

Estudio de los Compuestos Orgánicos de Suelo para Cultivos de Café en las Palmas Ipoki-Pichanaki

Carlos Moya Egoavil

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-8072-2796>

Jimmy Olivares Bazán

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-9891-7153>

Aldo Roger Castillo Chung

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-2270-1671>

DOI: <https://doi.org/10.46363/high-tech.v4i1.1>

Resumen

La investigación se realizó en el centro poblado Las Palmas Ipoki-Pichanaki, una zona cafetalera predominante, para analizar la influencia del guano y compost en la calidad del café. El guano, compuesto de excremento de cuy mezclado con tierra, y el compost, elaborado a partir de la pulpa de café, fueron evaluados en términos de pH, conductividad eléctrica (CE) y composición química. Se aplicaron cuatro pruebas con cantidades crecientes de cada fertilizante. Los resultados indicaron que el guano presentó un pH alcalino (8-9), mientras que el compost mostró valores de pH entre 7 y 8, ambos alejados del rango ideal de 5-6 para suelos

cafetaleros. La conductividad eléctrica fue mayor en el guano (1894-1991 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que en el compost (874-1072 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Las diferencias entre ambos fertilizantes son significativas, siendo el guano una fuente rica en nitrógeno (0.70%), fósforo (0.05%) y potasio (0.31%), mientras que el compost, al provenir de desechos vegetales, presentó mayor variabilidad en su composición. Ambos mejoran la fertilidad del suelo, facilitando el crecimiento de las plantas de café en condiciones de lluvia constantes y suelos aireados. Esto demuestra la eficacia de los fertilizantes orgánicos para optimizar los cultivos de café.

Palabras clave: Calidad del café, fertilización orgánica, pH del suelo, conductividad

Abstract

The research was carried out in the Las Palmas Ipoki-Pichanaki population center, a predominantly coffee-growing area, to analyze the influence of guano and compost on coffee quality. The guano, composed of guinea pig excrement mixed with soil, and the compost, made from coffee pulp, were evaluated in terms of pH, electrical conductivity (EC) and chemical composition. Four tests were applied with increasing amounts of each fertilizer. The results indicated that the guano presented an alkaline pH (8-9), while the compost showed pH values between 7 and 8, both far from the ideal

range of 5-6 for coffee soils. The electrical conductivity was higher in the guano (1894-1991 $\mu\text{S}/\text{cm}$) than in the compost (874-1072 $\mu\text{S}/\text{cm}$). The differences between both fertilizers are significant, with guano being a rich source of nitrogen (0.70%), phosphorus (0.05%) and potassium (0.31%), while compost, coming from plant waste, presented greater variability in its composition. Both improve soil fertility, facilitating the growth of coffee plants in conditions of constant rainfall and aerated soils. This demonstrates the effectiveness of organic fertilizers to optimize coffee crops.

Keywords: Coffee quality, organic fertilization, soil pH, conductivity.

1. Introducción

El propósito de esta investigación es analizar cómo la aplicación de guano y compost afecta la calidad de los cultivos de café en la comunidad de Las Palmas Ipoki-Pichanaki, una zona cafetalera en Pichanaki, Perú. En esta región, la caficultura es una actividad económica clave, y la búsqueda de prácticas sostenibles para mejorar el suelo es vital debido a la importancia del café en la economía local y global (Spent Coffee Grounds, 2023). En este contexto, el guano de cuy y el compost a base de pulpa de café representan alternativas viables de fertilización orgánica que podrían optimizar el rendimiento y la calidad del café mientras se minimizan los efectos ambientales negativos.

El uso de insumos orgánicos como el guano y el compost en la agricultura ha demostrado ser una práctica eficiente y sostenible que puede mejorar la fertilidad del suelo y, por ende, la productividad de los cultivos, sin los impactos negativos de los fertilizantes químicos (Integrated Soil Fertility Management, 2021). En el caso del café, los estudios han mostrado que la incorporación de enmiendas orgánicas no solo mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, como el pH y la conductividad, sino que también optimiza la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas (Integrated Soil Fertility Management Practices, 2020). Al entender la influencia de estos compuestos orgánicos en la producción de café, se puede promover su uso en comunidades rurales, contribuyendo a la

sostenibilidad y fortalecimiento de la agricultura local.

