

Artículo original

Evaluación multiparamétrica de la calidad del suelo y la sanidad del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus* y *H. undatus*), sector Huambi, Morona Santiago, Ecuador

Multiparametric evaluation of soil quality and crop health of pitahaya (*Hylocereus megalanthus* and *H. undatus*), Huambi, Morona Santiago, Ecuador

✉ Juan Pablo Haro-Altamirano^{1,*}, ✉ William Carrillo-Barahona¹, ✉ Carla Haro-Velastegui¹,
✉ Miguel Ángel Osorio-Rivera¹, ✉ José Ángel Antuash-Tsenkush²

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH, Riobamba, Ecuador

² Grupo de Investigación Innovación Tecnología Morona Santiago, Macas, Ecuador

Resumen

La agricultura se ha convertido en la principal causa de degradación ambiental, lo que afecta la biodiversidad y la capacidad de los ecosistemas. Por ello es necesario formular nuevos esquemas de evaluación que integren la mayoría de las características y factores relacionados con el manejo de alternativas sustentables para mejorar los sistemas productivos. En este estudio nos propusimos evaluar la calidad del suelo y la sanidad del cultivo de dos especies de pitahaya (*Hylocereus megalanthus* y *H. undatus*) mediante un análisis multiparamétrico en Huambi, provincia de Morona Santiago, Ecuador. La metodología de Altieri y Nicholls propone un enfoque cualitativo y cuantitativo basado en indicadores adaptados a la región para determinar la calidad del suelo, la sanidad del cultivo y la sustentabilidad. En cuanto a la calidad del suelo, se encontraron rangos altos de ponderación (10) del pH, el color y la textura del suelo, la densidad aparente, la materia orgánica, la retención de humedad, la erosión y el contenido de calcio, zinc, cobre y hierro para las dos variedades. Se registraron rangos medios (5) en la compactación, la cobertura del suelo, el estado de los residuos, la infiltración, la profundidad de las raíces y el contenido ion amonio, magnesio y manganeso, y rangos bajos (1) en la profundidad de la capa arable, la actividad biológica y el contenido de boro y azufre. En la variedad amarilla se encontró un contenido de fósforo medio y uno alto de potasio. En la variedad roja, el contenido de fósforo fue alto y el de potasio medio. La sanidad del cultivo en las dos variedades registró rangos altos (10) en la apariencia, la incidencia de enfermedades, la competencia de malezas, la tolerancia al estrés, el rendimiento actual, el sistema agrosilvopastoril y el crecimiento del cultivo. En lo referente a la diversidad vegetal, solo la variedad amarilla tuvo una ponderación baja (1), pero en la roja fue alta (10). Con base en los resultados se concluyó que el cultivo de pitahaya amarilla tiene una sustentabilidad moderada (6,7) en cuanto a la calidad del suelo, y una sanidad de cultivo sustentable (7,7); el de pitahaya roja registró una sustentabilidad moderada (6,7) en el análisis de la calidad del suelo y una sanidad de cultivo sustentable (8,2).

Palabras clave: sustentabilidad, calidad del suelo, sanidad del cultivo, pitahaya, indicadores.

Abstract

Agriculture has become the main cause of environmental degradation, affecting biodiversity and ecosystems. It is necessary, therefore, to formulate new evaluation schemes that integrate the majority of management-related characteristics and factors in sustainable alternatives to improve productive systems. Our aim here was to evaluate soil quality and crop health in the crops of two pitahaya species (*Hylocereus megalanthus* and *H. undatus*) through a multiparametric analysis to support sustainable production in Huambi, Morona Santiago province, Ecuador. The methodology, proposed by Altieri and Nicholls using both qualitative and quantitative approaches, was based on regional

Citación: Haro-Altamirano JP, et al. Evaluación multiparamétrica de la calidad del suelo y la sanidad del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus* y *H. undatus*), sector Huambi, Morona Santiago, Ecuador. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 50(196):790-803, julio-septiembre de 2026. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.4038>

Editor: Gerhard Fischer

***Correspondencia:**

Juan Pablo Haro-Altamirano;
juanpablo.haro@epoch.edu.ec

Recibido: 23 de febrero de 2026

Aceptado: 25 de junio de 2026

Publicado en línea: 8 de julio de 2026



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

indicators to assess soil quality, crop health, and sustainability. We found that soil quality in the two crops had good weighting ranges (10) for pH, soil color, apparent density, soil texture, organic matter, moisture retention, erosion, calcium, zinc, copper, and iron content. Moderate ranges (5) were detected for compaction, soil cover, residue status, infiltration, root depth, ammonium ion content, magnesium, and manganese, and low ranges (1) for arable layer depth, biological activity, and boron and sulfur content. The yellow variety had moderate phosphorus and good potassium contents, while the red variety had good phosphorus and moderate potassium contents. Crop health in the crops of both varieties showed good ranges (10) for appearance, incidence of diseases, weed competition, stress tolerance, current yield, agrosilvopastoral system, and crop growth; the yellow variety had a low weighting (1) only in plant diversity, while in the red variety it was good (10). According to our results, the cultivation of yellow dragon fruit had moderate sustainability (6,7) regarding soil quality and was sustainable regarding crop health (7,7); the red variety registered moderate (6,7) sustainability in the analysis of soil quality, while it was sustainable (8,2) regarding crop health.

Keywords: Sustainability, soil quality, crop health, pitahaya, indicators.

Introducción

Jiménez (2017) señala que los suelos del mundo se están degradando y agotando rápidamente debido a factores como la compactación del suelo, la erosión, la pérdida de carbono orgánico, las malas prácticas agropecuarias, y la gran dependencia en insumos sintéticos, lo que impacta en los parámetros, físicos, químicos y biológicos (**Bonilla et al.**, 2012). **Gomiero** (2019) anota que el bajo rendimiento de la productividad se explica por el efecto de estos factores y una selección perjudicial de prácticas agropecuarias no sustentables, las cuales contribuyen a la degradación del suelo y la sanidad de los cultivos. Esta tendencia puede revertirse mediante iniciativas que promuevan programas, estrategias y prácticas de gestión sustentables con métodos adecuados para mejorar la calidad de la productividad y la sanidad del suelo y los cultivos (**Abawi & Widmer**, 2000).

Aunque el desarrollo del sector agropecuario es esencial para el crecimiento económico de los países (**Cristache et al.**, 2018), debe reconocerse que la agricultura convencional ha generado serios problemas medioambientales porque involucra prácticas que simplifican los ecosistemas y los degradan mediante procesos de monocultivo permanente y uso excesivo de fertilizantes sintéticos y pesticidas (**Abi-Saab Arrieche & Ponce Clavijo**, 2012). Asimismo, la calidad del suelo se está deteriorado debido al sistema extractivista y dependiente de insumos externos que se ha venido implementado por décadas (**Gomiero et al.**, 2008). Dichos productos sintéticos son perjudiciales no solo para los humanos sino también para los animales vertebrados e invertebrados que habitan cerca de los cultivos (**Haro et al.**, 2022), pues estos fertilizantes y pesticidas penetran en las aguas subterráneas y en estanques, lagos y ríos, causando la eutrofización, el agotamiento de oxígeno y la desaparición gradual de la vida en estas fuentes hídricas (**Średnicka-Tober et al.**, 2016).

