

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) según
su capacidad de uso mayor de la tierra en El Dorado, San
Martín, Perú**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Dalma Anayka Castro Davila

Asesor:

Mg. Ing. Jhon Patrick Rios Bartra

Tarapoto, febrero 2026

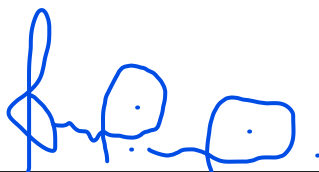
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Jhon Patrick Rios Bartra, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: ***“Rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) según su capacidad de uso mayor de la tierra en El Dorado, San Martín, Perú”*** del autor Dalma Anayka Castro Davila tiene un índice de similitud de 5% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 31 días del mes de marzo del año 2026



Jhon Patrick Rios Bartra

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

00190

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 11 día(s) del mes de Febrero del año 2026 siendo las 11:00 horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): Ing. Seyci Rengifo Arévalo el (la)

secretario(a): Mg. Carmelina Almaraz Villegas y los demás miembros:

Mg. Jessica Quipaz Pezo y Mg. Andres Erick Gonzales Lopez

y el (la) asesor(a) Mg. Jhon Patrick Rios Barba y Co-asesor

Mg. Ricardo Arias Salcedo con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis

titulado: "Rendimiento del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) según

su capacidad de uso mayor de la tierra en el Dorado, San

Martín, Perú"

del(los) bachiller(es): a) Dalma Anayka Castro Davila

b)

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Dalma Anayka Castro Davila

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	19	A	Excelente	Excelencia

Bachiller -(b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi abuelita Fely Bocanegra, por su amor, su sabiduría y por ser siempre una luz que guía mi camino. Este logro es también tuyo, como muestra de mi agradecimiento y amor.

Dedico esta investigación a mis hermanos Kristofher y Consuelo, como muestra de que debemos luchar por nuestros sueños, con ánimo y valentía.

Dedico también esta tesis a quienes creyeron en mí y me brindaron su apoyo; en especial, a mis amigos Yerson Gutiérrez y Estrella Medina, cuyo acompañamiento y ejemplo han sido valiosos en mi crecimiento profesional.

Dedico esta tesis a quienes enfrentan momentos de duda cuando el camino se torna difícil. Que el ánimo, la perseverancia y la seguridad en ustedes mismos sean siempre la fuerza para continuar.

Agradecimientos

A Dios, por ser la fuente de mi fortaleza, por darme la vida y guiar cada uno de mis pasos con sabiduría y propósito.

A mi amada mamita Fely, por su amor incondicional y por ser mi pilar en los momentos más difíciles. Su ejemplo de esfuerzo, fe y entrega me inspira a seguir adelante con esperanza y determinación.

Mi más sincero agradecimiento al biólogo Hanz Rodríguez-Cabrera y a la Ing. Camila Chappa, por su apoyo constante, orientación técnica y por acompañarme con paciencia y ánimo en esta travesía de investigación.

A mis amigos, que se convirtieron en familia cuando más lo necesité: gracias por su compañía, por creer en mí y por recordarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo, pero también con afecto y compañía genuina.

ÍNDICE

Resumen.....	6
Abstract	6
Introducción	7
Metodología	8
Área de estudio	8
Selección de datos.....	8
Análisis de datos.....	9
Resultados y discusión	10
Conclusiones	15
Referencias bibliográficas	15

Rendimiento del cultivo de *Theobroma cacao* (Malvaceae) según su capacidad de uso mayor de la tierra en el Dorado, San Martín, Perú

Yield of the cocoa crop *Theobroma cacao* (Malvaceae) according to its highest land use capacity in El Dorado, San Martín, Peru

Dalma Castro Davila^{1*} (<https://orcid.org/0000-0003-4292-2145>), Jhon Patrick Rios Bartra¹ (<https://orcid.org/0000-0002-1439-6291>), Ricardo Víctor Felipe Arias Salcedo² (<https://orcid.org/0000-0002-3635-0227>)

¹Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Jr. Los Mártires 340, Morales, 22202 Tarapoto, Perú.

²ONG 'D Kuashat Pujut, Mz. B-Lote 13 Urbanización San Antonio, 14013, Lambayeque, Lambayeque, Perú.

Resumen

El estudio evaluó el rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) según las clases de capacidad de uso mayor de la tierra en la provincia de El Dorado, departamento de San Martín, Perú, con el fin de identificar las unidades edáficas adecuadas para una producción sostenible. Para ello, se analizaron 80 parcelas de la variedad CCN-51 agrupadas según las clases de capacidad de uso mayor (A3s, C3se, F3se y P3se) mediante un diseño no probabilístico y la aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis junto con un Modelo Lineal Generalizado. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de suelo. Las clases A3s ($582,5 \pm 112,71 \text{ kg ha}^{-1}$) y C3se ($613 \pm 96,90 \text{ kg ha}^{-1}$) registraron los mayores rendimientos, asociados a condiciones edáficas favorables como pendientes suaves, textura franca, adecuada aireación y drenaje eficiente. En contraste, las unidades P3se ($399 \pm 100,10 \text{ kg ha}^{-1}$) y F3se ($366 \pm 116,77 \text{ kg ha}^{-1}$) presentaron rendimientos más bajos, debido a pendientes pronunciadas, baja fertilidad y drenaje deficiente. En conclusión, la capacidad de uso mayor del suelo influye significativamente en la productividad del cacao (*Theobroma cacao* L.), siendo las tierras aptas para cultivos en limpio (A3s) y permanentes (C3se) las adecuadas para su establecimiento. Dirigir la expansión del cultivo hacia estas unidades permitirá mejorar la eficiencia productiva y fortalecer la sostenibilidad ambiental en la Amazonía peruana.