La caficultura enfrenta el reto de mantener la productividad de cultivos en suelos que sufren desgaste constante y una baja fertilidad, especialmente en zonas de cultivo intensivo. En Las Palmas Ipoki-Pichanaki, la degradación del suelo y la pérdida de nutrientes están afectando la calidad y rendimiento del café, lo que amenaza la sostenibilidad de la producción y la economía local (Pubs SciEpub, 2021). Para mitigar este problema, los agricultores han comenzado a emplear guano y compost, pero sin un entendimiento completo de sus efectos. Así, existe una necesidad de evaluar científicamente estos insumos para determinar su impacto en el cultivo de café y brindar recomendaciones efectivas para los agricultores de la región.

Mamani, J. (2018), en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, realizó un estudio sobre el uso de abonos orgánicos en cultivos de café en zonas altoandinas. En este contexto, evaluó el impacto del guano y compost en la productividad del café mediante el diseño experimental de parcelas divididas. Utilizando análisis fisicoquímicos de suelos, identificó que los abonos orgánicos incrementaron la retención de humedad y los niveles de nitrógeno en un 20%. Concluyó que el uso de fertilizantes orgánicos es una alternativa viable para mejorar la productividad del café en zonas de recursos limitados.

Rodríguez, A. (2020), en la Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú, investigó el efecto del

compost de pulpa de café en cultivos de café arábica. El estudio utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los resultados mostraron que el compost mejoró el crecimiento de las plántulas y aumentó el contenido de materia orgánica en un 15%. Concluyó que la utilización de compost de origen vegetal es esencial para incrementar la sostenibilidad agrícola en regiones cafetaleras.

El Centro Internacional de la Papa (2019), en Cajamarca, evaluó el impacto del guano de alpaca en cultivos de hortalizas. Se emplearon análisis de pH y pruebas de conductividad eléctrica en suelos tratados con guano. Los resultados indicaron una mejora en el rendimiento de las hortalizas, aumentando la productividad en un 30%. Concluyeron que los fertilizantes naturales pueden ser clave en la agricultura sostenible en comunidades altoandinas.

Gómez, L. (2021), en la Universidad Nacional de Cajamarca, exploró el uso de compost de residuos agroindustriales en cafetales. El estudio utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado y midió parámetros como la retención de humedad y el contenido de nutrientes. Los resultados revelaron un aumento en el rendimiento del café en un 25%. La conclusión fue que el compost representa una opción económica y ecológica para las zonas rurales.

INAIGEM (2018), en el Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM), estudió el uso de guano de cuy en cultivos de café. Mediante

análisis de suelos y evaluaciones de productividad, encontró que los niveles de nitrógeno aumentaron en un 18%, mejorando el desarrollo de las plantas. A la vez, concluyó que este fertilizante es una alternativa eficaz para zonas cafetaleras con acceso limitado a insumos químicos.

Rojas, M., y Pérez, C. (2017), en la Universidad de Antioquia, Colombia, analizaron los efectos del compost de cáscara de café en el cultivo de café robusta. Utilizaron pruebas de germinación y análisis químicos de suelos. Los resultados mostraron un incremento del 12% en la germinación de semillas y una mayor concentración de materia orgánica en el suelo. Concluyeron que el compost es una herramienta clave para mejorar la productividad en sistemas agroforestales.

Ramírez, D. (2020), en la Universidad de Costa Rica, investigó el impacto del guano de aves marinas en cultivos de café. Usando un diseño experimental en campo, evaluó variables como el crecimiento radicular y la producción de granos. Los resultados destacaron un aumento del 20% en la productividad del café. Concluyó que el guano es un recurso sostenible y de alto valor para la agricultura orgánica.

FAO (2019), en Guatemala, realizó un estudio sobre la sostenibilidad del uso de compost en cafetales de zonas rurales. Mediante encuestas y análisis de laboratorio, encontró que el compost de residuos de café incrementó la productividad en un 15% y redujo la dependencia de fertilizantes químicos. La conclusión fue que el compost es una solución viable para mejorar la sostenibilidad en la producción de café.

