

MANEJO AGROECOLÓGICO DEL CAMU CAMU (*MYRCIARIA DUBIA*) Y SU IMPACTO EN LA BIODIVERSIDAD DE CUYABENO

AGROECOLOGICAL MANAGEMENT OF CAMU CAMU (*MYRCIARIA DUBIA*) AND ITS IMPACT ON BIODIVERSITY IN CUYABENO

	¹ Elsa Flor Ordóñez Bravo*	eordonez@uea.edu.ec
	² Daysi Lorena Caiza López	dl.caizal@uea.edu.ec
	³ Álvaro Andrés Auquilla Ordoñez	andres.auquilla.ordonez@gmail.com
	⁴ Andrea Estefanía Fierro Ricaurte	andreaferro18@hotmail.com

^{1,2,3} Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida, Puyo, Ecuador.

⁴ Instituto Superior Tecnológico Vicente León, Latacunga, Ecuador.

E-mail: * elsafior1964@gmail.com

RESUMEN

El camu camu (*Myrciaria dubia*) es un fruto nativo de la Amazonía, conocido por su alto contenido de vitamina C y potencial en mercados sostenibles. Su cultivo en regiones como Cuyabeno enfrenta desafíos debido a la falta de prácticas agroecológicas adecuadas. Este estudio evalúa el impacto del manejo agroecológico en la biodiversidad en la Reserva de Producción Faunística de Cuyabeno, comparando tres sistemas: agroecológico, convencional y sin intervención. Se utilizó un enfoque mixto durante un período de dos años, analizando 30 plantas en diferentes condiciones de manejo. Los resultados mostraron que el sistema agroecológico favoreció un mayor crecimiento y producción de frutos, alcanzando una altura media de 3.27 m y una producción estable de 10.74 kg/planta. En contraste, el manejo convencional mostró un rendimiento inicial mayor, pero con una disminución significativa en la segunda temporada. El análisis de biodiversidad reveló un índice de Shannon-Wiener de 3.2 en el sistema agroecológico, superior al convencional (2.8) y cercano al ecosistema natural (3.5). Además, se registraron un 35% más de interacciones ecológicas en el sistema agroecológico, destacando la importancia de polinizadores y dispersores de semillas. Las prácticas agroecológicas no solo mejoraron la productividad, sino que también contribuyeron a la conservación de la biodiversidad y la calidad del suelo, aumentando la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico. Este estudio resalta la relevancia del manejo agroecológico para la sostenibilidad y conservación en ecosistemas frágiles como Cuyabeno.

Palabras clave: Agroecología, Camu camu, Biodiversidad, Sostenibilidad, Calidad del suelo.

ABSTRACT

Camu camu (*Myrciaria dubia*) is a native fruit of the Amazon, known for its high vitamin C content and potential in sustainable markets. Its cultivation in regions like Cuyabeno faces challenges due to the lack of appropriate agroecological practices. This study evaluates the impact of agroecological management on biodiversity in the Cuyabeno Wildlife Production Reserve, comparing three systems: agroecological, conventional, and non-intervention. A mixed-methods approach was used over a two-year period, analyzing 30 plants under different management conditions. Results showed that the agroecological system favored greater growth and fruit production, reaching an average height of 3.27 m and a stable production of 10.74 kg/plant. In contrast, the conventional management showed a higher initial yield but a significant decrease in the second season. Biodiversity analysis revealed a Shannon-Wiener index of 3.2 in the agroecological system, higher than the conventional (2.8) and close to the natural ecosystem (3.5). Additionally, there were 35% more ecological interactions in the agroecological system, highlighting the importance of pollinators and seed dispersers. Agroecological practices not only improved productivity but also contributed to biodiversity conservation and soil quality, increasing organic matter and cation exchange capacity. This study emphasizes the relevance of agroecological management for sustainability and conservation in fragile ecosystems like Cuyabeno.

Keywords: Agroecology, Camu camu, Biodiversity, Sustainability, Soil Quality.

1. INTRODUCCIÓN

El camu camu (*Myrciaria dubia*) es una especie frutal nativa de la Amazonía que destaca por su alto contenido de vitamina C y su creciente interés en los mercados nacionales e internacionales debido a sus propiedades biofuncionales (1). Su cultivo ha cobrado relevancia en diversas regiones amazónicas, incluyendo Cuyabeno, donde su producción podría desempeñar un papel clave en los sistemas agroecológicos locales y en la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, el manejo agroecológico de esta especie sigue siendo un desafío debido a la falta de estrategias sustentables que permitan mejorar la producción sin afectar el equilibrio ecológico del ecosistema (2). Sin embargo, el manejo agroecológico de esta especie sigue siendo un desafío debido a la falta de estrategias sustentables que permitan mejorar la producción sin afectar el equilibrio ecológico del ecosistema (3).

El camu camu no solo es apreciado por sus características nutricionales, sino también por su potencial en la industria cosmética y farmacéutica, dado su alto contenido de compuestos bioactivos como flavonoides y polifenoles (4). Estas propiedades han generado un creciente interés en su cultivo y comercialización a nivel global. Además, se ha identificado que el camu camu posee propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que pueden ser beneficiosas para la salud humana, lo que ha motivado diversas investigaciones sobre su aplicación en la medicina natural. Estas propiedades han generado un creciente interés en su cultivo y comercialización a nivel global. Sin embargo, el incremento en su demanda ha impulsado modelos de producción intensivos que pueden afectar los ecosistemas amazónicos, generando la necesidad de enfoques agroecológicos que garanticen su sostenibilidad (5).