Palabras clave: Productividad del cacao; CCN-51; Sostenibilidad Ambiental; uso del suelo.

Abstract

This study evaluated the yield of cacao (*Theobroma cacao* L.) crops according to major land-use capacity classes in the province of El Dorado, department of San Martín, Peru, in order to identify suitable soil units for sustainable production. To this end, 80 plots of the CCN-51 variety grouped according to major land-use capacity classes (A3s, C3se, F3se, and P3se) were analyzed using a non-probabilistic design and the application of the

nonparametric Kruskal-Wallis test together with a Generalized Linear Model. The results showed significant differences ($p < 0.05$) between soil types. Classes A3s (582.5 ± 112.71 kg ha⁻¹) and C3se (613 ± 96.90 kg ha⁻¹) recorded the highest yields, associated with favorable soil conditions such as gentle slopes, loamy texture, adequate aeration, and efficient drainage. In contrast, units P3se (399 ± 100.10 kg ha⁻¹) and F3se (366 ± 116.77 kg ha⁻¹) presented lower yields, due to steep slopes, low fertility, and poor drainage. In conclusion, higher soil use capacity significantly influences cacao (*Theobroma cacao* L.) productivity, with lands suitable for clean (A3s) and permanent (C3se) crops being the most suitable for their establishment. Directing crop expansion towards these units will improve production efficiency and strengthen environmental sustainability in the Peruvian Amazon.

Keywords: Cocoa productivity; CCN-51; Environmental Sustainability; land use.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos de mayor relevancia a nivel mundial debido a su demanda en la industria alimentaria y su impacto socioeconómico en las regiones productoras. Cuyo desarrollo se concentra principalmente en zonas tropicales, donde las condiciones agroecológicas favorecen su crecimiento y productividad. A nivel global, la producción de cacao alcanza los 4,6 millones de toneladas anuales (Palma, 2018). En este contexto, Perú se posiciona como un actor estratégico al albergar el 60% de las variedades de cacao conocidas a nivel mundial, siendo las principales regiones productoras San Martín, Junín, Cusco, Ucayali, Huánuco y Amazonas, que representan el 96% de la producción nacional en aproximadamente 70 mil ha, gracias a las óptimas condiciones de suelo y clima (MIDAGRI, 2021).

Entre las regiones productoras de cacao en el país, San Martín se ha consolidado como un eje estratégico, desempeñando un papel crucial en la economía nacional. En 2017, la superficie cultivada alcanzó las 63187 hectáreas (GQSP Perú, 2021), y para 2022, la producción total se estimó en 48,4 mil toneladas (MIDAGRI, 2022). En este contexto, la provincia de El Dorado destaca por concentrar el mayor número de productores de cacao, según el padrón regional, lo cual refleja una fuerte presencia del cultivo en el territorio, siendo los distritos de Shatoja, Santa Rosa, San Martín de Alao, San José de Sisa y Aguas Blancas, quienes registran los mayores volúmenes de producción (Ramírez et al., 2021).

No obstante, a pesar de que las condiciones naturales son favorables, los niveles de productividad en El Dorado continúan siendo limitados. En 2022, el rendimiento promedio reportado fue de 400 kg/ha (GORESAM, 2022), muy distante del rendimiento genético estimado de 2500 kg/ha (Agraria.pe, 2021). Esta brecha evidencia que el crecimiento del cultivo se encuentra orientado más por la expansión de la superficie agrícola que por el fortalecimiento de las capacidades productivas.

En muchos casos, esta expansión ha ocurrido sin una planificación territorial ni criterios técnicos adecuados, generando una presión creciente sobre los ecosistemas naturales. Como resultado, se ha intensificado la conversión de cobertura boscosa a uso agrícola, lo que ha derivado en conflictos por el uso del suelo y en procesos de degradación como la deforestación y el agotamiento de la fertilidad. (Amponsah-Doku, 2022).