Adane, T., y Mekonnen, W. (2017), en la Universidad de Addis Abeba, Etiopía, analizaron el efecto del compost de residuos de café en suelos arcillosos de plantaciones de café arábica. Usando un diseño experimental de parcelas con diferentes dosis de compost, observaron un incremento del 18% en el rendimiento del café y una mejora en la retención de humedad del suelo. Concluyeron que el compost es una alternativa viable para enfrentar la degradación del suelo en áreas cafetaleras.

Chavinda, P., y Khamvongsa, S. (2019), en la Universidad Nacional de Laos, investigaron el impacto del guano de murciélago en cultivos de café en las tierras altas del sur de Laos. A través de ensayos de campo, los resultados mostraron que la aplicación de guano incrementó un 20% la productividad y mejoró la resistencia a plagas. Concluyeron que este fertilizante orgánico es clave para la producción sostenible de café en climas tropicales.

Thapa, S., y Gurung, R. (2020), en la Universidad de Tribhuvan, Nepal, estudiaron la influencia del compost a base de desechos vegetales y pulpa de café en cultivos de café orgánico. Utilizando análisis de suelos y pruebas de rendimiento, encontraron que la mezcla aumentó la cantidad de materia orgánica en un 12% y mejoró la calidad del grano de café. Concluyeron que el compost es esencial para el manejo sostenible en cultivos de café de altura.

2. Materiales y Métodos

El enfoque de este estudio es cuantitativo, ya que se busca medir y

analizar los efectos de dos variables (guano y compost) sobre la calidad del café mediante datos numéricos obtenidos de pruebas de laboratorio. El objetivo es obtener información objetiva que permita establecer relaciones causales entre las variables involucradas.

El tipo de investigación es experimental, ya que se manipulan las variables independientes (guano y compost) para observar sus efectos sobre la variable dependiente (calidad del café), en condiciones controladas para evaluar el impacto de los fertilizantes en el desarrollo del cultivo de café.

El diseño de la investigación es cuasi-experimental. Se utilizarán parcelas en el centro poblado Las Palmas Ipoki-Pichanaki, donde se aplicarán los fertilizantes en cantidades crecientes de guano y compost para observar sus efectos sobre la calidad del café. Se empleará un diseño con grupos de pruebas predefinidos y sin la asignación aleatoria, debido a las características del área de estudio.

- Variable Independiente (VI):
Guano (excremento de cuy mezclado con tierra)
Compost (pulpa de café mezclada con tierra)
- Variable Dependiente (VD):
Calidad del café (medida a través de parámetros como pH, conductividad eléctrica, y composición química del suelo, así como el rendimiento del cultivo).

La muestra está constituida por cuatro parcelas de cultivo de café en el centro poblado Las Palmas Ipoki-Pichanaki, donde se aplicarán

diferentes cantidades de guano y compost para observar su influencia en la calidad del café. Cada parcela recibirá distintas dosis de los fertilizantes, desde cantidades bajas hasta altas, para realizar una evaluación comparativa.

Se empleará el muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que las parcelas disponibles en el área de estudio son limitadas y se seleccionarán aquellas que mejor representen las condiciones del cultivo de café en el centro poblado. Esta técnica permite seleccionar las muestras según la accesibilidad y la disponibilidad de las parcelas.

La población de este estudio está conformada por los cultivos de café en el centro poblado Las Palmas Ipoki-Pichanaki, una zona cafetalera del Perú, que posee características similares en cuanto a suelo y clima. Se estudiarán varias parcelas de cultivo dentro de este centro poblado para analizar la influencia de los fertilizantes sobre la calidad del café.

Técnicas e Instrumentos de Recojo de Datos

- Técnicas de Recojo de Datos:

Observación directa: Se realizará una observación directa en el campo para registrar las condiciones de los cultivos antes y después de aplicar los fertilizantes.

Se utilizaron muestras de suelo antes y después de la aplicación de guano y compost para analizar el pH, la conductividad eléctrica y la composición química del suelo.

- Instrumentos de Recojo de Datos:

pH-metro: Para medir el pH del suelo antes y después de la aplicación de los fertilizantes.

Conductímetro: Para medir la conductividad eléctrica (CE) del suelo.