Desde una perspectiva ecológica, la conservación de los ecosistemas amazónicos donde se cultiva el camu camu es esencial para mantener el equilibrio ambiental. Su producción sostenible implica no solo prácticas agrícolas responsables, sino también la participación activa de comunidades locales en la protección de la biodiversidad y en la implementación de tecnologías agroecológicas que optimicen el rendimiento del cultivo sin comprometer los recursos naturales (6). Además, el camu camu juega un papel fundamental en la regeneración de áreas degradadas, contribuyendo a la estabilización del suelo y al control de la erosión en zonas inundables (7).

El manejo convencional del camu camu en sistemas productivos ha estado marcado por el uso de técnicas

que pueden afectar negativamente el entorno, como el monocultivo y la aplicación de insumos químicos. No obstante, estudios recientes han evidenciado la importancia de enfoques agroecológicos que integren prácticas sostenibles, tales como el control biológico de plagas, la diversificación de cultivos y la mejora de la fertilidad del suelo mediante el uso de materia orgánica (8). Estas prácticas pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad, fomentando la coexistencia de especies vegetales y animales en los ecosistemas intervenidos. Además, se ha identificado que la interacción entre el camu camu y hongos micorrízicos arbusculares podría mejorar la absorción de nutrientes y fortalecer la resiliencia del cultivo ante condiciones ambientales adversas (9).

En el contexto de Cuyabeno, una de las áreas de mayor diversidad biológica en la región amazónica, la implementación de estrategias agroecológicas en el cultivo del camu camu podría generar beneficios ambientales significativos. Se ha observado que el manejo integrado del cultivo, incluyendo la asociación con otras especies nativas y el uso de microorganismos beneficiosos, puede mejorar la productividad y al mismo tiempo preservar la fauna y flora local (10). Adicionalmente, la aplicación de técnicas de manejo integrado de plagas ha demostrado ser fundamental en la reducción de daños causados por insectos como *Conotrachelus dubiae*, que afectan la retención de frutos en plantaciones inundables (11,12).

Asimismo, el fortalecimiento de políticas públicas que fomenten la producción sostenible del camu camu es un factor clave para garantizar su viabilidad a largo plazo. Es necesario desarrollar programas de capacitación dirigidos a productores locales para que implementen prácticas agroecológicas efectivas y adopten tecnologías innovadoras que optimicen la productividad del cultivo sin afectar el medio ambiente (13). La cooperación entre instituciones académicas, organismos gubernamentales y comunidades agrícolas puede facilitar el acceso a recursos y financiamiento para la investigación y promoción de modelos agrícolas sostenibles.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del manejo agroecológico del camu camu (*myrciaria dubia*) en la biodiversidad de la Reserva de Producción Faunística de Cuyabeno. Se plantea la hipótesis de que la aplicación de un manejo agroecológico adecuado no solo incrementa la productividad del camu camu, sino que también promueve la biodiversidad y la resiliencia del sistema agrícola frente a cambios ambientales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño del estudio

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo) con predominancia cuantitativa, lo que permitió una comprensión integral del fenómeno estudiado. El estudio se clasificó como experimental, longitudinal, comparativo, aplicado y prospectivo. Se manipuló intencionalmente la variable independiente (tipo de manejo agrícola) para observar su efecto sobre variables dependientes durante un período de 2 años (desde enero de 2023 hasta enero de 2024) con mediciones periódicas.

2.2. Población y Muestra

La población de estudio incluyó 30 plantas de camu camu (*Myrciaria dubia*) sembradas en tres áreas de estudio dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional. Esta selección se realizó siguiendo un muestreo estratificado intencional para representar diferentes sistemas de manejo agrícola que podrían influir en las características productivas y fitoquímicas de las plantas durante el período de estudio.

Se establecieron tres áreas de estudio con diferentes tipos de manejo, cada una con 10 plantas sembradas que cumplieron con criterios de homogeneidad en edad y condiciones edafoclimáticas similares. Este tipo de segmentación en la investigación agroecológica ha sido clave en la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas productivos en América Latina (14).

- **Área de estudio con manejo agroecológico (T1):** Estas plantas fueron sembradas y se cultivaron utilizando biofertilizantes orgánicos, sistemas de asociación de cultivos con especies fijadoras de nitrógeno y prácticas de conservación de suelos como cobertura vegetal y rotación de cultivos.
- **Área de estudio con manejo convencional (T2):** En esta área se sembraron plantas que se manejaron con técnicas de agricultura moderna, aplicación de fertilizantes químicos, pesticidas sintéticos y sistema de monocultivo.
- **Área de sin intervención agrícola (T3):** Plantas que fueron sembradas pero se desarrollaron sin intervención agrícola posterior, en condiciones naturales que sirven como referencia para com-

parar con los sistemas manejados.