Jeronimo et al. (2017) explican cómo los procesos agrícolas orgánicos tienen una ventaja en la mejora y conservación del suelo en comparación con las prácticas agrícolas convencionales, lo que subraya la necesidad de una evaluación multiparamétrica continua de la calidad del suelo y la sanidad de los cultivos, la cual cobra importancia para la gestión de los agricultores y productores de la parroquia Huambi, provincia de Morona Santiago, en lo referente a la pitahaya, considerada como una fruta exótica con buenas perspectivas de mercado internacional. **Balendres & Bengoa** (2019) señalan que la producción de este cultivo puede proporcionar altos rendimientos a los productores, especialmente en los mercados de exportación donde actualmente se comercializa en países europeos, Estados Unidos y la región asiática. En ese contexto, nuestro estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del suelo y la sanidad del cultivo de dos especies de pitahaya, *Hylocereus megalanthus* y *H. undatus*, mediante un análisis multiparamétrico del diagnóstico de parámetros físicos, químicos y biológicos, con la finalidad de determinar la sustentabilidad de los sistemas productivos.

En los ecosistemas terrestres la calidad del suelo se expresa en el crecimiento de las plantas, la filtración y retención del agua, y su capacidad para servir de hábitat a organismos vivos (Vivar-Arrieta *et al.*, 2023), por lo que es vital preservarla, con el fin de asegurar la sustentabilidad en la producción de alimentos, la protección de la biodiversidad, la gestión del agua, el ciclo de los nutrientes y la generación de materia orgánica por parte de las plantas y los animales (Vallejo-Quintero, 2013). Los indicadores de calidad del suelo constituyen herramientas de medición que brindan información sobre sus propiedades, procesos y características y sirven para monitorear el impacto del manejo en la función del suelo durante un periodo determinado (García *et al.*, 2012).

La pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus* syn. *Selenicereus megalanthus*) y la pitahaya roja (*Hylocereus undatus* syn. *Selenicereus undatus*) derivan su nombre del taíno, lengua indígena de varias islas del Caribe. Pertenecen a los géneros *Hylocereus* y *Selenicereus*, y las plantas son cactus que producen frutos exóticos de apariencia escamosa. Su producción es atractiva por la creciente demanda en los mercados internacionales y el potencial de la planta para diversificar los cultivos (Díaz, 2005).

La sanidad de los cultivos es objeto importante de las disciplinas y tecnologías científicas que sustentan la seguridad alimentaria mundial. Su objetivo principal es prevenir, controlar y mitigar las enfermedades, plagas y malezas que pueden perjudicar la salud y rendimiento de los cultivos, lo que resulta fundamental para garantizar la producción agrícola y forestal, así como la seguridad alimentaria y la conservación de los ecosistemas naturales (Haro *et al.*, 2022; Altieri & Nicholls, 2013). Los indicadores de sanidad de un cultivo incluyen su apariencia, la incidencia de enfermedades malezas, su tolerancia al estrés (sequía u otros factores), el crecimiento del cultivo, el sistema de raíces, y su rendimiento potencial (Altieri & Nicholls, 2013).

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la finca Don Bolo, ubicada a 6 km de la Parroquia de Huambi, provincia de Morona Santiago, Ecuador, en la vía principal que conduce al Cantón Logroño. Sus coordenadas son 2°35'22.7" de latitud sur y 78°10'43.2" de longitud oeste y su altitud es de 1.020 m s.n.m. (Figura 1).

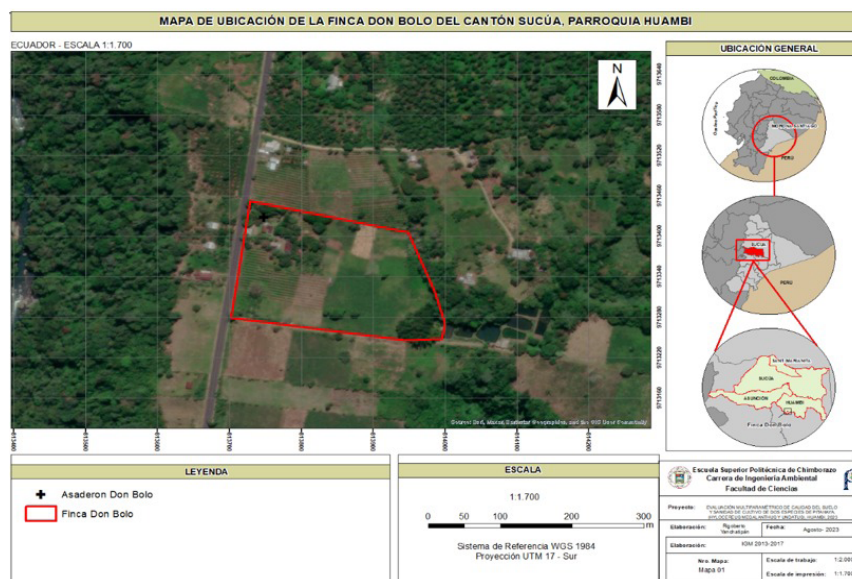


Figura 1. Mapa de ubicación y puntos de muestreo de la finca Don Bolo, Huambi, provincia de Morona Santiago, Ecuador. Fuente: elaboración propia

El área de estudio sembrada con la variedad amarilla tenía 0,41 ha, en tanto que la variedad roja ocupaba 0,6 ha; se reportaron 1.200 plantas, de las cuales se seleccionaron al azar 60 de cada variedad para evitar el efecto de borde. Se adoptó un enfoque mixto: el análisis cuantitativo se aplicó para determinar la calidad del suelo mediante la determinación del área de cultivo y los puntos de muestreo en el sitio, de manera visual, aplicando escalas de observación directa. El análisis de las muestras de suelo se hizo en el laboratorio de la ESPOCH. El análisis del estado fitosanitario de las variedades de pitahaya fue objeto de un estudio transversal que estableció la correlación comparativa de los diferentes parámetros mediante un diagrama de tipo ameba a partir de escalas definidas para determinar la sustentabilidad de las variedades.