Ante los desafíos que enfrenta el sector cacaotero en San Martín, resulta indispensable impulsar una agricultura sostenible mediante una planificación adecuada del uso del suelo, fundamentada en el conocimiento de sus características naturales y orientada a decisiones de siembra informadas. Siendo los suelos con aptitud para cultivos permanentes los que ofrecen condiciones óptimas para la siembra del cacao (*Theobroma cacao* L.), gracias a su estabilidad estructural, adecuado drenaje y moderada fertilidad, permitiendo un manejo eficiente sin necesidad de laboreo intensivo. En contraste, los suelos destinados a cultivos en limpio requieren constante remoción, incrementando su vulnerabilidad a la erosión y a la pérdida de fertilidad (Sidik-Arsyad, 2019), mientras que los suelos de aptitud para pastos presentan restricciones de profundidad y nutrientes que limitan su conversión sostenible a cultivos perennes. Particular atención merecen los suelos de vocación forestal, esenciales para la conservación de la biodiversidad y la regulación hídrica, cuyos atributos físicos y químicos los hacen inapropiados para la agricultura intensiva. Así, orientar la expansión del cultivo de cacao hacia terrenos con aptitudes agro-productivas adecuadas, se presenta como un imperativo para reducir la presión sobre los ecosistemas naturales, prevenir la deforestación y asegurar la viabilidad del sector cacaotero. (Ekene et al., 2024) Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) según la capacidad de uso mayor de la tierra en la provincia de El Dorado, San Martín.

Metodología

Área de estudio

El área de estudio se ubica en la provincia de El Dorado, departamento de San Martín, en la amazonia peruana (Yupe-Rosero et al., 2024), considerando como ámbitos de estudio la clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (Figura 1).

Selección de datos

La selección de datos para evaluar el rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se consideraron únicamente parcelas cultivadas con la variedad CCN-51, con una extensión mayor a una hectárea, una antigüedad igual o mayor a cuatro años, un sistema de siembra en tres bolillos con una distancia de 3x3 metros, y excluyendo aquellas que recibieron abonamiento o fertilización. Finalmente, se seleccionaron 80 parcelas que cumplieron con estos criterios, las cuales fueron agrupadas en conjuntos de 20, según su clasificación de uso mayor de la tierra, a excepción de las tierras de protección.

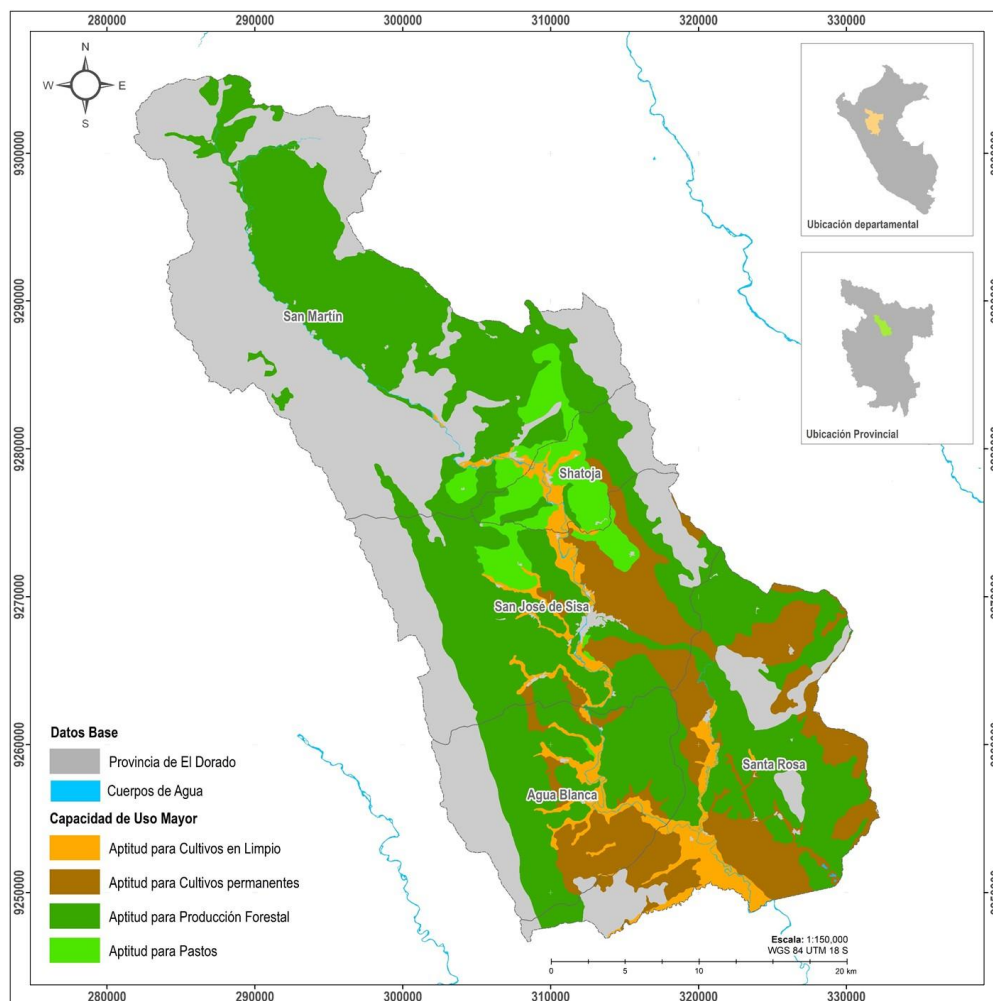


Figura 1. Tierras según su clasificación de uso mayor en la provincia de El Dorado.