El tamaño de muestra ($n=30$) se determinó considerando la variabilidad natural de la especie, limitaciones logísticas de acceso a la reserva y recursos disponibles para el análisis. En estudios recientes sobre muestreo en cultivos amazónicos, se ha recomendado utilizar un tamaño de muestra que permita evaluar variaciones significativas en la producción y la adaptación a distintos manejos (15). El seguimiento de estas plantas durante los 2 años de estudio permitió la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, así como el análisis de variaciones estacionales y respuestas a los diferentes manejos a lo largo del tiempo.

2.3. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, en la comunidad de Playas del Cuyabeno, situada en la región amazónica nororiental del Ecuador, en la provincia de Sucumbíos. Esta área forma parte de la cuenca del río Cuyabeno, un importante afluente del río Aguarico, en la región del Bajo Napo. La comunidad de Playas del Cuyabeno se encuentra a unos 50 km al norte de la ciudad de Lago Agrio, accesible por un sistema de caminos rurales y navegaciones fluviales (16).

La Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, conocida por su alta biodiversidad y extensa red de lagunas y canales, alberga una gran cantidad de especies de flora y fauna endémicas y en peligro de extinción, lo que la convierte en un área de vital importancia ecológica. Esta reserva, con un área de 603,380 hectáreas, es uno de los ecosistemas más representativos de la Amazonía ecuatoriana y es considerada una de las zonas más biodiversas del planeta (17).

En la Figura 1, se ubica las áreas de estudio dentro de la zona de amortiguamiento, con condiciones edafoclimáticas similares, todas situadas entre 200-250 msnm, con temperaturas promedio de 25°C y una precipitación anual de 3000-3500 mm, características propias del ecosistema de bosque húmedo tropical predominante en la Reserva. Este ecosistema ha sido objeto de estudios recientes que analizan su capacidad de almacenamiento de carbono y su estructura florística, lo que refuerza su importancia como un sumidero de carbono clave en la región amazónica (18).

Figura 1. Ubicación de las áreas de estudio dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno.



Nota. Elaboración propia de los autores con datos obtenidos de Google Earth (2024).

2.4. Intervenciones y mediciones

Se realizaron las siguientes mediciones y observaciones:

2.4.1. Variables agronómicas

- Crecimiento del camu camu (altura, diámetro basal, producción de frutos).
- Calidad del suelo (contenido de materia orgánica, humedad, pH, macro y micronutrientes).

2.4.2. Impacto en la biodiversidad

- Registro de especies de flora y fauna asociadas a cada tipo de manejo mediante transectos y puntos de muestreo.
- Índice de diversidad de Shannon-Wiener para comparar biodiversidad entre áreas de estudio.
- Observaciones sobre interacciones ecológicas (polinizadores, dispersores de semillas).

2.5. Análisis de datos

Los datos se analizaron utilizando:

- Estadística descriptiva: promedios, desviación estándar y frecuencias.
- Pruebas de comparación de medias: ANOVA y pruebas de Tukey para diferencias entre tipos de manejo.
- Modelos de regresión para correlacionar la biodi-

versidad con las prácticas agroecológicas.

El análisis se realizó con RStudio y SPSS, y se utilizó Google Earth para el mapa de ubicación.

3. RESULTADOS

3.1. Variables agronómicas

3.1.1. Crecimiento y producción del Camu Camu

• Altura y estructura de la planta

Los resultados tras 24 meses de seguimiento mostraron diferencias significativas ($p < 0.01$) en el desarrollo morfológico de las plantas según el sistema de manejo. Aunque inicialmente las plantas bajo manejo convencional presentaron mayor altura durante los primeros 12 meses, esta tendencia se invirtió en la segunda mitad del estudio. Al finalizar el periodo de evaluación, las plantas bajo manejo agroecológico alcanzaron una altura media de 3.27 ± 0.42 m, significativamente superior al manejo convencional (2.86 ± 0.39 m) y ligeramente mayor que las plantas en ecosistemas naturales (2.63 ± 0.47 m). Esta inversión en las tendencias de crecimiento sugiere que el manejo agroecológico, aunque puede mostrar un desarrollo inicial más lento, proporciona beneficios sostenidos a largo plazo que favorecen un mayor crecimiento en etapas posteriores del desarrollo de la planta.

La arquitectura de las plantas mostró patrones distintivos: el sistema agroecológico favoreció una copa más amplia (diámetro medio de 2.84 m) con mayor ramificación secundaria y terciaria (18.3 ± 3.2 ramas productivas por planta), en comparación con el sistema convencional (12.7 ± 2.8 ramas productivas) y las plantas silvestres (9.4 ± 3.7 ramas).

• Diámetro basal y desarrollo radicular

El diámetro basal alcanzó valores de 5.38 ± 0.63 cm en el sistema agroecológico, 4.72 ± 0.58 cm en el convencional y 4.95 ± 0.71 cm en plantas silvestres. El análisis de calicatas reveló sistemas radiculares significativamente más extensos y profundos en el sistema agroecológico (volumen explorado de 0.86 m³) frente al convencional (0.64 m³).

La Tabla 1 muestra la evolución trimestral de estos parámetros a lo largo del estudio:

Tabla 1. Evolución morfológica del camu camu según sistema de manejo.