Determinación de los puntos de muestreo de suelos

Se aplicó el método de zigzag siguiendo a **Mendoza & Espinoza** (2017) para determinar 13 puntos de muestreo a una profundidad de 0,20 m. Se obtuvo 1 kg con toda la codificación de la muestra para realizar el análisis en el laboratorio con base en la cartografía proporcionada por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) e imágenes satelitales obtenidas con el programa SAS Planet Stable de Satellite.

Se emplearon indicadores específicos para evaluar las dos variedades de pitahaya mediante la metodología de **Altieri & Nicholls** (2002), la cual es versátil y puede ajustarse a una amplia variedad de ecosistemas. La elección de estos indicadores respondió a su practicidad y comprensibilidad para los agricultores, pues son precisos y de fácil interpretación, sensibles a los cambios ambientales y al impacto de las prácticas de manejo del suelo y del cultivo. Estos indicadores abarcan propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como su relación con los procesos del ecosistema (**Cabrera**, 2012; **González et al.**, 2019). Se seleccionaron 25 parámetros para evaluar la calidad del suelo; para la evaluación de la salud del suelo se determinaron diez parámetros, todos ellos adaptados a las condiciones biofísicas de la Amazonia ecuatoriana y de fácil comprensión para los productores locales.

Para determinar la s, cada indicador se evaluó de manera individual, asignándole un valor en una escala del 1 al 10 (donde 1 indica el valor menos deseado, 5 representa un valor medio y 10 corresponde al valor deseado) (**Peredo-Parada & Barrera-Salas**, 2019). Este proceso se ajustó a las características particulares del suelo o del cultivo, considerando los atributos relevantes de cada indicador (**Tabla 1**). Los resultados fueron muy beneficiosos para los productores, ya que les permitieron comprender el comportamiento de las fincas ante una respuesta ecológica y productiva superior o inferior a la de otras. Además, les brindaron información sobre las medidas que podrían implementar para mejorar los aspectos en los que los indicadores arrojaron valores bajos. Se trabajó con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Calidad del suelo: } \frac{\sum \text{total de cada indicador evaluado}}{\text{Número de indicadores totales}} \quad [1]$$

$$\text{Sanidad del cultivo: } \frac{\sum \text{total de cada indicador evaluado}}{\text{Número de indicadores totales}} \quad [2]$$

Tabla 1. Índice de sostenibilidad

Índice	Rango
Sustentable	7,1 - 10
Moderadamente sustentable	4,1 - 7
No sustentable	1 - 4

Fuente: **Haro et al.** (2022)

En la evaluación de la sostenibilidad, comprendida como un conjunto de requisitos agroecológicos que deben cumplir las fincas, se aplicó la metodología expuesta por **Haro et al.** (2022), la cual recomienda sumar los valores obtenidos para cada indicador y dividir por el número total de indicadores evaluados, tanto para la calidad del suelo [Ecuación 1] como para la sanidad del cultivo [Ecuación 2]. La comparación de los valores finales se presenta en la **Tabla 1**. Este enfoque facilita la determinación del nivel de sostenibilidad de cada proceso a lo largo del tiempo, el cual se lleva a un gráfico de tipo ameba, con el fin de obtener un juicio de valor sobre los sistemas de producción agrícola.

Para comparar el resultado final de la calidad del suelo y la sanidad vegetal, se tomaron en cuenta los siguientes rangos: los valores de 1 a 3,9 se asimilaron a 1 como valor de ponderación bajo, de 4 a 6,9 se asimilaron a 5 como valor de ponderación medio, y de 7 a 9,9 se igualaron a 10 como valor de ponderación alto. Para comparar la valoración de los macronutrientes y micronutrientes de las dos especies de pitahaya se tomaron en cuenta los datos iniciales con sus respectivas unidades, es decir, los resultados en ppm y mEq/100 ml.

Resultados y discusión

Evaluación de calidad del suelo

La evaluación multiparamétrica del suelo y la sanidad de *Hylocereus megalanthus* y *H. undatus* permitió determinar relaciones edáficas y fitosanitarias determinantes para la sostenibilidad productiva en Huambi, Morona Santiago, Ecuador.

Según los resultados presentados en la **Tabla 2**, los valores de pH fueron de 5,88 para la pitahaya amarilla y de 5,99 para la pitahaya roja, es decir, un pH medianamente ácido, por lo que no hubo diferencias en las condiciones que pudieran afectar negativamente el suelo y el crecimiento de las plantas. Ello concuerda con lo expuesto por **Rodríguez et al.** (2019), quienes plantean que el pH óptimo para el cultivo de la pitahaya está entre 5,5 y 6,5.

En cuanto a la evaluación del color del suelo en estado húmedo, este tuvo una tonalidad marrón oscura tanto en el cultivo de la pitahaya amarilla como el de la roja, lo cual es positivo, ya que indica una buena retención de agua y presencia de humus y nutrientes. Esta tonalidad del suelo concuerda con lo reportado por **Patil et al.** (2014) en su estudio en la región amazónica, donde el color del suelo es marrón oscuro. Por otra parte, las tonalidades amarillas o pardo amarillentas sugieren la presencia de minerales ricos en hierro (**Eraso et al.**, 2011). La variación en el color del suelo se debe a diferencias en la composición mineral o la cantidad de materia orgánica.

El suelo del cultivo de pitahaya amarilla registró una densidad aparente de $0,83 \text{ g cm}^{-3}$, en tanto que en el de pitahaya roja fue de $0,88 \text{ g cm}^{-3}$, es decir, sin diferencia significativa, considerándose ambas adecuadas para el desarrollo del cultivo. Estos valores se asemejan a los hallados por **Cristache et al.** (2018), en los que el suelo analizado registró un valor de $0,80 \text{ g cm}^{-3}$, lo que se debe a la distribución de los tamaños de los poros y la conductividad hidráulica, que puede variar según el uso del suelo, la localidad y la profundidad.

En cuanto a la textura del suelo, en el cultivo de pitahaya amarilla se determinó un porcentaje de arena de 47 %, de limo de 35 % y de arcilla de 18 %, clasificándose como un suelo franco, en tanto que en el de pitahaya roja el porcentaje de arena fue de 51 %, el de limo 25 % y el de arcilla 24 %, clasificándose como un suelo franco-arenoso-arcilloso; estos porcentajes concuerdan con los hallados por **Díaz** (2005) y **García et al.** (2012). Los cultivos de pitahaya se desarrollan mejor en suelos francos y franco-arenoso-arcillosos por su buen drenaje y buena disponibilidad de humedad.

El suelo donde se sembró la pitahaya amarilla tenía un nivel ligeramente más alto de materia orgánica (12 %) que el de la pitahaya roja (10,84 %), lo que concuerda con lo expuesto por **González et al.** (2020) en cuyo estudio la materia orgánica en el suelo analizado fue de 12,1 %, fundamentalmente debido a las condiciones edafoclimáticas y la acumulación de residuos animales y vegetales propios de la Amazonía.

