cada muestra según el comportamiento general.

Procedimientos

Se establecieron nueve unidades experimentales, cada unidad experimental con dos latas de cerezos de café haciendo 06 kg de café pergamino. Se realizó el procedimiento para la fermentación anaerobia con proceso de beneficio Honey y la evaluación fisicoquímica, microbiológica y organoléptica.

Fermentación anaeróbica en proceso Honey

La cosecha de café se realizó de plantas de café de la variedad Catimor, del fundo Ventura ubicado en la Comunidad Nativa San Pascual. Se recolectó solo granos maduros de forma manual, luego pesando que es muy importante para obtener el rendimiento de café.

Se separó y clasificó los granos dañados, verdes, hojas para obtener granos de café de calidad. Luego procediendo al lavado y flotado de los cerezos, y con un colador se retiraron los cerezos que flotaban.

Para la fermentación anaerobia se colocó 20 L de cerezos limpios por cada unidad experimental en cilindros de acero inoxidable y se agregó agua al ras de los granos de café a una temperatura constante, en un tiempo de 24, 48 y 72 hrs. Después de la fermentación anaerobia se pesó y se realizó el despulpado de café cerezo, recibiendo en un balde limpio.

El café despulpado sin cáscara se colocó de inmediato en un secador solar para que pueda orear y posteriormente para secar hasta que alcance una humedad de 10-12%. El secado de café duró un promedio de 6 a 9 días, que dependió de la radiación solar.

Análisis microbiológico

Se realizó un masajeado de los granos durante 5 min para posteriormente realizar diluciones en serie. Se evaluaron unidades formadoras de colonias por gramo de café (UFC/g).

Procedimiento de tostado

Se tuvo en cuenta las siguientes recomendaciones técnicas: Al encender la tostadora, se calentó 10 min aproximadamente. El proceso del tueste no fue menos de 7 min y no más de 12 min, el color de tueste se fue entre un claro y claro medio. El promedio de la temperatura del tueste estuvo entre 180 a 200 °C, con un tiempo 100 a 105 seg después del primer crack, esto garantizó la uniformidad de granos tostados. Se guardó reposo después de haber tostado las muestras, no menor de 8 hrs, ni mayor de 24 hrs previas a la

evaluación. Se almacenó en bolsas impermeables. Luego se procedió a la actividad de molienda donde se reduce a menudas partículas hasta hacerlo polvo.

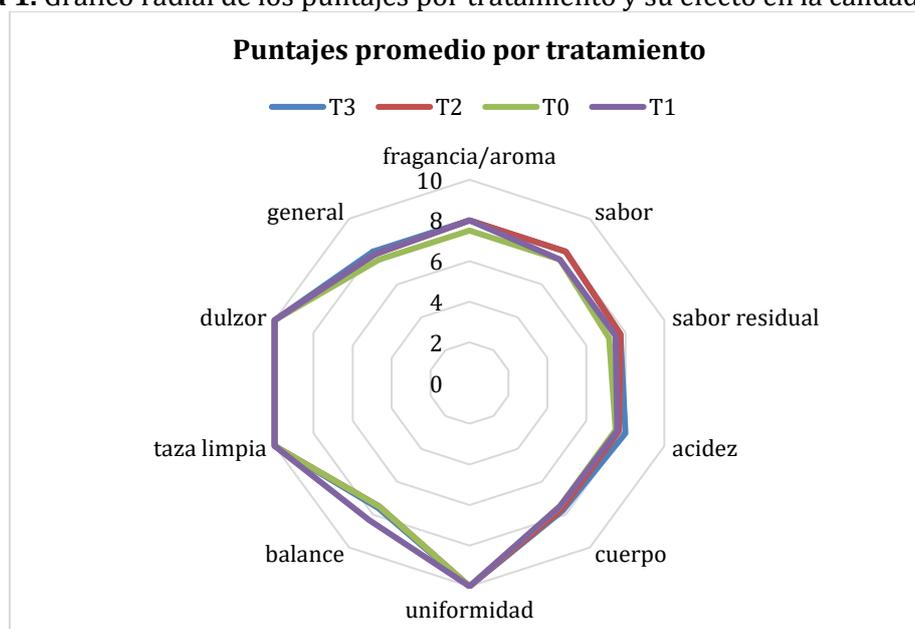
Evaluación sensorial

El proceso de catación se realizó en un tiempo de 30 min que es estrictamente controlada. Se cató a primeras hrs para poder apreciar y degustar con mayor claridad los atributos y defectos que el café posee. Estuvo a cargo de una experta Q grader internacional de café.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. De la calidad organoléptica

Figura 1. Gráfico radial de los puntajes por tratamiento y su efecto en la calidad del café



La Figura 1 muestra que hay cierta uniformidad de los efectos de los tratamientos respecto a los puntajes de calidad que van de cero a 10, salvo en el balance se nota cierta diferencia de los tratamientos 1 y 2 respecto al testigo y al T3. Todos los tratamientos muestran puntajes máximos en uniformidad, taza limpia y dulzor. Estos resultados coinciden en parte con lo manifestado por Untiveros Soldevilla (2021), quien encontró que las variables uniformidad, taza limpia y dulzura fueron similares porque la calificación según la escala referida fue 10 en la zona de Satipo.

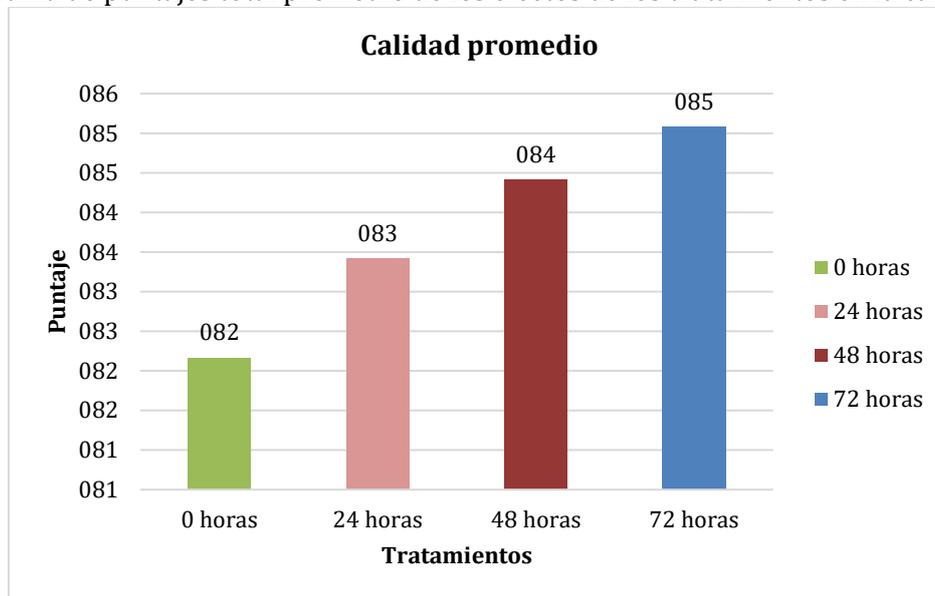
Tabla 1. Prueba de comparación de medias de Tukey para puntajes de los tratamientos para las variables de calidad

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	3
0 hrs	3	82,1667		
24 hrs	3		83,4167	
48 hrs	3		7	84,4167
72 hrs	3			85,0833
Sig.		1,000	1,000	118

En la Tabla 1 se aprecian 3 grupos diferentes, siendo 72 hrs y 48 hrs, los tiempos que alcanzan los mayores puntajes, en segundo lugar, está el tratamiento con 24 hrs de fermentación y finalmente el testigo con 0 hrs de fermentación. Estos resultados son menores a lo encontrado por Gálvez et al. (2018) que obtuvo una taza con una puntuación final por arriba de 85 puntos para el café de variedad Pacamara producido en la

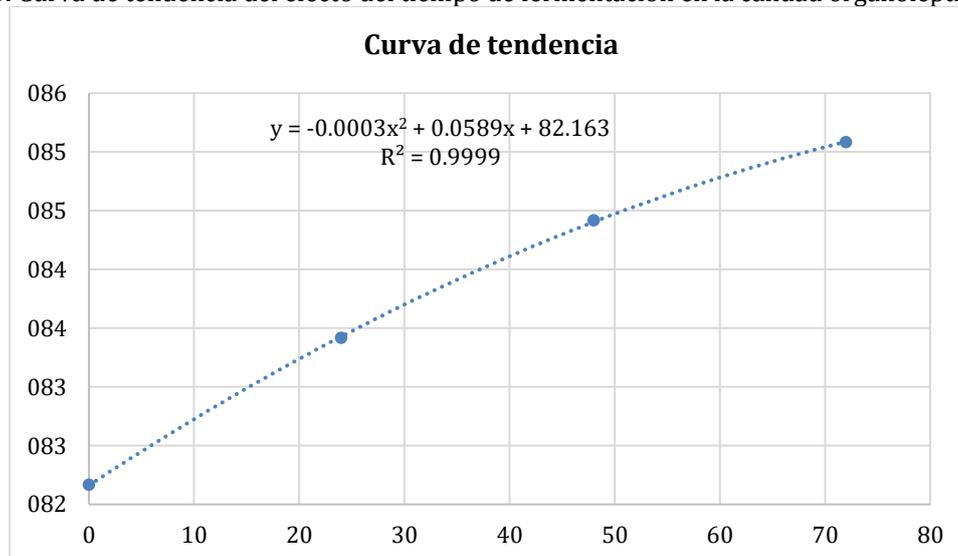
zona se determinó que la combinación ideal de las variables fue de un pH final de 2,30 y un grosor de cama de 7,52 cm, teniendo en cuenta una temperatura ambiente promedio de 25 °C. Asimismo, Rojas Checca (2017) indica que ha sobresalido en café exportación las variedades Catimor Rojo con 81,23 % y Amarillo con 80,83 % en el piso altitudinal de 1700 msnm, y en la calidad organoléptica la variedad Catimor Amarillo y Catimor Rojo llegaron a alcanzar puntajes de 83,06 y 82,92 puntos respectivamente en el piso altitudinal de 1 180 msnm.

Figura 2. Suma de puntajes total promedio de los efectos de los tratamientos en la calidad del café



La Figura 2 evidencia que el testigo (T0) muestra el más bajo de los puntajes y esto va creciendo conforme aumenta el tiempo de fermentación. El máximo puntaje alcanzado es 85,08 en una escala de 0 a 100, con el tratamiento 3 que es la fermentación de 72 hrs, en segundo lugar, está el tratamiento con 48 hrs y en tercer lugar el tratamiento con 24 hrs; estos datos son mejores a los encontrados por manejo convencional de café oro según Córdoba Rafael & Efus Díaz (2021) quienes reportan que la variedad Caturra logró un rendimiento de 78,25%, y la variedad Catimor con 73,83%; en cuanto a calidad en taza, la variedad Catimor obtuvo una calificación de 78,10%, y la variedad caturra con 85,50%.

