Revista de Investigación Científica
TAYACAJA
ISSNe: 2617-9156
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo

Productividad de Theobroma cacao, estructura arbórea y propiedades químicas del suelo en un sistema agroforestal de Shunté, Tocache, San Martín

Productivity of Theobroma cacao, Tree Structure, and Soil Chemical Properties in an Agroforestry System in Shunté, Tocache, San Martín

Brayan Andre Caldas De la Cruz[1], **Arce Del Aguila Moreno**[1], **Cleide Santos Flores**[1], **David Prudencio Quispe Janampa**[1], **Gunter Daza Panduro**[1]

[1] Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la productividad de Theobroma cacao, la estructura arbórea y las propiedades químicas del suelo en un sistema agroforestal de Shunté, Tocache, San Martín. Se trabajó en 11 parcelas de 20 × 50 m, donde se cuantificó la producción de cacao, se inventarió el componente arbóreo y se analizaron las propiedades químicas del suelo. El rendimiento promedio de cacao fue de 183,14 kg/ha, con una variación entre 78,54 y 365,65 kg/ha, lo que evidenció marcada heterogeneidad productiva. El componente arbóreo estuvo conformado por 55 individuos, distribuidos en 10 especies y 7 familias botánicas, con predominio de Croton lechleri y Cedrelinga cateniformis. La altura media fue de 9,03 m, el DAP promedio fue 35,9 cm y el volumen total fue 95,79 m³. El suelo presentó pH fuertemente ácido (4,24), materia orgánica de 2,77 %, nitrógeno total de 0,14 % y fósforo disponible de 3,32 ppm, lo que indica limitaciones químicas importantes. Se concluye que el sistema agroforestal es funcional y productivamente viable, aunque su desempeño está condicionado por la baja fertilidad del suelo, la acidez y la variabilidad interna del arreglo arbóreo y agrícola.

Palabras clave: Theobroma cacao, sistema agroforestal, estructura arbórea, fertilidad del suelo

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the productivity of Theobroma cacao, tree structure, and soil chemical properties in an agroforestry system in Shunté, Tocache, San Martín, Peru. A total of 11 plots of 20 × 50 m were established, where cacao production was quantified, the tree component was inventoried, and soil chemical properties were analyzed. Mean cacao yield was 183.14 kg/ha, ranging from 78.54 to 365.65 kg/ha, which revealed marked productive heterogeneity. The tree component comprised 55 individuals, distributed in 10 species and 7 botanical families, with dominance of Croton lechleri and Cedrelinga cateniformis. Mean tree height was 9.03 m, mean diameter at breast height was 35.9 cm, and total stand volume reached 95.79 m³. The soil showed strongly acidic pH (4.24), 2.77% organic matter, 0.14% total nitrogen, and 3.32 ppm available phosphorus, indicating important chemical constraints. It is concluded that the agroforestry system is functional and productively viable, although its performance is limited by low soil fertility, high acidity, and internal variability in both the tree and agricultural components.

Keywords: Theobroma cacao, agroforestry system, tree structure, soil fertility

Volumen 8, Número 1, julio - diciembre, 2026 - Recibido: 14-08-2026, Aceptado: 02-09-2026
https://doi.org/10.46908/tayacaja.v8i1.245

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales con cacao constituyen una alternativa productiva relevante en los trópicos, porque integran especies leñosas y cultivos en una misma unidad de uso de la tierra, favoreciendo la diversificación productiva y la provisión de servicios ecosistémicos como la conservación de la biodiversidad, la regulación microclimática y el reciclaje de nutrientes. En regiones tropicales de América, una proporción importante del paisaje cacaotero se maneja bajo arreglos agroforestales, cuya complejidad estructural y funcional puede influir de manera directa en el desempeño del sistema productivo (Deheuvels et al., 2012; Schmidt et al., 2022).

En el cultivo de cacao, la productividad no depende únicamente del número de plantas o del manejo agronómico, sino también de la estructura del sistema, incluyendo la densidad del cacao, el área basal de los árboles asociados, la composición del dosel y su distribución espacial. En Camerún, Jagoret et al. (2017) reportaron un rendimiento promedio de 737 kg ha^{-1} y demostraron que variables estructurales como el área basal por árbol de cacao y la proporción de plantas improductivas fueron determinantes del desempeño productivo. De manera complementaria, Deheuvels et al. (2012), al estudiar 36 sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica, identificaron diferencias marcadas en la estructura vegetal, aunque sin cambios en el rendimiento global por hectárea, lo que evidencia que la productividad puede responder tanto al arreglo estructural como al manejo del sistema.