Tabla 2. Resultados de evaluación de calidad de suelo en los cultivos de pitahaya amarilla y pitahaya roja

Parámetros	Pitahaya amarilla				Pitahaya roja			
	Resultados	Unidad	Valor	Ponderación	Resultados	Unidad	Valor	Ponderación
pH	5,88	Adim.	10	Alto	5,99	Adim.	10	Alto
Color del suelo	10 YR 3/3 – Húmedo	Adim.	10	Alto	10YR 3/3 - Húmedo	Adim.	10	Alto
Densidad aparente	0,83	gcm ⁻³	10	Alto	0,88	gcm ⁻³	10	Alto
Textura del suelo	Franco	Adim.	10	Alto	Franco arenoso-arcilloso	Adim.	10	Alto
Materia orgánica	12	%	10	Alto	10,84	%	10	Alto
Compactación	Estructura con poros	Adim.	5	Medio	Estructura con pocos poros	Adim.	5	Medio
Cobertura del suelo	30	%	5	Medio	30	%	5	medio
Estado de los residuos	En descomposición	Adim.	5	Medio	En descomposición	Adim.	5	Medio
Infiltración	0,95	cmh ⁻¹	5	Medio	1,08	cmh ⁻¹	5	Medio
Profundidad de la capa arable	9	cm	1	Bajo	10	cm	1	Bajo
Profundidad de las raíces	20	cm	5	Medio	20	cm	5	Medio
Retención de humedad	78	%	10	Alto	58	%	10	Alto
Erosión	Sin erosión	Adim.	10	Alto	Sin erosión	Adim.	10	Alto
Actividad biológica	0,5	Adim.	1	Bajo	0,65	Adim.	1	Bajo
Amonio (NH ₄)	39,1	ppm	5	Medio	28,2	ppm	5	Medio
Fósforo (P)	16,3	ppm	5	Medio	22,6	ppm	10	Alto
Boro (B)	0,33	ppm	1	Bajo	0,29	ppm	1	Bajo
Potasio (K)	0,84	meq/100 mL	10	Alto	0,34	meq/100 mL	5	Medio
Calcio (Ca)	15,59	meq/100 mL	10	Alto	15,73	meq/100 mL	10	Alto
Magnesio (Mg)	1,52	meq/100 mL	5	Medio	1,56	meq/100 mL	5	Medio
Zinc (Zn)	10,72	ppm	10	Alto	7,69	ppm	10	Alto
Cobre (Cu)	22,01	ppm	10	Alto	20,03	ppm	10	Alto
Hierro (Fe)	128,70	ppm	10	Alto	107,40	ppm	10	Alto
Manganeso (Mn)	10,72	ppm	5	Medio	7,69	ppm	5	Medio
Azufre (S)	7,03	ppm	1	Bajo	3,32	ppm	1	Bajo
Total			6.7	Medio	Total			6,7 Medio

Adim.: adimensional

La compactación e infiltración de agua en los dos suelos fueron de valor medio: el de la pitahaya roja presentaba una tasa de infiltración ligeramente superior ($1,08 \text{ cmh}^{-1}$ frente a $0,95 \text{ cmh}^{-1}$), lo que concuerda con **Rivera et al.** (2018), quienes reportaron valores medios en su estudio que permitían una penetración de agua por capilaridad más rápida y eficiente.

La cobertura del suelo en los dos cultivos de pitahaya es moderada, con un valor del 30 %, concordando con el estudio realizado por **Raffo et al.** (2021) y **Salinas-Crespo** (2012). Estos autores anotan que la cobertura del suelo es esencial para ayudar a reducir la erosión, mantener la humedad y una temperatura constante en el suelo, así como el desarrollo de las raíces y la actividad microbiana. En los dos sistemas de producción, el valor del estado de residuos fue medio, siendo equivalentes en los dos procesos, ya que la actividad de los microorganismos y el proceso de degradación de los residuos generaron ventajas comparativas en el desarrollo del cultivo, lo cual coincide con las recomendaciones de **Raffo et al.** (2021) sobre la evaluación y sustentabilidad en fincas de producción de pitahaya con manejo orgánico y convencional.

En el suelo del cultivo de pitahaya amarilla, la profundidad de la capa arable era de 9 cm, por lo que se clasificó como de rango bajo, en tanto que la profundidad de la capa arable en el cultivo de pitahaya roja era ligeramente mayor a 10 cm, es decir, de nivel bajo, lo que se asemeja a lo reportado por **Bermeo & Dioses** (2020), en cuyo estudio los valores obtenidos fueron de 10 cm y los horizontes eran superficiales, lo que limitaba el crecimiento de las raíces y la disponibilidad de nutrientes, siendo esto una desventaja equivalente para el anclaje y desarrollo de las raíces.

En los suelos de cultivo de las dos especies el desarrollo de las raíces se clasificó como medio, con una longitud de 20 cm, y sin diferencias significativas. Estos valores se asemejan a los del estudio de **Raffo et al.** (2021), en el cual la longitud de las raíces fue de 5 a 25 cm y el área de expansión de aproximadamente 30 cm; en consecuencia, las raíces de las dos variedades tuvieron un crecimiento regulado por el tamaño de la capa arable.

En cuanto al parámetro de retención de la humedad, el suelo del cultivo de pitahaya amarilla presentó una retención de humedad del 78 % y el cultivo de pitahaya roja del 58 %, lo que se considera bueno y se asemeja a los valores encontrados por **Bejar et al.** (2020), con una humedad del suelo de 70 %, es decir, alta, lo que asegura un buen proceso de conservación de la humedad y de manejo sostenible de suelo.

En cuanto a la erosión, en ninguno de los dos cultivos se evidenció este proceso, lo que los cataloga dentro de un rango alto y concuerda con los hallazgos de **Noellemeyer et al.** (2021), en cuyos suelos de estudio se movilizaban partículas pequeñas en presencia de viento o en momentos de labranza, es decir, una erosión baja.

Según los datos presentados, tanto en el cultivo de pitahaya amarilla como en el de pitahaya roja, la actividad biológica del suelo se ha clasificado como baja, concordando con lo analizado por **Pinos** (2022) en su estudio con respecto a la calidad del suelo medida con indicadores físicos y químicos aplicados a tres usos. Ese estudio encontró que la actividad microbiana era baja por el exceso de agroquímicos y su acumulación en el suelo, lo que resulta en una presencia limitada de organismos beneficiosos para el suelo y la planta, lo que restringe las interacciones que los favorecen.