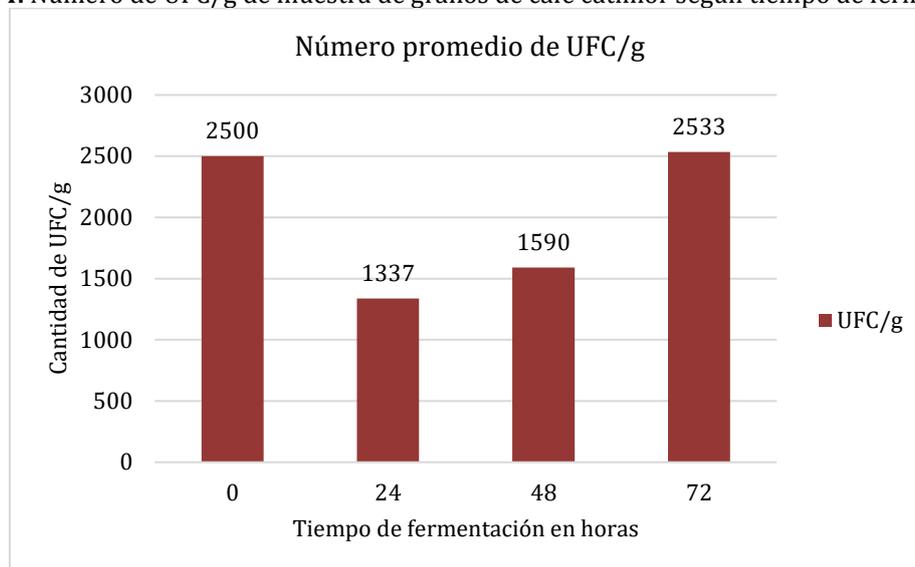
Figura 3. Curva de tendencia del efecto del tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del café



La Figura 3 muestra que a medida que aumenta el tiempo de fermentación en hrs la curva parabólica $y = -0,0003x^2 + 0,0589x + 82,163$ con una R^2 bien ajustada casi a 1; la curva se eleva hasta encontrar un máximo a las 120 hrs aplicando la primera derivada a la función cuadrática. En el eje X, están las hrs de fermentación desde 0 a 72.

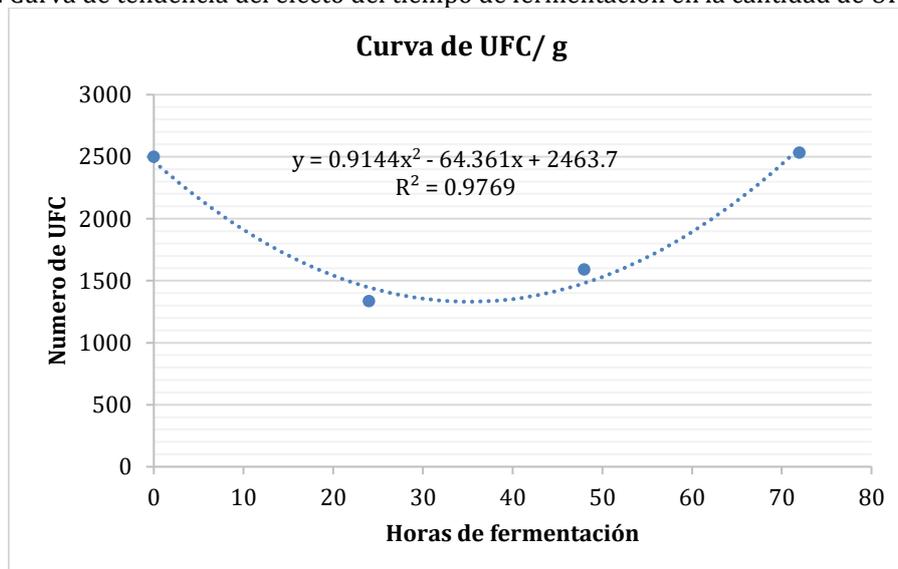
3.2. De la calidad microbilógica

Figura 4. Número de UFC/g de muestra de granos de café catimor según tiempo de fermentación



La Figura 4 demuestra que a 0 hrs y 72 hrs hay mayor cantidad de UFC/g, 2 500 a 2 533, mientras que 24 y 48 hrs hay menor cantidad de UFC/g, con 1 337 a 1 590. Al respecto Blandón-Castaño et al. (1998) encontraron en el compost final de la pulpa mezclada con mucílago hasta 8 géneros de bacterias, 5 de hongos, 3 de levaduras y 5 de actinomicetos.

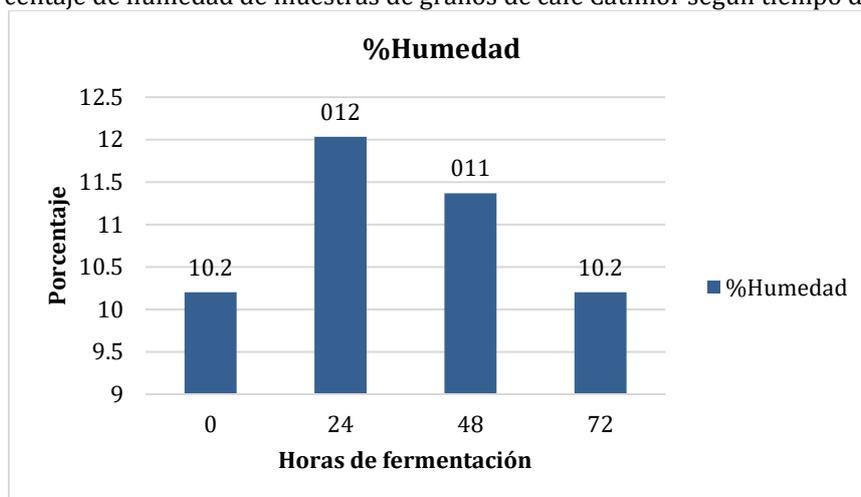
Figura 5. Curva de tendencia del efecto del tiempo de fermentación en la cantidad de UFC/g de café



La Figura 5 muestra una curva parabólica negativa, que se abre hacia arriba, donde aplicando la primera derivada e igualando a cero, el punto mínimo se encuentra 35,19 horas como el tiempo óptimo para encontrar la menor cantidad de UFC/g.

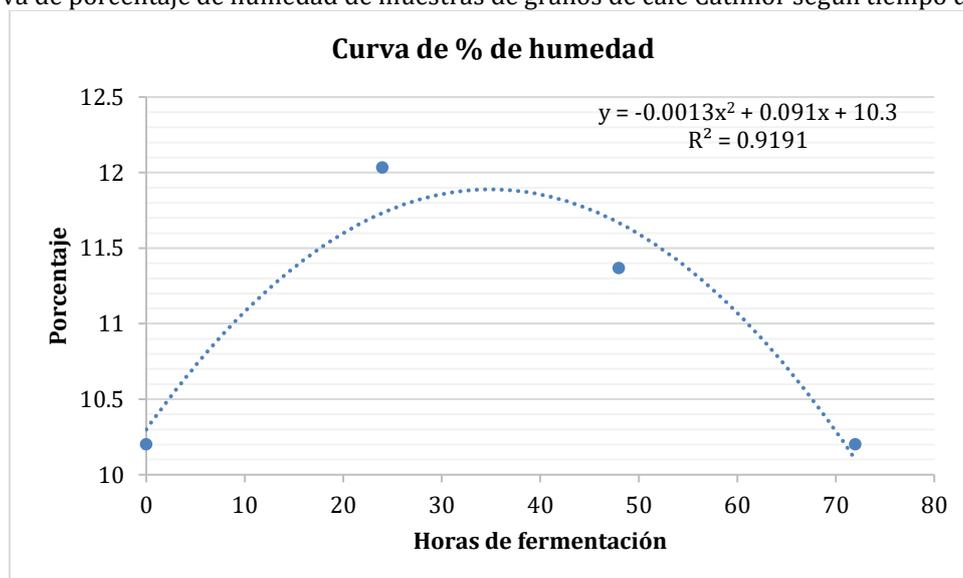
3.3. De la calidad física

Figura 6. Porcentaje de humedad de muestras de granos de café Catimor según tiempo de fermentación

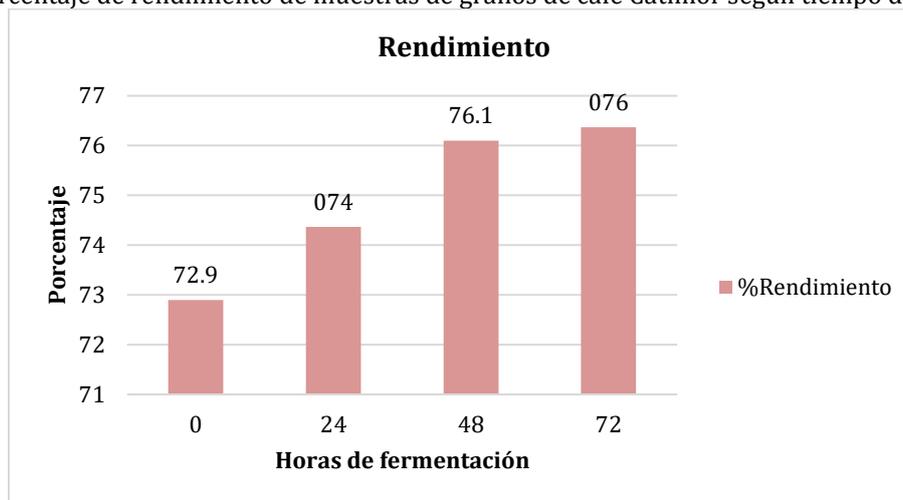


La Figura 6 evidencia que a las 0 hrs y 72 hrs hay menor cantidad de humedad, mientras que a 24 y 48 hrs hay mayor cantidad de humedad en los granos. Patiño-Velasco et al. (2016) afirman que la humedad del café debe estar alrededor del 11%, lo cual se acerca a las 48 hrs de fermentación. También corrobora la importancia del secado que manifiestan Rojas Checca (2017) y Jarata Quispe (2015).