Las propiedades químicas del suelo también cumplen un papel central en el funcionamiento de los sistemas agroforestales con cacao, debido a que regulan la disponibilidad de nutrientes y condicionan el crecimiento del cultivo y de los árboles asociados. En la Amazonía peruana, Arévalo-Gardini et al. (2015) mostraron que sistemas agroforestales de cacao de largo plazo modificaron significativamente el pH, la capacidad de intercambio catiónico y las bases intercambiables del suelo. En la Amazonía colombiana, Suárez et al. (2021) observaron que la implementación de sistemas agroforestales con cacao en pasturas degradadas incrementó la fertilidad del suelo en 42 %. Asimismo, Schmidt et al. (2022) hallaron que la presencia de árboles de sombra elevó el nitrógeno, el fósforo y el pH en la rizosfera del cacao sin pérdidas de rendimiento. No obstante, la respuesta edáfica no es siempre uniforme, ya que la sola diversificación arbórea no necesariamente incrementa la fertilidad del suelo, sino que sus efectos dependen de la composición de especies, del manejo y de la escala de evaluación (Wartenberg et al., 2017).

En este contexto, resulta necesario evaluar de manera integrada la productividad de Theobroma cacao, la estructura arbórea y las propiedades químicas del suelo, especialmente en sistemas agroforestales amazónicos donde la información local sigue siendo limitada. En el distrito de Shunté, provincia de Tocache, región San Martín, este enfoque puede aportar evidencia útil para comprender el funcionamiento del sistema y orientar decisiones de manejo. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar la productividad de Theobroma cacao, la estructura arbórea y las propiedades químicas del suelo en un sistema agroforestal de Shunté, Tocache, San Martín.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

La investigación se realizó en un sistema agroforestal de 2 ha establecido en 2015, ubicado en el caserío Los Rosales, distrito Shunté, provincia Tocache, región San Martín, Perú. El acceso al área de estudio se efectuó por la carretera Tocache–Shunté, con un tiempo aproximado de desplazamiento de 30 min desde la ciudad de Tocache. La georreferenciación del sistema se realizó mediante GPS en los puntos de referencia del área evaluada.

Metodología de la investigación

Tipo de investigación

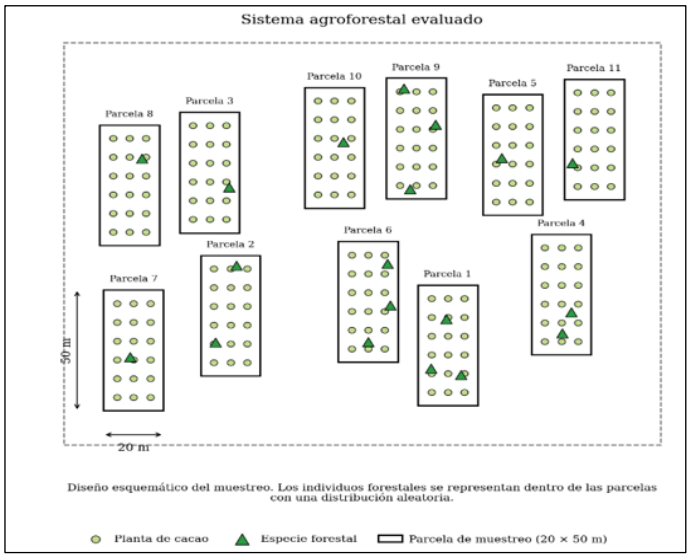
La investigación fue de tipo básica, de nivel descriptivo-comparativo y de diseño no experimental, de corte transversal, debido a que no se manipuló ninguna variable, sino que se evaluaron y compararon las propiedades físicas de Dendrocalamus asper entre dos localidades y tres niveles de altura del culmo en un solo periodo de estudio. Para el análisis de los datos se empleó un esquema bifactorial, donde el factor A fue la localidad y el factor B el nivel de altura, con cinco repeticiones por tratamiento; posteriormente, se aplicó análisis de varianza al 95 % de confianza y, cuando correspondió, la prueba de comparación de medias de Tukey al 95 %, a fin de identificar diferencias significativas entre los factores y su interacción.

Diseño de muestreo

El estudio fue de tipo aplicado, nivel descriptivo y diseño no experimental, debido a que las variables fueron registradas en condiciones de campo sin manipulación del sistema. Para la evaluación del componente agrícola se trabajó en 11 subparcelas de 50 × 20 m (1 000 m^2), en cada una de las cuales se seleccionaron aleatoriamente cinco plantas de Theobroma cacao. En el componente forestal se realizó un inventario de todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) > 5 cm presentes en las parcelas evaluadas. Para el componente edáfico se obtuvieron seis muestras compuestas de suelo, correspondientes a las unidades consideradas en el análisis químico.