El análisis del contenido de ion amonio en los suelos de cultivo de pitahaya amarilla arrojó un valor de $64,9 \text{ kg ha}^{-1}$, para la variedad roja fue de $70,5 \text{ kg ha}^{-1}$, lo que los sitúa en el mismo rango medio. Este elemento puede ser asimilado por los vegetales de manera directa, lo que concuerda con lo analizado por **Schlöter et al.** (2003) en su estudio sobre los efectos agrobiológicos de coberturas verdes en el cultivo de pitahaya donde demuestran que el rango medio equivale a una disminución del contenido de materia orgánica, lo que lleva a que los nutrientes sean menos accesibles para su absorción.

El contenido de fósforo en los suelos de cultivo de pitahaya amarilla presentó un nivel de $27,1 \text{ kg ha}^{-1}$, catalogado como medio, mientras que en los de la pitahaya roja el contenido fue mayor, con $56,5 \text{ kg ha}^{-1}$, clasificado como alto, lo que implica una diferencia

significativa y concuerda con lo hallado por **Mejía & Montes** (2006), quienes señalan que el contenido de fósforo en su estudio dependió de la presencia de las arcillas alófanas de origen volcánico que fijan de forma irreversible el ion fosfato.

El contenido de boro en los suelos del cultivo de pitahaya amarilla fue de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ y en los de pitahaya roja, $0,7 \text{ kg ha}^{-1}$, lo que se clasifica como bajo, y concuerda lo expuesto por **Ortiz et al.** (2021). La carencia de boro genera problemas fisiológicos y de crecimiento de los frutos, ya que este elemento es necesario para el cuajado de los frutos y el desarrollo de las semillas.

En el análisis del potasio en los suelos de cultivo de la pitahaya amarilla, se encontró un valor catalogado como alto, de $0,84 \text{ meq/100 mL}$, en tanto que en los de pitahaya roja, se halló un valor catalogado como medio, de $0,34 \text{ meq/100 mL}$. **Ortiz et al.** (2021) señalan que la concentración de potasio baja debido a factores como la cantidad de materia orgánica, el pH y la textura de los suelos.

El contenido de calcio en el suelo de cultivo de las dos variedades de pitahaya se clasificó como alto. **Ortiz et al.** (2021) han planteado que este nutriente es importante para el desarrollo de la pitahaya e interviene en la división y la estabilidad de las paredes celulares, el crecimiento, el llenado y la calidad de la fruta.

El contenido de magnesio en el suelo de cultivo de las dos variedades de pitahaya se catalogó como medio. **Ortiz et al.** (2021) explican cómo este elemento cumple funciones importantes en la planta, como la activación enzimática y el constituyente de la clorofila, así como el transporte y la movilidad del fósforo.

El zinc en los suelos de siembra de la pitahaya amarilla tuvo un valor de $10,72 \text{ ppm}$, en tanto que en los de la pitahaya roja fue de $7,69 \text{ ppm}$, lo que se cataloga como alto. **Ortega** (2009) señala que el zinc participa en la formación de auxinas que estimulan el crecimiento y, dado que su contenido fue alto en los dos cultivos, los frutos tendrán un tamaño y forma uniformes y, además, será mayor la resistencia a las enfermedades.

El cobre disponible en los suelos de cultivo de la pitahaya amarilla fue de $22,01 \text{ ppm}$ y en los de la pitahaya roja, de $20,03 \text{ ppm}$. **Ortega et al.** (2022) aclaran que este elemento estimula el crecimiento, reduce el riesgo de plagas y enfermedades, mejora la polinización y la fertilización, e interviene en la síntesis de azúcares y de vitamina C, lo que, en consecuencia, mejora el rendimiento.

El contenido de hierro en los suelos de cultivo de pitahaya amarilla fue de $128,70 \text{ ppm}$ y en los de pitahaya roja, de $107,40 \text{ ppm}$, es decir, altos. **Ortega et al.** (2022) señalan que este nutriente participa en la formación de clorofila y mejora la viabilidad del polen, lo que asegura una buena calidad, forma, color y tamaño de los frutos.

El manganeso disponible en los suelos del cultivo de pitahaya amarilla fue de $10,72 \text{ ppm}$ y en los de pitahaya roja, $7,69 \text{ ppm}$, lo que los clasifica como de valor medio. **Ortiz et al.** (2021) aclaran que cuando su contenido es medio puede limitar el desarrollo y la productividad del cultivo.

El azufre en los suelos del cultivo de pitahaya amarilla fue de $7,03 \text{ ppm}$ y en los de pitahaya roja de $3,32 \text{ ppm}$, es decir, un contenido pobre, lo que concuerda con lo hallado en el estudio de **Ortiz et al.** (2021). Los bajos niveles de azufre afectan negativamente el rendimiento y calidad de los cultivos, limita el crecimiento de las plantas, el número de flores y la viabilidad de polen, y provoca caídas de frutos.

Evaluación de la sanidad del cultivo

En la evaluación de la sanidad del cultivo se propusieron diez indicadores evaluados el sitio (**Tabla 3**).

Según los resultados (**Tabla 3; Figura 2**), los suelos de cultivo de la pitahaya amarilla y la pitahaya roja tenían una apariencia calificada como buena, con un follaje verde intenso y sin signos de deficiencia ni ataque de plagas y enfermedades, lo que coincide con lo hallado por **Vargas et al.** (2018) en su estudio de la pitahaya en la Amazonía ecuatoriana, cuyos cultivos presentaban suelos de buena apariencia, asociada con factores como su adecuada aireación, niveles apropiados de humedad y materia orgánica y presencia de nutrientes esenciales.

La incidencia de enfermedades y plagas tanto en el cultivo de pitahaya amarilla como en el de pitahaya roja fue baja, menor al 20 %, aunque se registraron síntomas leves en algunas plantas, es decir, las dos especies clasificaban como resistentes. Al comparar con el estudio de **Raffo *et al.* (2021)**, que evaluó la sustentabilidad en fincas de producción de pitahaya manejadas tanto de forma orgánica como convencional, la presencia de plagas y enfermedades afectó significativamente la producción y la calidad de la fruta debido a la ausencia de prácticas de manejo adecuadas, de monitoreo regular y de control biológico.