Figure 1. Lands according to their major use classification in the province of El Dorado.

Los datos utilizados fueron obtenidos del portal de infraestructura de datos espaciales del Gobierno Regional de San Martín (GORESAM, 2022). Tras la descarga de las bases gráficas, se realizó un análisis cartográfico con el software ArcGis 10.8, utilizando la herramienta de geoprocesamiento “clip” o “recortar” para limitar la información al área de estudio, posteriormente, los datos resultantes se sistematizaron utilizando el software Microsoft Excel para su análisis.

Análisis de datos

Se emplearon análisis de estadística descriptiva para obtener la media, la desviación estándar, valor mínimo y máximo, y el coeficiente de variación. También se emplearon gráficos de boxplot. Para los análisis inferenciales se empleó un nivel de confianza del 95%. Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de homocedasticidad de Levene, como los datos no presentaron normalidad ni homocedasticidad, se compararon mediante el análisis de Kruskal- Wallis. Asimismo, se empleó un Modelo Lineal Generalizado, considerando el rendimiento como variable

respuesta y el tipo de uso de suelo como variable de predicción. Los análisis estadísticos y los gráficos fueron realizados en el lenguaje de programación R Studio v. 2024.04.2+764.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se observa que la capacidad de uso A3s (582,5 + 112,71 kg/ha) y C3se (613 + 96,90 kg/ha) fueron las que mejor rendimiento presentaron para el cultivo de cacao. De igual manera, estos dos tipos de clasificación del suelo fueron las de menor coeficiente de variación, a diferencia de F3se y P3se, con 31,91% y 25,09%, respectivamente. Las capacidades de uso de suelo demostraron ser diferentes entre sí (p = 3,183 - 11) (Figura 2).

Se demuestra que el rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) varía significativa- mente según el tipo de capacidad de uso mayor del suelo presente en el distrito de El Dorado, provincia de San Martín. Las mayores productividades se registraron en las unidades C3se (aptitud para cultivos permanentes con limitantes de suelo y erosión) y A3s (aptitud para cultivos en limpio con limitantes de suelo), con rendimientos promedio de 613 ± 96,90 kg ha⁻¹ y 582,5 ± 112,71 kg ha⁻¹, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre ambas (p > 0,05). En cambio, los menores rendimientos correspondieron a las unidades P3se (aptitud para pastos) y F3se (aptitud forestal), con 399 ± 100,10 kg ha⁻¹ y 366 ± 116,77 kg ha⁻¹, respectivamente, las cuales difirieron significativamente del grupo anterior (p < 0,05). El coeficiente de variación (CV) de los rendimientos fue mayor en las unidades F3se (31,91%) y P3se (25,09%), lo que sugiere una mayor heterogeneidad en las condiciones de suelo y manejo, mientras que en C3se (15,81%) y A3s (19,35%) se observó una mayor uniformidad. Este comportamiento podría estar asociado a diferencias en el nivel tecnológico, manejo de sombra, densidad de siembra y fertilización orgánica entre productores, factores que influyen de manera significativa en la productividad incluso dentro de una misma clase de tierra.

Tabla 1.
Rendimiento del cultivo de cacao (kg/ha) según el tipo de capacidad de uso de suelo en la provincia de El Dorado.

Table 1.
Cocoa crop yield (kg/ha) according to land use capability type in the province of El Dorado.

Variables	Capacidad de uso	Tipo de capacidad de uso de suelo			
		A3s	C3se	F3se	P3se
	x ± DE	582,5 ± 112,71 a	613 ± 96,90 a	366 ± 116,77 b	399 ± 100,10 b
Rendimiento (kg/ha)	mín. – máx.	500–1000	500–800	200–500	200–500
	CV (%)	19,35	15,81	31,91	25,09