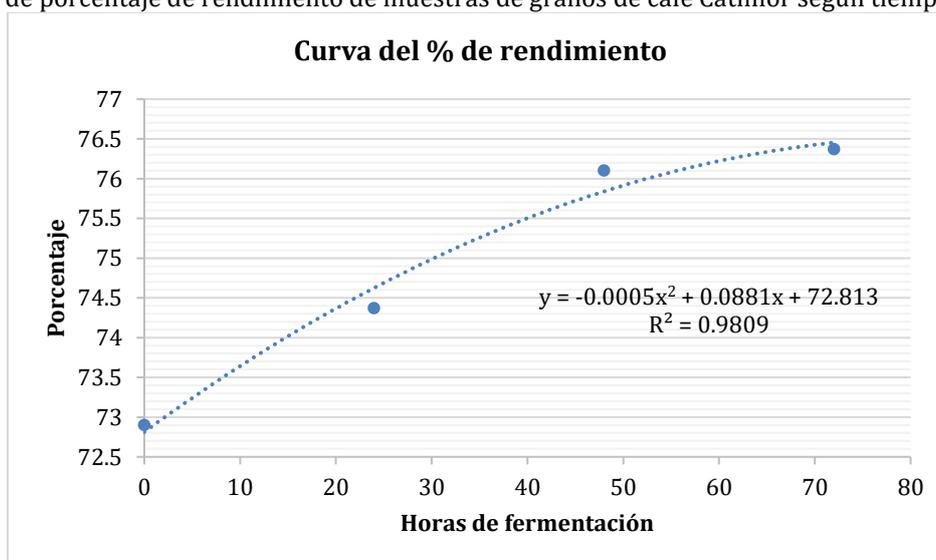
Figura 7. Curva de porcentaje de humedad de muestras de granos de café Catimor según tiempo de fermentación



La Figura 7 reporta una parábola donde aplicando la primera derivada el máximo se encuentra 35 hrs como el tiempo óptimo para encontrar el mayor porcentaje de humedad. Pero para llegar a 11% de humedad como indica Patiño-Velasco et al. (2016), se requiere fermentar a 8,8 hrs o 61,2 hrs aplicando la ecuación cuadrática con doble respuesta según la curva.

Figura 8. Porcentaje de rendimiento de muestras de granos de café Catimor según tiempo de fermentación

La Figura 8 muestra que conforme aumenta las hrs de fermentación aumenta el porcentaje de rendimiento, variando de 72,9% con 0 hrs de fermentación y llegando 76,37 con 72 hrs de fermentación. Lo cual supera a los encontrado por Untiveros Soldevilla (2021), con el método Honey que determinó 75,19% de café exportable para la variedad Catimor en la zona de Satipo. Este resultado es inferior a lo encontrado por Paima Flores (2017) en Colombia.

Figura 9. Curva de porcentaje de rendimiento de muestras de granos de café Catimor según tiempo de fermentación

La Figura 9 muestra una parábola positiva que se abre hacia abajo, donde aplicando la primera derivada e igualando a cero, el punto máximo se encuentra 88,1 hrs como el tiempo óptimo para encontrar el mayor porcentaje de rendimiento.

4. CONCLUSIONES

Respecto al efecto del tiempo de fermentación se aprecian 3 grupos diferentes, siendo 72 hrs y 48 hrs, los tiempos que alcanzan los mayores puntajes y que no difieren estadísticamente; en segundo lugar, está el tratamiento con 24 hrs de fermentación y finalmente el testigo con 0 hrs de fermentación.

El máximo puntaje de calidad alcanzado es 85,08 en una escala de 0 a 100, con el tratamiento fermentación de 72 hrs, en segundo lugar, está el tratamiento con 48 hrs y en tercer lugar el tratamiento con 24 hrs, el testigo muestra el más bajo de los puntajes y esto va creciendo conforme aumenta el tiempo fermentación.

A medida que aumenta el tiempo de fermentación en hrs la curva parabólica $y = -0,0003x^2 + 0,0589x + 82,163$ con una R^2 bien ajustada casi a 1; la curva se eleva hasta encontrar un máximo a las 120 hrs aplicando la primera derivada a la función cuadrática.

El análisis de mohos indica que a 0 hrs y 72 hrs hay mayor cantidad de UFC/g, mientras que 24 y 48 hrs hay menor cantidad de UFC/g. A 35,19 hrs es el tiempo óptimo para encontrar la menor cantidad de UFC/g.

Según análisis físico se encuentra que 0 hrs y 72 hrs hay menor cantidad de humedad, mientras que a 24 y 48 hrs hay mayor cantidad de humedad en los granos y para llegar a 11% de humedad se requiere fermentar a 8,8 hrs o 61,2 hrs aplicando la ecuación cuadrática. Conforme aumentan las hrs de fermentación aumenta el porcentaje de rendimiento, variando de 72,9% con 0 hrs de fermentación y llegando 76,37 con 72 hrs de fermentación; aplicando la primera derivada el máximo se encuentra 88,1 hrs como el tiempo óptimo para encontrar el mayor porcentaje de rendimiento.

FINANCIAMIENTO

Ninguno

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Alomía-Lucero, J. M.; Rojas-Medina, D.; Mamani-Santana, G.

Curación de datos: Pérez-Romero, L. F.; Estrada-Carhuallanqui H. N.

Análisis formal: Alomía-Lucero, J. M.; Rojas-Medina, D.; Pérez-Romero, L. F.

Investigación: Alomía-Lucero, J. M.; Rojas-Medina, D.; Mamani-Santana, G.; Pérez-Romero, L. F.; Estrada-Carhuallanqui H. N.; Cañari Contreras M. D.

Metodología: Alomía-Lucero, J. M.; Rojas-Medina, D.; Mamani-Santana, G.

Supervisión: Alomía-Lucero, J. M.; Cañari Contreras M. D.

Validación: Alomía-Lucero, J. M.; Rojas-Medina, D.; Mamani-Santana, G.;

Redacción - borrador original: Alomía-Lucero, J. M.; Rojas-Medina, D.; Mamani-Santana, G.

Redacción - revisión y edición: Alomía-Lucero, J. M.; Rojas-Medina, D.; Mamani-Santana, G.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala Ceballos, D. C. (2020). *Evaluación de las propiedades sensoriales del café variedad castillo, caturra y Colombia (Coffea arabica L.) durante el proceso de secado Honey, a diferentes alturas sobre el nivel del mar en fincas cafeteras de la zona norte del departamento de Nariño* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36886>
- Blandón-Castaño, G., Rodríguez-Valencia, N., & Dávila-Arias, M. T. (1998). Caracterización microbiológica y físico química de los subproductos del beneficio del café en proceso de compostaje. *Cenicafé*, 49(3), 169–185. <http://hdl.handle.net/10778/753>
- Boyacá Vásquez, L. A. (2018). *Estudio exploratorio de la obtención de café verde mediante beneficio Honey y la determinación de su calidad en taza* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69512>
- Córdoba-Castro, N. M., & Guerrero-Fajardo, J. E. (2016). Caracterización de los procesos tradicionales de fermentación de café en el departamento de Nariño. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 75–83. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)75-83](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)75-83)

- Córdoba Rafael, F., & Efus Díaz, Y. A. (2021). *Determinación del Rendimiento y Calidad en Taza del Café (Coffea arabica L.) en las Variedades Caturra y Catimor, Distrito de Huabal - Jaén 2020* [Universidad Nacional de Jaén]. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/103>
- Gálvez-López, R. A. (2018). *Optimización del proceso fermentativo Honey en café especial variedad Pacamara, Finca Santa Rosa, El Salvador* [Escuela Agrícola Panamericana]. <http://hdl.handle.net/11036/6253>
- Jarata Quispe, E. (2015). *Evaluación de perfiles de taza en tres zonas productoras de café (Coffea Arábica) variedad Catimor en el valle del Distrito de Ayapata-Carabaya* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2790>
- Ladino-Garzón, W., Cortés-Macías, E. T., & Amorocho-Cruz, N. G.-G. C. M. (2016). Calidad de taza de café (Coffea arabica L.) procesado en fermentación semi-seca Coffee (Coffea arabica L.) cup quality processed by semi-dry method. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 281–283. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.57773>
- Lugo Ruiz, H. A. (2019). *Evaluación de la percepción de dulzura y el contenido de azúcares presentes en las variedades de café Parainema (Sarchimor), IHCAFE 90 (Catimor) y Typica*. <http://hdl.handle.net/11036/6568>
- Paima Flores, J. K. (2017). *Influencia de tres pisos altitudinales en las características físicas y sensoriales del café (Coffea arábica L.) variedad Catimor en los distritos de Lamas y Alonso de Alvarado Roque. Tesis* [Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3236>
- Patiño-Velasco, M. M., Pencue. Fierro, E. L., & Vargas-Cañas, R. (2016). Determinación del contenido de humedad en granos de café pergamino seco utilizando Speckle dinámico. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 84–91. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)84-91](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)84-91)
- Puerta Quintero, G. I., González Rizo, F. O., Correa Piedrahita, A., Álvarez Lizcano, I. E., Ardila Calderón, J. A., Girón Ospina, O. S., Ramírez Quimbayo, C., Julio, Baute Balcázar, J. E., Sánchez Arciniegas, P. M., Santamaría Burgos, M. D., & Montoya, D. F. (2016). Diagnóstico de la calidad del café según altitud suelos y beneficio en varias regiones de Colombia. *Cenicafé*, 67(2), 15–51. <https://n9.cl/tepnn>
- Rojas Checca, L. A. (2017). *Evaluación física y organoléptica de tres var. de café (Coffea arábica L.) con cuatro tiempos de fermentación, en tres pisos altitudinales de la zonal de Palma Real, Echarate - La Convención* [Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/1913>
- SCAA (Speciality Coffee Association of América). (2007). *Protocolo para catar SCAA (Speciality Coffee Association of América)*. Foro Café. <https://forocafe.es/foro/viewtopic.php?t=1691>
- Untiveros Soldevilla, C. M. (2021). *Métodos de beneficio (Honey, lavado y natural) sobre la calidad organoléptica de Coffea arábica L. variedad catimor* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/7069>



Aplicación de herramientas moleculares en mejora genética forestal tropical

Application of molecular tools in tropical forest genetic improvement

Domínguez-Liévano, Alexis^{1*}

¹PROAGRO CHIAPAS S.P.R de R.L. de C.V., Chiapas, México

Recibido: 26 Abr. 2022 | **Aceptado:** 29 Jun. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: adlievano@gmail.com

Cómo citar este artículo: Domínguez-Liévano, A. (2022). Aplicación de herramientas moleculares en mejora genética forestal tropical. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 2(2), e361. <https://doi.org/10.51252/raa.v2i2.361>

RESUMEN

A nivel mundial se ha observado una transformación en la actividad forestal desde hace varios años, concentrándose en dos fenómenos. La primera, en las necesidades de obtener madera para el abastecimiento del área industrial mediante el establecimiento de plantaciones forestales. Y la segunda, entorno a la protección ambiental de los recursos naturales. Esta revisión se centra en los conocimientos precursores de la biotecnología forestal en la aplicación de nuevas herramientas tecnológicas. La metodología de búsqueda de información se efectuó por relevancia del tema, con investigaciones precedentes y actuales, conjugando sólidos argumentos al entendimiento básico de las tecnologías emergentes en la mejora genética forestal tropical. Del análisis de revisión, se concluye que las limitantes son los escasos recursos económicos destinados a las investigaciones de mejora forestal en busca de utilizar las nuevas herramientas moleculares disponibles, como una estrategia de manejo sostenible y sustentable de los recursos forestales tropicales.