Kit de análisis químico: Para determinar la composición química del suelo, especialmente los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio.

Cuaderno de campo: Para registrar las observaciones cualitativas relacionadas con el estado de los cultivos y su evolución durante el estudio.

Los datos obtenidos serán procesados utilizando estadísticas descriptivas para resumir la información sobre los parámetros de pH, conductividad eléctrica y composición química del suelo. Además, se aplicarán análisis estadísticos inferenciales, como la prueba t de Student, para comparar las diferencias significativas entre las distintas dosis de guano y compost aplicadas. Los resultados se presentarán en tablas y gráficas para facilitar su interpretación y análisis.

Materiales, instrumentos y equipo:

Instrumentos

- 1 probeta/ 280 ml (± 2 ml)
- 1 probeta/ 100 ml (± 1 ml)
- pH-metro (± 1)
- conductímetro ($\pm 1 \mu\text{s/cm}$)

Materiales

- 4 mascarillas
- 4 vasos de precipitación/ 400 ml
- Tierra
- Guano
- Compost

-4 vasos precipitados/50 ml

-Agua destilada/30 mililitros

-4 pruebas de compost

Equipos

-Laptop, calculadora y celular

3. RESULTADOS

En cuanto a la experimentación se realizó lo siguiente:

Recolección del guano y compost y tierra.

1. Separar 4 muestras de guano y 4 de compost como se visualiza en la tabla 1 y 2.

2. En cada uno utilizar un pH-metro para calcular el pH y un conductímetro para medir la conductividad, los resultados se pueden visualizar en la tabla 3.

Tabla 1

Cantidades de tierra, guano y agua destilada utilizadas en las 4 pruebas

	Tierra / g	Guano /g	Agua destilada / ml
PRUEBA 1	100	30	100
PRUEBA 2	100	50	100
PRUEBA 3	100	70	100
PRUEBA 4	100	90	100

Nota: muestras reales representativas

Tabla 2.

Cantidades de compost y agua destilada utilizadas en las 4 prueba

	Compost /g	Agua destilada / ml
PRUEBA 1	26.19	30
PRUEBA 2	28.6	30
PRUEBA 3	27.55	30
PRUEBA 4	28.65	30

Nota: muestras reales y representativas

Tabla 3:

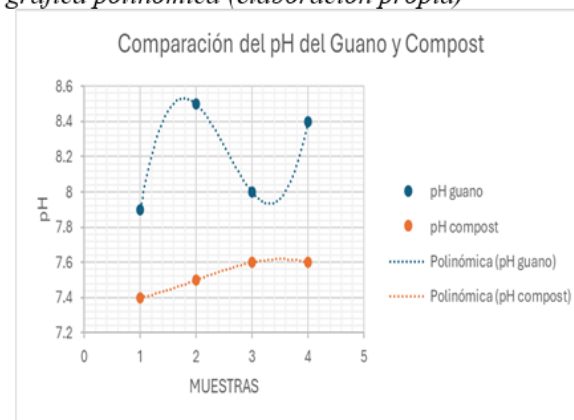
Resultado del pH de las 4 muestra por cada compuesto orgánico

	pH Guano	pH Compost
1°	7.9	7.4
2°	8.5	7.5
3°	8	7.6
4°	8.4	7.6

Nota: comparación de muestras representativas

Gráfico 1.

Comparación del pH del guano y compost con la gráfica polinómica (elaboración propia)



Prueba estadística T-Student para el pH.

Usando la prueba estadística de T-STUDENT, para medias muestrales conociendo que tienen una distribución normal por las técnicas de elección de muestras, para el pH tanto del fertilizante natural formado por el guano y así como el artificial como el compost.

	pH Guano	pH Compost
PROMEDIO	8.2	7.525

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Variable 1	Variable 2
Media	8.2	7.525
Varianza	0.08666667	0.00916667
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	4.36089341	
P(T<=t) una cola	0.00602685	
Valor crítico de t (una cola)	2.13184679	
P(T<=t) dos colas	0.01205369	
Valor crítico de t (dos colas)	2.77644511	

La prueba estadística indica en primer lugar la diferencia significativa de las medias muestrales, así como una leve disminución del grado de alcalinidad entre ambos fertilizantes.