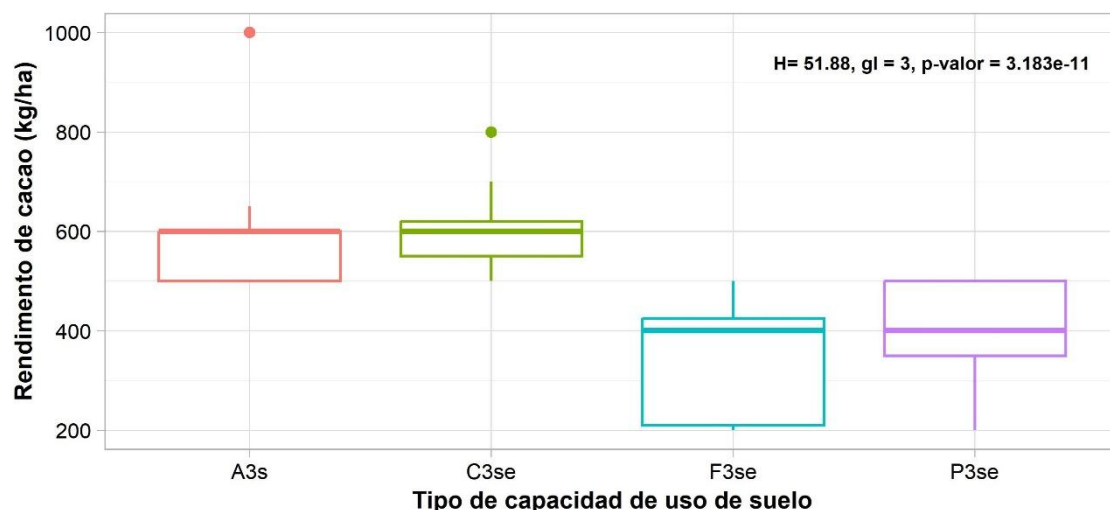


Figura 2. Rendimiento del cacao según su capacidad de uso de suelo.

Figure 2. Cocoa yield according to its land use capacity.

El rendimiento del cacao evidenció una marcada relación con las condiciones edáficas asociadas a la capacidad de uso mayor del suelo (Figura 2). Los valores más altos se registraron en las clases A3s ($582,5 \pm 112,71$ kg/ha) y C3se ($613 \pm 96,90$ kg/ha), categorías que, según el Reglamento de Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, corresponden a suelos con limitaciones leves y aptitud para cultivos en limpio (A) y cultivos permanentes (C). Estas características edáficas, que incluyen pendientes suaves a moderadas, buena profundidad efectiva, texturas francas y drenaje favorable, crean un entorno propicio para el desarrollo radicular, la absorción de nutrientes y la sostenibilidad productiva del cacao (MIDAGRI, 2022).

En contraste, las clases P3se ($399 \pm 100,10$ kg/ha) y F3se ($366 \pm 116,77$ kg/ha) presentaron rendimientos significativamente menores. De acuerdo con el reglamento CUM, los suelos destinados a pastos (P) poseen limitaciones más severas relacionadas con pendientes pronunciadas, baja fertilidad natural y susceptibilidad a la erosión, lo cual restringe su uso agrícola intensivo. Los suelos de uso forestal (F) están sujetos a pendientes fuertes, drenaje deficiente y menor capacidad de intercambio catiónico, condiciones que justifican su orientación hacia la conservación y la cobertura boscosa antes que hacía cultivos agrícolas. Se confirma que estas limitaciones se traducen en una menor eficiencia productiva para el cacao, incluso para materiales genéticos de alto potencial como el clon CCN-51 (MIDAGRI, 2022). No obstante, al considerar los valores absolutos, todos los rendimientos registrados se ubicaron por debajo de los promedios reportados por el MIDAGRI (2022) para el Perú (902 kg/ha) y para la región San Martín (1014 kg/ha). Esta brecha productiva refleja limitaciones agroecológicas inherentes a los sistemas de cultivo en la provincia de El Dorado, las cuales van más allá de la clasificación de uso mayor, incluyendo factores como la baja fertilización, deficiencias en el manejo agronómico y la degradación progresiva de los suelos. En este contexto,

resulta pertinente analizar de manera diferenciada el desempeño del cacao en cada clase de suelo, considerando las propiedades edáficas y fisiográficas que determinan sus niveles de productividad.

El modelo demostró que los suelos con aptitud para cultivos en limpio (A) son diferentes significativamente de los suelos con aptitud para cultivos forestales (F) y pastos (P) (Tabla 2.)

Al comparar las demás clases con respecto a A3s: C3se (aptitud para cultivos permanentes con limitantes de suelo y erosión) presentó una diferencia positiva de +30,5 kg ha⁻¹, aunque no significativa (p = 0,37). Esto indica que los rendimientos en C3se son estadísticamente similares a los de A3s.

F3se (aptitud forestal con limitantes de suelo y erosión) mostró una diferencia negativa altamente significativa de -216,5 kg ha⁻¹ (p = 1,15 × 10^{-8***}), lo cual evidencia un rendimiento mucho menor en suelos con aptitud forestal. P3se (aptitud para pastos con limitantes de suelo y erosión) también presentó una reducción significativa de -183,5 kg ha⁻¹ (p = 6,61 × 10^{-7***}), confirmando que estas tierras son menos aptas para el cultivo de cacao.

Estos resultados muestran que las clases de capacidad de uso mayor con vocación agrícola (A3s y C3se) ofrecen los rendimientos más altos y homogéneos, mientras que las tierras con vocación forestal o para pastos (F3se y P3se) no son apropiadas para este cultivo por su menor productividad y mayores limitaciones edáficas.

El análisis estadístico respalda la hipótesis de que el rendimiento del cacao depende significativamente de la capacidad de uso mayor del suelo. Las clases A3s y C3se, aunque presentan limitaciones de suelo y erosión, mantienen condiciones físicas y químicas que favorecen la retención de humedad, la aireación y la disponibilidad de nutrientes.

Tabla 2.

Resultados del Modelo Lineal Generalizado que muestra diferencias entre las capacidades de uso A, F y P.

Table 2.

Results of the Generalized Linear Model showing differences between the capacities of use A, F and P.