Volumen 8, Número 1, julio - diciembre, 2026 - Recibido: 14-08-2026, Aceptado: 02-09-2026
https://doi.org/10.46908/tayacaja.v8i1.245

Figura 1
Diseño de subparcelas.



Evaluación de la productividad de Theobroma cacao

En cada subparcela se registró el número de mazorcas por planta en las cinco plantas seleccionadas. Las mazorcas cosechadas fueron despulpadas, fermentadas, secadas al sol y pesadas con balanza digital para obtener el peso del producto seco. Con esta información se estimó el rendimiento por planta y, posteriormente, el rendimiento por hectárea mediante extrapolación según la densidad de plantas presente en cada subparcela. Las variables analizadas fueron número de mazorcas por planta, número de mazorcas por hectárea, peso seco por planta y rendimiento estimado por hectárea.

Evaluación del componente arbóreo

Se registraron todas las especies arbóreas con DAP > 5 cm. El DAP se midió a 1,30 m del suelo mediante cinta métrica; cuando se obtuvo la circunferencia, el diámetro se calculó dividiendo dicho valor entre π. Además, se midió la altura total de todos los individuos con clinómetro, y en las especies maderables también se determinó la altura comercial. El volumen comercial se estimó únicamente para las especies maderables mediante la ecuación (1):

$$V = AB \times Hc \times ff \ldots\ldots\ldots(1)$$

Donde V es el volumen comercial (m³), AB el área basal (m2), Hc la altura comercial (m) y ff el factor de forma, asumido como 0,65. A partir de estas mediciones se obtuvo la composición florística, abundancia, clases diamétricas, altimétricas y volumétricas, así como los estadísticos descriptivos de altura, DAP y volumen.

Muestreo y análisis químico del suelo

El muestreo de suelo se realizó con tubo muestreador siguiendo un recorrido en zigzag. En cada unidad de muestreo se tomaron 20 submuestras a una profundidad de 30 cm, las cuales se homogenizaron para conformar una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg. Las muestras fueron etiquetadas, almacenadas en bolsas herméticas y enviadas al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su análisis químico. Se determinaron pH (relación suelo:agua 1:1), materia orgánica por Walkley y Black, nitrógeno estimado a partir de la materia orgánica (%MO × 0,05), fósforo disponible por Olsen modificado, potasio disponible mediante acetato de amonio 1 N a pH 7,0, cationes cambiables según condición de pH, y capacidad de intercambio catiónico efectiva por suma de cationes.

Análisis de datos

Los datos fueron procesados mediante estadística descriptiva. Para el componente agrícola se calcularon medias, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos, además de la extrapolación del rendimiento por hectárea. Para el componente arbóreo se estimó la abundancia de especies y se construyeron clases diamétricas, altimétricas y volumétricas, junto con estadísticos descriptivos de DAP, altura y volumen. Para el suelo se calcularon medias, desviación estándar, coeficiente de variación y rangos de las propiedades químicas evaluadas.

RESULTADOS

Productividad de Theobroma cacao

La productividad de Theobroma cacao mostró una marcada variabilidad entre las 11 parcelas evaluadas. El número promedio de mazorcas por planta osciló entre 4,6 y 11,6, con los valores más altos en las parcelas 8, 11 y 7, mientras que la parcela 2 presentó el menor promedio. A nivel de superficie, la estimación de mazorcas por hectárea varió entre 6 800 y 7 480, siendo la parcela 3 la de mayor valor. En conjunto, estos resultados evidencian una respuesta productiva heterogénea del cultivo dentro del sistema agroforestal, aun cuando las parcelas comparten el mismo contexto general de manejo (Tabla 1).

Tabla 1
Productividad de Theobroma cacao por parcela y por hectárea.

Parcela	Mazorcas por planta (media)	Mazorcas por hectárea
1	6,8	6 800
2	4,6	7 140
3	7,0	7 480
4	6,6	7 344
5	6,8	7 072
6	6,2	6 936
7	10,2	7 208
8	11,6	7 344
9	8,6	7 004
10	7,6	7 276
11	10,6	6 800

Volumen 8, Número 1, julio - diciembre, 2026 - Recibido: 14-08-2026, Aceptado: 02-09-2026
https://doi.org/10.46908/tayacaja.v8i1.245

En términos de masa cosechada, el peso fresco promedio de cinco plantas fue de 3,34 kg, mientras que el peso seco promedio alcanzó 0,88 kg. El rendimiento estimado por hectárea presentó una media de 183,14 kg/ha, con un rango amplio entre 78,54 y 365,65 kg/ha. Esta amplitud confirma que la expresión productiva del cacao no fue uniforme entre parcelas y sugiere diferencias importantes en la oferta de recursos o en las condiciones internas del sistema. Además, el coeficiente de variación del rendimiento fue de 46,78 %, lo que indica alta dispersión de los valores observados (Tabla 2).