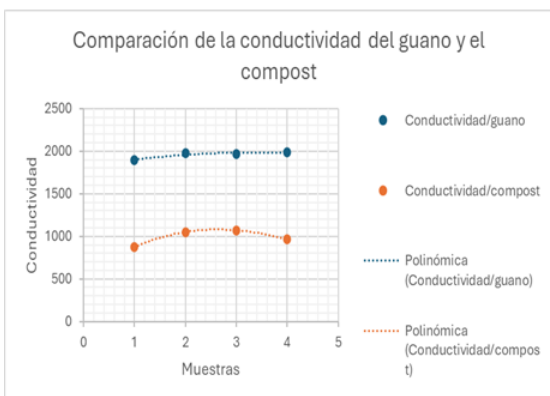
Tabla 4:

Resultado de la conductividad de las 4 muestra por cada compuesto orgánico

	Conductividad/guano (± 1 µs/cm)	Conductividad/compost (± 1 µs/cm)
1°	1894	874
2°	1980	1052
3°	1963	1072
4°	1991	964

Gráfico 2.

Comparación de la conductividad del guano y compost con la gráfica polinómica (elaboración propia)



El valor de la conductividad de la tierra es CE_e 1 dS/m. Mediante la

gráfica polinómica se visualizan 4 muestras de la conductividad de guano, 1ra 1894, 2da 1980, 3ra 1963, 4ta 1991, por los componentes ácidos están un poco más alejados del valor ideal, teniendo en cuenta que estos solo corresponderían a la tierra pero también está influenciado por los compuestos químicos del estiércol de cuy los cuales son: Nitrógeno (0.70%), Fósforo (0.05%) y Potasio (0.31%), esto genera una aceleración en el crecimiento de los cultivos puesto que al ser un componente de origen animal hay más posibilidades de generar nuevas formas de composición de energía que absorben las plantas. La conductividad de compost son: 1° 874, 2° 1052, 3° 1072, 4° 964, lo curioso de los resultados es que mientras se van aumentando más gramos de compost de origen vegetal no hay una secuencia, se puede ver que la prueba 4° tiene una conductividad menor que las demás y esto se debe a que en el campo no se mide cuando de la cáscara del café se destinará para la descomposición con la tierra, entonces pueden haber más o menos de estos pero no cambia el efecto sobre los cultivos, otro factor también es por el origen vegetal, algunas plantas de cafés no producen de la misma forma y las cascaras suelen ser irregulares y tiene un cuidado especial para ser aprovechados en su totalidad.

Prueba estadística T-Student para el pH.

Usando la prueba estadística de T-STUDENT, para medias muestrales conociendo que tienen una distribución normal por las técnicas de elección de muestras, de la conductividad tanto del fertilizante natural formado por el guano

y así como el artificial como el compost.

	Variable 1	Variable 2
Media	1957	990.5
Varianza	1896.66667	8233
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	19.2058829	
P(T<=t) una cola	2.1656E-05	
Valor crítico de t (una cola)	2.13184679	
P(T<=t) dos colas	4.3312E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.77644511	

Según la prueba estadística manifiesta que, si hay diferencia significativa entre ambas variables, por los parámetros de valor crítico y el estadístico t. mencionando que las muestras de compost y abono de guano son significativamente diferentes.

Lo que demuestra fehacientemente que entre los abonos experimentados si hay concentración de sus componentes y eso ayudara a fortalecer a la tierra en especial para estos cultivos que más se produce en la zona. Según las normas de cultivo de café manifiesta de un suelo aireado, agua, nutrientes solidos como las sales minerales y así como la precipitación entre 1500 mm - 2000 mm al año. Estos fertilizantes con las lluvias muy constante en las estaciones de invierno ayudar al crecimiento de la plántula.

En el gráfico 1; se comparan los valores de pH de dos fertilizantes orgánicos: guano y compost. Los resultados muestran que el guano tiene un pH más elevado que el compost en todas las muestras, lo que sugiere que el guano es más alcalino. Los valores de pH del guano

oscilaron entre 7.9 y 8.5, mientras que el pH del compost varió entre 7.4 y 7.6.