Contrastes	Estimador	Error Estándar	p-valor
Capacidad A3s (intercepto)	582,50	23,91	2 e-16 ***
Capacidad C3se	30,50	33,82	0,37
Capacidad F3se	-216,50	33,82	1,15 e-08***
Capacidad P3se	-183,50	33,82	6,61 e-07***

(***): p < 0,001.

Por el contrario, las clases F3se y P3se, al ser suelos con pendientes pronunciadas, baja fertilidad y mayor susceptibilidad a la erosión, limitan el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes, reduciendo significativamente la producción.

Este comportamiento coincide con lo reportado por MINAGRI (2018) y Torres et al. (2020), quienes indican que la pendiente, la profundidad efectiva y el drenaje del suelo son variables determinantes del rendimiento del cacao. De igual modo, Cárdenas et al. (2019) observaron que las limitaciones edáficas y topográficas en el Alto Huallaga reducen la productividad y aumentan los costos de manejo.

El rendimiento superior del cacao en los suelos A3s se asocia a sus características físicas y químicas favorables, principalmente la pendiente suave, textura franca y pH cercano a la neutralidad, que facilitan las labores agrícolas y promueven una adecuada disponibilidad de nutrientes. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Jiménez (2023), quien señala que suelos con buena aireación y retención de humedad optimizan el desarrollo radicular y la productividad del cultivo. Asimismo, la mayor concentración de materia orgánica en los suelos A3s incrementa la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes esenciales para la floración y fructificación del cacao (Macías, 2022). La combinación de buen drenaje y relieve plano o ligeramente ondulado reduce el riesgo de erosión, manteniendo la estabilidad estructural y funcional del suelo. En este contexto, la aptitud agrícola de los suelos A3s confirma su idoneidad para el cultivo de cacao, siendo coherente con los rendimientos observados y con la clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor establecida para sistemas agrícolas sostenibles en la Amazonía peruana.

En el caso de los suelos C3se, de aptitud para cultivos permanentes, los rendimientos del cacao también fueron elevados, aunque condicionados por pendientes moderadas y un drenaje ligeramente restringido en algunos sectores. A pesar de estas limitaciones, el pH moderadamente ácido y las texturas franco-arcillosas permitieron mantener una disponibilidad adecuada de nutrientes y agua. El contenido intermedio de materia orgánica y niveles aceptables de fósforo y potasio explican la estabilidad productiva observada, aunque con menor resiliencia frente a condiciones climáticas adversas en comparación con los suelos de clase A. Asimismo, la capacidad de intercambio catiónico relativamente alta y la ausencia de problemas de salinidad o carbonatos favorecieron el desarrollo del cultivo, confirmando que el cacao se adapta eficientemente a este tipo de suelos siempre que se apliquen prácticas de manejo que reduzcan los riesgos asociados a la pendiente y el drenaje.

Por su parte, los suelos P3se, destinados principalmente a pastos, registraron rendimientos significativamente menores debido a la combinación de pendientes más pronunciadas, texturas más pesadas y un pH ácido que limita la disponibilidad de nutrientes esenciales.

Estos suelos se caracterizaron por bajos niveles de materia orgánica, fósforo y potasio, factores que restringen el crecimiento vegetativo y reproductivo del cacao. La capacidad de intercambio catiónico también resultó limitada, reduciendo la retención de nutrientes en el perfil edáfico. Aunque no se presentaron limitaciones por salinidad ni carbonatos, la mayor susceptibilidad a procesos de erosión y el drenaje irregular condicionaron negativamente la productividad. La posición fisiográfica en laderas medias y altas refuerza las restricciones de este grupo, confirmando que no constituyen suelos óptimos para el cultivo del cacao.

Los suelos F3se, clasificados para uso forestal, mostraron los menores rendimientos, lo cual responde principalmente a su localización en pendientes fuertes y a condiciones de drenaje restrictivas. Estos suelos presentaron pH más ácidos, con texturas franco-arcillosas pesadas que reducen la aireación y aumentan la compactación, afectando el desarrollo radicular. La escasa materia orgánica, junto con bajos niveles de fósforo y potasio, limitó severamente la disponibilidad de nutrientes para el cacao. A ello se suma una capacidad de intercambio catiónico reducida, que disminuye la capacidad de retener y suministrar cationes esenciales. Aunque tampoco se detectaron problemas de salinidad ni carbonatos, la interacción de las limitaciones químicas, físicas y fisiográficas explica el bajo potencial productivo de estos suelos, ratificando que su uso principal debe orientarse hacia la conservación y actividades forestales, tal como establece la Ley CUM.

Estos resultados indican una relación directa entre la capacidad de uso del suelo y el rendimiento del cacao, en donde las tierras con mejor aptitud para cultivos agrícolas y permanentes presentan una mayor productividad. Este comportamiento coincide con lo reportado por MINAGRI (2018) y Torres et al. (2020), quienes señalan que las características edáficas, la profundidad efectiva, la pendiente y el drenaje determinan el potencial productivo del cacao. En este estudio, las unidades A3s y C3se presentaron suelos con mejor estructura, mayor profundidad y mayor contenido de materia orgánica, condiciones que favorecen la aireación, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes, lo que se traduce en mayores rendimientos.