Tiempo (meses)	Parámetro	T1	T2	T3
6	Altura (m)	1.83 ± 0.24	1.97 ± 0.31	1.41 ± 0.28
6	Diámetro (cm)	2.37 ± 0.41	2.54 ± 0.37	2.12 ± 0.45
12	Altura (m)	2.56 ± 0.33	2.65 ± 0.35	1.97 ± 0.31
12	Diámetro (cm)	3.69 ± 0.52	3.81 ± 0.44	3.45 ± 0.58
18	Altura (m)	2.94 ± 0.38	2.78 ± 0.36	2.31 ± 0.39
18	Diámetro (cm)	4.65 ± 0.57	4.32 ± 0.51	4.27 ± 0.64
24	Altura (m)	3.27 ± 0.42	2.86 ± 0.39	2.63 ± 0.47
24	Diámetro (cm)	5.38 ± 0.63	4.72 ± 0.58	4.95 ± 0.71

• Rendimiento productivo

La producción de frutos presentó variaciones significativas entre sistemas ($F=14.37$, $p<0.001$). El sistema agroecológico registró una producción media de 10.74 ± 2.18 kg/planta durante la segunda temporada de fructificación, mientras que el sistema convencional mostró un rendimiento inicial superior (12.26 ± 2.43 kg/planta) que posteriormente disminuyó a 9.85 ± 2.27 kg/planta en la segunda temporada.

Las plantas en ecosistemas naturales presentaron una

producción media de 5.86 ± 1.97 kg/planta, significativamente menor que los sistemas manejados, pero con mayor estabilidad entre temporadas (coeficiente de variación de 18.3% frente al 26.7% del sistema convencional).

• Características bioquímicas de los frutos

El análisis bioquímico de los frutos reveló diferencias significativas en la composición nutricional según el sistema de manejo. La Tabla 2 se muestra los valores obtenidos para los principales parámetros evaluados en los tres sistemas de cultivo.

Tabla 2. Composición bioquímica de frutos de camu camu según sistema de manejo

Parámetro	T1	T2	T3	Valor p
Vitamina C (mg/100g)	2,837.4 ± 241.8	2,463.7 ± 218.5	3,142.6 ± 329.7	<0.001
Antocianinas (mg/100g)	89.7 ± 12.4	68.3 ± 9.8	104.2 ± 16.5	<0.001
Polifenoles totales (mg GAE/100g)	1,243.8 ± 158.6	973.5 ± 142.3	1,389.2 ± 173.4	<0.001
Acidez titulable (%)	2.86 ± 0.31	2.42 ± 0.27	3.14 ± 0.38	<0.01
Sólidos solubles (°Brix)	7.84 ± 0.67	7.21 ± 0.59	7.98 ± 0.72	<0.05

La capacidad antioxidante, determinada mediante ensayo DPPH, fue significativamente mayor en frutos de ecosistemas naturales ($IC_{50} = 3.27$ µg/ml), seguida por el sistema agroecológico ($IC_{50} = 3.89$ µg/ml) y el convencional ($IC_{50} = 5.41$ µg/ml).

• Características físico - químicas del suelo

La evolución de los parámetros edáficos durante los 24 meses de estudio mostró tendencias divergentes según el sistema de manejo, como se muestra en la Tabla 3.

Parámetro	Tiempo	T1	T2	T3
Materia orgánica (%)	Inicial	4.23 ± 0.53	4.17 ± 0.48	6.78 ± 0.72
	12 meses	5.41 ± 0.61	3.86 ± 0.45	6.82 ± 0.69
	24 meses	7.13 ± 0.68	3.42 ± 0.43	6.91 ± 0.74
pH	Inicial	5.13 ± 0.32	5.09 ± 0.35	5.27 ± 0.41
	12 meses	5.42 ± 0.39	4.86 ± 0.33	5.24 ± 0.38
	24 meses	5.78 ± 0.41	4.53 ± 0.37	5.31 ± 0.42
*CIC (cmol/kg)	Inicial	12.73 ± 1.86	12.58 ± 1.72	17.35 ± 2.18
	12 meses	15.42 ± 2.03	11.47 ± 1.64	17.41 ± 2.14
	24 meses	18.27 ± 2.31	10.38 ± 1.58	17.52 ± 2.23
**N disponible (ppm)	Inicial	23.67 ± 4.58	24.12 ± 4.32	27.38 ± 5.14
	12 meses	28.42 ± 5.13	27.85 ± 4.87	27.51 ± 5.08
	24 meses	32.17 ± 5.42	23.24 ± 4.76	27.83 ± 5.21

Tabla 3. Evolución de parámetros edáficos según sistema de manejo

	Inicial	8.43 ± 1.67	8.51 ± 1.72	9.27 ± 1.85
***P asimilable (ppm)	12 meses	10.78 ± 1.93	12.35 ± 2.16	9.31 ± 1.83
	24 meses	12.54 ± 2.08	10.73 ± 1.98	9.42 ± 1.87

Nota. * unidad de medida de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de un suelo. ** unidad de medida que indica la cantidad de nitrógeno (N) presente en el suelo. *** unidad de medida de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de un suelo.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p < 0.001$) en la evolución temporal de estos parámetros según el sistema de manejo. El sistema agroecológico evidenció una mejora progresiva en todos los indicadores de calidad del suelo, mientras que el sistema convencional mostró degradación en varios parámetros críticos.