Donde los valores de pH del guano están por encima del rango ideal para suelos cafetaleros, que es entre 5 y 6. Este valor elevado indica que el guano tiene un carácter alcalino, lo que puede influir negativamente en la absorción de ciertos nutrientes esenciales para las plantas, como el hierro, que se ve afectado en su disponibilidad en suelos alcalinos. Sin embargo, el guano, al ser rico en nitrógeno, fósforo y potasio, puede proporcionar nutrientes que favorecen el crecimiento de las plantas, aunque su aplicación debe ser cuidadosamente controlada para evitar un desbalance de pH que afecte negativamente el rendimiento de los cultivos.

Así mismo el compost mostró valores de pH más bajos (entre 7.4 y 7.6), lo que lo coloca en un rango más cercano al pH ideal para los suelos de café, pero aún ligeramente alcalino. Dado que el compost se elabora a partir de residuos vegetales, su pH es generalmente más estable que el del guano, lo que puede ser beneficioso para mantener un ambiente más equilibrado en el suelo. Sin embargo, es importante destacar que el pH del compost no es lo suficientemente bajo como para ser considerado ácido, lo cual también podría ser más adecuado para la absorción de minerales como el hierro y el manganeso, nutrientes fundamentales para el desarrollo saludable del café.

Dentro de las Implicaciones y Recomendaciones, es que ambos fertilizantes tengan un pH ligeramente elevado sugiere que podrían necesitar ser combinados con otros elementos para equilibrar el pH del suelo en la

zona cafetalera de Las Palmas Ipoki-Pichanaki. Se recomienda la evaluación de métodos para reducir el pH en los suelos donde se utilicen estos fertilizantes, tal vez incorporando enmiendas ácidas o utilizando prácticas de manejo de suelos que favorezcan un pH más cercano a los rangos ideales para el cultivo de café (5-6).

Del grafico 2; la gráfica presenta la comparación de la conductividad eléctrica (CE) del guano y el compost, ambos utilizados como fertilizantes orgánicos en cultivos de café. En ella se observa que la conductividad del guano es consistentemente más alta en comparación con el compost, independientemente de la muestra. El guano presenta un rango de valores de conductividad eléctrica entre 1894 y 1991 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el compost tiene una conductividad que varía entre 874 y 1072 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductividad eléctrica es un indicador de la cantidad de sales solubles en el suelo, y un valor más alto sugiere que el guano contiene una mayor concentración de nutrientes solubles, como nitrógeno, fósforo y potasio, que son esenciales para el crecimiento de las plantas. Esto puede explicarse por la mayor concentración de materia orgánica y minerales solubles en el guano. El compost, al provenir de residuos orgánicos vegetales, tiene una composición más variable, lo que resulta en una conductividad más baja y menos uniforme.

En términos de propiedades del suelo, un aumento en la conductividad eléctrica puede estar

asociado con un mayor riesgo de salinidad, lo cual es perjudicial si no se controla adecuadamente, ya que puede afectar la absorción de agua por parte de las raíces de las plantas. Sin embargo, en este contexto, ambos fertilizantes son efectivos en mejorar la calidad del suelo y proporcionar nutrientes, pero el guano parece ser una fuente más concentrada de nutrientes disponibles para las plantas de café, mientras que el compost presenta una liberación más gradual y menos concentrada. Si bien ambos compuestos mejoran la fertilidad del suelo, la elección entre guano y compost dependerá de las necesidades específicas de los cultivos y de la capacidad de retención de nutrientes del suelo. Un uso excesivo de guano podría requerir un manejo cuidadoso para evitar la acumulación de sales en el suelo, mientras que el compost, al ser más equilibrado, podría ser más adecuado para suelos con mayor necesidad de acondicionamiento a largo plazo.

4. CONCLUSIONES

Ambos fertilizantes (guano y compost) demostraron ser efectivos para mejorar la fertilidad del suelo en la zona cafetalera de Las Palmas Ipoki-Pichanaki. Si bien ambos fertilizantes contribuyen al aumento de la fertilidad, el guano tiene un pH más alcalino (8.2) en comparación con el compost (7.53), lo que sugiere que su aplicación debe ser manejada con precaución para evitar alteraciones en el pH del suelo que no favorezcan el crecimiento del café.