Tabla 2

Estadísticos resumidos de la productividad de Theobroma cacao.

Variable	n	Media	D.E.	C.V. (%)	Mín.	Máx.
Peso fresco por 5 plantas (kg)	11	3,34	1,42	42,43	1,08	5,74
Peso seco por 5 plantas (kg)	11	0,88	0,41	46,46	0,39	1,78
Rendimiento (kg/ha)	11	183,14	85,66	46,78	78,54	365,65

Estructura del componente arbóreo

El componente arbóreo del sistema agroforestal estuvo conformado por 55 individuos distribuidos en 10 especies y 7 familias botánicas. La mayor abundancia correspondió a Croton lechleri con 15 individuos, equivalente a 27,27 % del total, seguida de Cedrelinga cateniformis con 11 individuos (20,00 %). También destacaron Calycophyllum spruceanum y Nectandra oppositifolia, ambas con 8 individuos y una abundancia relativa de 14,55 %. En contraste, Cedrela odorata, Cecropia sciadophylla y Guazuma crinita estuvieron representadas por un solo individuo cada una. Estos resultados indican una estructura arbórea dominada por pocas especies, con participación reducida de especies maderables de mayor valor (Tabla 3).

Tabla 3

Composición y abundancia del componente arbóreo del sistema agroforestal.

Nombre científico	Familia	Abundancia	Abundancia relativa (%)
Croton lechleri Müll.Arg.	Euphorbiaceae	15	27,27
Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke	Fabaceae	11	20,00
Calycophyllum spruceanum (Benth.) Hook.f. ex K.Schum.	Rubiaceae	8	14,55
Nectandra oppositifolia Nees & Mart. ex Nees	Lauraceae	8	14,55
Schizolobium parahyba (Vell.) S.F.Blake	Fabaceae	5	9,09
Hevea brasiliensis (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	3	5,45
Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke	Fabaceae	2	3,64
Cecropia sciadophylla Mart.	Fabaceae	1	1,82
Cedrela odorata L.	Meliaceae	1	1,82
Guazuma crinita Mart.	Malvaceae	1	1,82
Total		55	100,00

Desde el punto de vista dasométrico, el componente arbóreo presentó una altura media de 9,03 m y un DAP promedio de 35,90 cm. El volumen individual medio fue de 1,74 m³, con un volumen total acumulado de 95,79 m³. La variabilidad fue moderada para altura (CV = 31,97 %) y alta para DAP (CV = 40,47 %) y volumen (CV = 59,78 %), lo que evidencia una estructura arbórea heterogénea, con coexistencia de individuos pequeños, medianos y de mayor porte (Tabla 4).

Tabla 4.

Estadísticos resumidos de las variables dasométricas del componente arbóreo.

Variable	n	Media	D.E.	C.V. (%)	Mín.	Máx.
Altura (m)	55	9,03	2,89	31,97	3,00	15,00
DAP (cm)	55	35,90	14,53	40,47	7,00	59,21
Volumen (m³)	55	1,74	1,04	59,78	0,21	4,39

Propiedades químicas del suelo

El suelo del sistema agroforestal presentó un pH promedio de 4,24, lo que evidencia una condición fuertemente ácida. Esta variable mostró muy baja variabilidad entre unidades de muestreo, lo que indica que la acidez fue una característica relativamente homogénea en el área evaluada. La materia orgánica alcanzó una media de 2,77 %, mientras que el nitrógeno total fue de 0,14 %. Por su parte, el fósforo disponible presentó un valor medio de 3,32 ppm, el más bajo entre las principales variables evaluadas, mientras que el K_2O alcanzó 113,53 ppm. En conjunto, estos resultados muestran un suelo con limitaciones químicas asociadas principalmente a la acidez y a la baja disponibilidad de fósforo (Tabla 5).

Volumen 8, Número 1, julio - diciembre, 2026 - Recibido: 14-08-2026, Aceptado: 02-09-2026
https://doi.org/10.46908/tayacaja.v8i1.245

Tabla 5
Propiedades químicas del suelo del sistema agroforestal.