Palabras clave: ingeniería genética; mejoramiento genético; marcadores moleculares; variabilidad genética

ABSTRACT

A transformation in forestry activity has been observed worldwide for several years, focusing on two phenomena. The first is the need to obtain wood to supply the industrial area through the establishment of forestry plantations. And the second, around the environmental protection of natural resources. This review focuses on the forerunner knowledge of forest biotechnology in the application of new technological tools. The information search methodology was based on the relevance of the topic, with precedent and current research, combining solid arguments to the basic understanding of emerging technologies in tropical forest genetic improvement. From the review analysis, it was concluded that the limitations are the scarce economic resources allocated to forest improvement research in search of using the new molecular tools available, as a strategy for sustainable and sustainable management of tropical forest resources.

Keywords: genetic improvement; genetic variability; molecular markers; genetic engineering



1. INTRODUCCIÓN

La región tropical es considerada como una de las formaciones más importantes a nivel mundial, esto por la diversidad de especies que albergan. Cuenta con el 42% de la vegetación intertropical del planeta y 49% de la vegetación mesoamericana y del Caribe (Bullock h. & Mononey, 1995). Parte fundamental de estos ecosistemas, es que albergan una gran diversidad biológica (Alia et al., 2003).

No obstante, en los últimos 20 años se ha perdido cerca del 19% de estos bosques (Rodriguez et al., 2010), trayendo consigo la pérdida de diversidad genética (Keyghobadi, 2007), la capacidad de carga del área ocupada por la especie y el tamaño de la población efectiva (Andrén, 1994). Esto se traduce en una reducción de diversidad de alelos, aislamiento y pérdida de variabilidad genética por efecto de la deriva génica y endogamia (Kramer et al., 2008).

Por tal motivo, se mantiene una presión directa sobre las especies tropicales consideradas como maderas preciosas, siendo afectadas por la sobreexplotación, el tráfico no legal, la deforestación y la fragmentación de los hábitats. Además, la escasez natural de las mismas especies, su lento crecimiento y bajo reclutamiento, las colocan bajo un escenario de peligro de extinción (García Marín, 2017). Por esta razón, los árboles tropicales al crecer en hábitats fragmentados, son más vulnerables a los cambios ambientales a causa de la baja densidad poblacional, autoincompatibilidad genética y elevadas tasas de entrecruzamiento (Bullock & Mononey, 1995). Sin embargo, algunas especies arbóreas son bastante resilientes a los cambios ambientales que se están presentando (Hamrick, 2004).

Es por esto que la aplicación de nuevas tecnologías, herramientas y técnicas moleculares en la mejora de especies tropicales forestales, es fundamental para el uso y aprovechamiento de la diversidad genética dentro de una especie, así como el patrón de distribución entre y dentro de las poblaciones para la conservación y manejo de los recursos genéticos locales (FAO et al., 2007).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente artículo de revisión se realizó mediante una búsqueda exhaustiva de literatura sobre genética molecular, herramientas moleculares en el mejoramiento genético de árboles tropicales y la aplicación de la ingeniería genética en el área forestal. Se ha considerado una búsqueda de información de dependencias públicas y privadas; además, para la búsqueda de artículos se utilizó el buscador Google, en la cual se filtraron palabras clave como: genética molecular, ingeniería genética, mejoramiento molecular en árboles tropicales, ecosistemas forestales tropicales, entre los años 1990 y 2021, en este proceso se encontraron alrededor de 52 artículos, de los cuales al revisar sus resúmenes se consideró conveniente excluir 19 artículos, estableciéndose un total de 33 artículos científicos de las bases de datos de Dialnet, Springer Link, Scopus y Scielo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales ecosistemas que funcionan como reservorio de la diversidad biológica son los forestales, proporcionando servicios y bienes que son esenciales para la sobrevivencia y bienestar de la humanidad; brindan alimentos y recursos maderables como no maderables, captan el agua que se infiltra al suelo proveniente de la lluvia, ayudan a que los suelos sean fértiles; capturan bióxido de carbono y permiten apreciar una belleza escénica (CONAFOR, 2012).

En los últimos años, la cobertura forestal en México se ha reducido notoriamente; la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010), menciona que la deforestación de bosques y selvas pasó de aproximadamente 354 mil ha por año durante 1990-2000 a 155 mil ha por año en promedio en 2005-2010 (FAO, 2010). Aparte de la deforestación, se estima que se degradan entre 250 y 300 mil hectáreas de bosques cada año (CONAFOR, 2012).

Muchas de las actividades relacionadas con el desarrollo de la sociedad han provocado a lo largo de la historia la desaparición parcial o total de comunidades naturales de alto valor genético característico de una población o de una especie (Peña, 2008). Asimismo, se reconoce que, para desarrollar programas exitosos de reforestación, establecimiento de plantaciones comerciales y estrategias metodológicas de conservación, es primordial que su realización esté soportada por resultados provenientes de pruebas genéticas (Alia et al., 2003), las cuales garanticen el valor de las fuentes parentales para el sitio donde se desarrollen los programas mencionados (Shelton & Cain, 2002).

En las regiones tropicales y subtropicales se encuentra una gran urgencia por encontrar alternativas nuevas que permitan multiplicar y mantener el acervo genético de especies amenazadas (Valverde Cerdas et al., 1998). La información que se tiene sobre los patrones de variación genética y la aplicación de las tecnologías emergentes enfocado a lo molecular, son útiles en las actividades de reforestación y conservación genética (Kramer et al., 2008).

3.1. Prioridades en el sector forestal

Las nuevas tecnologías y avances científicos desarrollados en cultivos vegetales hoy en día, son útiles en la ordenación sostenible de los ecosistemas forestales, en busca de satisfacer las necesidades que demanda la sociedad local. Parte de la importancia de mejorar y utilizar las nuevas tecnologías emergentes a lo forestal, se centra en aprovechar los beneficios ecológicos y ambientales que proveen las especies tropicales (FAO, 2002)

En México existen numerosas prioridades encaminadas en atender al sector social que demanda productos forestales, en especial la madera. Una de las limitantes en el desarrollo de nuevas tecnologías, es la falta de inversión económica en la investigación molecular forestal. Todas las investigaciones y nuevas tecnologías se aplican y llevan a cabo en los países desarrollados, demostrando una clara diferencia con los países en desarrollo. Pero parte de esta diferencia, es producto del nivel de desarrollo social y conocimiento científico que se aplique en la investigación forestal en cada país.

Los resultados de apostar al mejoramiento genético forestal por medio de los ensayos de procedencia, han permitido hasta hoy en día, alentadores resultados. No obstante, las inversiones económicas que se han realizado en la perfección de las tecnologías de producción y elaboración de la madera han sido notorios, pero se ha descuidado la investigación dirigida a los servicios ecosistémicos y otras dimensiones asociadas a estos como la pobreza (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2014). Las prioridades en el sector forestal están siendo enfocadas a un punto en concreto, el conservar y aprovechar, en su caso, especies tropicales con potencial de aprovechamiento en plantaciones forestales. La especie potencial debe cubrir dos puntos valiosos; buenas características de madera y que, dentro de sus poblaciones naturales, se encuentre una alta variabilidad genética (Comité nacional de mejora y conservación de recursos genéticos forestales., 2016).

3.2. La diversidad genética y el desarrollo de poblaciones mejoradas

Dentro de las poblaciones, la diversidad genética es pieza clave para la evolución y la adaptación de los individuos en los ambientes cambiantes actuales. El que haya variabilidad genética en las poblaciones, permite a los individuos tener la capacidad de responder a las presiones que se puedan ejercer por la selección a largo plazo, es por ello que, la diversidad genética es importante. Caso contrario, a corto plazo se pueden presentar erosiones genéticas, perjudicando la viabilidad y el potencial evolutivo entre los mismos, disminuyendo así, la calidad y cantidad de recursos genéticos disponibles en la población (Wehenkel et al., 2018).

Los beneficios de realizar estudios de diversidad genética entre las poblaciones de una especie, se encuentran en el poder conocer la magnitud e identificar las acciones y trabajos que se pueden emplear

para la conservación y aprovechamiento de la especie de interés (López-Báez et al., 2018), proponiendo con esto, estrategias y mecanismos para la implementación de programas de manejo sustentable a largo plazo (Frankham et al., 2002) y con estimaciones detalladas de las especies para poder elegir las estrategias de muestreo en cada población (Chalmers et al., 1992)

Los primeros trabajos que se realizaron en mejoramiento genético tienen sus inicios en la década de 1950, en ese año, se comenzaron con los programas de mejora con distintas especies. Las poblaciones naturales, son importantes en todo programa genético forestal para poder seleccionar las características de los mejores individuos presentes. En muchos casos, genéticamente entre poblaciones hay un distanciamiento de apenas una o dos generaciones. Esta cercanía generacional representa una gran ventaja, puesto que, significa que las posibilidades de selección y mejoramiento siguen siendo amplias (Sánchez Buitrago, 2013).

Actualmente en el mejoramiento forestal, aún se mantiene el uso del método tradicional mediante la evaluación fenotípica y las relaciones de parentesco como principales herramientas de selección de individuos con características de interés concretas. Se generan evaluaciones de familias de medios hermanos o hermanos completos para posteriormente ser establecidos en campo y evaluar el comportamiento de la progenie. A pesar de esto, en la mejora de poblaciones forestales también se está aplicando la silvicultura clonal; se seleccionan individuos deseados para transferir la varianza genética total (aditiva y no aditiva) hacia mejores individuos para su posterior plantación (White et al., 2007).

De modo que, en un primer nivel de mejora genética forestal, se realiza la búsqueda de los mejores individuos de una especie en su área de distribución para establecerse en campo y ver su comportamiento en diferentes ambientes para seleccionar individuos genéticamente superiores (Martínez-Ruiz et al., 2003) Finalmente, una estrecha base genética tiene repercusiones drásticas en la disminución del rendimiento de la producción maderera (Butcher et al., 1999).

3.3. La aplicación de la biotecnología en el área forestal

La biotecnología en general, trata del manejo de los sistemas biológicos en busca de beneficios para la sociedad, aplicando métodos de fitomejoramiento y de cultivo in vitro. Dentro de la biotecnología, se pueden utilizar una serie de técnicas para controlar las limitantes propias del uso de estas herramientas en las especies forestales. Las técnicas hoy en día van desde el cultivo de células y micropropagación, selección genotípica in vitro hasta conservación in vitro y un gran número de nuevas tecnologías en el campo de la genética molecular (Sánchez Buitrago, 2013)

La manipulación genética de los materiales vegetales que se van a propagar en un programa de mejoramiento, se considera como el método biológico, estos actualmente son utilizados posterior a su selección para resolver problemas que se necesitan atender en el área forestal. Es entonces, que se emplean métodos relacionados con el cultivo de tejidos y los que se orientan a la ingeniería genética molecular (Gutiérrez Galeano et al., 2015).