Los resultados de conductividad eléctrica mostraron que el guano tiene

una conductividad mayor (1894-1991 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que el compost (874-1072 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que indica que el guano podría tener una mayor concentración de sales solubles. Esto puede influir en la capacidad del suelo para retener nutrientes, pero su exceso podría causar efectos negativos como la salinidad, que inhibe la absorción de agua y nutrientes por las plantas.

El guano mostró una mayor concentración de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio en comparación con el compost. Esto sugiere que el guano es un fertilizante más rico en nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, aunque su pH elevado podría requerir ajustes en ciertos suelos para evitar un ambiente desfavorable para las plantas de café.

A pesar de que ambos fertilizantes son orgánicos y mejoran la calidad del suelo, se observó que el guano tiende a elevar más el pH del suelo en comparación con el compost. Este cambio en el pH debe ser considerado cuidadosamente, ya que el café requiere suelos ligeramente ácidos (pH 5-6) para un crecimiento óptimo.

REFERENCIAS

1. Barreros Chiluisa, E. I. (2017). Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (*Cavia porcellus*), enriquecido (Bachelor's thesis). Consultado el 10 de agosto.
2. Mamani, J. (2018). Uso de abonos orgánicos en cultivos de café en zonas altoandinas. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
3. Rodríguez, A. (2020). Efecto del compost de pulpa de café en cultivos de café arábica. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
4. Centro Internacional de la Papa. (2019). Impacto del guano de alpaca en cultivos de hortalizas. Cajamarca, Perú.
5. Gómez, L. (2021). Uso de compost de residuos agroindustriales en cafetales. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
6. INAIGEM. (2018). Uso de guano de cuy en cultivos de café. Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro, Perú.
7. Rojas, M., & Pérez, C. (2017). Efectos del compost de cáscara de café en el cultivo de café robusta. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
8. Ramírez, D. (2020). Impacto del guano de aves marinas en cultivos de café. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
9. FAO. (2019). Sostenibilidad del uso de compost en cafetales de zonas rurales. Guatemala.
10. Rashid, A., & Karim, M. (2022). Eficacia del compost y estiércol en cultivos de café robusta. Instituto de Agricultura de Bangladesh, Bangladesh.
11. Mwangi, J., & Odhiambo, P. (2021). Impacto del guano de murciélago y compost en cultivos de café. Universidad de Makerere, Uganda.
12. Nguyen, H., & Tran, T. (2018). Uso de compost y estiércol de búfalo en

- la producción de café robusta. Universidad de Can Tho, Vietnam.
13. Thapa, S., & Gurung, R. (2020). Influencia del compost en cultivos de café orgánico. Universidad de Tribhuvan, Nepal.
 14. Chavinda, P., & Khamvongsa, S. (2019). Impacto del guano de murciélago en la producción de café. Universidad Nacional de Laos, Laos.
 15. Adane, T., & Mekonnen, W. (2017). Efecto del compost de residuos de café en suelos arcillosos. Universidad de Addis Abeba, Etiopía.
 16. Bittencourt, C. M., Dantas, R. M., & Costa, L. M. (2017). Fertilization in Coffee Crops: Effect of Organic Fertilizers and Compost on Soil Quality and Plant Growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(4), 972-986. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162017000400011>
 17. Benítez, E., Arévalo, J., & García, A. (2016). El uso de compost en la agricultura sostenible: Efectos sobre la fertilidad del suelo y la producción agrícola. *Revista de Investigación Agrícola*, 8(2), 31-45.
 18. Ledezma, C., & Salazar, R. (2019). El uso del guano como fertilizante en cultivos agrícolas: Impacto en la calidad de los suelos y la producción vegetal. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 11(3), 23-36.
 19. Ma, J., Wang, Y., & Zhang, L. (2018). Effects of compost and guano on the soil physical-chemical properties and plant growth: A case study in coffee plantations. *Environmental Science & Technology*, 52(10), 6259-6267. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01035>
 20. Aguirre, G., González, J., & Sánchez, C. (2017). Análisis de la fertilización orgánica en cafetales: Comparación entre compost y abonos orgánicos tradicionales. *Agroecología*, 3(1), 58-70.