Variable	n	Media	D.E.	C.V. (%)	Mín.	Máx.
pH	6	4,24	—	0,39	—	—
Materia orgánica (%)	6	2,77	0,84	30,28	1,20	3,65
Nitrógeno total (%)	6	0,14	0,04	30,22	0,06	0,18
Fósforo (ppm)	6	3,32	1,01	30,50	1,83	4,78
K_2O (ppm)	6	113,53	10,71	9,43	101,80	130,66

En cuanto a los cationes cambiables, el calcio presentó la media más alta con 3,48 cmol(+)/kg, seguido de magnesio con 0,52 cmol(+)/kg y potasio con 0,17 cmol(+)/kg. El aluminio alcanzó una media de 1,31 cmol(+)/kg, valor consistente con el carácter ácido del suelo. El hidrógeno mostró la mayor variabilidad relativa (CV = 135,09 %), lo que indica diferencias marcadas en la acidez potencial entre unidades de muestreo. Este patrón sugiere que, además de la acidez general del sistema, existen sectores con comportamiento químico más variable (Tabla 6).

Tabla 6
Cationes cambiables del suelo del sistema agroforestal.

Variable	n	Media	D.E.	C.V. (%)	Mín.	Máx.
Calcio [cmol(+)/kg]	6	3,48	0,38	10,85	3,11	4,17
Magnesio [cmol(+)/kg]	6	0,52	0,11	22,11	0,37	0,63
Potasio [cmol(+)/kg]	6	0,17	0,04	22,63	0,11	0,21
Sodio [cmol(+)/kg]	6	0,02	0,002	10,68	0,02	0,02
Aluminio [cmol(+)/kg]	6	1,31	0,13	9,76	1,14	1,47
Hidrógeno [cmol(+)/kg]	6	0,28	0,37	135,09	0,10	1,03

DISCUSIONES

Productividad de Theobroma cacao

El rendimiento promedio de Theobroma cacao en el sistema agroforestal evaluado evidencia una marcada heterogeneidad productiva entre parcelas. En comparación con otros sistemas agroforestales con cacao, este valor fue inferior a los 346 kg/ha/año reportados por Celi y Aguirre (2022) en Ecuador, a los 311–922 kg/ha/año observados por Valencia (2019) en Colombia, a los 891 kg/ha registrados por Gutiérrez y Lévano (2023) en Perú y a los rendimientos superiores a 1 t/ha/año descritos por Ramírez (2021), Ochoa (2019) y Hernández (2014). Sin embargo, el valor hallado en Shunté fue cercano al reportado por Preciado et al. (2008) para sistemas tradicionales de cacao y superior al de So-Sánchez et al. (2018), quienes documentaron producciones de 80 y 120 kg/ha en parcelas con cacao asociado a árboles forestales. En conjunto, ello sugiere que el sistema estudiado presenta una productividad funcional, pero todavía por debajo de sistemas con mayor tecnificación, mejor soporte nutricional o arreglos arbóreos más equilibrados.

La diferencia con esos antecedentes indica que la productividad del cacao no depende únicamente de la presencia del componente arbóreo, sino del equilibrio entre sombra, manejo agronómico y fertilidad del suelo. En ese sentido, Celi y Aguirre (2022) señalaron que la falta de criterios técnicos limita el desempeño de los SAF tradicionales, mientras que Ochoa (2019) mostró que la asistencia técnica mejora de manera importante la producción. De forma complementaria, Ramírez (2021) encontró que el rendimiento del cacao disminuyó conforme aumentó el área basal de sombra, y Tapia-Vera et al. (2021) demostraron que la asociación con especies forestales puede ser favorable siempre que no reduzca excesivamente la disponibilidad de luz. Incluso Ventura y González (2013) evidenciaron que el material genético influye en la productividad al identificar árboles superiores por rendimiento e índice de mazorcas. Por ello, la variabilidad observada en Shunté probablemente responde a una interacción entre cobertura arbórea, manejo local, condición nutricional del suelo y posible heterogeneidad del material vegetal, más que a un solo factor aislado.

Estructura del componente arbóreo

El sistema agroforestal evaluado registró 10 especies arbóreas y 55 individuos, con predominio de Croton lechleri y Cedrelinga cateniformis. Esta riqueza fue menor que la reportada por Goñas et al. (2022) en Amazonas, por Ebratt-Matute (2022) en Colombia, por Márquez (2021) en Ecuador y por Bautista-Mora et al. (2016) y Sánchez Gutiérrez et al. (2016) en México, quienes describieron sistemas con mayor número de especies y familias. No obstante, esta diferencia no implica necesariamente una condición desfavorable, porque varios estudios muestran que muchos SAF se estructuran alrededor de unas pocas especies dominantes con funciones específicas de sombra, protección o aprovechamiento. Así, Márquez (2021) documentó la dominancia de Tectona grandis en un sistema tradicional, mientras que Hernández (2014) reportó en Tocache un arreglo dominado por Cordia alliodora y Calycophyllum spruceanum. Desde esa perspectiva, el SAF de Shunté puede interpretarse como un sistema florísticamente más simple, pero funcional desde el punto de vista agroforestal.