Tabla 3. Resultados de sanidad en los cultivos de pitahaya amarilla y pitahaya roja

Parámetros	Pitahaya amarilla		Pitahaya roja	
	Valoración	Ponderación	Valoración	ponderación
Apariencia	10	Alto	10	Alto
Incidencia de enfermedades y plagas	10	Alto	10	Alto
Competencia por malezas	10	Alto	10	Alto
Resistencia o tolerancia al estrés	10	Alto	10	Alto
Rendimiento actual o potencial	10	Alto	10	Alto
Sistema agrosilvopastoril	10	Alto	10	Alto
Diversidad vegetal	1	Bajo	10	Alto
Crecimiento del cultivo	10	Alto	10	Alto
Sistema de manejo	1	Bajo	1	Bajo
Diversidad natural circundante	5	Medio	1	Bajo
Total		7,7		8,2

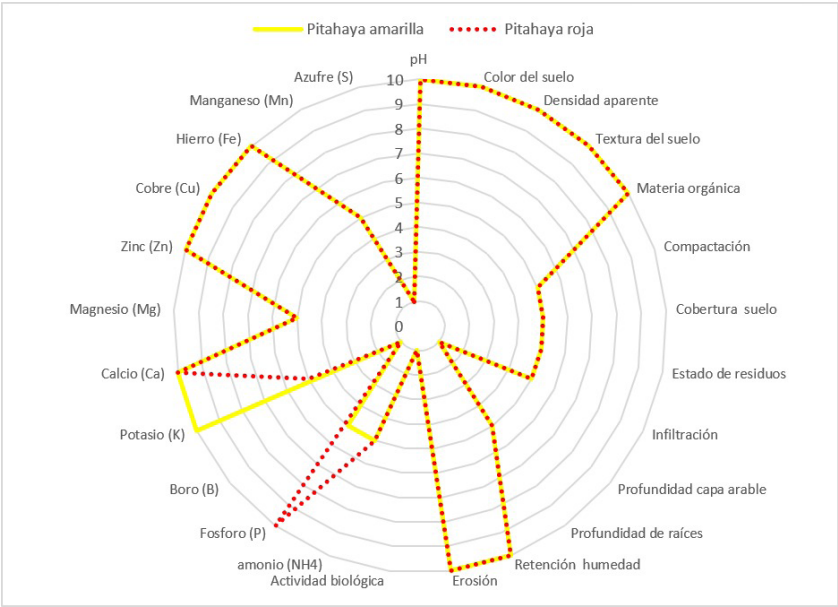


Figura 2. Indicadores de la calidad del suelo en los cultivos de pitahaya amarilla vs. los de pitahaya roja. Fuente: elaboración propia

La competencia por malezas en ambos sistemas de cultivo de la pitahaya se calificó como alta, y se observó un cultivo vigoroso que se sobreponía a las malezas. Esto concuerda con lo analizado por **Raffo et al.** (2021), quienes señalan que un buen control de malezas evita la competencia para el cultivo y permite un desarrollo y una productividad normales.

La evaluación de la resistencia o tolerancia al estrés en los cultivos de las dos especies de pitahaya se calificó de alta, pues soportaron lluvias intensas. Algo similar encontraron **Verona et al.** (2020); en su estudio las plantas fueron capaces de sobrellevar condiciones climáticas adversas, asunto crucial para mantener la salud y el rendimiento del cultivo sin generar una competencia perjudicial en ninguno de los dos casos.

El rendimiento actual o potencial en las dos especies de pitahaya tuvo una ponderación alta en comparación con el promedio de la zona del cultivo (**Tabla 3**), tal como lo observaron **Verona et al.** (2020) en su estudio de evaluación de la calidad de las plantas, lo que atribuyeron a la presencia de nutrientes esenciales en el suelo que garantizan un buen desarrollo y rendimiento de los cultivos de pitahaya.

En cuanto al sistema agrosilvopastoril, su manejo se ponderó como adecuado en los cultivos de las dos especies de pitahaya. **Contreras et al.** (2023) puntualizan en su estudio de los sistemas silvopastoriles cómo aquellos implementados en la Amazonía mejoraron la salud del suelo mediante la integración de árboles, cultivos y pastoreo en la misma área, proporcionando beneficios como la diversificación, la conservación del suelo y la sostenibilidad.

La diversidad vegetal de la pitahaya amarilla registró un valor bajo, que corresponde a la de un monocultivo sin presencia de sombra, en comparación con la pitahaya roja, que tuvo un valor alto por la presencia de más de dos especies de sombra, además de otros cultivos o malezas dominantes. En su estudio **Raffo et al.** (2021) plantean que la diversidad en una finca es deseable, ya que mejora las condiciones de crecimiento, da sombra, especialmente de otras especies vegetales, y proporciona beneficios como la conservación del suelo, la regulación de la temperatura y la mantención de hábitats aptos para fauna benéfica.

El crecimiento de los cultivos de las dos especies de pitahaya se reportó como bueno, observándose un cultivo denso, uniforme, de buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y uniformes, similar al de los cultivos reportados por **Verona et al.** (2020) en su estudio.

En cuanto al sistema de manejo, este registró un valor bajo en los cultivos de las dos especies de pitahaya, pues se trataba de monocultivos convencionales manejados con agroquímicos. Esto guarda estrecha relación con lo hallado por **Contreras et al.** (2023), quienes concluyeron que las labores y prácticas llevadas a cabo eran insuficientes o inadecuadas, con gestiones de tipo convencional, dependientes de agroquímicos.

La diversidad natural circundante del cultivo de pitahaya amarilla obtuvo un valor de 5, catalogado como moderado; se encontró que estaba rodeado por vegetación natural en uno de los lados, por lo menos, en comparación con el de pitahaya roja, cuya puntuación fue de 1, es decir, baja, pues el cultivo estaba rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera. Esto concuerda con lo analizado por **Raffo et al.** (2021) en su estudio de evaluación y análisis de la sustentabilidad en fincas de producción de pitahaya con manejo orgánico y convencional (**Figura 3**).

El análisis de la sustentabilidad con base en los promedios que se presentan en la **Tabla 4** concluyó que en el cultivo de pitahaya amarilla la calidad del suelo presentaba una sustentabilidad moderada, con un valor de 6,7, y una sanidad de cultivo de 7,7, siendo este un parámetro sustentable. En cuanto a la variedad de pitahaya roja, el análisis de calidad del suelo reflejó un valor de 6,7, correspondiente a una sustentabilidad moderada, en tanto que la sanidad del cultivo obtuvo un valor de 8,2, correspondiente a sustentable.

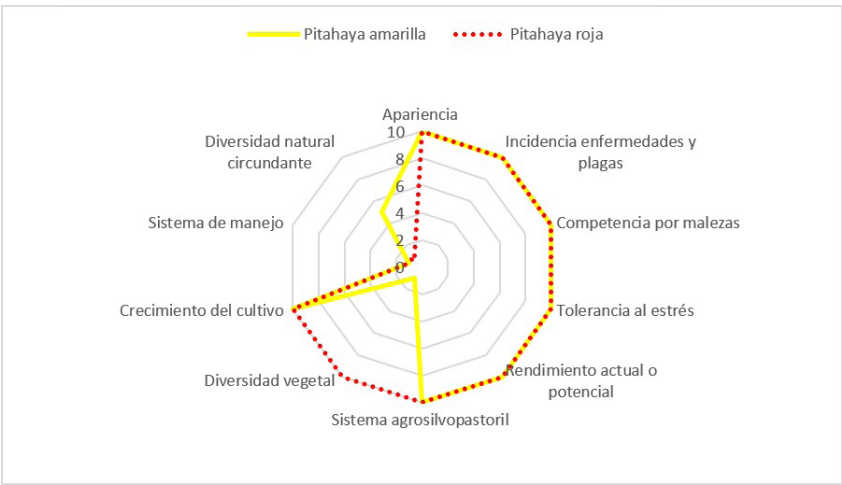


Figura 3. Indicadores sanidad del cultivo de pitahaya amarilla vs. el de pitahaya roja. Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Resultados de la sustentabilidad de los dos cultivos de pitahaya