Dicho lo anterior, la biotecnología consiste en un gradiente de tecnologías y herramientas, desde técnicas tradicionalmente establecidas, ampliamente conocidas y utilizadas (fermentación de alimentos, control biológico), hasta las más modernas basadas en la Ingeniería genética, así como los nuevos métodos de cultivo in vitro de células y tejidos. En suma, la biotecnología hace uso de los organismos vivos o compuestos que se obtienen a partir de ellos, para satisfacer necesidades de la sociedad. Desde los comienzos de la historia, se tiene conocimiento que el hombre ha utilizado la biotecnología en actividades tan cotidianas como el elaborar pan, hacer compostaje o las bebidas alcohólicas. Es por esta razón que la biotecnología hace uso de organismos para realizar una encomienda (Sánchez Buitrago, 2013)

Otra aplicación que tiene la biotecnología en lo forestal, es el uso de marcadores moleculares para la certificación genética forestal. Esto quiere decir, que las bases metodológicas que se desarrollen como las herramientas moleculares a utilizar, quedarán definidos por los investigadores que lo realicen y, los resultados obtenidos, podrán llevar a la instalación de laboratorios propios de la certificación del material genético (Becerra V. & Paredes C., 2009)

En el sector forestal se distinguen tres categorías en el uso de biotecnologías modernas: 1) tecnologías de multiplicación vegetativa, 2) biotecnologías basadas en marcadores moleculares y, 3) modificación genética de especies forestales (árboles transgénicos) enfocadas en dos líneas. Por una parte, las empresas forestales focalizan sus esfuerzos en el estudio de la micropropagación de pino, eucaliptus, especies nativas y en el control biológico de plagas. Y, por otro lado, la industria de la celulosa se interesa particularmente en el biopulpaje (Gil H. et al., 2003).

3.4. Los marcadores moleculares y su uso en mejoramiento genético forestal

Uno de los pilares de la genética de la conservación, es la evaluación de las poblaciones de especies que se encuentran en peligro de extinción, el poder interpretar y predecir los riesgos en la naturaleza genética y las acciones que se pueden emprender para minimizar la pérdida de tal diversidad. Parte de estos trabajos son realizados con marcadores moleculares, los cuales han ayudado en la estimación de la diversidad y el estado genético de las poblaciones de especies amenazadas por la presión antrópica o en su caso, ecológica (Spielman et al., 2004).

A partir de los avances que se han ido teniendo en la biotecnología forestal, ha crecido el interés de desarrollar programas de mejoramiento con la aplicación de la selección asistida por marcadores moleculares. El empleo de estas herramientas, está fundamentada en que se pueden incorporar modelos lineales en regiones genómicas cuantitativas (*QTL Quantitative Trait Loci*) como variables predictoras. Tales regiones genómicas cuantitativas se caracterizan por ser segmentos del genoma con uno o más genes que están asociados a una característica cuantitativa. La mayor parte de estas, son segregadas en familias de polinización cruzada (MacKay et al., 2009). Las áreas de aplicación se centran en marcadores moleculares de ADN, genómica de árboles, transformación genética, crio conservación y la regeneración de plantas (expresión de la totipotencia celular). En lo que respecta a los marcadores de ADN, son útiles al permitir caracterizar la naturaleza, amplitud y distribución de la diversidad natural de especies presentes en las poblaciones, facilitando con esto la toma de decisiones en el que y como conservar (Toribio et al., 2004)

Los mejoradores que utilizan marcadores moleculares, identifican y conocen las técnicas bioquímicas a usar para conocer la variación de las moléculas celulares como el ADN y las proteínas. Esto es contrario a seleccionar o mejorar mediante características fenotípicas, puesto que, ahí se evalúa el vigor, la calidad del tronco y diversos aspectos morfológicos. Es entonces que, los marcadores moleculares ofrecen la ventaja de no cambiar por efecto del medio ambiente, ni por la fase de desarrollo de la planta y, además, son muy numerosos. Estos atributos han hecho posible la aplicación de los marcadores moleculares al mejoramiento genético de los árboles (Rivera et al., 1998).

En los últimos años se han ido aplicando al ámbito forestal diferentes marcadores que revelan polimorfismos en la secuencia de bases del ADN, permitiendo con esto, abordar la variación a nivel del genoma. El realizar este tipo de investigaciones es de gran utilidad en estudios evolutivos y de genética poblacional, manejo de bancos de germoplasma, identificación, mapeo, selección asistida y clonación genética. Además, se tiene que tener en cuenta que para tener éxito en la obtención de datos es importante utilizar marcadores altamente polimórficos o variables dentro y entre especies, de herencia mendeliana, preferiblemente, codominantes, de fácil identificación y análisis simple (Martinez et al., 2004)

Algunos ejemplos del tipo de investigaciones y que marcadores moleculares utilizados en los estudios genéticos forestales, se mencionan por Toribio et al. (2004); caracterización de especies, variedades, cultivares y clones (marcadores RAPDs y AFLPs); determinación de la magnitud y localización de la variabilidad (marcadores RFLPs, RAPDs y SSRs); estudios filogenéticos (marcadores RFLP); gestión sostenible (Marcadores tipo isoenzimas, RAPDs y microsatélites (SSRs)); conservación de especies o poblaciones amenazadas (marcadores RAPDs) y; evaluación de la dispersión de polen y semillas (marcadores AFLP).

3.5. Trabajos realizados con marcadores moleculares en especies forestales tropicales

Las especies forestales tropicales en la región tropical tienen un gran potencial de aprovechamiento, no solo esta parte toma relevancia en estas especies, ya que el valor ecológico y biológico toma una importancia precisa por los beneficios directos e indirectos que brindan. Su conservación tanto ecológica como genética debe ser prioridad hoy en día, prioridad por la presión que se tiene en su hábitat natural (la tala no legal, el pastoreo, el cambio de uso de suelo y los incendios forestales provocados).

No hay que olvidar que el desarrollo de la biotecnología en la agricultura, ha permitido que se realicen estudios en el mejoramiento vegetal y con esto, que los investigadores forestales estén adoptando y ajustando las técnicas para poder aplicarlas al estudio de las especies de interés y de importancia económica-social (Guerra-Guerrero & Zamudio-Arancibia, 2002). Con esta aplicación de técnicas, se pueden identificar genes de interés de importancia económica, de adaptabilidad local, crecimiento favorable del tronco del árbol, calidad de madera, entre otras (Mesen, 1994). Los beneficios de la biología molecular aplicado a lo forestal, se encuentran en seleccionar alelos favorables sin esperar a que el árbol sea adulto para poder distinguir tales características, de igual forma, manipular la pérdida de los no deseados (Mesen, 1994).

Pese a lo anterior, hay ciertas limitaciones al utilizar las técnicas moleculares en especies leñosas; desde el orden técnico hasta la disponibilidad de recursos económicos para desarrollar la investigación. Los marcadores moleculares que se utilicen en estos tipos de proyectos, van a determinar la efectividad de cada uno de ellos para mejorar el análisis o cobertura del genoma en cuestión, así como los procesos sistematizados para la extracción de ADN o la amplificación a gran escala (Sghaier et al., 2005)

En 2011, López et al. (2018) estandarizaron una técnica para la extracción de ADN genómico para dos especies tropicales empleando microsatélites para su amplificación: *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. y *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken a partir de tejido seco, adulto y plántulas con miras para ser utilizadas a largo plazo en programas de mejoramiento genético. Encontraron que en el proceso de extracción de ADN y el tipo de muestra, afectaron significativamente el rendimiento y la calidad, así como la amplificación por microsatélites para ambas especies. Recomiendan no utilizar los Kits comerciales en especies forestales, al no producir rendimientos eficientes de ADN amplificable. Para la especie *C. alliodora* recomiendan el protocolo propuesto por Dellaporta et al. (1983), empleando cualquiera de los tres tipos de tejido foliar, mientras que para *T. rosea*, no hubo diferencias significativas en los protocolos utilizados con mejores resultados a partir de tejido fresco y de plántula.

Por su parte, Marulanda et al. (2006) utilizaron marcadores AFLP para analizar la diversidad genética de tres poblaciones naturales de *Alnus acuminata* Kunth spp. *acuminata* y con esto estandarizar la técnica a la especie. Con los resultados que obtuvieron, diferenciaron tres grupos genéticos a partir de un 60 % de similitud. Siendo la progenie de la población de Caldas la más homogénea genéticamente que la progenie de Nariño la cual presenta mayor grado de variación al interior de la progenie.

De igual modo, Zelener et al. (2011), cuantificaron la diversidad genética de dos especies de Cedrela (*lilloi* C.DC. y *balansae* C.DC.) con marcadores moleculares AFLPs (*C. lilloi*) y SSRs (*C. balansae*) en un contexto de presión y disturbio de las zonas de dispersión de ambas especies. Los datos que obtuvieron, muestran una

alta diversidad genética entre las poblaciones evaluadas de *C. lilloi* y su patrón de distribución de tal diversidad está asociado principalmente a la variación altitudinal, mientras que en *C. balancea* encontraron una diversidad genética baja asociado a la reducida área de dispersión natural y el estado de disturbio en la que se encuentra creciendo.

Así mismo, Barrios et al. (2004), analizaron la diversidad genética mediante marcadores moleculares microsátélites en dos especies de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill y *Eucalyptus euryphylla* (LAS)Johnson ex GJLeach) Brooke). Con los análisis que obtuvieron, encontraron valores de diversidad genética más altos para *E. grandis* ($0,86 \pm 0,08$) que para *E. urophylla* ($0,77 \pm 0,17$). Del mismo modo el promedio de alelos observados fue mayor en *E. grandis* ($13,10 \pm 2,80$) que en *E. urophylla* ($He = 10,80 \pm 2,40$).

Finalmente, la inclusión de marcadores moleculares para el estudio de la diversidad genética poblacional de especies forestales tropicales, permite conocer los niveles de variabilidad genética entre poblaciones naturales, admitiendo una flexibilidad y control de la reducción de la diversidad presente entre los individuos para evitar reducir las ganancias genéticas (Barrios et al., 2004).

3.6. Áreas de oportunidad en el sector forestal: ingeniería genética

La ingeniería genética es un campo de oportunidad para incursionar en el área forestal. Las técnicas que se utilizan para la identificación del ADN que contiene una característica de interés, para posteriormente copiar e insertar dentro del genoma de un árbol diferente que no contenía ese gen, tiene múltiples funciones. La idea de utilizar plantas transgénicas en muchos países aún no es bien vista, pero los productos forestales en comparación de los agrícolas, tienen ventaja al no ser alimento de consumo humano. Tal utilidad de árboles transgénicos, está determinada por los países que se dedican al cultivo de plantaciones forestales con especies exóticas y que no ponen en peligro el cruzamiento con las especies locales (Ipinza Carmona, 1998).

Dentro de las áreas promisorias para la ingeniería genética, se encuentra el trabajar en el genoma de los árboles forestales con la inserción de pesticidas o genes que son resistentes a herbicidas, esto está tomando terreno en el ámbito forestal, por ejemplo, en los árboles de eucalipto, se están insertando genes resistentes al "Roundup". De igual forma, el plásmido Ti de *Agrobacterium tumefaciens* ha sido utilizado intensamente para transferir genes a las plantas. Por su parte, investigadores de Sudáfrica han estado utilizando *A. tumefaciens* como sistema de transferencia para desarrollar resistencia a insectos en *Eucalyptus* mediante la inserción de genes de quitinasa.