3.2. Biodiversidad Asociada a los sistemas de manejo del camu camu

3.2.1. Riqueza y diversidad de especies

Los resultados revelaron patrones diferenciados de biodiversidad entre los sistemas evaluados. El área de manejo agroecológico mostró un índice de Shannon-Wiener (H') de 3.2, un valor intermedio entre el ecosistema natural (3.5) y el sistema de manejo convencional (2.8). Esta distribución es consistente con los demás parámetros evaluados, donde el ecosistema natural generalmente presenta valores superiores, seguido por el sistema agroecológico y, finalmente, el convencional.

El índice de Shannon-Wiener (H') es una medida clave en ecología para evaluar la diversidad de especies en un ecosistema, combinando la riqueza específica (número total de especies) y la equitatividad (uniformidad en la distribución de individuos entre las especies). Valores más altos indican una mayor diversidad estructural y funcional del ecosistema, con una distribución más equitativa de las especies y una menor dominancia de unas sobre otras.

El ecosistema natural registró el valor más alto (3.5), lo que refleja una comunidad biológica altamente equilibrada y heterogénea, con una composición florística y faunística bien estructurada. Se identificaron especies clave en distintos niveles tróficos, incluyendo árboles de gran porte como *Dipteryx odorata* y *Virola sebifera*, que brindan hábitat y recursos alimenticios para fauna dispersora como tucanes (*Ramphastos tucanus*) y monos aulladores (*Alouatta seniculus*). Además, la presencia de insectos polinizadores como las abejas nativas del género *Melipona* y mariposas *Morpho spp.* contribuye al mantenimiento de la dinámica ecosistémica.

Por otro lado, el área agroecológica, con un índice de 3.2, mostró una biodiversidad considerablemente alta, lo que sugiere que las prácticas agroecológicas han permitido la conservación de especies nativas y la in-

corporación de plantas de interés agrícola sin una drástica reducción de la diversidad. La heterogeneidad del paisaje agroecológico, con cultivos diversificados como *Theobroma cacao* (cacao) y *Myrciaria dubia* (camu camu), además de la presencia de corredores biológicos con vegetación riparia y relictos de bosque secundario, ha favorecido la permanencia de insectos polinizadores, dispersores de semillas y organismos del suelo, como lombrices (*Pontoscolex corethrurus*) y hongos micorrízicos que mejoran la calidad del sustrato.

En contraste, el área de manejo convencional presentó el menor índice de diversidad (2.8), lo que sugiere una comunidad biológica menos equitativa y dominada por un menor número de especies, con una disminución notable de polinizadores y dispersores de semillas. Factores como el uso de pesticidas, la homogeneización del paisaje agrícola y la reducción de la cobertura vegetal han generado un ambiente menos propicio para la biodiversidad. La disminución de refugios naturales y la menor disponibilidad de fuentes alimenticias explican la menor abundancia de especies como mariposas *Heliconius spp.*, aves insectívoras como *Dendrocolaptes certhia* (trepador) y pequeños mamíferos dispersores como *Dasyprocta fuliginosa* (guatusa).

Estos resultados destacan la importancia de las estrategias de manejo agroecológico para la conservación de la biodiversidad en paisajes productivos, al mantener interacciones ecológicas esenciales para la estabilidad de los ecosistemas, como la polinización, la dispersión de semillas y el control biológico de plagas.

3.2.2. Interacciones ecológicas

La mayor diversidad en el área agroecológica se documentó con un 35% más de interacciones ecológicas en comparación con el área de manejo convencional y un 50% más en comparación con el ecosistema natural. Estas interacciones incluyen principalmente la actividad de polinizadores y dispersores de semillas, dos grupos clave para la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas. Los polinizadores, como las abejas (*Bom-*

bus spp.), mariposas (*Pieridae*, *Nymphalidae*), y colibríes (*Trochilidae*), y los dispersores de semillas, como aves frugívoras como el tucán de pico amarillo (*Ramphastos tucanus*) y mamíferos como el paca (*Cuniculus paca*), facilitan procesos clave como la regeneración natural, la productividad de cultivos y el mantenimiento de la biodiversidad a largo plazo.

El aumento en la actividad de polinizadores fue particularmente significativo, registrándose un 40% más de visitas de polinizadores en el área agroecológica respecto al manejo convencional. Este incremento puede estar relacionado con la mayor disponibilidad de recursos florales diversificados, como las especies de plantas nativas *Heliconia spp.*, *Passiflora spp.* y *Catasetum spp.*, que ofrecen néctar y polen en diversas épocas del año. Además, la ausencia de agroquímicos, que son perjudiciales para los insectos polinizadores, favorece su actividad.