Por el contrario, las unidades F3se y P3se, clasificadas como tierras con aptitud forestal o para pastos, mostraron limitaciones más severas relacionadas con la erosión, baja fertilidad natural y pendientes pronunciadas, factores que reducen la capacidad productiva del suelo y restringen el desarrollo radicular del cultivo. Estos resultados son similares a los reportados por Cárdenas et al. (2019), quienes encontraron que los suelos con pendientes superiores al 15 % y baja capacidad de retención de agua tienden a generar menores rendimientos de cacao en el Alto Huallaga.

Desde el punto de vista agroecológico, se evidencia que el cultivo de cacao se adapta mejor en suelos clasificados como C3se, diseñados para cultivos permanentes, donde la cobertura vegetal y las prácticas conservacionistas pueden mantener la estabilidad del

terreno y evitar la erosión. En cambio, el establecimiento del cultivo en tierras con aptitud forestal o para pastos podría implicar riesgos de degradación del suelo y pérdida de productividad a mediano plazo si no se aplican prácticas sostenibles de manejo.

En términos generales, los resultados confirman que la capacidad de uso mayor de la tierra constituye un factor determinante en el rendimiento del cultivo de cacao en El Dorado. No obstante, se debe considerar que esta variable interactúa con aspectos de manejo agronómico y condiciones climáticas, por lo que una gestión adecuada del sistema productivo podría mejorar la eficiencia del cultivo incluso en suelos con limitaciones moderadas.

Conclusiones

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar el rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) según la capacidad de uso mayor de la tierra en la provincia de El Dorado, San Martín, demostrando que esta variable influye directamente en la productividad del cultivo. Los mayores rendimientos se registraron en las clases A3s y C3se, cuyos suelos presentan pendientes suaves, buena aireación y fertilidad moderada, condiciones que favorecen el desarrollo radicular y la disponibilidad de nutrientes. En contraste, las clases F3se y P3se mostraron menor rendimiento debido a pendientes pronunciadas, baja fertilidad y drenaje deficiente. Estos resultados evidencian que el cacao se adapta mejor en suelos con vocación agrícola y permanente, por lo que orientar su expansión hacia terrenos con aptitud agrícola adecuada permitirá optimizar la producción y reducir los impactos ambientales asociados al cambio de uso del suelo en la Amazonía peruana.

Referencias bibliográficas

- Agraria.pe. (2021). Perú casi quintuplicó la producción de cacao en los 11 últimos años. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/peru-casi-quintuplico-la-produccion-de-cacao-en-los-11-ultim-25650>
- Amponsah-Doku, B., Daymond, A., Robinson, S., Atuah, L., & Sizmur, T. (2022) Improving soil health and closing the yield gap of cocoa production in Ghana – A review, *Scientific African*, 15, e01075.
- Arévalo-Hernández, C. O., Pinto, F. C., Souza Júnior, J. O., Paiva, A. Q., & Baligar, V. C. (2019). Variabilidad y correlación de atributos físicos de suelos cultivados con cacao en dos zonas climáticas del sur de Bahía, Brasil. *Agrofor Syst*, 93, 793-802. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0176-4>
- Cárdenas, R., Torres, L., & Pinedo, J. (2019). Evaluación de las limitaciones edáficas y topográficas en la productividad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Alto Huallaga, Perú. *Revista AgroAmazonas*, 5(2), 45-54.
- Ekene, M. -A., Larney, F. J., Hernandez-Ramirez, G., St. Luce, M., Wai Chau, H., & Kui, L. (2024). Quantitative evaluation of soil health based on a minimum dataset under various short-term crop rotations on the Canadian prairies. *Science of The Total Environment*, 935, 173335, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173335>

GORESAM (2022). Infraestructura de Datos Especiales de la Región San Martín. Disponible en: <https://geoportal.regionsanmartin.gob.pe/>

GQSP Perú. (2021). Determinación de las características específicas de la Cadena de Valor del cacao y sus necesidades en la Infraestructura de Calidad en el departamento de San Martín. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

Lozano, Z., Mirabal, O., Rey, J. C., Lobo, D., Castillo, E., Fernández, N., Martínez, G., Rodríguez, M. F., & Cortez, A. (2024). Propiedades físicas del suelo y su relación con el rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Cuyagua, estado Aragua. *Revista De La Facultad De Agronomía*, 50(1), 27-44.

Macías, D. (2022). Los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos: UTB.

MIDAGRI. (2021). Estudio de Vigilancia Tecnológica en el Cultivo del Cacao. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Técnica de Babahoyo. Los Ríos: UTB.

MIDAGRI. (2022). Decreto Supremo N° 005-2022-MIDAGRI, que aprueba el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. *Diario Oficial El Peruano*.

MIDAGRI. (2022). Observatorio de commodities: cacao.

MIDAGRI. (2022). Boletín anual del sistema integrado de estadística Agraria.