Rangos	Ponderación	Pitahaya amarilla		Pitahaya roja	
		Calidad de suelo	Sanidad de cultivo	Calidad de suelo	Sanidad de cultivo
7,1 - 10	Buena		7,7		8,2
4,1 - 7	Moderada	6,7		6,7	
1 - 4	Mala				

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

La calidad del suelo y la sanidad vegetal se evaluaron mediante indicadores físicos, químicos y biológicos después de determinar y seleccionar aquellos más pertinentes para los cultivos de pitahaya (*Hylocereus megalanthus* y *H. undatus*). El análisis de las propiedades fisicoquímicas del suelo en el cultivo de pitahaya amarilla (*H. megalanthus*) de la finca Don Bolo registró contenidos medios en amonio, fósforo, magnesio y manganeso, y contenidos bajos en boro y azufre. El resto de los nutrientes se encontraron en concentraciones adecuadas para la nutrición vegetal; dado que este suelo tiene una textura franca, se registró una densidad aparente de 0,83 g^{cm-3} y un pH medianamente ácido, lo que indica condiciones no compactadas, propicias para el suelo. El cultivo de pitahaya roja (*H. undatus*) presentó contenidos medios de amonio, potasio, magnesio y manganeso, y contenidos bajos en boro y azufre; su textura es de un suelo franco-arenoso-arcilloso, con una densidad aparente de 0,88 g^{cm-3} y un pH medianamente ácido.

Con respecto a la actividad microbiana, en los cultivos de las dos especies de pitahaya (*H. megalanthus* y *H. undatus*) se observó escasa presencia de invertebrados, lo que se debe al uso excesivo de fertilizantes químicos y pesticidas sintéticos, los cuales afectan negativamente la actividad de los microorganismos beneficiosos y los procesos que estos realizan en el suelo.

En cuanto a la sanidad del cultivo, el sistema de manejo obtuvo una puntuación baja, pues se trataba de un sistema convencional. En el cultivo de la variedad amarilla la diversidad vegetal se reportó como baja y la diversidad natural circundante como media, en tanto que en el de la variedad roja la diversidad natural circundante fue baja.

La sustentabilidad de las dos variedades de pitahaya se midió asignando escalas (1) (5) (10) a cada indicador. Los resultados establecieron que el cultivo de pitahaya amarilla presentaba una sustentabilidad moderada en el parámetro de calidad del suelo, con un valor de 6,7, y la sanidad de cultivo era sustentable, con un valor de 7,7. En cuanto a la variedad de pitahaya roja, el análisis de la calidad del suelo reflejó una sustentabilidad moderada, con un valor de 6,7, y la sanidad del cultivo registró un valor de 8,2, es decir, sustentable.

Agradecimientos

Agradecemos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al Grupo de Investigación Innovación Tecnología Morona Santiago, por permitir la realización de esta investigación.

Contribución de los autores

J.P.H.A.: conceptualización, curaduría de datos, análisis formal, investigación, metodología. **C.V.H.V.:** conceptualización, curaduría de datos, validación, escritura y revisión. **W.E.C.B.:** conceptualización, curaduría de datos, validación. **J.A.A.T.:** análisis y toma de datos, validación en campo. **M.A.O.R.:** proyecto, administración, supervisión de recursos.

Conflicto de intereses

Los autores declaramos no tener ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

Referencias

- Abawi, G. S. & Widmer, T. L.** (2000). Impacto de las prácticas de manejo de la salud del suelo en los patógenos transmitidos por el suelo, los nematodos y las enfermedades de las raíces de los cultivos hortícolas. *Ecología Aplicada del Suelo*, 15(1), 37-47. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00070-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00070-6)
- Abi-Saab Arrieche, R., Ponce Clavijo, N. L.** (2012). *Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la estancia, Madrid, Cundinamarca*. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.
- Altieri, M. A. & Nicholls C. I.** (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 64, 17-24.
- Altieri, M. A. & Nicholls, C. I.** (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7-20. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921>
- Balendres, M. A. & Bengoa, J. C.** (2019). Enfermedades de la pitahaya (*Hylocereus species*): Etiología y opciones de manejo actuales. *Protección de Cultivos*, 126, 104920. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104920>
- Bejar, S. J., Cantú, I., Yáñez, M. I., Luna, E. O.** (2020). Curvas de retención de humedad y modelos de pedotransferencia en un Andosol bajo distintos usos de suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(59), 31-50. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.666>
- Bermeo, T. B. & Dioses, D. Y.** (2020). *Influencia de la edad del cultivo de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus (K. Schum. Ex Vaupel) Moran) en la fertilidad del suelo, Cantón Palora, Provincia Morona Santiago*. Undergraduate thesis, Universidad Estatal Amazónica.
- Bonilla, N. J., Gutiérrez-Barranquero, J. A., De Vicente, A., Cazorla, F. M.** (2012). Mejora de la calidad del suelo y la salud de las plantas mediante enmiendas orgánicas supresoras. *Diversidad*, 4(4), 475-91. <https://doi.org/10.3390/d4040475>
- Cabrera, G.** (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 346-63.
- Contreras, J. L., Martínez, J., Rodríguez, J. L., Barragán, W., Garrido, J., Falla-Guzmán, C. K.** (2023). Índice de calidad del suelo bajo sistemas agropecuarios en el bosque seco tropical - Colombia. *Revista Tierra Latinoamericana*, 41, 1-18. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1694>
- Cristache, S.-E., Vuță, M., Marin, E., Cioacă, S.-I., Vuță, M.** (2018). Agricultura ecológica frente a agricultura convencional: un paradigma para el desarrollo sostenible de los países europeos. *Sostenibilidad*, 10(11), 4279. <https://doi.org/10.3390/su10114279>.