Desde el punto de vista dasométrico, el diámetro promedio fue superior al reportado por Goñas et al. (2022) y al intervalo dominante señalado por Ebratt-Matute (2022), aunque la altura fue menor que la observada por este último autor y también inferior a la descrita por Hernández (2014) en Tocache. A la vez, el volumen acumulado fue menor al promedio reportado por Sánchez Gutiérrez et al. (2016) en

Volumen 8, Número 1, julio - diciembre, 2026 - Recibido: 14-08-2026, Aceptado: 02-09-2026
https://doi.org/10.46908/tayacaja.v8i1.245

México, pero superior a los valores descritos por Verdezoto et al. (2023) en fincas cacaoteras de Ecuador. En términos comparativos, esto sugiere que el sistema de Shunté posee un componente arbóreo de porte intermedio y con potencial maderable moderado. Además, la concentración de individuos en clases diamétricas intermedias y altas, junto con la baja representación de clases inferiores, indica un sistema con árboles ya establecidos y escaso reclutamiento reciente, patrón que también puede relacionarse con formas de manejo selectivo, como las descritas por Limongi (2002) y Barrantes (2015) en otros sistemas agroforestales latinoamericanos.

Propiedades químicas del suelo

El suelo del sistema agroforestal presentó un pH de 4,24, materia orgánica de 2,77 %, nitrógeno total de 0,14 % y fósforo disponible de 3,32 ppm, además de aluminio intercambiable de 1,31 cmol(+)/kg. Estos resultados muestran una condición fuertemente ácida y una limitación nutricional importante, especialmente asociada al fósforo. En comparación con antecedentes nacionales y locales, el pH fue menor que el reportado por Gutiérrez y Lévano (2023), Quinto (2016), Calderón et al. (2018) y Nieto (2015), mientras que el fósforo disponible también fue considerablemente más bajo que el encontrado por Quinto (2016), Calderón et al. (2018) y Nieto (2015). A escala internacional, la limitación fosfórica del presente estudio también fue más marcada que la descrita por Dori et al. (2022) en Etiopía y por Arriaga-Vázquez et al. (2020) en México. En consecuencia, la principal restricción del sistema no parece ser solo la acidez, sino la combinación entre acidez elevada, presencia de aluminio y muy baja disponibilidad de fósforo, condición que puede limitar el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes por el cacao.

Los contenidos de materia orgánica y nitrógeno fueron intermedios y relativamente próximos a los reportados por Gutiérrez y Lévano (2023), Quinto (2016) y Nieto (2015), lo que sugiere que el componente arbóreo sí contribuye al mantenimiento parcial de la fertilidad del sistema. Esta interpretación coincide con Fernández et al. (2016), quienes señalaron que los sistemas agroforestales pueden presentar mejores condiciones nutricionales que los monocultivos, y con Dori et al. (2022), Arriaga-Vázquez et al. (2020) y Salazar et al. (2006), quienes mostraron que la diversificación y el manejo del sistema pueden favorecer la acumulación de materia orgánica y mejorar varias propiedades químicas del suelo. Del mismo modo, Guzmán et al. (2024) y Gutiérrez y Lévano (2023) evidenciaron, en contextos peruanos, que los SAF pueden traducirse en mejores suelos y mayor productividad agrícola. Sin embargo, los resultados de Shunté muestran que esos beneficios no son automáticos ni homogéneos: aunque existe una base orgánica moderada, esta todavía no ha sido suficiente para corregir la fuerte acidez ni la limitación de fósforo. Por ello, el sistema puede considerarse químicamente funcional, pero aún restrictivo para sostener rendimientos altos de cacao de manera consistente.

CONCLUSIONES

El sistema agroforestal evaluado presentó una productividad media de Theobroma cacao de 183,14 kg/ha, con una amplia variación entre parcelas (78,54 – 365,65 kg/ha). Esto indica que el sistema mantiene capacidad productiva, pero con un desempeño heterogéneo que sugiere diferencias internas en manejo, disponibilidad de recursos y condiciones del sitio.

El componente arbóreo estuvo conformado por 55 individuos, distribuidos en 10 especies y 7 familias botánicas, con predominio de Croton lechleri (27,27 %) y Cedrelinga cateniformis (20,00 %). Además, presentó una altura media de 9,03 m, un DAP promedio de 35,9 cm y un volumen total de 95,79 m³, lo que evidencia un estrato arbóreo funcional, de porte intermedio y con potencial maderable moderado dentro del sistema agroforestal.