Además, se están iniciando los trabajos para controlar la polilla que afecta el brote de los pinos. Investigaciones para evaluar la transmisión de genes que promuevan el enraizamiento de clones de *Eucalyptus* mediante *Agrobacterium rhizogenes*. El enraizamiento de varias especies y clones de *Eucalyptus* ha aumentado en un 80% con ciertas cepas de *A. rhizogenes*. Esto es un buen ejemplo de cómo la biotecnología puede ser usada para mejorar los árboles. Por último, el éxito que tiene la aplicación de la ingeniería genética se demostró el trabajo realizado por Ipinza Carmona (1998), al modificar el contenido de lignina para disminuir los costos de extracción de este componente de la madera en el proceso de extracción de pulpa.

El desarrollar híbridos para mejorar la productividad de las plantaciones forestales, es una parte importante que se está aplicando hoy en día. La tendencia mundial con respecto a las plantaciones forestales, está siendo desplazada a territorios secos y algunas veces más frías. Ante este suceso, se ve la necesidad de crear híbridos para crecer en esos nichos. Los trabajos que se han realizado en la parte de hibridación en especies forestales se encuentran: la cruzada realizada con *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. y *E. dunii* Maiden., esta última tiene resistencia al frío y *E. urophylla*, un eucalipto tropical con mayor resistencia que *E. grandis* a enfermedades. El resultado es una progenie híbrida que crece bien y mejor adaptada a los climas secos o fríos, además de ser más resistente a las enfermedades que sus padres. El

híbrido entre *Eucalyptus globulus* Labill. y *Eucalyptus globulus* Labill. tiene características intermedias, la pulpa es de mejor calidad que la de *E. nitens* y más resistente al frío que *E. globulus*. Una vez producidos y probados, estos híbridos, pueden ser propagados vegetativamente y multiplicados en extensas áreas. El desarrollo de híbridos con rasgos de adaptabilidad puede hacer a las plantaciones comerciales económicamente atractivas en suelos que alguna vez no fueron aptos para la silvicultura.

De igual forma, los híbridos de pino en el trópico y subtropico serán importantes en la próxima década. Ya se ha logrado un exitoso híbrido en Australia entre *Pinus elliottii* Engelm. y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) WHBarrett & Golfari, creciendo más rápido y mejor en suelos pantanosos que sus padres. Esta cruce puede tener gran utilidad en las áreas subtropicales de Argentina, Brasil, China y Sudáfrica. Otra cruce que puede ser interesante es *Pinus radiata* D. Don y *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., tal como ha sido indicado por autores australianos. Las barreras para los cruzamientos son menores en los pinos mexicanos en comparación con los pinos de climas templados, y por lo tanto aumenta la probabilidad de producir híbridos (Ucar & Inta, 2011).

La ingeniería genética es ciertamente una poderosa herramienta que algún día podrá ser usada para realizar importantes cambios tanto en pinos como en especies tropicales, aunque existan importantes barreras para su actual implementación. El potencial para los cambios es grande, pero puede pasar un largo tiempo antes de que esta tecnología haga la diferencia en el área forestal (Ipinza Carmona, 1998).

4. CONCLUSIONES

Finalmente, los desafíos que se presentan ante los nuevos desarrollos tecnológicos genéticos y de ingeniería genética enfocados al mejoramiento forestal, son grandes, y es uno de los retos que se encuentra en México y algunas regiones en Latinoamérica en las últimas décadas. Está claro que las expectativas de la aplicación de las tecnologías emergentes y las que están en progreso de validación en países desarrollados, son alentadoras para su aplicación en la rama forestal para ser aprovechados en el mejoramiento de especies tropicales con importancia económica y ecológica dentro de la sociedad.

El conocimiento para satisfacer las demandas de la sociedad de productos maderables y no maderables en un futuro no lejano, se atenderá con la aplicación de técnicas y métodos biotecnológicos presentes y, en próximas décadas, con la ingeniería genética, siempre y cuando, el factor económico no siga siendo limitante.

FINANCIAMIENTO

Ninguno

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Domínguez-Liévano, A.

Curación de datos: Domínguez-Liévano, A.

Análisis formal: Domínguez-Liévano, A.

Investigación: Domínguez-Liévano, A.

Metodología: Domínguez-Liévano, A.

Supervisión: Domínguez-Liévano, A.

Validación: Domínguez-Liévano, A.

Redacción - borrador original: Domínguez-Liévano, A.

Redacción - revisión y edición: Domínguez-Liévano, A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alia, R.; Agúndez, D.; Alba, N.; González Martínez, S. C.; & Soto, A.; (2003). Asociación Española de Ecología Terrestre. *Ecosistemas*, 7(3), 1–7. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54012307>
- Andrén, H. (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *OIKOS*, 71, 355–366. <https://doi.org/10.2307/3545823>
- Barrios, D.; Garcia, V.; Osorio, L. F.; Isaza, Nhora; Palacio, J. D.; Garcia, F.; & Sánchez, A. (2004). Análisis de la diversidad genética de la colección elite de Eucaliptos, por medio de marcadores microsatélites. *Fitotecnía Colombiana*, 4(1), 96–106. https://www.researchgate.net/publication/235700076_Analisis_de_la_diversidad_genetica_de_la_coleccion_elite_de_Eucaliptos_por_medio_de_marcadores_microsatelites
- Becerra V., V., & Paredes C., M. (2009). Uso de marcadores moleculares en la certificación genética forestal. *INIA*, 85. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/5085>
- Bullock h., S., & Mononey, H. A. (1995). Seasonally Dry Tropical Forests. In *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511753398>
- Butcher, P. A. ., Glaubitz, J. C. ., & Moran, G. F. (1999). Aplicaciones de los marcadores microsatélites en la domesticación y conservación de árboles forestales . In *Recursos Genéticos Forestales N° 27*. <https://www.fao.org/3/x4133s/x4133s07.htm>
- Chalmers, K. J., Waugh, R., Sprent, J. I., Simons, A. J., & Powell, W. (1992). Detection of genetic variation between and within populations of *Gliricidia sepium* and *G. maculata* using RAPD markers. *Heredity*, 69, 465–472. <https://doi.org/10.1038/hdy.1992.151>
- Comité nacional de mejora y conservación de recursos genéticos forestales. (2016). *Documento técnico para la elaboración de la estrategia española para la conservación y el uso sostenible de los recursos genéticos forestales*. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/recursos-geneticos/documento_tecnico_estrategia_tcm30-156101.pdf
- CONAFOR. (2012). Precios de productos forestales maderables. In *Reporte trimestral* (p. 5). [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/39/4744Reporte de Precios de Productos Forestales.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/39/4744Reporte%20de%20Precios%20de%20Productos%20Forestales.pdf)
- Dellaporta, S. L., Wood, J., & Hicks, J. B. (1983). A plant DNA miniprep: Version II. *Plant Molecular Biology Reporter*, 1, 19–21. <https://doi.org/10.1007/BF02712670>
- FAO;, FLD; & Biodiversity International. (2007). *Conservación y manejo de los recursos genéticos forestales* (Vol. 3). https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Conservación_y_manejo_de_los_recursos_genéticos_forestales_1298.pdf
- FAO. (2002). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. In *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Vol. Informe re* (Issue Departamento económico y social). <https://www.fao.org/documents/card/es/c/86e794af-3bcb-5e9f-a7ab-60157310ebfe/>
- FAO. (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010*. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/a4606b30-24e7-506d-9a10-5815d9f2b18c/>

- Frankham, R.; Ballou, J. D.; Briscoe, D. A. & McInnes, K. H. (2002). *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808999>
- García Marín, M. E. (2017). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Producción + Limpia*, 11(2). <http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/article/view/1247>
- Gil H., L.; Dornberger, U. & Martínez Z., V. (2003). *Caracterización de la Industria Biotecnológica en Chile* (Segunda Ed). Ministerio de Economía. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17778?show=full>
- Guerra-Guerrero, F. P. & Zamudio-Arancibia, F. J. (2002). *Reproducción selectiva en especies forestales de rápido crecimiento con énfasis en el género pópulos*. [Universidad de Talca]. <http://hdl.handle.net/10533/111751>
- Gutiérrez Galeano, D. F.; Ruiz Medrano, R. & Xoconostle, C. B. (2015). *Estado actual de los cultivos genéticamente modificados en México y su contexto internacional*. (Primera edición). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. <https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Estado-actual-de-los-cultivos.pdf>
- Hamrick, J. L. (2004). Response of forest trees to global environmental changes. *Forest Ecology and Management*, 197(1-3), 323-335. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2004.05.023>
- Ipinza Carmona, R. (1998). Importancia del Mejoramiento genético a nivel mundial. In R. Ipinza, B. Gutierrez, & V. Emhart (Eds.), *Curso: Mejora Genética Forestal Operativa* (Primera Edición, pp. 1-25). Universidad Austral. https://www.researchgate.net/publication/255949078_Importancia_del_Mejoramiento_genetico_a_nivel_mundial
- Keyghobadi, N. (2007). The genetic implications of habitat fragmentation for animals. *Canadian Journal of Zoology*, 85(10), 1049-1064. <https://doi.org/10.1139/Z07-095>
- Kramer, A. T.; Jennifer L. Ison; Ashley, M. V. & Howe, H. F. (2008). The Paradox of Forest Fragmentation Genetics. *Conservation Biology*, 22(4), 878-885. <https://www.jstor.org/stable/20183470>
- López-Báez, L. I.; Taboada-Gaytán, O. R.; Gil-Muñoz, A.; López, P. A.; Ortiz-Torres, E.; Vargas-Vázquez, M. L. & Díaz-Cervantes, R. (2018). Diversidad morfoagronómica del frijol ayocote en el altiplano centro oriente de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4-A), e487. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4-A.487-497>
- MacKay, T. F.; Stone, E. A. & Ayroles, J. F. (2009). The genetics of quantitative traits: challenges and prospects. *Nature Reviews Genetics*, 10, 565-577. <https://doi.org/10.1038/nrg2612>
- Martínez-ruiz, R.; Azpiroz-Rivero, H. S.; Rodríguez-de la O, J. L.; Cetina-Alcalá, V. M. & Gutiérrez-Espinosa, M. A. (2003). Aplicación de la biotecnología en los recursos genéticos forestales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 9(1), 17-34. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- Martínez, M. C.; Helguera, M. & Carrera Alicia. (2004). Marcadores Moleculares. In Levitus, G.; Echenique, V.; Rubinstein, C.; Hopp, E. & Mroginski, L. (Eds.), *Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II*. ArgenBio. www.argenbio.org
- Marulanda, M. L., Claroz, J. L., & Lopez, A. M. (2006). Caracterización molecular de progenies de aliso *alnus acuminata* h.b.k spp *acuminata*, mediante marcadores aflp. *Scientia et Technica*, 3(32). <https://doi.org/10.22517/23447214.6353>