Asimismo, la presencia de dispersores de semillas fue 30% mayor en el área agroecológica que en el manejo convencional, lo que sugiere una oferta más amplia de frutos y hábitats adecuados para la fauna. Frutos como los de *Mauritia flexuosa* (aguaje), *Bertholletia excelsa* (castaña) y *Myrciaria dubia* (camu camu) proveen alimento a diversas especies, mientras que la heterogeneidad de los ecosistemas agroecológicos proporciona refugios para mamíferos y aves dispersoras de semillas. En contraste, el área de manejo convencional mostró una reducción del 25% en interacciones ecológicas en comparación con el ecosistema agroecológico, lo que podría atribuirse al uso de pesticidas, herbicidas y a la homogeneización del paisaje agrícola, factores que reducen la diversidad de especies polinizadoras y dispersoras en este tipo de hábitat.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a lo largo del período de estudio muestran que el manejo agroecológico (T1) generó un crecimiento significativamente mayor en altura (3.27 ± 0.42 m) y diámetro basal (5.38 ± 0.63 cm) en comparación con el manejo convencional (T2) y las plantas en condiciones naturales (T3). Aunque inicialmente las plantas en manejo convencional presentaron un crecimiento más acelerado, esta tendencia se revirtió en la segunda mitad del estudio, favoreciendo el manejo agroecológico. Esto concuerda con estudios previos que indican que las prácticas agroecológicas pueden promover un desarrollo más sostenible a largo plazo mediante la mejora de la calidad del suelo y el incremento de interacciones ecológicas beneficiosas (19).

El incremento del diámetro basal y el desarrollo radicular en el manejo agroecológico refuerzan la hipótesis de que este sistema favorece una mejor absorción de nutrientes y agua, probablemente debido a la actividad de microorganismos benéficos como los hongos micorrízicos (20). Se ha demostrado que la interacción entre las micorrizas y las plantas contribuye a una mayor eficiencia en la absorción de fósforo y otros nutrientes esenciales, mejorando el vigor de las plantas y su tolerancia a condiciones adversas.

En cuanto al rendimiento productivo, el manejo agroecológico mostró una producción más estable a lo largo de las temporadas (10.74 ± 2.18 kg/planta), mientras que el sistema convencional, a pesar de un mayor rendimiento inicial, presentó una disminución significativa en la segunda temporada. Esto podría deberse a un deterioro progresivo del suelo en los sistemas convencionales, donde la reducción de materia orgánica y la compactación del suelo afectan la disponibilidad de nutrientes (21). Esto podría deberse a un deterioro progresivo del suelo en los sistemas convencionales, donde la reducción de materia orgánica y la compactación del suelo afectan la disponibilidad de nutrientes (22).

El análisis bioquímico reveló que los frutos provenientes de ecosistemas naturales (T3) presentaron los valores más altos de vitamina C ($3,142.6 \pm 329.7$ mg/100g) y capacidad antioxidante, seguidos por los frutos del manejo agroecológico (T1). Los frutos del manejo convencional (T2) mostraron menores niveles de compuestos bioactivos, lo que podría estar asociado con el uso intensivo de fertilizantes sintéticos y la menor biodiversidad microbiana del suelo. Resultados similares han sido reportados en estudios sobre la influencia del manejo agrícola en la calidad nutricional del camu camu (1).

El mayor contenido de polifenoles y antocianinas en frutos de plantas bajo manejo agroecológico y en condiciones naturales sugiere que la presencia de una mayor biodiversidad y un menor uso de agroquímicos pueden favorecer la acumulación de metabolitos secundarios con beneficios para la salud humana (23).

El análisis de parámetros edáficos mostró que el contenido de materia orgánica en el suelo aumentó significativamente en el manejo agroecológico (de 4.23% a 7.13%) a lo largo del estudio, mientras que en el sistema convencional disminuyó (de 4.17% a 3.42%). Este resultado confirma la hipótesis de que el manejo agroecológico promueve una mayor fertilidad del suelo, facilitando la retención de humedad y la actividad biológica del suelo (24).

Asimismo, el pH del suelo en T1 mostró una tendencia hacia la neutralidad, mientras que en T2 hubo un incremento en la acidez, lo que podría estar relacionado con la aplicación continua de fertilizantes químicos. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) también fue significativamente mayor en suelos agroecológicos, lo que indica una mayor capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes a las plantas.

El índice de Shannon-Wiener (H') fue más alto en el ecosistema natural (3.5), seguido por el manejo agroecológico (3.2) y el manejo convencional (2.8). Esto indica que la agroecología puede mantener niveles relativamente altos de biodiversidad en comparación con la agricultura convencional, reduciendo la pérdida de especies clave para la estabilidad ecológica del sistema (25).

El mayor número de interacciones ecológicas observadas en el área agroecológica, especialmente la actividad de polinizadores y dispersores de semillas, sugiere que este tipo de manejo favorece la resiliencia del ecosistema y la estabilidad productiva del camu camu. Investigaciones previas han destacado que la presencia de corredores biológicos y la diversificación de cultivos pueden mejorar la presencia de especies benéficas en agroecosistemas (26).

5. CONCLUSIONES

El presente estudio evaluó el impacto del manejo agroecológico del camu camu (*myrciaria dubia*) en la biodiversidad de la Reserva de Producción Faunística de Cuyabeno, comparándolo con sistemas de manejo convencional y sin intervención agrícola.

Se observó que el sistema agroecológico promovió un mayor crecimiento en altura (3.27 ± 0.42 m) y diámetro basal (5.38 ± 0.63 cm), además de una mejor estructura radicular en comparación con el manejo convencional y el ecosistema natural. La producción de frutos mostró una mayor estabilidad en este sistema, con menor reducción entre temporadas, lo que sugiere que las prácticas agroecológicas optimizan la sostenibilidad productiva del cultivo.