- Díaz, J. (2005). Biología y manejo postcosecha de pitahaya roja y amarilla (*Hylocereus* spp. y *Selenicereus* spp.). *La Calera*, 5(6), 44-49.
- García, Y., Ramírez, W., Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-38.
- Gomiero, T., Paoletti, M. G., Pimentel, D. (2008). Problemas energéticos y ambientales en la agricultura orgánica y convencional. *Reseñas críticas en ciencias vegetales*, 27(4), 239-54. <https://doi.org/10.1080/07352680802225456>.
- Gomiero, T. (2019). Manejo del suelo y de los cultivos para ahorrar alimentos y mejorar la seguridad alimentaria. En C. M. Galanakis (ed.), *Ahorro de alimentos* (pp. 33-87). Academic Press.
- González, C., Jara, M., Fuenzalida, I., Rivas, F. (2020). *Estudios de infiltración y determinación de la constante de permeabilidad en los suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Talca*. Universidad de Talca.
- González, V., Bravo, C., Romero, M., Andrade, S., Andino, M., Valle, A., Hidalgo- Guerrero, I., Andrade, V. (2019). Evaluación de la calidad de los suelos en cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la parroquia Fátima provincia de Pastaza. *Ciencia y Tecnología*, 12(2), 15-22. <https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.322>.
- Haro, J. P., Osorio, M. A., Vivar, M. A., Jácome, S. P., Narváez, J. M. (2022). Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de la agricultura familiar, cantón Penipe, Ecuador, 2021. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(3). <https://doi.org/10.56369/tsaes.4331>
- Jeronimo, M. C., Costa-Orsine, J. V., Novaes, M. R. C. G. (2017). Características nutricionales, farmacológicas y toxicológicas de la pitahaya (*Hylocereus undatus*): Una revisión de la literatura. *Revista Africana de Farmacia y Farmacología*, 11(27), 300-304. <https://doi.org/10.5897/AJPP2016.4582>.
- Jiménez, R. (2017). *Introducción a la contaminación de suelos*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Mejía, L. A. & Montes, C. E. (2006). *Efecto de tres especies de leguminosas sobre la dinámica poblacional, abundancia, diversidad de malezas y su aporte de (NPK) a partir de la materia orgánica al suelo en el cultivo de la pitahaya (Hylocereus undatus Britton y Rose)*. Undergraduate thesis. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Mendoza, R. & Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para muestreo de suelos*. Universidad Nacional Agraria and Catholic Relief Services, Nicaragua.
- Noellemeyer, E., Álvarez, L., Leizica, E., Gómez, F., Quiroga, A., Fernández, R., Frasier, I., Álvarez, C. (2021). *Guía para la evaluación visual de la calidad del suelo*. Universidad Nacional de la Pampa and INTA Anguil, La Pampa.
- Ortega, G. (2009). *Agroecología vs. agricultura convencional*. BASE Investigaciones Sociales, Asunción.
- Ortega, J.G., Zambrano, A., Velázquez, R. V., Merchán García, W. (2022). Análisis físico y químico de los suelos agrícolas del Sur de Manabí y su relación con los cultivos (Original). *ROCA. Revista Científico-Educacional de la Provincia Granma*, 18(3).
- Ortiz, M., Delatorre Castillo, J. P., Sepúlveda, I., Low, C., Ruiz, K. B., Delatorre Herrera, J. (2021). Efectos de distintas concentraciones de boro y pH en el crecimiento de *Zea mays* var. Capia blanco, un maíz ancestral de Chile. *Idesia (Arica)*, 39(2), 111-19. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292021000200111>
- Patil, S., Reidsma, P., Shah, P., Purushothaman, S., Wolf, J. (2014). Comparación de la agricultura convencional y orgánica en Karnataka, India: ¿Dónde y cuándo puede ser sostenible la agricultura orgánica? *Política de uso de la tierra*, 37, 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.01.006>
- Peredo-Parada, S. & Barrera-Salas, C. (2019). Evaluación participativa de la sustentabilidad entre un sistema campesino bajo manejo convencional y uno agroecológico de una comunidad Mapuche de la Región de la Araucanía (Chile). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1), 323-36.
- Pinos, S. D. (2022). *Calidad del suelo a partir de indicadores físicos y químicos aplicado a tres usos de suelo para la generación de propuestas de gestión por impactos en el suelo por acciones antrópicas en el bosque y vegetación protectores de Sunsun - Yanasacha*. Tesis de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Quimis-Gómez, A. J., Jaramillo-Véliz, J. J., De Las Mercedes-Álvarez-Gutiérrez, Y., Rodríguez-Avilés, A. J. (2018). Calidad del suelo empleado con fines agrícolas en el Valle de Joa, Cantón Jipijapa. *Polo del Conocimiento*, 3(5), 31. <https://doi.org/10.23857/pc.v3i5.477>

- Vallejo-Quintero, V. E.** 2013. Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos a través del componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia Forestal*, 16(1), 83-99. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.1.a06>
- Raffo, L. A., Torres, L. A., Beltrán, D. S., Macías, J. C.** (2021). Producción de pitahayas con manejo orgánico y convencional: Una propuesta de sustentabilidad. *Polo del Conocimiento: Revista Científico - Profesional*, 6(11), 1004-21.
- Rivera, J. S., Delgado-Dallatorre, Y., Zaldívar, J. M.** (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7), 889-896.
- Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., Pennock, D.** (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. FAO, Roma.
- Salinas Crespo, S. I.** (2012). Evaluación fenológica, foliar y productiva del pasto Toledo (*Brachiaria Brizantha* CV) con fertilización orgánica, en el Cantón Pablo VI (Morona Santiago). Tesis de pregrado. Universidad Estatal Amazónica.
- Schlöter, M., Dilly, O., Munch J. C.** (2003). Indicadores para evaluar la calidad del suelo. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 98(1), 255-62. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00085-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00085-9)
- Średnicka-Tober, D., Obiedzińska, A., Kazimierczak, R.** (2016). Impacto ambiental de la agricultura orgánica frente a la convencional: una revisión. *Revista de Investigación y Aplicaciones en Ingeniería Agrícola*. 61(4), 204-11.
- Toro, J. A. L., Quevedo-Guerrero, J. N., García-Batista, R. M.** (2023). Evaluación de dos variedades de pitahaya bajo manejo integrado usando biocarbón y microorganismos eficientes. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 100-106.
- Vargas, Y. B., Prado, J. K., Nicolalde, J., Casanoves, F., De Melo-Virginio, E., Viera, W.** (2018). Caracterización y rol de los frutales amazónicos en fincas familiares en las provincias de Sucumbíos y Orellana (Ecuador). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(3), 485-99.
- Verona, A., Urcia, J., Paucar-Menacho, L. M.** (2020). Pitahaya (*Hylocereus spp.*): Cultivo, características físicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-53. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>.
- Vivar-Arrieta, M. A., Haro-Altamirano, J. P., Carrillo Barahona, W. E., López Sampedro, S. E., Usmanovich, B. A., Usmonov, B., Kizi, M. S. U.** (2023). Evaluación multicriterio de sistemas agrícolas familiares ancestrales, provincia de Chimborazo, Ecuador. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21(5), 1123-34. <https://doi.org/10.22124/cjes.2023.7400>.