- Mesen, F. (1994). Ensayos de procedencias en especies forestales: establecimiento, manejo, evaluación y análisis. In Catie (Ed.), *Selección y manejo de fuentes semilleras en América Central y República Dominicana*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10718>
- Peña, L. (2008). Biotecnología vegetal: transformación genética de plantas. In J. Azcon-Bieto & M. Talon (Eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (2.^a Edición, p. 669). McGraw-Hill - Interamericana de España, S. L.
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon.pdf>
- Rivera, B. R.; Garzon, T. J. & Herrera, E. L. (1998). *División de Agronomía*. 1–5.
<https://transdisciplinario.cinvestav.mx/Portals/transdisciplinario/SiteDoc/PDF/Gen20102015/Pa mpillon.pdf>
- Rodríguez, J. P; Rojas-Suarez, F & Giraldo Hernández, D. (2010). *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela* (Primera Edición). La Galaxia (Venezuela).
https://ecosistemasamenazados.org/files/libro_rojo_ecosistemas_terrestres_Venezuela.pdf
- Sánchez Buitrago, J. A. (2013). *Estudio de la diversidad genética en Eucalyptus globulus (Labill.) empleando marcadores moleculares tipo microsatélite (SSR)* [Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/50384>
- Sghaier, Z.; Ferchichi, A. & Mohamed, C. (2005). Genomic DNA extraction method from pearl millet (*Pennisetum glaucum*) leaves. *African Journal of Biotechnology*, 4(8), 862–866.
<https://doi.org/10.4314/ajb.v4i8.15198>
- Shelton, M. G. & Cain, M. D. (2002). Do cones in tops of harvested shortleaf pines contribute to the stand's seed supply? In K. W. Outcalt (Ed.), *Proceedings of the Eleventh Biennial Southern Silvicultural Research Conference* (p. 636). USDA Forest Service, Southern Research Station.
<https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/3103>
- Spielman, D.; Brook, B. W. & Frankham, R. (2004). Most species are not driven to extinction before genetic factors impact them. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(42), 15261–15264.
https://doi.org/10.1073/PNAS.0403809101/SUPPL_FILE/03809TABLE3.PDF
- Toribio, M.; Fernández, C.; Celestino, C.; Martínez, M. T.; San-José, M. C. & Vieitez, A. M. (2004). Somatic Embryogenesis in Mature Quercus Robur Trees. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 76, 283–287.
<https://doi.org/10.1023/B:TICU.0000009245.92828.26>
- Ucar & Inta. (2011). *Domesticación y mejoramiento de especies forestales*.
<https://1library.co/document/zw95ek1y-domesticación-y-mejoramiento-de-especies-forestales.html>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2014). *The Millennium Development Goals Report*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/9694>
- Valverde Cerdas, L.; Dufour, M. & Villalobos, V. (1998). In vitro organogenesis in Albizia guachapele, Cedrella odorata and Swietenia macrophylla (Fabaceae, Meliaceae). *Revista de Biología Tropical*, 225–228. <https://doi.org/10.15517/rbt.v46i2.19431>
- Wehenkel, C.; Hernández Diaz, J. C.; Prieto Ruiz, J. A.; Ramírez, F.; Simental Rodríguez, S. L.; Hernández Velasco, J.; Ramos Ramírez, E. B.; Salazar Jiménez, F.; Bailón Soto, C. E. & Carrillo Parra, A. (2018).

¿Influye la biodiversidad genética en la viabilidad del germoplasma forestal? *Acta Fitogenética*, 5(1), 275–276. https://www.somefi.mx/wp-content/uploads/2018/10/ACTA-5-2018_Texcoco_Colpos.pdf

White, T. L.; Adams, W. T. & Neale, D. B. (2007). *Forest Genetics* (7th Edición). CABI Publishing.

Zelener, N.; Soldati, M. C.; Inza, M. V.; Aguirre, R. R.; Salek, D.; Araujo, A.; Zonneveld, M. V. & Fornes, L. (2011). Distribución geográfica de la diversidad genética molecular de dos especies de *Cedrela* (*C. lilloi* y *C. balansae*) sujetas a severos procesos de degradación en la Selva Tucumano-Boliviana. *Ciat.*



Primer reporte de *Megaselia* sp. (Rondani, 1856) (Diptera: Phoridae) sobre frutos de *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae) en Venezuela

First report of *Megaselia* sp. (Rondani, 1856) (Diptera: Phoridae) on fruits of *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae) in Venezuela

Traviezo-Valles, Luis^{1*}

Chang-Cova, Violeta²

Arcaya, Evelin¹

¹Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Venezuela

²Universidad Nacional Experimental de Guayana, Puerto Ordaz, Venezuela

Recibido: 06 Mar. 2022 | **Aceptado:** 09 May. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: luisetraviezo@hotmail.com

Cómo citar este artículo: Traviezo-Valles, L., Chang-Cova, V., & Arcaya, E. (2022). Primer reporte de *Megaselia* sp. (Rondani, 1856) (Diptera: Phoridae) sobre frutos de *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae) en Venezuela. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 2(2), e368. <https://doi.org/10.51252/raa.v2i2.368>

RESUMEN

Se registra por primera vez en Venezuela la presencia del género *Megaselia* sp. (Rondani, 1856) (Diptera: Phoridae) sobre frutos en descomposición de la hemiparásita *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae) conocida popularmente como guatepajarito, parásita colectada en la ciudad de Puerto Ordaz, ubicado en el municipio Caroní, estado Bolívar, Venezuela (8°18'55"LN; 62°42'53"LO) muy cerca de la unión del río Caroní, al río Orinoco. Igualmente es el primer reporte de *Megaselia* sp. para el estado Bolívar, Venezuela.

Palabras clave: fungívoros; parásito; polinizadores

ABSTRACT

The presence of the genus *Megaselia* sp. (Rondani, 1856) (Diptera: Phoridae) is recorded for the first time in Venezuela on decomposing fruits of the hemiparasite *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae), popularly known as guatepajarito, a parasite collected from the of Puerto Ordaz City, located in the municipality of Caroní, Bolívar State, Venezuela (8°18'55"LN; 62°42'53"LO) very close to the junction of the Caroní River with the Orinoco River. It is also the first report of *Megaselia* sp. for Bolívar State, Venezuela.

Keywords: fungivores; parasite; pollinators



1. INTRODUCCIÓN

Los fósidos (Díptera: Phoridae) están distribuidos por todos los continentes y comprenden más de 4 000 especies descritas, agrupadas en 290 géneros (Brown, 1992; García Romera, 2013) y los expertos sostienen que esto puede representar solo el 10% o menos de su verdadera diversidad. Los fósidos destacan por su enorme diversidad morfológica y ecológica, de tal manera que su fase larval es considerada una de las más ricas en los insectos, ya que pueden comportarse como depredadores, parásitos, parasitoides, fitófagos, descomponedores, polinizadores, fungívoros e incluso omnívoros (Disney, 2006; Bonet *et al.*, 2010).

Según Brown la familia Phoridae presenta cinco subfamilias: *Hypocerinae*, *Phorinae*, *Aenignatiinae*, *Conicerinae* y *Metopininae*. Dentro de *Metopininae* se encuentra *Megaselia* (Rondani, 1856) y el grupo *Metopina* (Macquart, 1835).

El género *Megaselia* es el más grande de la familia con aproximadamente 1 400 especies descritas (Disney, 2006). Algunas especies especialmente comunes son *Megaselia rufipes* (Meigen, 1804) y *M. scalaris* (Loew, 1866) las cuales viven en casi cualquier tipo de material orgánico en descomposición (García Romera, 2013).

Por otra parte, *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae) es una planta hemiparásita, muy dañina, que presenta un crecimiento acelerado y con alto número de ejemplares, característica que le permite extenderse, en poco tiempo, por todo el árbol, pudiendo “estrangularlo” causándole, poco a poco, la muerte. Esta planta es comúnmente llamada guatepajarito, ya que se incrimina al consumo del fruto por las aves y la posterior eliminación de las semillas en sus heces, como el principal mecanismo de propagación entre un árbol hospedador y otro sano (Herrera Murillo, 2005).

En el presente estudio se señala el primer reporte de *Megaselia* (Rondani, 1856), sobre frutos de *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae) en Venezuela.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo, transversal, no probabilístico, con muestra accidental, durante el mes de agosto del 2021, en la ciudad de Puerto Ordaz, estado Bolívar, este estado representa el 26,49% del territorio de Venezuela, con un área de aproximadamente 242 801 km², un clima tropical cálido, con una vegetación selvática y de sabana. Puerto Ordaz está situado a 13 msnm, muestra un clima de sabana y precipitaciones máximas en junio (196 mm) y mínimas en marzo (24 mm), con temperaturas medias mensuales de un máximo en abril (34 °C) y mínimas en enero (21 °C), (Weather Atlas, 2021; EcuRED, 2022).

Las recolecciones de ejemplares de *Phthirusa pyrifolia* se efectuaron en cuatro zonas verdes urbanas de la ciudad de Puerto Ordaz, franjas verdes dedicadas a la recreación, estas zonas fueron: Los Aceites 8°19'44"LN, 62°43'18"LO; Avenida Las Américas cruce con Avenida Pol del Castillito 8°18'55"LN; 62°42'53"LO; Avenida Vía Bolivia 8°18'22"LN; 62°42'56"LO y Avenida Monseñor Zabaleta 8°18'45"LN; 62°42'40"LO, todas cercanas a la confluencia (unión) del río Caroní al río Orinoco, en el municipio Caroní del estado Bolívar, Venezuela (Figura 1).

Figura 1. Localización de la zona de toma de las muestras de *Phthirusa pyrifolia* en el estado Bolívar (señalado en rojo) y de la captura de ejemplares de *Megaselia* sp. En la parte inferior izquierda se observa una foto aérea de la unión de los ríos Caroní y Orinoco.



De las plantas de *P. pyrifolia* se recolectaron sus frutos rojos, los cuales fueron colocados en envases estériles tapados, rotulados con una etiqueta que indicaba fecha, lugar, planta hospedero y el nombre del recolector. Los frutos fueron dispuestos en un ambiente con humedad al 30% y a temperatura ambiente por 21 días, aquí se desarrollaron las larvas. A medida que emergían los adultos, estos eran sacrificados con vapores de cloroformo y conservados en alcohol al 70%.

Se colectaron un total de 30 imagos, todos dípteros de la familia Phoridae (Díptera) de los cuales 18 fueron conservados en alcohol 70% en el Laboratorio de Ecología de la Universidad Nacional Experimental de Guayana y 12 ejemplares fueron enviados al Laboratorio de Investigación de Entomología del Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) donde fueron montados, etiquetados y depositados en el Museo de Entomología José Manuel Osorio (MJMO), Decanato de Agronomía de la UCLA.

El género fue identificado por el Dr. Brian Brown, curador de la Sección de Entomología del Museo de Historia Natural de Los Ángeles, California, USA.