El suelo del sistema mostró una condición fuertemente ácida (pH = 4,24), con materia orgánica de 2,77 %, nitrógeno total de 0,14 % y fósforo disponible de 3,32 ppm. Estos resultados indican que la principal limitación química del sistema está asociada a la acidez y a la baja disponibilidad de fósforo, factores que pueden restringir tanto el desarrollo del cacao como el desempeño del componente arbóreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arévalo-Gardini, E., Canto, M., Alegre, J., Loli, O., Julca, A., & Baligar, V. (2015). Changes in soil physical and chemical properties in long term improved natural and traditional agroforestry management systems of cacao genotypes in Peruvian Amazon. PLOS ONE, 10(7), e0132147. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132147

Deheuvels, O., Avelino, J., Somarriba, E., & Malézieux, E. (2012). Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. Agriculture, Ecosystems & Environment, 149, 181–188. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.003

Jagoret, P., Michel, I., Ngnogué, H. T., Lachenaud, P., Snoeck, D., & Malézieux, E. (2017). Structural characteristics determine productivity in complex cocoa agroforestry systems. Agronomy for Sustainable Development, 37, 60. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0468-0

Schmidt, J. E., Firl, A., Hamran, H., Imaniar, N. I., Crow, T. M., & Forbes, S. J. (2022). Impacts of shade trees on the adjacent cacao rhizosphere in a young diversified agroforestry system. Agronomy, 12(1), 195. https://doi.org/10.3390/agronomy12010195

Volumen 8, Número 1, julio - diciembre, 2026 - Recibido: 14-08-2026, Aceptado: 02-09-2026
https://doi.org/10.46908/tayacaja.v8i1.245

Suárez, L. R., Suárez Salazar, J. C., Casanoves, F., & Ngo Bieng, M. A. (2021). Cacao agroforestry systems improve soil fertility: Comparison of soil properties between forest, cacao agroforestry systems, and pasture in the Colombian Amazon. Agriculture, Ecosystems & Environment, 314, 107349. https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107349

Wartenberg, A. C., Blaser, W. J., Gattinger, A., Roshetko, J. M., van Noordwijk, M., & Six, J. (2017). Does shade tree diversity increase soil fertility in cocoa plantations? Agriculture, Ecosystems & Environment, 248, 190–199. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.033

Arriaga-Vázquez, A. M., Martínez-Menez, M. R., Rubiños-Panta, J. E., Fernández-Reynoso, D. S., Delgadillo-Martínez, J., & Vázquez-Alarcón, A. (2020). Propiedades químicas y biológicas de los suelos en milpa intercalada con árboles frutales. Terra Latinoamericana, 38(3), 465–474. https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.599

Barrantes-Valverde, L. A. (2015). Caracterización de los sistemas agroforestales cafetaleros de los productores asociados a Coopesarapiquí R. L. en la zona norte de Costa Rica [Proyecto de graduación de bachillerato, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC. https://hdl.handle.net/2238/6444

Bautista-Mora, E., Pérez-Flores, J., Ruiz-Rosado, O., & Valdez-Balero, A. (2016). Uso de recursos forestales maderables y no maderables del sistema agroforestal cacao (Theobroma cacao L.). Agroproductividad, 9(2), 50–55.

Calderón, C., Bautista, G., & Rojas, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo como indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. Orinoquia, 22(2), 141–157.

Celi-Delgado, L., & Aguirre-Mendoza, Z. (2022). Caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales de la parroquia Zumba, cantón Chinchipe, Ecuador. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(4), 814–837. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2626

Dori, T., Asefaw, Z., & Kippie, T. (2022). Soil characteristics under dominant agroforestry systems along toposequence of Gedeo, southeastern Ethiopia. Environmental and Sustainability Indicators, 15, 100191. https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100191

Ebratt-Matute, D. J. (2022). Composición florística y estructura de las especies de sombrío en los sistemas agroforestales de cacao (Theobroma cacao L.) en la subregión de los Montes de María, Bolívar, Colombia. Intropica, 17(1), 47–60. https://doi.org/10.21676/23897864.4495

Fernández-Ojeda, P. R., Acevedo, D. C., Villanueva-Morales, A., & Uribe-Gómez, M. (2016). Estado de los elementos químicos esenciales en suelos de los sistemas natural, agroforestal y monocultivo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 7(35), 65–77. https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i35.75

Goñas, M., Rubio, K. B., Rojas Briceño, N. B., Pariente-Mondragón, E., & Oliva-Cruz, M. (2022). Tree diversity in agroforestry systems of native fine-aroma cacao, Amazonas, Peru. PLOS ONE, 17(10), e0275994. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275994

Gutiérrez Torre, L. V., & Lévano Crisóstomo, J. D. (2023). Efecto de sistemas agroforestales y monocultivo de cacao (Theobroma cacao L.), en los indicadores físicos del suelo. RevIA, 13(16), 33–41. https://doi.org/10.69507/revia.5.13.16.312