Los frutos provenientes de este sistema presentaron mayores concentraciones de polifenoles, antocianinas y vitamina C en comparación con el sistema convencional, aunque los valores más altos se registraron en los frutos del ecosistema natural. Esto indica que las prácticas agroecológicas pueden mejorar la calidad nutricional del camu camu sin comprometer su equilibrio ecológico.

Durante el estudio, se registró un aumento significativo en el contenido de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico en el suelo agroecológico, mientras que el sistema convencional mostró una tendencia a la degradación. Esto demuestra que las prácticas agroecológicas contribuyen a la regeneración del suelo y a la conservación de su fertilidad a largo plazo.

El índice de Shannon-Wiener (H') mostró que la diversidad de especies en el área agroecológica ($H' = 3.2$) fue mayor que en el manejo convencional ($H' = 2.8$), aunque menor que en el ecosistema natural ($H' = 3.5$). Se registró un 35% más de interacciones ecológicas en el sistema agroecológico en comparación con el convencional, incluyendo mayor actividad de polinizadores y dispersores de semillas.

La menor intervención química y la diversificación de cultivos en el sistema agroecológico permitieron mantener interacciones clave para la estabilidad del ecosistema, como la polinización y dispersión de semillas, favoreciendo la biodiversidad funcional. Esto refuerza la importancia del manejo agroecológico como estrategia para la conservación de la biodiversidad en la Reserva de Producción Faunística de Cuyabeno.

6. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Estatal Amazónica y a la Comunidad Playas del Cuyabeno por permitir la realización de esta investigación en su zona de amortiguamiento.

7. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de este documento manifiestan no presentar ningún conflicto de intereses.

8. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- García-Chacón JM, Marín-Loaiza JC, Osorio C. Camu Camu (*Myrciaria dubia*) (Kunth) McVaugh): An Amazonian Fruit with Biofunctional Properties—A Review. ACS Omega [Internet]. 14 de febrero de 2023;8(6):5169-83. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.2c07245>
- Parisi irene luce, Roth M, Pinedo-Panduro M, Vásquez-Bardales J, Paredes-Davila E, Abanto-Rodriguez C. Integrated management of conotrachelus dubiae in relation to fruit retention of myrciaria dubia (camu-camu) in a flooded area, in Loreto-Peru. Folia Amazónica [Internet]. 30 de diciem-

- bre de 2022;31(2):185-96. Disponible en: <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/fo liaamazonica/article/view/567>
3. Abanto-Rodríguez C, Nieto JAB, Macahuachi BIJ, Choy-Sánchez JS, Panduro-Tenazoa NM, Murga-Orrillo H. Plant thinning recovers fruiting of *Myrciaria dubia* in the Peruvian Amazon. *Revista Brasileirade Ciencias Agrarias*. 2023;18(4).
 4. Arellano E, Rojas I, Paucar M. Camu-camu (*Myrciaria dubia*): Fruta tropical de excelentes propiedades funcionales que ayudan a mejorar la calidad de vida. *Scientia Agropecuaria*. 2016;7(4).
 5. Azevedo L, de Araujo Ribeiro PF, de Carvalho Oliveira JA, Correia MG, Ramos FM, de Oliveira EB, et al. Camu-camu (*Myrciaria dubia*) from commercial cultivation has higher levels of bioactive compounds than native cultivation (Amazon Forest) and presents antimutagenic effects in vivo. *J Sci Food Agric*. 2019;99(2).
 6. Panduro MHP, Correa SAI, Rodríguez CA, Davila EJP, Chagas EA, Lozano RB, et al. Sistema de producción agroforestal inundable del camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh H.B.K.) en humedal de Loreto-Perú / Sistema de produção agroforestal inundável de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh H.B.K.) no humedal de Loreto-Peru. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 2022;5(2).
 7. Pinedo-Panduro M, Imán-Correa S, Abanto-Rodríguez C, Paredes-Dávila E, Chagas EA, Bardales-Lozano RM, et al. Sistema de producción agroforestal inundable de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh H.B.K.) en Humedal de Loreto-Perú. CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 3.: VII CONGRESO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFORESTALES, 7.; Anais. 2015.
 8. Paredes Dávila EJ, Pinedo Panduro M, Zumba López C, Durand Valencia J. Avances para el manejo integrado del gorgojo del fruto de *myrciaria dubia* (kunth) mcvaugh (conotrachelus dubiae o'brien), en restinga inundable del río Amazonas, Perú. *Folia Amazónica* [Internet]. 15 de septiembre de 2020;28(2):227-39. Disponible en: <http://revistas.iiap.gob.pe/index.php/fo liaamazonica/article/view/483>
 9. Billacrês MAR, Costa RC, Nunez CV. A cadeia produtiva na Gestão da Inovação da Biotecnologia: o camu-camu (*Myrciaria dubia* H. B. K.) no Amazonas. *Revista Fitos*. 2020;14(2).
 10. Da Silva FC, De Souza AH, Bassoli BK, Prates GA, Daudt C, Meneguetti DUDO, et al. *Myrciaria dubia* Juice (camu-camu) Exhibits Analgesic and Antiedematogenic Activities in Mice. *J Med Food*. 2021;24(6).
 11. Sánchez-Choy J, Abanto-Rodríguez C, Casas-Reactegui R. Evaluación del manejo integrado de plagas de *myrciaria dubia* en suelos no inundables de la cuenca del Ucayali, Perú. *Folia Amazónica* [Internet]. 23 de septiembre de 2015;24(1):39. Disponible en: <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/fo liaamazonica/article/view/55>
 12. Ardila Ortiz HL, Yunda Romero C. Camu camu (*Myrciaria dubia*) como posible alternativa productiva. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*. 2017;8(2).
 13. Romero Mero G. Formación agroecológica, política y pedagógica en la Amazonia ecuatoriana. Estudio de caso de la Escuela Amazónica de Agroecología del Movimiento Nacional Campesino [Internet]. Universidad Internacional de Andalucía; 2024 [citado 18 de marzo de 2025]. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/8636/1442_Romero.pdf?sequence=1&i-Allowed=y
 14. Zulaica L, Molpeceres C, Rouvier M, Cendón ML, Lucantoni D. Evaluación del desempeño agroecológico de sistemas hortícolas del partido de General Pueyrredon. *Revista Estudios Ambientales - Environmental Studies Journal* [Internet]. 30 de diciembre de 2021;9(2):5-27. Disponible en: <https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-ambientales/article/view/1263>
 15. Sposito IB. Aportes de la Política Comparada y de la Metodología Cualitativa al análisis de Política Exterior Latinoamericana | Contributions from the Comparative Politics and the Qualitative Analysis for Latin American Foreign Policy Analysis. *Mural Internacional* [Internet]. 21 de diciembre de 2022;13:e67318. Disponible en: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/muralinternacional/article/view/67318>
 16. Alvarado L. Institutional Change on a Conservationist Frontier: Local Responses to a Grabbing Process in the Name of Environmental Protec-