La localidad fue georreferenciada usando Google Earth Pro (v7,3,2,5776), mientras que el mapa de distribución se realizó utilizando el programa en línea Simple Mappr (Shorthouse, 2010). Los adultos se fotografiaron con una cámara Celestron DMI, bajo un microscopio estereoscópico UNITRON FSB, Japón (Nuñez Rodríguez *et al.*, 2016; García Romera, 2013).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

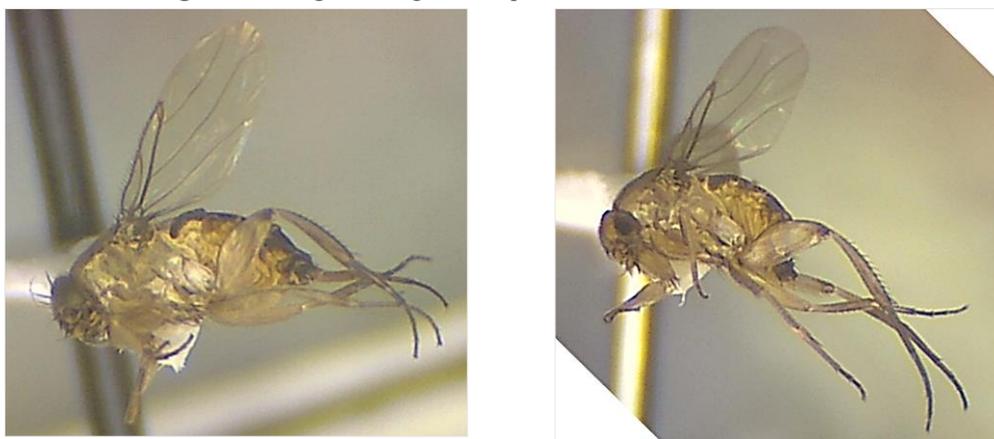
Los frutos en descomposición de *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler, sobre los que se consiguió *Megaselia* sp. (Rondani, 1856), pertenecen a la familia Loranthaceae (Torres, 1982) que es un grupo de angiospermas parasíticas ampliamente distribuidas en todo el mundo, con 65 géneros y más de 850 especies, con un hábitat que predomina en zonas tropicales. Estas hemiparásitas popularmente llamadas guatepajarito, matapalos o muérdagos, tienen como hospedadores, mayormente a los árboles y arbustos, pudiendo

fotosintetizar, pero, lastimosamente, consiguen su soporte, agua y nutrientes del hospedador, al cual penetran en su corteza (Herrera Murillo, 2005).

Por ser este género de parásitas invasor, no autóctono, asociado a árboles exóticos introducidos en Puerto Ordaz (mayormente *Azadirachta indica*) para el ornato de la ciudad, y por el peligro de que este parasitismo se volviera común en los árboles de bosques vecinos, todo lo relacionado con su biología es de suma importancia para su eliminación y control, evitando su efecto destructivo sobre el ecosistema de la ciudad (Herrera Murillo, 2005).

De los frutos de *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler, colectadas, se logró obtener 30 imagos de *Megaselia* sp. (Rondani, 1856), (Figuras 2) los cuales se caracterizan por poseer alas traslúcidas con venación de la parte anterior, venas radiales cortas, engrosadas y concentradas en su base anterior con otras cuatro venas débiles corriendo paralelas en la membrana. Por otro lado, el primer flagelómero es redondo u oval y la arista puede estar en posición variable, mientras que la probóscide se presenta corta y delgada, escasamente esclerosada y retráctil (Nuñez Rodriguez *et al.*, 2016; Quesada-Béjar *et al.*, 2017; García Romera, 2013).

Figura 2. Imago de *Megaselia* sp., vista lateral. Aumento de 10X



Por estas y otras series de características taxonómicas, se logró identificar a 13 ejemplares del *Megaselia* sp. (Rondani, 1856), las cuales no habían sido descritos asociados a la planta parásita *Phthirusa pyrifolia* (Kunth) Eichler (Loranthaceae) en Venezuela, igualmente es una especie que no se había descrito al sur del río Orinoco, ni particularmente en el estado (departamento) Bolívar de Venezuela y por consiguiente tampoco en el municipio Caroní de este estado.

Los reportes de *Megaselia* sp. (Rondani, 1856) en Venezuela son escasos, han sido descritos en la morgue del Hospital Prince Lara del estado Carabobo *Megaselia scalaris* (Loew, 1866) y en el estado Falcón parasitando colonias de *Rhodnius prolixus* (Superlano *et al.*, 2006) el principal vector del *Trypanosoma cruzi* (Torres, 1982) en Venezuela (Cazorla Perfetti *et al.*, 2012; Nuñez rodriguez *et al.*, 2016; Quesada-Béjar *et al.*, 2017; García Romera, 2013).

Megaselia sp. (Rondani, 1856), tiene una amplia diversidad de costumbres alimenticias y entre sus preferencias están los hongos, vegetaciones en descomposición, cadáveres humanos, hábitos coprófagos (guano de murciélagos), depredadores, etc.

La presencia o asociación de *Megaselia* sp, con frutos maduros de guatepajarito, podría ser un elemento que beneficiaría a esta planta parásita que tanto daño produce a los árboles exóticos de la ciudad y que podría diseminarse a los bosques del Parque Nacional Cachamay, por lo que, será importante realizar mayores estudios de la coevolución de este díptero con esta planta parásita para determinar el potencial

beneficioso o dañino de los mismos sobre *Phthirusa pyrifolia* (Nuñez rodriguez et al., 2016; Quesada-Béjar et al., 2017; García Romera, 2013).

Con este estudio, se enriquecen los datos de distribución geográfica de *Megaselia* sp. para Venezuela, al registrar este género por primera vez a en el estado (departamento) Bolívar y particularmente al sur del río Orinoco, igualmente se amplían los estudios de su biología y ecología al señalarlo por primera vez en el país asociado a frutos de *Phthirusa pyrifolia*.

FINANCIAMIENTO

Ninguno

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Traviezo-Valles, L.; Chang-Cova, V.; Arcaya, E.

Curación de datos: Traviezo-Valles, L.; Chang-Cova, V.

Análisis formal: Traviezo-Valles, L.; Chang-Cova, V.

Investigación: Traviezo-Valles, L.; Chang-Cova, V.; Arcaya, E.

Metodología: Traviezo-Valles, L.; Chang-Cova, V.

Supervisión: Traviezo-Valles, L.

Validación: Traviezo-Valles, L.; Arcaya, E.

Redacción - borrador original: Traviezo-Valles, L.; Arcaya, E.; Chang-Cova, V.

Redacción - revisión y edición: Traviezo-Valles, L.; Arcaya, E.; Chang-Cova, V.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonet, J., Sven Olof, U., Viklund, B., & Pape, T. (2010). Species richness estimations of the megadiverse scuttle fly genus *Megaselia* (Diptera: Phoridae) in a wildfire-affected hemiboreal forest. *Insect Science*, 18(3), 325-348. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7917.2010.01362.X>
- Brown, B. V. (1992). Generic revision of Phoridae Generic revision of Phoridae of the Nearctic Region and phylogenetic classification of Phoridae, Sciadoceridae, and Ironomyiidae (Diptera: Phoridae) of the Nearctic Region and phylogenetic classification of Phoridae, Sciadoceridae, and Ironomyiidae (Diptera: Phoridae). *Entomological Society of Canada*, 60-99. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300721148>
- Cazorla Perfetti, D. J. ; Moreno, P. M. & Bermúdez Castillero, S. E. (2012). Infestación de colonias de laboratorio de *Rhodnius prolixus* Stal, 1859 (Hemíptera: Reduviidae) por *Megaselia scalaris* (Loew, 1866) (Diptera: Phoridae). *revista científica de la facultad de ciencias veterinarias.*, 22(6). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15750>
- EcuRED. (2022). *Ciudad Guayana*. Ciudad y puerto fluvial del estado venezolano de Bolívar. https://www.ecured.cu/Ciudad_Guayana
- García Romera, C. (2013). *Estudio faunístico y ecológico de la familia Phoridae en el P.N. del Montseny* [Universitat Autònoma de Barcelona]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/129552#page=6>
- Herrera Murillo, F. (2005). Main Loranthaceae hemiepyphites that affect orange plantations in Costa Rica. *Revista de Agricultura Tropical*, 35, 27-38. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/78539>

- I. Disney, R. H. (2006). Nine new species of *Megaselia rondani* (Diptera: Phoridae) from the Seychelles. *Zootaxa*, 1210(1), 1-25. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1210.1.1>
- Loew, H. (1866). Diptera Americae septentrionalis indigena. Centuria septima. Berliner Entomologische Zeitschrift. *System Dipteriorum*, 10, 1-54. <http://www.diptera.org/References/Details/1571>
- Macquart, P. J. M. (1835). Histoire naturelle des insectes. Diptères. Tome deuxième. Roret, Paris. . *Systema Dipteriorum*, e710. <http://www.diptera.org/References/Details/39504>
- Meigen, J. W. (1804). Klassifikation und Beschreibung der europäischen zweiflügeligen Insekten (Diptera Linn.). *Systema Dipteriorum*, 153-314. <http://www.diptera.org/References/Details/1814>
- Núñez rodriguez, J. ., Liria Salazar, J. ., & Tocci D, N. (2016). Dípteros de importancia forense en adyacencias de la morgue del Hospital Adolfo Prince Lara, Puerto Cabello, Edo. Carabobo-Venezuela. *Salus*, 20(1), 22-26. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/fcs/index.htm>
- Quesada-Béjar, V., Nájera-Rincón, M. B. ., Reyes-Novelo, E., & González-Esquivel, C. E. (2017). Primer registro de *Megaselia* sp. (Diptera: Poridae) como parasitoide de *Sphenarium purpurascens purpurascens* (orthoptera: pyrgomorphidae). *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 33(2), 407-410. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3321081>
- Rondani, C. (1856). Dipterologiae Italicae Prodromus: Genera italica ordinis Dipteriorum ordinatim disposita et distincta et in familias et stirpes aggregata. *Systema Dipteriorum*, e226. <http://www.diptera.org/References/Details/2272>
- Shorthouse, D. P. (2010). *SimpleMappr*. an online tool to produce publication-quality point maps. <http://www.simplemappr.net>
- Superlano, Y., Lizano, E., Galíndez, I., & Aldana, E. (2006). Aislamiento reproductivo postcigótico entre *Rhodnius prolixus* Stal 1859 y *R. robustus* Larrousse 1927 (Heteroptera, Triatominae). *Parasitología latinoamericana*, 61(1-2), 23-31. <https://doi.org/10.4067/S0717-77122006000100004>
- Torres, R. A. (1982). Sobre un foco urbano de Trypanosoma Cruzi (Chagas, 1909) en la ciudad de Maracaibo, Venezuela. *Kasmera*, 10(1-4), 1-154. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/kasmera/article/view/4455>
- Weather Atlas. (2021). *Clima y previsión meteorológica mensual Ciudad Guayana, Venezuela*. Temperatura media Ciudad Guayana, Venezuela. <https://www.weather-atlas.com/es/venezuela/ciudad-guayana-clima#temperature>