Guzmán, W., Orihuela, C. E., Vásquez-Lavín, F., & Arévalo, L. A. (2024). Evaluación del impacto en la productividad de cultivos de café y cacao con sistemas agroforestales en los departamentos de Amazonas y San Martín, Perú. Economía Agraria y Recursos Naturales, 24(1), 99–125. https://doi.org/10.7201/earn.2024.01.05

Hernández Guevara, E. (2014). Influencia de las especies forestales Cordia alliodora (laurel) y Calycophyllum spruceanum (capirona) en el rendimiento de Theobroma cacao L. en un sistema agroforestal, Tocache, San Martín, 2013 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Alicia. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_87a9b0967da8f82a4c7078447d06a0d6

Limongi, J. (2002). Caracterización del sistema agroforestal "maíz con árboles dispersos" en la cuenca del río Carrizal, Manabí, Ecuador [Tesis de posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza].

Márquez Navarrete, G. L. (2021). Caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales de la finca Villacís del recinto Zapallo, del cantón Quevedo [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6335

Nieto Montecillo, J. J. (2015). Propiedades químicas y carbono orgánico almacenado en el suelo de tres sistemas de uso de la tierra - distrito Nuevo Progreso, región San Martín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/items/f0db7801-a7d9-4d22-8ee2-e5681654dcb9

Volumen 8, Número 1, julio - diciembre, 2026 - Recibido: 14-08-2026, Aceptado: 02-09-2026
https://doi.org/10.46908/tayacaja.v8i1.245

Ochoa Arroyave, S. A. (2019). Análisis comparativo de la productividad del sistema plátano (Musa paradisiaca)–cacao (Theobroma cacao) bajo acompañamiento de asistencia técnica y no acompañamiento en el municipio de Turbo, Antioquia [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/27834

Preciado, O., Ocampo, C. I., & Ballesteros, W. (2011). Caracterización del sistema tradicional de producción de cacao (Theobroma cacao L.), en seis núcleos productivos del municipio de Tumaco, Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, 28(2), 58–69.

Quinto Carhuancho, C. E. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo la influencia de tres sistemas de uso de la tierra en el distrito José Crespo y Castillo, Leoncio Prado [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. https://hdl.handle.net/20.500.14292/1303

Ramírez Argueta, O. A. (2021). Evaluación productiva y potencial de ingresos económicos de 12 sistemas agroforestales con cacao (Theobroma cacao L.) en la zona norte de Honduras [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11546

Salazar, O., Casanova, M., Benavides, C., Luzio, W., & Vera, W. (2006). Propiedades químicas de un suelo bajo agroforestería y cosecha de agua en el secano interior de Chile central. Terra Latinoamericana, 24(4), 471–476.

Sánchez Gutiérrez, F., Pérez-Flores, J., Obrador Olan, J. J., Sol Sánchez, Á., & Ruiz-Rosado, O. (2016). Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(14), 2711–2723. https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.440

Sol-Sánchez, Á., López-Juárez, S. A., Córdova-Ávalos, V., & Gallardo-López, F. (2018). Productividad potencial del SAF cacao asociado con árboles forestales. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 4(7), 862–877. https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6327

Tapia-Vera, C. A., Sánchez-Mora, F. D., Vásconez-Montúfar, G. H., Barrera-Álvarez, A. E., Mora-Yela, R. V., Díaz-Coronel, G. T., & Garcés-Fiallos, F. R. (2021). Evaluación temporal de sistemas agroforestales de cacao en el trópico húmedo ecuatoriano. Bionatura, 6(4), 2295–2300. https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.04.27

Valencia, J. C. (2019). Evaluación de la productividad y almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del sistema agroforestal cacao (Theobroma cacao L.) y gmelina (Gmelina arborea Roxb.) [Tesis de maestría, Universidad de Nariño]. Repositorio Institucional de la Universidad de Nariño. https://sired.udenar.edu.co/15551/

Ventura, M., & González, A. (2013). Selección de árboles de cacao (Theobroma cacao L.) por características de rendimiento e indicadores de calidad. Revista Agropecuaria y Forestal APF, 2(1), 65–68.

Verdezoto Vargas, V. H., Valdiviezo Freire, E. W., Durán Mera, C. A., & Illicachi Gusñay, R. C. (2023). Especies maderables en sistemas agroforestales con cacao (Theobroma cacao L.), cantón Yaguachi, provincia del Guayas. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 4(2), 1080–1093. https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.670.

Volumen 8, Número 1, julio - diciembre, 2026 - Recibido: 14-08-2026, Aceptado: 02-09-2026
https://doi.org/10.46908/tayacaja.v8i1.245