- tion. Land (Basel) [Internet]. 28 de noviembre de 2019;8(12):182. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-445X/8/12/182>
17. Cadena Cabrera VL. Representación Artística de los Paisajes Amazónicos de la reserva de producción Faunística Cuyabeno, utilizando la técnica de la pintura en acuarela [Internet]. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias de la Educación Sociales Filosófica y Humanísticas Carrera Bellas Artes; 2019 [citado 18 de marzo de 2025]. Disponible en: <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/3047>
 18. Tierras Mayorga J, Chávez Esponda D, Segura Chávez E, Cabrera Quezada M. Potencial de carbono en el estrato arbóreo de un bosque siempreverde de tierras bajas, Sucumbíos-Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 2020;8(2).
 19. FERREIRA GAC, BARNETT APA, KRUG C. Phenology and fruit set comparison of camu-camu (*Myrciaria dubia*) in a natural population and a plantation in the central Amazon, Brazil. *Acta Amazon* [Internet]. junio de 2021;51(2):91-101. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672021000200091&tlng=en
 20. Pineda-Lázaro AJ, Vallejos-Tapullima A, Hernández-Amasifuen AD, Carballar-Hernández S, Imán-Correa S, Carvajal-Vallejos FM, et al. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with *Myrciaria dubia* in the Amazonia Region, Peru. Salimonti A, editor. *Advances in Agriculture* [Internet]. 30 de enero de 2024;2024(1). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2024/9977517>
 21. Crespo López GJ. Factores que influyen en el manejo integrado de nutrientes para la producción agrícola. *Av Investig Agropecu*. 2020;24(3).
 22. Abanto-Rodríguez C, Farias Araújo W, Cardoso Chagas P, Silva Siqueira RH da, Alves Chagas E, Gonçalves Paulichi M, et al. Determination of evapotranspiration and crop coefficient of *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh for domestication and conservation on uplands. *Rev Chapingo Ser Hortic* [Internet]. 2020;26(3):175-88. Disponible en: <https://revistas.chapingo.mx/horticultura/?section=articles&subsec=issues&numero=287&articulo=2690>
 23. Conceição N, Albuquerque BR, Pereira C, Corrêa RCG, Lopes CB, Calhelha RC, et al. By-products of camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] as promising sources of bioactive high added-value food ingredients: Functionalization of yogurts. *Molecules*. 2020;25(1).
 24. Leandro RC, Chagas EA, Feitosa I de L, Aragón S. Potential Vulnerability of Natural Populations of Camu-camu (*Myrciaria dubia*) to Anthropogenic Stressors in Southwestern Amazon. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible* [Internet]. 27 de marzo de 2024;17(53):e1370. Disponible en: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1370>
 25. Villavicencio-Valdez GV, Jacobi J, Schneider M, Altieri MA, Suzán-Azpiri H. Urban agroecology enhances agrobiodiversity and resilient, biocultural food systems. The case of the semi-dryland and medium-sized Querétaro City, Mexico. *Front Sustain Food Syst* [Internet]. 29 de noviembre de 2023;7. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2023.1066428/full>
 26. Gliessman S. Evaluating the impact of agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems* [Internet]. 13 de septiembre de 2020;44(8):973-4. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21683565.2020.1774110>