<https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines- anuales>

MINAGRI. (2018). Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras del Perú. Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, Perú. Documento técnico oficial que sustenta la clasificación de suelos y su influencia en la aptitud agrícola.

Palma, L. (2018). Niveles de productividad y rentabilidad del cultivo de cacao (*Theobroma Cacao*. L) en la región San Martín: 2000-2016. Tesis de Economista, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

Jiménez, A. (2023). Evaluación de la aptitud del suelo del cultivo de cacao “*Theobroma cacao* L.” en el recinto Nueva Colonia - Yaguachi, Guayas. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Agraria del Ecuador.

Ramírez Ynca, J. C., & Sánchez Sandoval, A. (2021). Producción de cacao y la generación de empleo en la provincia El Dorado -Región San Martín.

Ramírez, J., & Sánchez, A. (2021). Producción de cacao y la generación de empleo en la provincia El Dorado -Región San Martín, año 2020. Tesis de Economista, Universidad Nacional de San Martín. Perú.

Rojas Briceño, N. B. (2022). Idoneidad del territorio para el cultivo sostenible de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Perú. Tesis de grado académico de maestro en Gestión para el Desarrollo Sustentable, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú.

Sidik-Arsyad, D., Nasir, S., Arundhana, A. I., Phan-Thien, K.-Y., Toribio, J. -A., McMahon, P., Guest, D. I., & Walton, M. (2019). A one health exploration of the reasons for low cocoa productivity in West Sulawesi. *One Health*, 8, 100107. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2019.100107>

Torres, L., Cárdenas, R., & Pinedo, J. (2020). Influencia de las propiedades físico-químicas del suelo y la pendiente en el rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonía peruana. *Revista AgroAmazonas*, 6(1), 33–42.

Vela Alvarado, Washinton, J., Zoyla-Mirella, C., Ramirez- Flores, N., Villegas Panduro, P. P., & Villanueva, S. (2024). Contribución de los fragmentos de vegetación al almacenamiento de carbono en paisajes agrícolas de la Amazonía peruana. *Revista Peruana de Biología*, 31(2), e27004. <https://doi.org/10.15381/rpb.v31i2.27004>

Yupe-Rosero, K., Escobar, S., Mejía, K., Cano-Guevara, J., Tapia, J., Salazar-Vega, Á. A., Rodríguez-Cabrera, E. H., & Rodríguez del-Castillo, Á. M. (2024). Morfología vegetativa de *Phytelephas macrocarpa* en el noroeste de la Amazonía peruana. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 48(188), 551-563. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.2639>

Zro, F. G. B., Yeo, L., Toure, B., Guei, M. A., Soro, D., & Bakayoko, S. (2024). Evaluation of Soil Quality under Cocoa Trees in the Marahoué Region (Central-Western Côte d'Ivoire). *Open Journal of Soil Science*, 14, 537-553. <https://doi.org/10.4236/ojss.2024.149028>

ANEXOS

Evidencia de sumisión del artículo en una revista de prestigio

**Dalma Anayka Castro Davila** <dalmaanayka@gmail.com>
para agroind.science, rariassalcedo, jhonpatrick.rios

mac 11 nov 2025, 11:05 a.m.

Estimados señores de Agroindustrial Science, esperando este correo los encuentre con bien.
Realizó el envío de mi artículo científico denominado: "Rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) según su capacidad de uso mayor de la tierra en el Dorado, San Martín, Perú", el cual fue evaluado preliminarmente en Scientia Agropecuaria, quienes me sugirieron enviar a su revista.

Se adjunta:
- Manuscrito en formato Word.
- Declaraciones en PDF.
- Informe de similitud antiplagio.

Saludos cordiales.

3 archivos adjuntos • Analizado por Gmail • Agregar todo a Drive



**REVISTA AGROINDUSTRIAL SCIENCE** <agroind.science@unitru.edu.pe>
para mí, rariassalcedo, jhonpatrick.rios

mar, 25 nov 2025, 7:06 a.m.

 Parece que este mensaje está en inglés
[Traducir al español](#)

Estimado autor,
Debido a que su artículo ha sido previamente evaluado por Scientia Agropecuaria, lo estamos aceptando para publicación en esta revista.
Esto no implica que publiquemos un artículo en la forma actual. Nuestro equipo realizará las mejoras que sean necesarias para que su artículo se publique con la mayor calidad posible.
En aproximadamente 10 días, usted recibirá una versión mejorada de su artículo para que usted le dé una revisión final, o su conformidad, antes de su publicación.
Atte.

“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”

RESOLUCIÓN N° 1549-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 20 de diciembre de 2022

VISTO:

El expediente de **Dalma Anayka Castro Davila**, identificado(a) con Código Universitario N° 201912163, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Dalma Anayka Castro Davila**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) según su capacidad de uso mayor de la tierra en la provincia El Dorado" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 20 de diciembre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) según su capacidad de uso mayor de la tierra en la provincia El Dorado**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Mtro. Jhon Patrick Rios Bartra** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mtra. Jessica Quipas Pezo y Mtro. Andres Erick Gonzales Lopez**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA



Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo