

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**IDONEIDAD DEL TERRITORIO PARA EL CULTIVO
SOSTENIBLE DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN PERÚ**

Autor: Bach. Nilton Beltrán Rojas Briceño

Asesor: Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

Registro:

CHACHAPOYAS - PERÚ

2022

DEDICATORIA

A MI FAMILIA

A mis padres, Rosa Briceño Guevara y Magno Filiberto Rojas Zuta, y a mis hermanos, Wander, P. Ney y Pepe Y., y hermanas, Lluly A., E. Asunta y N. Selene, que gracias a su sacrificio, comprensión y consejos han hecho posible mi formación y realización profesional.

A MIS AMIGOS

A todas las personas, compañeros y docentes, que en el tránscurso de mi carrera han aportado de diferentes maneras.

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque me concede la vida, me da fuerzas para seguir adelante y con su inmensa sabiduría ha puesto las personas e instrucciones apropiadas en mi arduo camino para lograr mis metas. Y por darme una madre y un padre que, con su apoyo incondicional, llenos de principios y valores, han sabido guiarme por el buen sendero.

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) por el financiamiento de esta investigación a través del Proyecto con Contrato N° 026-2016-FONDECYT "Círculo de Investigación para la Innovación y el fortalecimiento de la cadena de valor del cacao nativo fino de aroma en la zona nor oriental del Perú" – CINCACAO, ejecutado por el Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES CES).

Al asesor, Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz, porque brindó las facilidades para ejecutar esta tesis, su amistad, confianza, paciencia y tiempo para dotar del conocimiento práctico y científico en agrosistemas de cacao.

A los docentes miembros del jurado, Ph.D. Ligia Magali García Rosero, Dra. Cástula Alvarado Chuqui, Mg. Segundo Grimaldo Chávez Quintana y Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza, por sus aportes y recomendaciones al proyecto de tesis, informe inicial e informe final, dando la oportunidad de aclarar las ideas y presentarlas en un lenguaje fácil de compresión para cualquier lector.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

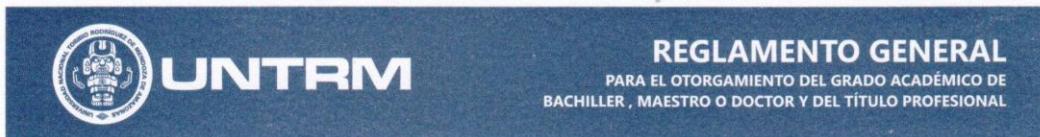
Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Dr. Raúl Rabanal Oyarce

Director de la Escuela de Posgrado



ANEXO 6-K

**VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL
GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO () / DOCTOR ()**

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM () / Profesional externo () , hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada

I donación del territorio para el cultivo sostenible de cacao

(Theobroma cacao L.) en Parú

cuyo autor *Nilton Baltrán Rojas Briceno* es estudiante del
ciclo/egresado () de la Escuela de Posgrado, Maestría () / Doctorado () en

Gestión para el Desarrollo Sustentable, con correo electrónico institucional

nilton.rojas@untrm.edu.pe.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 14 de febrero del 2022

Firma y nombre completo del Asesor

JURADO EVALUADOR



Ligia Magali García Rosero, Ph. D.

Presidente



Mg. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

Secretario



Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza

Vocal



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6-O

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL
GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ()**

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Idoneidad del territorio para el cultivo sostenible da cacao
(Theobroma cacao L.) en Parí

presentada por el estudiante ()/egresado (X) Nilton Baltrán Rojas Briceño
de la Escuela de Posgrado, Maestría (X) / Doctorado () en

Gestión para el Desarrollo Sustentable

con correo electrónico institucional nilton.rojas@untrm.edu.pe,
después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 10 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 18 de febrero del 2022



SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:



ANEXO 6-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ()

En la ciudad de Chachapoyas, el día 03 de marzo del año 2022, siendo las 11:00 horas, el aspirante Milton Baltazar Rojas Briceño, defiende en sesión pública presencial () / a distancia (X) la Tesis titulada: Idoneidad del territorio para el cultivo sostenible de cacao (*Theobroma cacao*) en Perú que tiene como asesor a Dr. Manuel Oliva Cruz para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor () en Gestión para el Desarrollo Sustentable a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: Lidia Magali García Rosario, Ph.D.

Secretario: Mg. Segundo Guimaldo Chávez Quintana

Vocal: Mg. Santos Tiunfo Laiva Espinoza



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis de Maestría (X)/Doctorado (), en términos de:

Aprobado (X)

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ().

.....
SECRETARIO

.....
VOCAL

.....
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iv
VISTO BUENO DE LOS ASESORES DE LA TESIS	v
JURADO EVALUADOR	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	vii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	viii
CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
 I. INTRODUCCIÓN	15
 II. MATERIAL Y MÉTODOS	17
2.1. Área de estudio	17
2.2. Proceso metodológico.....	18
2.3. Identificación y mapeo de los criterios para el cultivo de cacao en Perú	18
2.4. Enfoque de modelado con el Proceso Analítico Jerárquico – AHP	21
2.4.1. Construcción de jerarquías y umbrales de idoneidad de criterios	21
2.4.2. Determinación de pesos de importancia de los criterios.....	22
2.4.3. Generación de submodelos y modelo de idoneidad AHP	24
2.5. Enfoque de modelado con el Máxima Entropía – MaxEnt.....	25
2.5.1. Registros georreferenciados de cacao.....	25
2.5.2. Selección de criterios ambientales.....	26
2.5.3. Modelamiento de la distribución potencial	26
2.6. Enfoque de modelado con AHP – MaxEnt	28
 III. RESULTADOS.....	29
3.1. Modelo basado en el Proceso Analítico Jerárquico – AHP	29
3.1.1. Pesos de importancia de criterios	29
3.1.2. Mapa de idoneidad de subcriterios	30

3.1.3. Submodelos y modelo de idoneidad del territorio.....	32
3.2. Modelo basado en la Máxima Entropía – MaxEnt.....	35
3.2.1. Rendimiento del modelo e importancia de subcriterios	35
3.2.2. Distribución potencial.....	37
3.3. Modelo basado en el AHP y MaxEnt.....	39
3.3.1. Importancia y/o pesos de subcriterios.....	39
3.1.3. Modelo de idoneidad del territorio	39
3.4. Modelos basados en el AHP, MaxEnt y AHP – MaxEnt	42
IV. DISCUSIÓN	45
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXOS	60
Anexo 1. Técnicas de interpolación y estadísticas de desempeño para cada mes del año.	60
Anexo 2. Resultados de la prueba Jackknife de importancia variable del modelo preliminar considerando los 33 criterios, para el Modelo MaxEnt.	62
Anexo 3. Área de idoneidad de sub criterios para el cultivo de cacao en Perú, según regiones.	63
Anexo 4. Área de idoneidad de criterios o submodelos para el cultivo de cacao en Perú, según regiones.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios utilizados para cada enfoque de modelado.	19
Tabla 2. Umbrales de idoneidad de criterios clave para el cultivo de cacao en Perú.	23
Tabla 3. Escala establecida para la asignación de los juicios de valor entre los criterios en las Matrices de Comparación por Pares (PCM).....	24
Tabla 4. Índice de Consistencia Aleatorio (RI) para determinar la Relación de Consistencia (CR) de las Matrices de Comparación por Pares (MCP).....	24
Tabla 5. Pesos de importancia de criterios y sub criterios para el análisis de la idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en Perú.	29
Tabla 6. Área de idoneidad de sub criterios para el cultivo de cacao en Perú, modelo AHP.	30
Tabla 7. Área de idoneidad de criterios o submodelos para el cultivo de cacao en Perú, modelo AHP.	32
Tabla 8. Idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en regiones del Perú, modelo AHP.	35
Tabla 9. Contribución de sub criterios al modelo MaxEnt del cacao en Perú.	37
Tabla 10. Distribución potencial del cacao en regiones del Perú, modelo MaxEnt.....	39
Tabla 11. Contribución de sub criterios al modelo AHP–MaxEnt del cacao en Perú.	40
Tabla 12. Idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en regiones del Perú, modelo AHP–MaxEnt.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización y gradiente altitudinal de Perú, incluye presencia de cacao.....	17
Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología para modelar la idoneidad del territorio para la agricultura sostenible de cacao.....	18
Figura 3. Jerarquía de criterios para el modelado con el Proceso Analítico Jerárquico – AHP.....	21
Figura 4. Institución de trabajo (a) y región/zona geográfica (b) en la que los expertos han tenido experiencia con el cultivo de cacao.....	25
Figura 5. Dendrograma de clúster jerárquico de criterios ambientales y diferencia de ganancias de entrenamiento regularizada en la prueba Jackknife.....	27
Figura 6. Mapas de idoneidad de los subcriterios climatológicos (a–f), edafológicos (g–l), orográficos (m–o) y socioeconómicos (p–t) para el cultivo del cacao en Perú.....	31
Figura 7. Mapas de idoneidad edafológico (a), orográfico (b), climatológico (c) y socioeconómico (d) para el cultivo del cacao en Perú.	33
Figura 8. Mapas de idoneidad del territorio para el cultivo del cacao en Perú.....	34
Figura 9. Curvas de respuesta media de las 100 réplicas MaxEnt (rojo) y desviación estándar (azul), mostrando las relaciones entre las variables y la probabilidad de presencia de cacao (a–m), y prueba de Jackknife de importancia de las variables para el modelo (n).....	36
Figura 10. Mapas de idoneidad del territorio para el cultivo del cacao en Perú.....	38
Figura 11. Mapas de idoneidad del territorio para el cultivo del cacao en Perú.....	41
Figura 12. Proporción de idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en Perú, según enfoques de modelamiento.	42
Figura 13. Peso de importancia y/o contribución relativa de subcriterios al modelado de la idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en Perú, enfoques de modelamiento y categoría de criterio.....	43
Figura 14. Área de idoneidad 'Altamente adecuada' del territorio para el cultivo de cacao en Perú, según regiones y enfoques de modelamiento.	44

RESUMEN

Perú es uno de los principales exportadores de cacao en el mundo, lo cual repercute en la economía familiar de millones de pequeños agricultores. Actualmente, la ampliación y modernización de la superficie cacaotera, exigen la zonificación del territorio con adecuadas condiciones biofísicas y de infraestructura que faciliten la optimización de los factores de la productividad. Por lo tanto, en esta investigación se analizó la idoneidad del territorio para la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el espacio continental peruano, como medida de apoyo para desarrollar una agricultura sostenible. Para ello, se identificaron y mapearon los criterios climatológicos, edafológicos, orográficos y socioeconómicos que determinan el cultivo sostenible de cacao. Luego, se utilizaron tres enfoques de modelado (Proceso de Jerarquía Analítica–AHP, Máxima Entropía–MaxEnt y AHP–MaxEnt combinados) para jerarquizar la importancia de los criterios y modelar el territorio potencial para el cultivo sostenible de cacao en Perú. Los criterios climatológicos destacaron dentro de las cuatro primeras posiciones de los criterios más importantes en los tres enfoques de modelado. La Elevación (criterio orográfico) también estuvo presente en dicho grupo. San Martín y Amazonas fueron las que estuvieron dentro de las cinco regiones de mayor área 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao en los tres enfoques de modelado. Estas regiones estuvieron acompañadas de Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Cusco, Junín y Puno, alternándose según enfoque de modelado. De más a menos restrictivo, los enfoques de modelado AHP, MaxEnt y AHP–MaxEnt, indican que el 1.5%, 5.3% y 23.0% del territorio peruano es 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao, respectivamente.

Palabras clave: Agro–zonificación; Distribución potencial; Idoneidad climática; idoneidad de hábitat; Zonificación agrícola

ABSTRACT

Peru is one of the main cocoa exporters in the world, which favors the family economy of millions of small farmers. Currently, the expansion and modernization of the cocoa area requires the zoning of the territory with adequate biophysical and infrastructure conditions that facilitate the optimization of productive factors. Therefore, this research analyzed the suitability of the territory for the production of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the Peruvian continental space, as a support measure to develop sustainable agriculture. For this, the climatological, edaphological, orographic and socioeconomic criteria that determine the sustainable cultivation of cocoa were identified and mapped. Then, three modeling approaches (Analytic Hierarchy Process–AHP, Maximum Entropy–MaxEnt, and AHP–MaxEnt combined) were used to rank the importance of the criteria and model the potential territory for sustainable cacao cultivation in Peru. The climatological criteria stood out within the first four positions of the most important criteria in the three modeling approaches. Elevation (orographic criteria) was also present in this group. San Martín and Amazonas were the ones that remained within the five regions with the largest 'Highly Suitable' area for cocoa cultivation in the three modeling approaches. These regions were accompanied by Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Cusco, Junín and Puno, alternating according to the modeling approach. From most to least restrictive, the AHP, MaxEnt, and AHP–MaxEnt modeling approaches indicate that 1.5%, 5.3%, and 23.0% of Peruvian territory is 'Highly Suitable' for cocoa cultivation, respectively.

Key words: Agro–zoning; Potential distribution; climatic suitability; habitat suitability; agricultural zoning

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) se cultiva desde los 100 hasta los 1400 msnm, en paisajes que van desde montañas a planicies aluviales y en ambientes secos y pre húmedos (L. J. García et al., 2004). Es decir, en múltiples condiciones edáficas, fisiográficas y climáticas, que originan una gama amplia de ambientes agroecológicos, que responden de manera diferencial a las recomendaciones tecnológicas y a opciones de manejo de cultivo. Actualmente, la ampliación y modernización de la superficie cacaotera, bajo nuevas estrategias productivas y criterios de competitividad y sostenibilidad, exigen la zonificación de territorio con adecuadas condiciones biofísicas (clima, suelo, orografía) y de infraestructura (accesibilidad, poblaciones próximas, etc.) que faciliten la optimización de la producción (Reyes et al., 2020).

La zonificación agrícola para el cultivo del cacao, adquiere mayor importancia en Perú, porque es el quinto país en mayor cantidad de hectáreas sembradas de cacao en América Latina y el Caribe (ALC) (Sánchez et al., 2019). Perú es considerado uno de los principales productores y proveedores de cacao fino. Perú es el segundo país productor mundial de cacao orgánico y el 48.6% de las exportaciones de cacao fue en grano, donde el 20% contó con certificación orgánica y comercio justo. Del mismo modo, octavo productor mundial de cacao en grano, dado que representa el 1.7% de la producción mundial del grano. El cacao se presenta, además, como el segundo producto alternativo a los cultivos ilícitos, después del café, lo cual resalta su creciente importancia (Sánchez et al., 2019).

En ese sentido, la integración de la teledetección (RS), Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de Evaluación Multi-Criterio (EMC), es un sistema de soporte para la resolución de problemas de decisión, los cuales, incluyen un gran conjunto de factores o restricciones (FAO, 1997). Este sistema se ha aplicado ampliamente modelar la idoneidad del territorio para la agricultura sostenible y otras ciencias ambientales y socioeconómicas. Para planificar la agricultura sostenible se aplicó, por ejemplo, para el cultivo de café (González & Hernández, 2016; Mighty, 2015; Rono & Mundia, 2016), arroz (Ayehu & Besufekad, 2015), cacao (Alabi et al., 2012; Ayorinde et al., 2015; Buggenhout, 2018; Fasina et al., 2015), cultivos combinados (Abdelrahman et al., 2016; Aldababseh et al., 2018; Yalew et al., 2016), entre otros cultivos.

Aunque existen diferentes técnicas EMC, el enfoque más común es estimar el peso de importancia de cada criterio utilizando las opiniones de expertos (Malczewski, 2006), mediante el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) (Saaty, 1990). En Perú, con esta técnica se han reportado estudios previos para cultivos específicos como *Malus domestica* Borkh. en el Valle de Mala (Región Lima) (Madrigal-Martínez & Puga-Calderón, 2018) y *Coffea arabica* L. (Salas et al., 2020) y *Solanum tuberosum* L. (Iliquín et al., 2020) en la Región de Amazonas. No obstante, las opiniones de los expertos tienen una gran influencia en los resultados y los pesos podrían estar sesgados (Sarkar et al., 2016). Esta preocupación se aborda aplicando técnicas de aprendizaje automático para estimar el peso de cada criterio. En ese sentido, los Modelos de Distribución de Especies (SDM), como el enfoque de Máxima Entropía (MaxEnt) (Steven Phillips et al., 2006), además de modelar la distribución potencial del hábitat adecuado para una especie concreta, proporciona información sobre la contribución relativa de los criterios utilizados al modelo. Entonces, esta contribución relativa puede ser usada como peso de importancia en la EMC (Rodríguez-Merino et al., 2020).

En la literatura, se ha integrado EMC y SDM para determinar áreas idóneas para la acuicultura sostenible (Falconer et al., 2016), áreas prioritarias de protección de sitios arqueológicos (Noviello et al., 2018), áreas prioritarias para conservación de especies (Torres et al., 2019) y áreas vulnerables dentro de un área protegida (Rodríguez-Merino et al., 2020). Sin embargo, no se ha reportado el modelamiento integrado (AHP y MaxEnt) de la idoneidad del territorio para el cultivo sostenible de cacao u otro cultivo agrícola.

Por tanto, el objetivo principal de la tesis fue determinar la idoneidad del territorio para el cultivo sostenible de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Perú, utilizando modelado combinado AHP y MaxEnt. Para ello, se ejecutaron tres objetivos específicos: (i) mapear los criterios clave para el cultivo sostenible de cacao en Perú, (ii) jerarquizar la importancia de los criterios clave para el cultivo sostenible de cacao y (iii) modelar el territorio potencial actual para el cultivo sostenible de cacao en Perú.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El Perú se localiza en la zona intertropical de Sudamérica, entre los paralelos 0° y 18° de latitud Sur y los meridianos 69° y 81° de longitud Oeste, con un gradiente altitudinal desde el nivel del mar hasta los 6768 m.s.n.m. en nevado Huascarán (Figura 1). Cubre un área aproximada de 1 285 215 km², lo que lo convierte en el vigésimo país más grande en tamaño de la Tierra y el tercero de América del Sur. Limita al norte con Ecuador y Colombia, al este con Brasil, al sureste con Bolivia, al sur con Chile y al oeste con el océano Pacífico. Posee una enorme multiplicidad de paisajes debido a sus condiciones geográficas, lo que a su vez le da una gran diversidad de recursos naturales y agrosistemas. El Perú, con una población de 31 237 385 habitantes, densidad poblacional de 24,3 hab./km² y tasa de crecimiento anual es de 1.07 %, es el quinto país más poblado de Sudamérica (INEI, 2018).

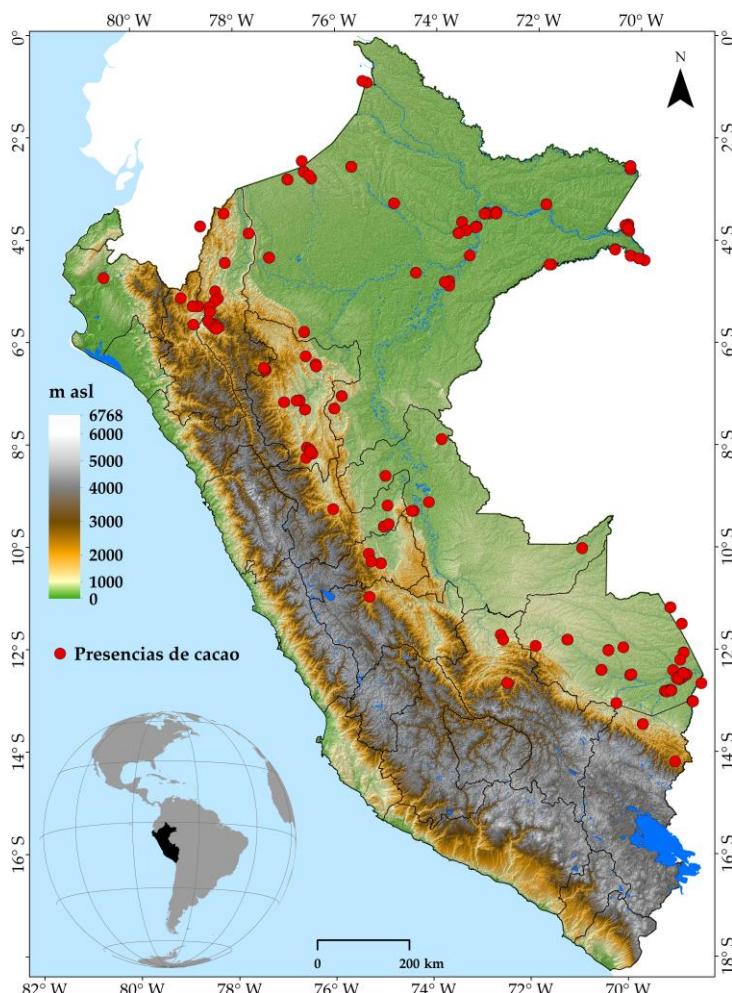


Figura 1. Localización y gradiente altitudinal de Perú, incluye presencia de cacao.

2.2. Proceso metodológico

La Figura 2 indica el proceso metodológico propuesto para determinar la idoneidad del territorio para el cultivo sostenible de cacao en Perú. Se utilizaron tres enfoques de modelado: (i) sólo el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), (ii) sólo el modelado de Máxima Entropía (MaxEnt), y (iii) la combinación de AHP - MaxEnt. Los tres enfoques se trabajaron en el entorno SIG con datos espaciales, opinión de expertos y estadística espacial. Finalmente, se compararon los criterios importantes y áreas de idoneidad del territorio para el cultivo sostenible de cacao en Perú.

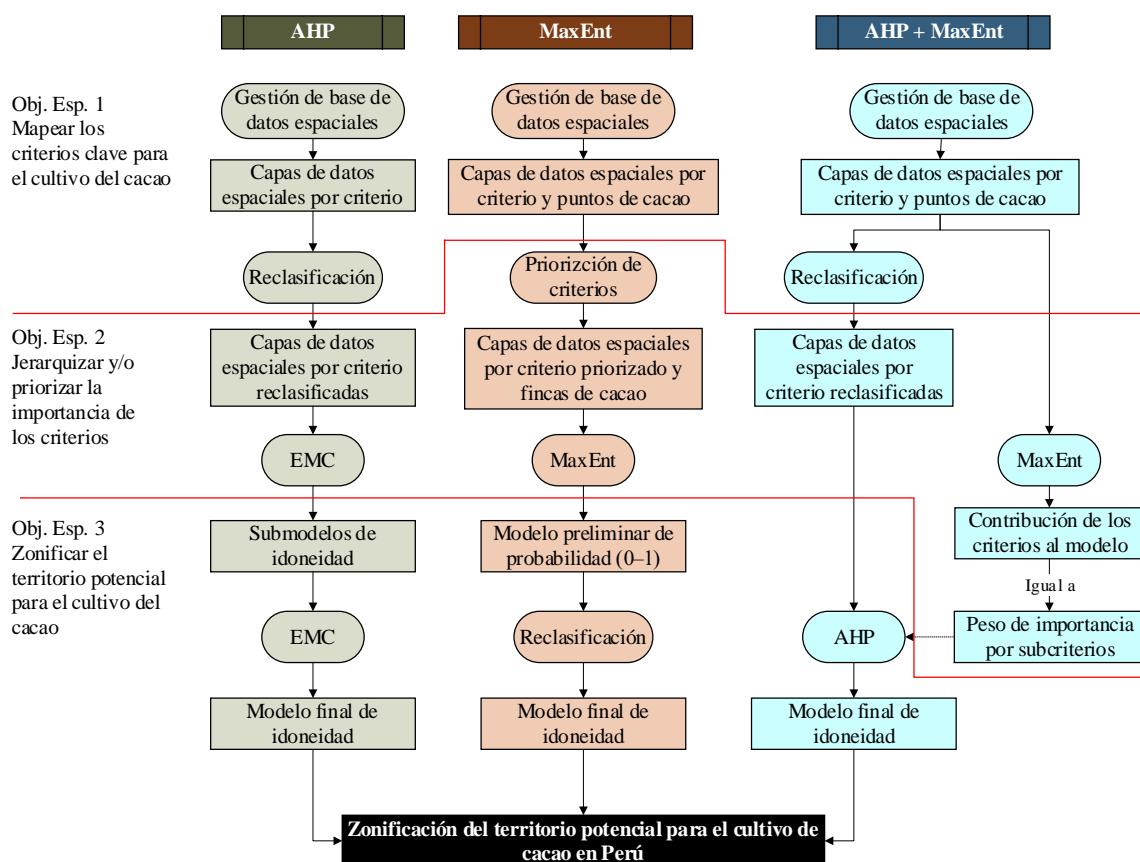


Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología para modelar la idoneidad del territorio para la agricultura sostenible de cacao.

2.3. Identificación y mapeo de los criterios para el cultivo de cacao en Perú

Se utilizaron diferentes criterios según los requisitos de cada enfoque de modelado (Tabla 1). Para el modelado AHP, los 20 criterios que condicionan/favorecen el cultivo de cacao se identificaron considerando estudios previos sobre idoneidad de la tierra (Alabi et al., 2012; Ayorinde et al., 2015; Buggenhout, 2018; Fasina et al., 2015; L. J. García et al., 2004; Merchán-Benavides et al., 2019) y manuales técnicos (Arvelo et al., 2017; Djaenudin et al., 2011; MINAGRI, 2016; Ritung et al., 2007;

Sys et al., 1993) de cultivo de cacao. Para el modelado MaxEnt, se establecieron 33 criterios ambientales con base en estudios previos de modelado de distribución potencial del cacao (Bunn et al., 2019; Ceccarelli et al., 2021; de Sousa et al., 2019; Leguía et al., 2010; Ortega et al., 2017). De todos estos criterios, para el modelado AHP–MaxEnt, se exceptuaron los criterios socioeconómicos. Los criterios incluyen 19 bioclimáticas (11 derivadas de la temperatura y ocho derivadas de la precipitación), tres orográficas (elevación, pendiente y aspecto), diez edáficas (pH en H₂O, contenido de fragmentos gruesos, carbono orgánico, CIC, nitrógeno, densidad aparente, textura y contenido de arena, limo y arcilla), radiación solar y humedad relativa.

Tabla 1. Criterios utilizados para cada enfoque de modelado.

Categoría/criterio	Modelo en el que fue utilizado		
	AHP	MaxEnt	AHP–MaxEnt
Climatológicos			
Bio01: Temperatura media anual (°C)	x	x	x
Bio02 – Bio11: bioclimáticos derivados de temperatura		x	
Bio12: Precipitación anual (mm)	x	x	x
Bio13 – Bio19: bioclimáticos derivados de precipitación		x	
Temperatura máxima media anual (°C)	x		x
Temperatura mínima media anual (°C)	x		x
Número de meses secos	x		x
Humedad relativa (%)	x	x	x
Radiación solar (kJ m ⁻² day ⁻¹)		x	
Edafológicos a 30 cm de profundidad			
pH (×10 en H ₂ O)	x	x	x
Contenido de fragmentos gruesos (%)	x	x	x
Carbono orgánico (%)	x	x	x
Textura	x		x
Nitrógeno total (%)	x	x	x
CIC – Capacidad de intercambio catiónico (cmol/kg)	x	x	x
Densidad aparente (cg/cm ³)		x	
Contenido de arena (%)		x	
Contenido de limo (%)		x	
Contenido de arcilla (%)		x	
Orográficos			
Altitud (msnm)	x	x	x
Pendiente (%)	x	x	x
Aspecto (orientación cardinal)	x	x	x
Socioeconómicos			
Cobertura y uso del suelo	x		
Distancia a centros urbanos	x		
Distancia a la red vial	x		
Distancia a la red hídrica	x		
Distancia a áreas protegidas (ANP, ACP, etc)	x		

Las capas espaciales de precipitación, temperatura y radiación solar, con resolución espacial de 30" y promedio temporal 1970–2000, se obtuvieron de WorldClim 2.1 (Fick & Hijmans, 2017) (www.worldclim.org). Se consideró como mes seco a aquel donde el doble de la temperatura media mensual fue menor que la precipitación mensual, según el índice xerotérmico de Gaussem (Bagnouls & Gaussem, 1953).

Datos mensuales puntuales de humedad relativa, con resolución espacial de 10' y promedio temporal 1961–1990, se obtuvieron de la Unidad de Investigación Climática (CRU) (New et al., 2002) (www.cru.uea.ac.uk). Para generar mapas continuos de humedad relativa (250 m de resolución espacial) se utilizaron nueve técnicas de interpolación (distancia inversa ponderada–IDW, vecino natural, spline: regularizado y de tensión, kriging ordinario–KO: esférico, circular, gaussiano, lineal y exponencial) en ArcGIS 10.5 (Iliquín et al., 2020). La mejor técnica de interpolación por cada mes se determinó en base a cuatro estadísticos (coeficiente de determinación– R^2 , error medio de sesgo–MBE, error absoluto medio de sesgo–MABE, raíz del error cuadrático medio–RMSE y t-Student), con el 23% (1030) de los datos puntuales. Para detalles de las fórmulas y la interpretación de los estadísticos, revisar Quiñones et al. (2019). Las técnicas spline de tensión (11 meses) y KO lineal (marzo) fueron las de mejor rendimiento (Anexo 1).

Las propiedades fisicoquímicas del suelo, con resolución espacial de 250 m y media de las profundidades de 0–5, 5–10 y 10–15 cm, se obtuvieron de SoilGrids 2.0 (Hengl et al., 2017) (www.soilgrids.org/). Las variables orográficas se derivaron del Modelo de Elevación Digital (DEM), de 250 m de resolución espacial, descargado del CGIAR Consortium for Spatial Information (www.srtm.cgiar.org/). Este DEM ha sido generado con datos de la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (Farr et al., 2007). El mapa base de Cobertura y Uso del suelo (CUS) se obtuvo del Copernicus Global Land Service—Land Cover (CGLS—LC100)—Colección 3—2019 de 100 m de resolución espacial (Buchhorn et al., 2020). Sobre este mapa se incorporaron usos del suelo (zona urbana, zona agrícola y vegetación secundaria) del Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú (MINAM, 2019b, 2019a), de mapas CUS de estudios de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de 14/25 departamentos: Amazonas (GRA & IIAP, 2010), Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, Lambayeque, Madre de Dios, Piura, Puno, San Martín, Tacna y Ucayali) y de un mapa CUS local: provincia de Rodríguez de Mendoza (Rojas et al., 2019).

Los polígonos urbanos se extrajeron del mapa CUS final y los centros poblados (puntos) se obtuvieron del Ministerio de Educación (MINEDU, 2020). Se utilizaron tres categorías de red vial (nacional-eje, departamental y vecinal) obtenidas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018). Los ríos de las 341 Cartas Nacionales (escala 1:100 000) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se descargaron del MINEDU (2020) y se ensamblaron. Luego, las distancias a carreteras, ríos y poblaciones se calcularon utilizando Distancia Euclídea en ArcGIS 10.5. Además, se utilizaron las PNA y sus zonas de amortiguamiento actualizadas al 2021 por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP, 2021).

2.4. Enfoque de modelado con el Proceso Analítico Jerárquico – AHP

2.4.1. Construcción de jerarquías y umbral de idoneidad de criterios

En el AHP, el problema/objetivo se estructura jerárquicamente en diferentes niveles que comprenden un número predeterminado de elementos (Saaty, 2001). Se construyó una jerarquía compuesta por 20 subcriterios, agrupados en criterios climatológicos, edafológicos, orográficos y socioeconómicos (Figura 3).

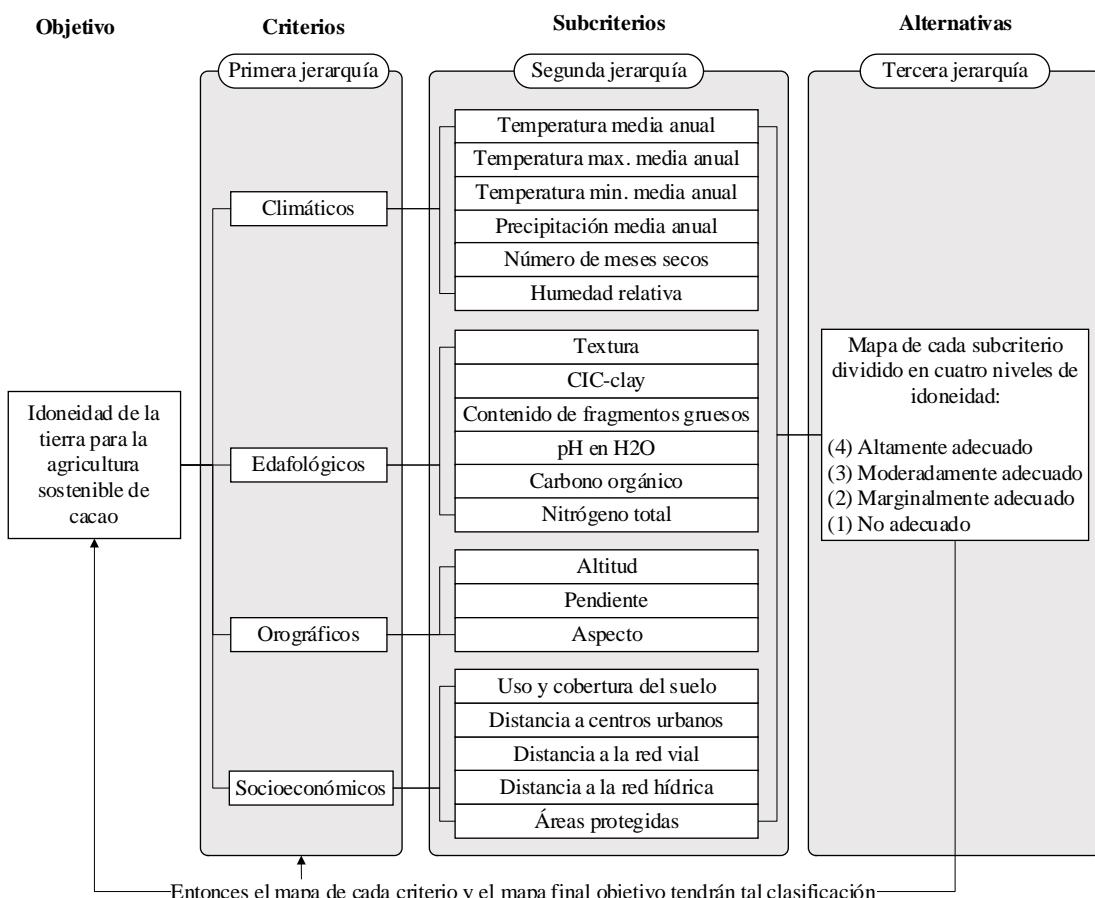


Figura 3. Jerarquía de criterios para el modelado con el Proceso Analítico Jerárquico – AHP.

Para desarrollar la tercera jerarquía (Figura 3), los criterios se reclasificaron según umbrales/niveles de idoneidad del territorio para el cultivo de cacao (Tabla 2). El enfoque de clasificación de los umbrales de idoneidad del territorio comúnmente utilizado es el "Marco para la evaluación de la tierra" propuesto por la FAO (1976):

- Altamente adecuado (S1): territorio sin limitaciones para el uso sostenido o limitaciones de menor cuantía que no afectan la productividad ni aumentan considerablemente los costos.
- Moderadamente adecuado (S2): territorio con limitaciones moderadas que reducen los beneficios, o implican riesgos leves de degradación del suelo.
- Marginalmente adecuado (S3): territorio con limitaciones graves y la balanza entre costos y beneficios hacen que su utilización sólo se justifique de forma marginal. Su empleo se justifica, normalmente, por razones distintas a las económicas
- Actualmente inadecuado (N1): territorio cuyas limitaciones pueden eliminarse con medios técnicos o costos, aunque estos cambios en la actualidad son impensables.
- Permanentemente inadecuado (N2): territorio con limitaciones graves, de índole generalmente física, que se suponen insalvables a largo plazo.

En este estudio, como en otros estudios (Iliquín et al., 2020; Madrigal-Martínez & Puga-Calderón, 2018; Salas et al., 2020), los dos últimos niveles (N1 y N2) se combinaron. La Tabla 2 muestra la reclasificación de los subcriterios.

2.4.2. Determinación de pesos de importancia de los criterios

El desarrollo de la segunda y primera jerarquía (Figura 3) requiere construir Matrices de Comparación por Pares (MCP), que comparan un criterio respecto a los demás (de par en par) y establecen un grado de importancia entre sí (Mighty, 2015). La comparación se basó en la escala de nueve niveles de Saaty (Saaty, 1977) (Tabla 3), y cada miembro de un grupo de expertos asignó un juicio de valor, de menos a más importante, según su experiencia. El grupo de expertos estuvo compuesto por investigadores en cultivo de cacao (de universidades peruanas y del Instituto Nacional de Innovación Agraria–INIA) y por profesionales de asociaciones/cooperativas cacaoteras. Las MCP fueron diseñadas virtualmente y se difundieron por correo electrónico y Facebook institucional (<https://n9.cl/m121q>). La encuesta estará disponible de manera permanente en la página institucional del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) en el enlace: <https://www.indes-ces.edu.pe/>.

Tabla 2. Umbrales de idoneidad de criterios clave para el cultivo de cacao en Perú.

Criterio/Subcriterio	S1: Altamente adecuado	S2: Moderadamente adecuado	S3: Marginalmente adecuado	N: No adecuado	Basado en:
Climatológicos					
Temperatura media anual (°C)	25–28	22–25/28–32	20–22/32–35	<20/>35	(Ayorinde et al., 2015; Djaenudin et al., 2011; Merchán-Benavides et al., 2019; Ritung et al., 2007)
Temperatura mínima media anual (°C)	18–21	15–18/>21	12–15	<12	(Alabi et al., 2012; Buggenhout, 2018; Sys et al., 1993)
Temperatura máxima media anual (°C)	28–30	30–32/25–28	>32/22–25	<22	(Alabi et al., 2012; Buggenhout, 2018; Sys et al., 1993)
Precipitación anual (mm)	1600–2500	2500–3500/1400–1600	1200–1400/3500–4400	<1200/>4400	(Djaenudin et al., 2011; Ritung et al., 2007)
Número de meses secos	0–2	3	4	>4	(Buggenhout, 2018; Sys et al., 1993)
Humedad relativa (%)	70–80	80–85/60–70	85–90/50–60	>90/<50	(Alabi et al., 2012; Arvelo et al., 2017; MINAGRI, 2016)
Edafológicos a 30 cm de profundidad					
pH en H ₂ O	6–7	5–6/7–7.6	4.2–5/7.6–8.2	<4.2/>8.2	(Arvelo et al., 2017; Djaenudin et al., 2011; Merchán-Benavides et al., 2019; Ritung et al., 2007; Sys et al., 1993)
Textura ¹	SiCL, CL, SiL	L, SCL, SC	Si, SL, C	LS, S, SiC	(Djaenudin et al., 2011; Ritung et al., 2007; Sys et al., 1993)
Contenido de fragmentos gruesos (%)	<15	15–35	35–55	>55	(Ayorinde et al., 2015; Djaenudin et al., 2011; Ritung et al., 2007)
Carbono orgánico (%)	>1.5	0.8–1.5	<0.8	–	(Djaenudin et al., 2011; Ritung et al., 2007; Sys et al., 1993)
CIC (cmol/kg)	>24	20–24	16–20	<16	(Ayorinde et al., 2015)
Nitrógeno (%)	>0.18	0.15–0.18	0.1–0.15	<0.1	(Ayorinde et al., 2015)
Orográficas					
Altitud (msnm)	400–800	0–400/800–1200	1200–1600	>1600	(Arvelo et al., 2017; L. J. García et al., 2004)
Pendiente (%)	<8	8–16	16–30	>30	(Djaenudin et al., 2011; Merchán-Benavides et al., 2019; Ritung et al., 2007; Sys et al., 1993)
Aspecto	N, NE, NW, Plano	W, E	SE, SW	S	(Lara et al., 2017; Salas et al., 2020)
Socioeconómicos					
Cobertura y uso del suelo	CGLS-LC100 ²	40	20	30 0, 50, 60, 70, 80, 90, >100	(Salas et al., 2020)
Ecosistemas del Perú	Zona agrícola	–	Vegetación secundaria	Urbano/construido	(Iliquín et al., 2020)
Mapa Agrícola del Perú	Agricultura	–	–	–	
ZEE	Agricultura	–	Ganadería	Urbano/construido	(Iliquín et al., 2020)
Fronteras urbanas globales	–	–	–	Urbano/construido	
Distancia a la red vial (km)	Nacional-eje Departamental Vecinal	0–6 0–4 0–2	6–9 4–8 2–4	9–12 8–10 4–8	>12 >10 >8
Distancia a la red hídrica (km)	0–0.5	0.5–2	2–5	>5	(Salas et al., 2020)
Distancia a centros urbanos (km)	Áreas urbanas Centros poblados	0–3 0–1	3–6 1–3	6–10 3–5	>10 >5
Distancia a áreas naturales protegidas	Fuera	–	Zona amortiguamiento	Dentro	(Salas et al., 2020)

¹S: Sand, LS: Loamy sand, SL: Sandy loam, L: Loam, SiL: Silt loam, Si: Silt, CL: Clay loam, SCL: Sandy clay loam, SiCL: Silty clay loam, SC: Sandy clay, SiC: Silty clay, C: Clay. ²CGLS-LC100 (Buchhorn et al., 2020): 0–No data, 20–Shrubs, 30–Herbaceous vegetation, 40–Cropland, 50–Urban/built up, 60–Bare/sparse vegetation, 70–Snow and ice, 80–water bodies, 90–Herbaceous wetland, and >100–all the forests.

Tabla 3. Escala establecida para la asignación de los juicios de valor entre los criterios en las Matrices de Comparación por Pares (PCM).

1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Extrema		Fuerte		Moderada				Igual		Moderada		Fuerte		Extrema		

Cada experto completó cuatro MCP a nivel de subcriterio y uno a nivel de criterio (grupos jerárquicos de la Figura 3). Las MCP de los expertos se procesaron (para ejemplos de procesamiento matricial de MCP, ver Calle et al. (2020) y Hossain & Das (2010)) y se obtuvieron los pesos de importancia de cada subcriterio y criterio. Debido a que las preferencias subjetivas de los expertos pueden generar inconsistencias en los pesos, se calculó la Relación de Consistencia (CR) de cada PCM para compararlo con una inconsistencia aceptable ($CR<0.1$) (Saaty, 1990). CR se calcula al dividir el Índice de Consistencia (CI) de la PCM con un Índice de Consistencia Aleatorio (RI) (Mu & Pereyra-Rojas, 2017). Este RI está definido según el número de criterios (n) (Tabla 4) (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003) y CI depende del valor propio más grande o principal de la matriz (λ_{\max}) y n (Ecuación 1).

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1), \quad \text{Ecuación 1}$$

Tabla 4. Índice de Consistencia Aleatorio (RI) para determinar la Relación de Consistencia (CR) de las Matrices de Comparación por Pares (MCP).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RI	0	0	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570

Se construyeron 235 matrices de comparación por pares (MCP), cuatro a nivel de subcriterio y uno a nivel de criterio por cada uno de los 47 expertos que completaron las encuestas virtuales. Los expertos trabajaron principalmente en universidades y cooperativas/asociaciones agrícolas y tuvieron experiencia con el cultivo de cacao especialmente en las regiones de Amazonas y San Martín (**Figura 4**).

2.4.3. Generación de submodelos y modelo de idoneidad AHP

El desarrollo final de la segunda y primera jerarquía consistió en integrar los mapas temáticos reclasificados (en base a la Tabla 1), según grupo jerárquico (Figura 3), mediante la superposición ponderada (Ecuación 2) (Calle et al., 2020; Iliquín et al., 2020; Salas et al., 2020). La idoneidad resultante (GRIDresultado) dependió de la puntuación del píxel del mapa reclasificado (GRIDi) y el peso de importancia del

subcriterio (WEIGHT_i) calculado mediante PCM. La integración de subcriterios generó los submodelos de idoneidad climatológica, edafológica, orográfica y socioeconómica, y la integración de estos submodelos, generó el modelo de idoneidad final.

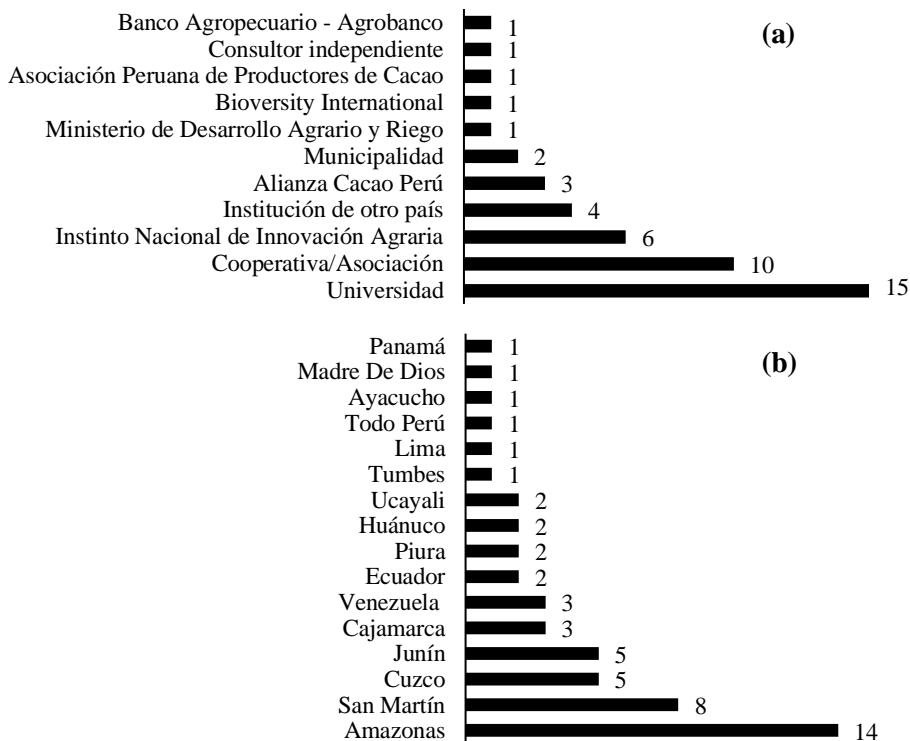


Figura 4. Institución de trabajo (a) y región/zona geográfica (b) en la que los expertos han tenido experiencia con el cultivo de cacao.

$$\text{GRIDresultado} = \sum [(\text{GRID}_i) (\text{WEIGHT}_i)], \quad \text{Ecuación 2}$$

2.5. Enfoque de modelado con el Máxima Entropía – MaxEnt

2.5.1. Registros georreferenciados de cacao

Los registros georreferenciados fueron obtenidos de iNaturalist (www.inaturalist.org/observations), TROPICOS Missouri Botanical Garden (www.tropicos.org), y de GBIF Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org/) a través de tres Plugin de QGIS 3.10 (GBIF occurrences, Species Explorer y Natusfera) (Leguía et al., 2010; Ortega et al., 2017). Estos se complementaron con registros georreferenciados de cacao orgánico nativo de Oliva-Cruz et al. (2021). Para eliminar el sesgo del muestreo espacial y mejorar el rendimiento del modelo (Boria et al., 2014), se filtraron los registros georreferenciados a una cuadrícula de 250 m (igual a la resolución espacial de los

criterios). El filtro espacial redujo los registros georreferenciados de 546 a 196 (Figura 1).

2.5.2. Selección de criterios ambientales

La colinealidad entre criterios causa problemas de sobreajuste, aumenta la incertidumbre y disminuye el poder estadístico del modelo (Dormann et al., 2013). Por tanto, utilizando la función 'removeCollinearity' del paquete 'virtualspecies' (Leroy et al., 2016) en R 3.6, (i) se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre los criterios, a partir de los cuales, (ii) se calculó una matriz de distancias, que a su vez se usó para (iii) construir un dendrograma de clúster jerárquico (Figura 5). Los criterios se agruparon según un $r \geq 0.7$. Este umbral es una medida aceptable para minimizar la multicolinealidad de los modelos ajustados (Dormann et al., 2013).

Para seleccionar un criterio importante por cada clúster, se ejecutó un modelo MaxEnt preliminar (la configuración se explica en la sección 2.5.3.) utilizando todos los criterios y se seleccionó el criterio con mejor comportamiento en la prueba Jackknife (Meza et al., 2020) (i.e. la menor diferencia de ganancias de entrenamiento regularizada obtenidas de un modelo generado con todos los criterios excepto el de interés y un modelo generado con solo el criterio de interés (Cotrina et al., 2020)). Es así que se seleccionaron tres orográficos (elevación, pendiente y aspecto), tres bioclimáticos (Bio04 – Estacionalidad de la temperatura, Bio12 – Precipitación anual, Bio19 – Precipitación del trimestre más frío) y siete edafológicos (CIC, Carbono orgánico, Densidad aparente, Nitrógeno total y los Contenidos de fragmentos gruesos, limo y arena) (Figura 5 y Anexo 2).

2.5.3. Modelamiento de la distribución potencial

El modelo de distribución potencial del cacao se generó mediante el algoritmo que aplica el principio de Máxima Entropía (Steven Phillips et al., 2006), implementado en MaxEnt 3.4.4 (https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/). El 75% y 25% de los registros georreferenciados (seleccionados al azar) se utilizaron para el entrenamiento y la validación de cada modelo, respectivamente (Steven Phillips et al., 2006). El algoritmo se ejecutó utilizando 100 réplicas en 1000 iteraciones con diferentes particiones aleatorias (método Bootstrap), un umbral de convergencia de 0.00001 y 10000 puntos de fondo máximos (Cotrina et al., 2020; Rojas et al., 2020).

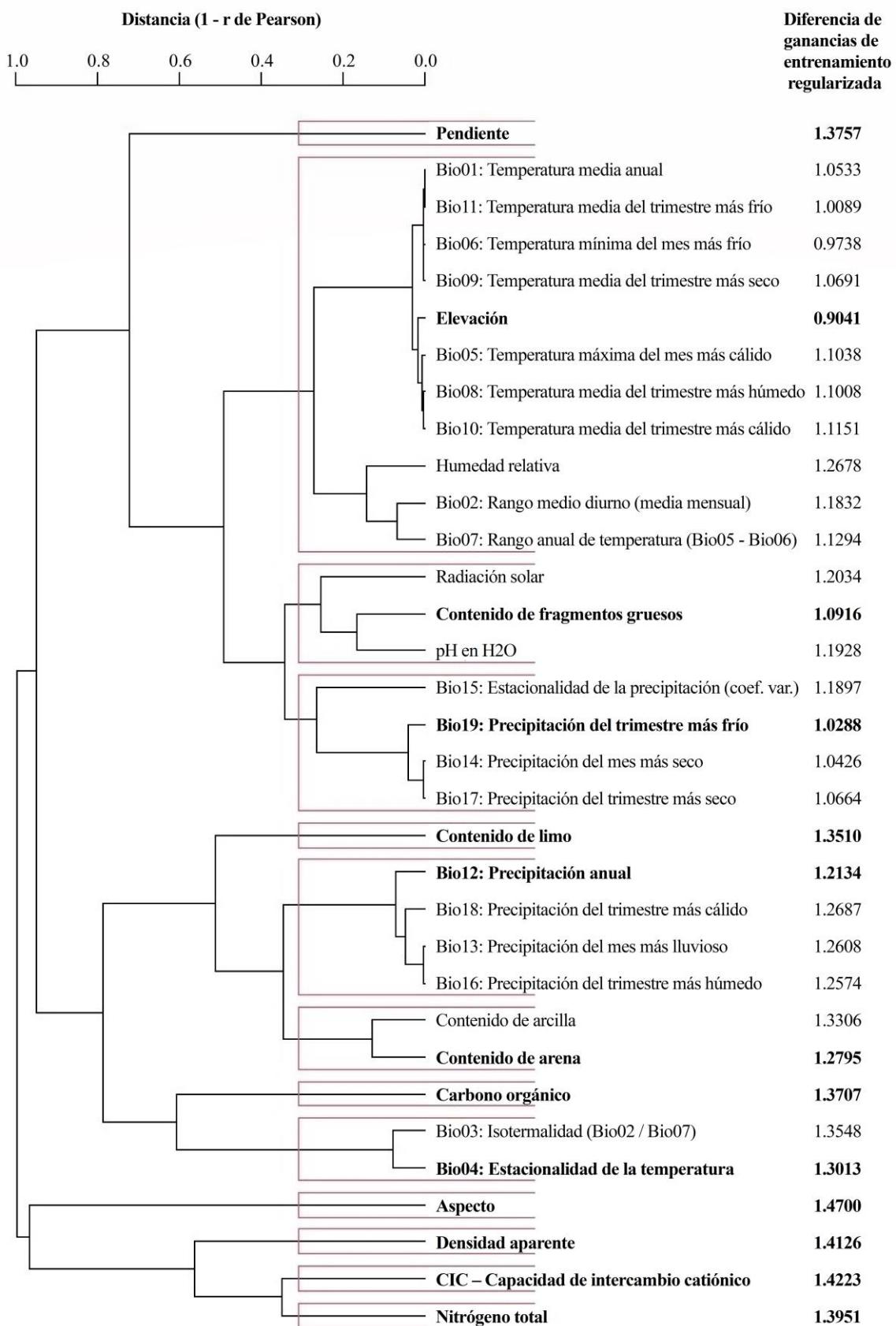


Figura 5. Dendrograma de clúster jerárquico de criterios ambientales y diferencia de ganancias de entrenamiento regularizada en la prueba Jackknife.

Otras configuraciones se mantuvieron por defecto, puesto que MaxEnt es capaz de seleccionar la función adecuada para la cantidad de muestras utilizadas para un modelo (Dormann et al., 2013).

El rendimiento de los modelos se evaluó mediante el Área Bajo la Curva (AUC), calculada a partir de la Característica Operativa del Receptor (ROC) (Steven Phillips et al., 2006). Según el AUC se diferencian cinco niveles de rendimiento (Araujo et al., 2005): excelente (>0.9), bueno (0.8–0.9), aceptado (0.7–0.8), malo (0.6–0.7) e inválido (<0.6). El formato de salida Cloglog del modelo generó un mapa de valores de probabilidad continua para la distribución potencial del cacao que van de 0 a 1 (S. J. Phillips & Dudík, 2008). Estos se reclasificaron en cuatro rangos (Cotrina et al., 2020; Rojas et al., 2020): distribución potencial 'alta' (>0.6), 'moderada' (0.4–0.6) y 'baja' (0.2–0.4), así como 'distribución no potencial' (<0.2).

2.6. Enfoque de modelado con AHP – MaxEnt

Los mapas temáticos reclasificados (en base a la Tabla 1) se integraron, según grupo jerárquico (Figura 3), mediante la superposición ponderada (Ecuación 2) (Calle et al., 2020; Iliquín et al., 2020; Salas et al., 2020). La idoneidad resultante (GRIDresult) dependió de la puntuación del píxel del mapa reclasificado (GRIDi) y el peso de importancia del subcriterio (WEIGHTi). Este peso, a diferencia del modelo AHP (sección 2.4.3.), no fue el obtenido por MCP de expertos (sección 2.4.2.). Para este modelo, se generó un modelo MaxEnt (la configuración del modelado se explicó en la sección 2.5.3) con los criterios para este modelo (Tabla 1), de los cuales, se obtuvo el porcentaje de contribución al modelo. Entonces, este porcentaje de contribución fue asumido como el peso de importancia (Rodríguez-Merino et al., 2020). La integración de subcriterios mediante la superposición ponderada (Ecuación 2) (Calle et al., 2020; Iliquín et al., 2020; Salas et al., 2020) generó el modelo de idoneidad final del territorio para el cacao.

III. RESULTADOS

3.1. Modelo basado en el Proceso Analítico Jerárquico – AHP

3.1.1. Pesos de importancia de criterios

La Tabla 5 muestra los pesos de importancia ponderados obtenidos para cada subcriterio y criterio. Los criterios climatológicos (35.7%) y edafológicos (29.1%) son los más importantes, seguidos por los socioeconómicos (18.2%) y orográficos (17.0%). Los subcriterios, precipitación anual (27.7%), capacidad de intercambio catiónico–CIC (24.2%), elevación (57.0%) y distancia a la red hídrica (27.4%) obtuvieron la mayor ponderación respecto a su grupo de criterios; mientras que los de menor ponderación fueron la temperatura máxima media anual (11.6%), contenido de fragmentos gruesos (6.9%), aspecto del terreno (16.2%) y distancia a centros urbanos (11.6%).

Tabla 5. Pesos de importancia de criterios y sub criterios para el análisis de la idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en Perú.

Criterio	Peso (%)	Sub Criterio	Peso (%)	Peso estandarizado (%)	Ranking
Climatológicos	35.7	Precipitación anual	27.7	9.9	1
		Humedad relativa	18.8	6.7	4
		Número de meses secos	16.1	5.8	6
		Temperatura media anual	12.9	4.6	9
		Temperatura mín. media anual	12.8	4.6	9
		Temperatura máx. media anual	11.6	4.1	11
Edafológicos	29.1	CIC	24.2	7.1	3
		Textura	20.5	6.0	5
		Nitrógeno total	19.0	5.5	7
		pH en H ₂ O	15.4	4.5	10
		Carbono orgánico	13.9	4.1	11
Orográficos	17.0	Contenido de fragmentos gruesos	6.9	2.0	16
		Elevación	57.0	9.7	2
		Pendiente	26.8	4.6	9
		Aspecto	16.2	2.7	14
Socioeconómicos	18.2	Distancia a la red hídrica	27.4	5.0	8
		Cobertura y uso del suelo	22.6	4.1	11
		Distancia a la red vial	19.5	3.6	12
		Distancia a áreas protegidas	18.9	3.4	13
		Distancia a centros urbanos	11.6	2.1	15

3.1.2. Mapa de idoneidad de subcriterios

La Figura 6 muestra los mapas reclasificados, según umbrales de idoneidad (Tabla 2), de los sub criterios climatológicos, edafológicos, orográficos y socioeconómicos. Además, en la Tabla 6 se indican las áreas para cada umbral de idoneidad de los sub criterios. Los sub criterios que poseen mayor área 'Altamente adecuada' respecto su grupo de criterios son número de meses secos (970538.09 km², 75.3%), carbono orgánico (1178174.42 km², 91.4%), pendiente (814094.16 km², 63.2%) y áreas protegidas (911644.79 km², 70.7%). Mientras que los de mayor área 'No adecuada' son la precipitación anual (545675.95 km², 42.3%), CIC (440187.65 km², 34.2%), elevación (438500.97 km², 34.0%) y cobertura y uso del suelo (824499.95 km², 64.0%). En todos los mapas se discriminó del análisis el 1.4% (18477.30 km²) del territorio peruano, correspondiente a la máscara de principales cuerpos de agua, glaciar y área urbana. El detalle de áreas por cada región se muestra en el Anexo 3.

Tabla 6. Área de idoneidad de sub criterios para el cultivo de cacao en Perú, modelo AHP.

Criterio/Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Climatológicos								
Temperatura media anual	495696.05	38.5	211336.61	16.4	61939.16	4.8	501135.87	38.9
Temperatura mín. media anual	323401.20	25.1	433151.18	33.6	95775.96	7.4	417779.31	32.4
Temperatura máx. media anual	124463.94	9.7	610457.37	47.4	177066.49	13.7	358119.86	27.8
Precipitación anual	402160.95	31.2	275838.57	21.4	46432.18	3.6	545675.95	42.3
Número de meses secos	970538.09	75.3	39724.27	3.1	38972.61	3.0	220872.67	17.1
Humedad relativa	422733.62	32.8	604382.27	46.9	236748.40	18.4	6319.39	0.5
Edafológicos								
pH en H ₂ O	284809.84	22.1	333425.91	25.9	615584.49	47.8	36363.58	2.8
Textura	463633.52	36.0	534435.04	41.5	250084.29	19.4	22031.38	1.7
Contenido de fragmentos gruesos	812754.45	63.1	456692.84	35.4	736.40	0.1	0.0	0.0
Carbono orgánico	1178174.42	91.4	78533.32	6.1	13476.01	1.0	0.0	0.0
CIC	190558.84	14.8	221422.78	17.2	418014.65	32.4	440187.65	34.2
Nitrógeno	1025291.05	79.6	144885.17	11.2	79769.70	6.2	20238.07	1.6
Orográficos								
Elevación	112490.36	8.7	662751.90	51.4	56421.60	4.4	438500.97	34.0
Pendiente	814094.16	63.2	210170.69	16.3	199388.82	15.5	46510.98	3.6
Aspecto	464149.07	36.0	327161.32	25.4	320736.76	24.9	158118.11	12.3
Socioeconómicos								
Cobertura y uso del suelo	73007.50	5.7	117842.57	9.1	254814.97	19.8	824499.95	64.0
Distancia a centros urbanos	259032.66	20.1	323477.46	25.1	160753.82	12.5	526900.84	40.9
Distancia a la red vial	465633.65	36.1	153914.95	11.9	87072.91	6.8	563562.33	43.7
Distancia a la red hídrica	615475.80	47.8	437734.36	34.0	148793.14	11.5	68180.82	5.3
Distancia a áreas protegidas	911644.79	70.7	0.00	0.0	133880.37	10.4	224658.54	17.4

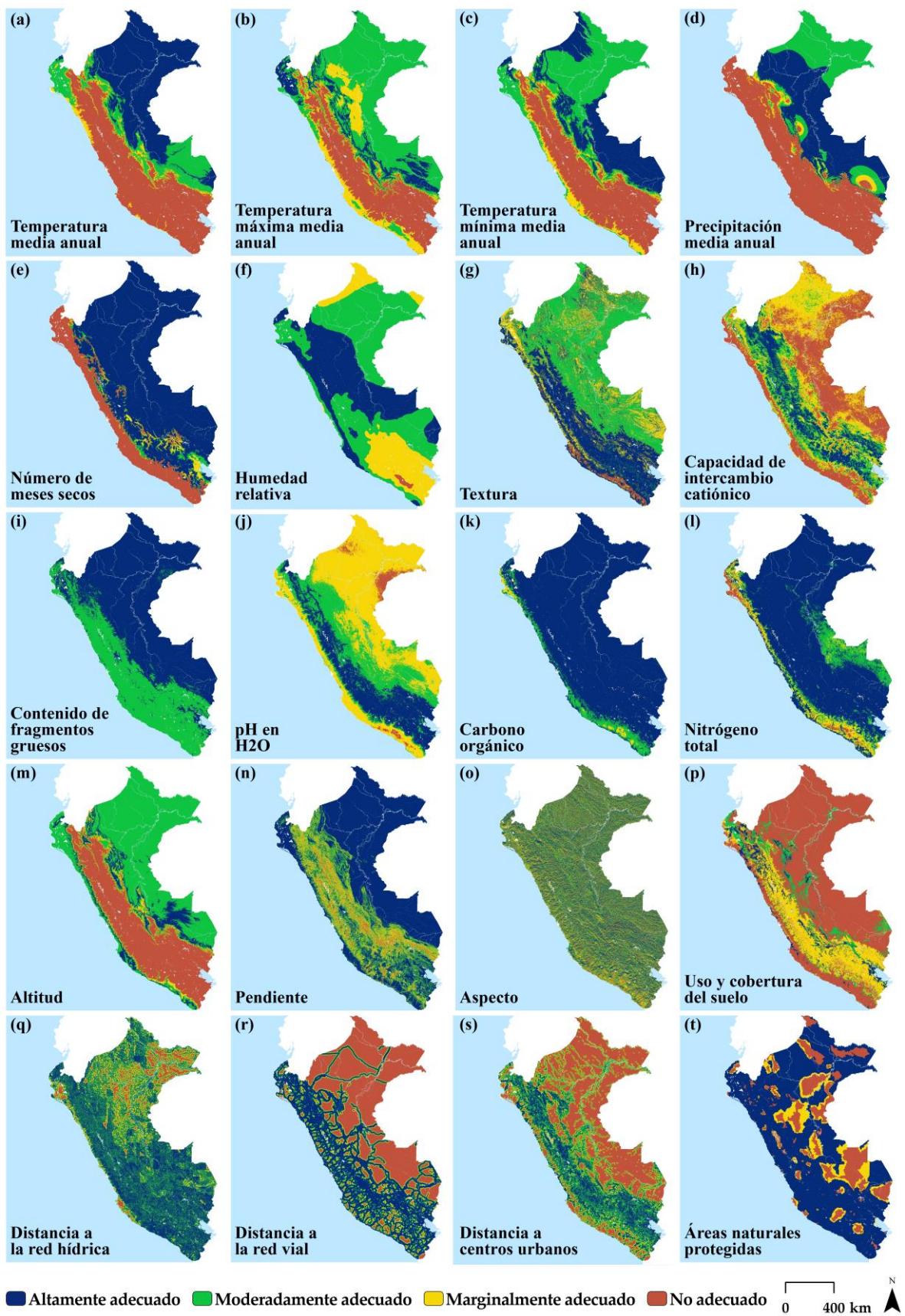


Figura 6. Mapas de idoneidad de los subcriterios climatológicos (a–f), edafológicos (g–l), orográficos (m–o) y socioeconómicos (p–t) para el cultivo del cacao en Perú.

3.1.3. Submodelos y modelo de idoneidad del territorio

Con la superposición ponderada de subcriterios se generaron los submodelos de idoneidad por cada grupo jerárquico (Figura 7). Los submodelos que presentan mayor superficie 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao son los climatológico (363379.34 km^2 , 28.2%) y edafológico (290845.16 km^2 , 22.6%) (Tabla 7). Mientras que los submodelos con menor superficie 'Altamente adecuada' son los socioeconómico (169513.53 km^2 , 13.2%) y orográfico (89675.33 km^2 , 7.0%). El detalle de áreas por cada región se muestra en el Anexo 4. Con la superposición ponderada de submodelos se generó el modelo de idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en Perú (Figura 8).

Tabla 7. Área de idoneidad de criterios o submodelos para el cultivo de cacao en Perú, modelo AHP.

Criterio o Submodelo	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado	
	km^2	%	km^2	%	km^2	%	km^2	%
Climatológico	363379.34	28.2	363403.8	28.2	452066.42	35.1	91258.09	7.1
Edafológico	290845.16	22.6	875533.01	67.9	100191.09	7.8	3614.55	0.3
Orográfico	89675.33	7.0	699154.73	54.3	388427.63	30.1	92896.93	7.2
Socioeconómico	169513.53	13.2	477672.54	37.1	571349.33	44.3	51619.22	4.0

En Perú, el 1.5% (19437.63 km^2), 80.6% (1038036.17 km^2), 16.5% (211982.87 km^2) y 0.05% (630.04 km^2) del territorio presentó idoneidad 'Altamente adecuada', 'Moderadamente adecuada', 'Marginalmente adecuada' y 'No adecuada', respectivamente, para el cultivo de cacao (Tabla 8).

A nivel de regiones, San Martín (4732.75 km^2), Ucayali (2700.82 km^2), Amazonas (2627.36 km^2), Cusco (2351.81 km^2), Junín (2128.12 km^2), Huánuco (1928.73 km^2) y Madre De Dios (1340.31 km^2) presentan las mayores superficies con idoneidad 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao, mientras que Loreto (708.86 km^2), Pasco (646.19 km^2), Cajamarca (255.28 km^2), Ayacucho (12.82 km^2) y Puno (4.57 km^2) presentan las menores áreas.

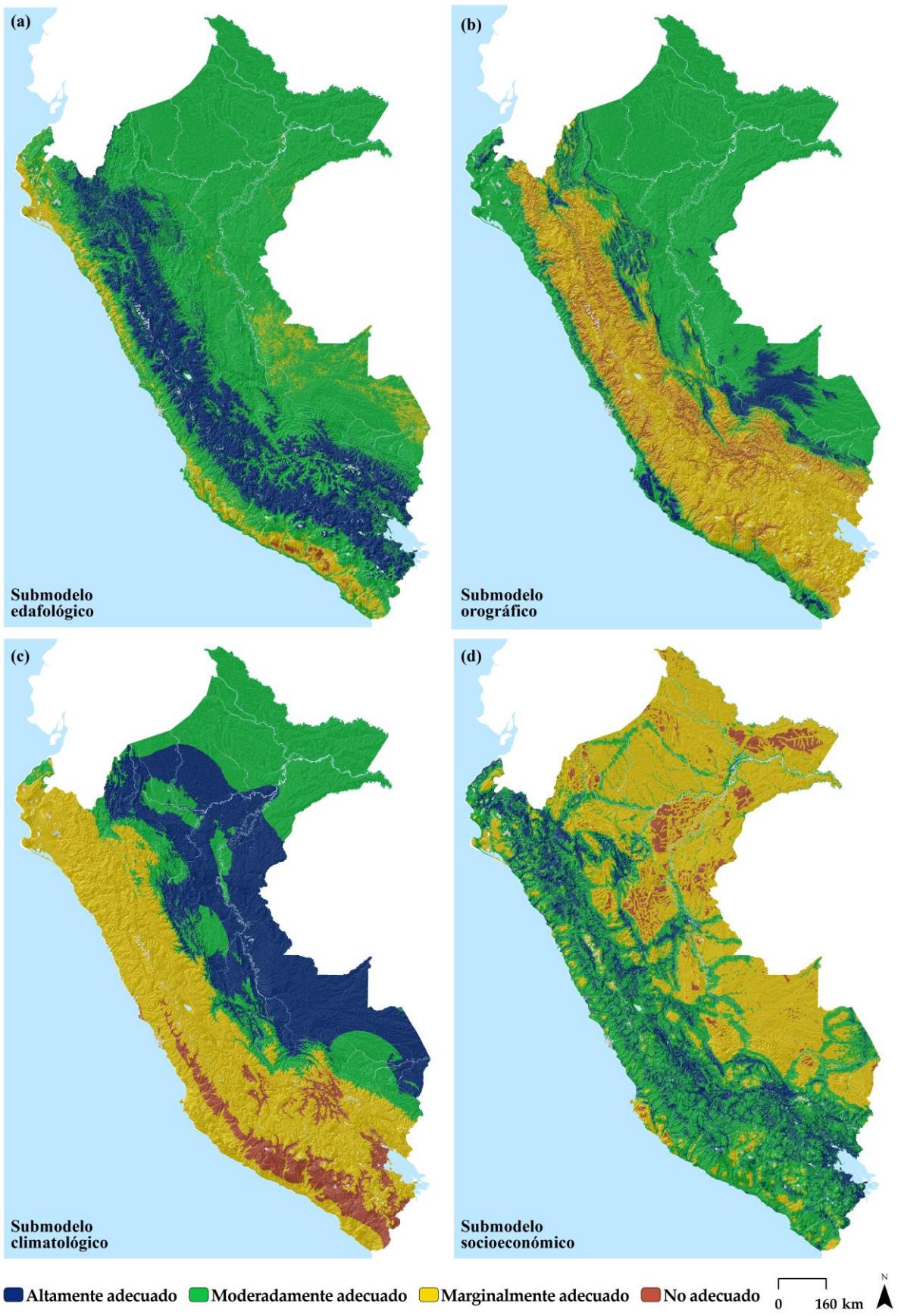


Figura 7. Mapas de idoneidad edafológico (a), orográfico (b), climatológico (c) y socioeconómico (d) para el cultivo del cacao en Perú.



Figura 8. Mapas de idoneidad del territorio para el cultivo del cacao en Perú.

AM (Amazonas), AN (Ancash), AP (Apurímac), AR (Arequipa), AY (Ayacucho), CA (Cajamarca), CU (Cusco), HU (Huánuco), HV (Huancavelica), IC (Ica), JU (Junín), LA (Lambayeque), LL (La Libertad), LI (Lima), LO (Loreto), MD (Madre de Dios), MO (Moquegua), PA (Pasco), PI (Piura), PU (Puno), SM (San Martín), TA (Tacna), TU (Tumbes), and UC (Ucayali).

Tabla 8. Idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en regiones del Perú, modelo AHP.

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Amazonas	2627.36	6.7	34035.21	86.6	2366.54	6.0	0.00	0.0	277.35	0.7
Ancash	0.00	0.0	24959.06	69.4	9987.54	27.8	0.00	0.0	1015.65	2.8
Apurímac	0.00	0.0	14305.92	67.8	6729.24	31.9	0.00	0.0	78.99	0.4
Arequipa	0.00	0.0	21537.55	34	40332.23	63.8	496.06	0.8	890.04	1.4
Ayacucho	12.82	0.0	27761.70	63.8	15582.39	35.8	3.90	0.0	143.01	0.3
Cajamarca	255.28	0.8	26147.56	79.1	6502.76	19.7	0.00	0.0	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	51.47	36.4	7.45	5.3	0.00	0.0	82.49	58.3
Cusco	2351.81	3.3	52497.77	72.8	16216.07	22.5	0.00	0.0	1010.49	1.4
Huancavelica	0.00	0.0	16789.43	76.1	5165.07	23.4	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	1928.73	5.2	31166.61	83.8	3852.00	10.4	0.00	0.0	253.19	0.7
Ica	0.00	0.0	8653.51	41	12269.83	58.2	0.79	0.0	156.63	0.7
Junín	2128.12	4.8	36898.31	83.9	4512.84	10.3	0.00	0.0	458.03	1.0
La Libertad	0.00	0.0	15465.58	61.1	9700.39	38.3	0.00	0.0	130.00	0.5
Lambayeque	0.00	0.0	7683.17	53.6	6359.99	44.3	0.00	0.0	299.15	2.1
Lima	0.00	0.0	20490.05	58.6	13274.72	37.9	0.00	0.0	1225.23	3.5
Loreto	708.86	0.2	367167.06	97.9	331.10	0.1	0.00	0.0	6908.97	1.8
Madre De Dios	1340.31	1.6	82533.63	97.0	640.25	0.8	0.00	0.0	531.67	0.6
Moquegua	0.00	0.0	3993.39	25.3	11551.11	73.1	82.89	0.5	179.92	1.1
Pasco	646.19	2.7	21202.58	87.9	2092.50	8.7	0.00	0.0	172.68	0.7
Piura	0.00	0.0	20674.83	57.3	13867.65	38.5	0.00	0.0	1522.58	4.2
Puno	4.57	0.0	53726.91	79.1	13068.23	19.2	0.00	0.0	1163.11	1.7
San Martín	4732.75	9.3	40866.60	80.2	5099.64	10.0	0.00	0.0	262.27	0.5
Tacna	0.00	0.0	3835.20	23.8	11919.89	74.1	46.4	0.3	281.58	1.8
Tumbes	0.00	0.0	4169.10	88.9	410.28	8.7	0.00	0.0	110.89	2.4
Ucayali	2700.82	2.6	101423.98	96.3	143.18	0.1	0.00	0.0	1073.78	1.0
Perú	19437.63	1.5	1038036.17	80.6	211982.87	16.5	630.04	0.05	18477.30	1.4

3.2. Modelo basado en la Máxima Entropía – MaxEnt

3.2.1. Rendimiento del modelo e importancia de subcriterios

El AUC promedio para las 100 réplicas MaxEnt es 0.916 y la desviación estándar es 0.008, indicando un excelente rendimiento predictivo del modelo. Las curvas de respuesta (Figura 9a–m) representan un modelo diferente, es decir, un modelo de MaxEnt creado usando solo la variable correspondiente. Estas curvas reflejan la dependencia de la idoneidad pronosticada (entre 0 y 1) tanto de la variable seleccionada como de las dependencias inducidas por las correlaciones entre la variable seleccionada y otras variables. A medida que la variable aumenta o disminuye su valor en el territorio, la probabilidad de presencia del cacao disminuye o aumente.

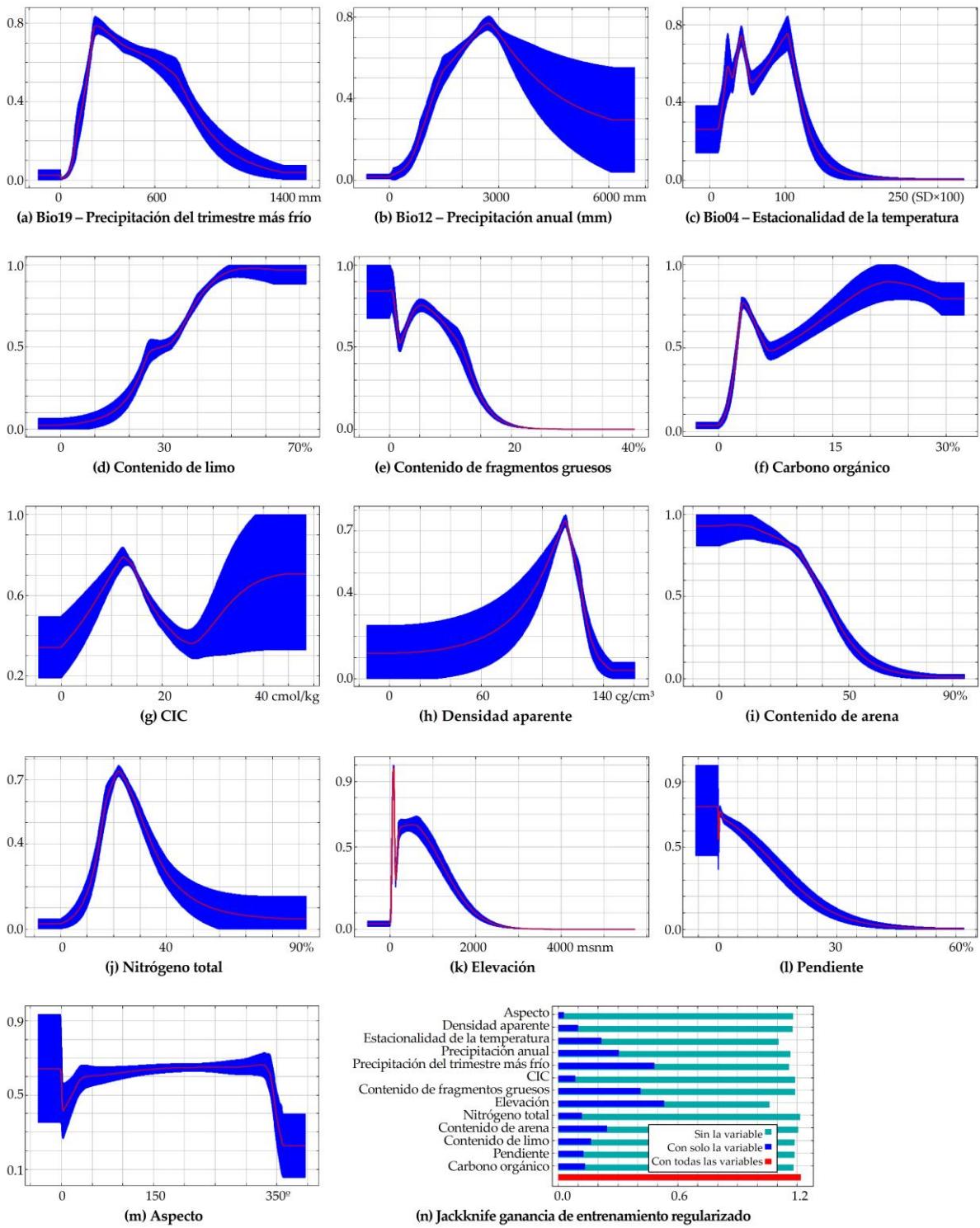


Figura 9. Curvas de respuesta media de las 100 réplicas MaxEnt (rojo) y desviación estándar (azul), mostrando las relaciones entre las variables y la probabilidad de presencia de cacao (a–m), y prueba de Jackknife de importancia de las variables para el modelo (n).

Según la prueba Jackknife de importancia variable (Figura 9n), la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es Elevación, que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma. También, la variable

ambiental que más reduce la ganancia cuando se omite es Elevación, que por lo tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

Se encontró que el 76.7% de la distribución potencial de cacao está impulsada por cuatro variables ambientales, a saber, Bio19 – Precipitación del trimestre más frío (41.4), Elevación (23.6%), Bio12 – Precipitación anual (6.0%) y Bio04 – Estacionalidad de la temperatura (5.7%) (Tabla 9). Mientras que el Contenido de arena (1.5%) y el Nitrógeno total (1.5%) son las dos variables que menos contribuyeron.

Tabla 9. Contribución de sub criterios al modelo MaxEnt del cacao en Perú.

Criterio	Sub Criterio	Porcentaje de contribución (%)	Ranking
Climatológicos	Bio19 – Precipitación del trimestre más frío	41.4	1
	Bio12 – Precipitación anual	6.0	3
	Bio04 – Estacionalidad de la temperatura	5.7	4
Edafológicos	Contenido de limo	3.0	6
	Contenido de fragmentos gruesos	3.0	6
	Carbono orgánico	2.6	7
	CIC – Capacidad de intercambio catiónico	2.5	8
	Densidad aparente	2.0	9
Orográficos	Contenido de arena	1.5	10
	Nitrógeno total	1.5	10
	Elevación	23.6	2
	Pendiente	4.2	5
	Aspecto	3.0	6

3.2.2. Distribución potencial

Las áreas de 'alta' probabilidad de distribución potencial del cacao se identificaron principalmente en las tierras bajas de la Amazonía peruana (Figura 10). Las áreas de distribución potencial 'alta', 'moderada', 'baja' y 'no potencial' para el cacao cubren el 5.3% (67787.22 km^2), 7.2% (92791.09 km^2), 20.3% (261335.27 km^2) y 65.8% (848173.42 km^2) del territorio de Perú, respectivamente (Tabla 10). A nivel de regiones, Madre De Dios (26285.36 km^2), Loreto (19827.18 km^2), San Martín (9829.90 km^2), Amazonas (4107.07 km^2), Puno (3149.39 km^2) y Cajamarca (1694.55 km^2) presentan las mayores superficies con distribución potencial 'alta' para el cultivo de cacao.

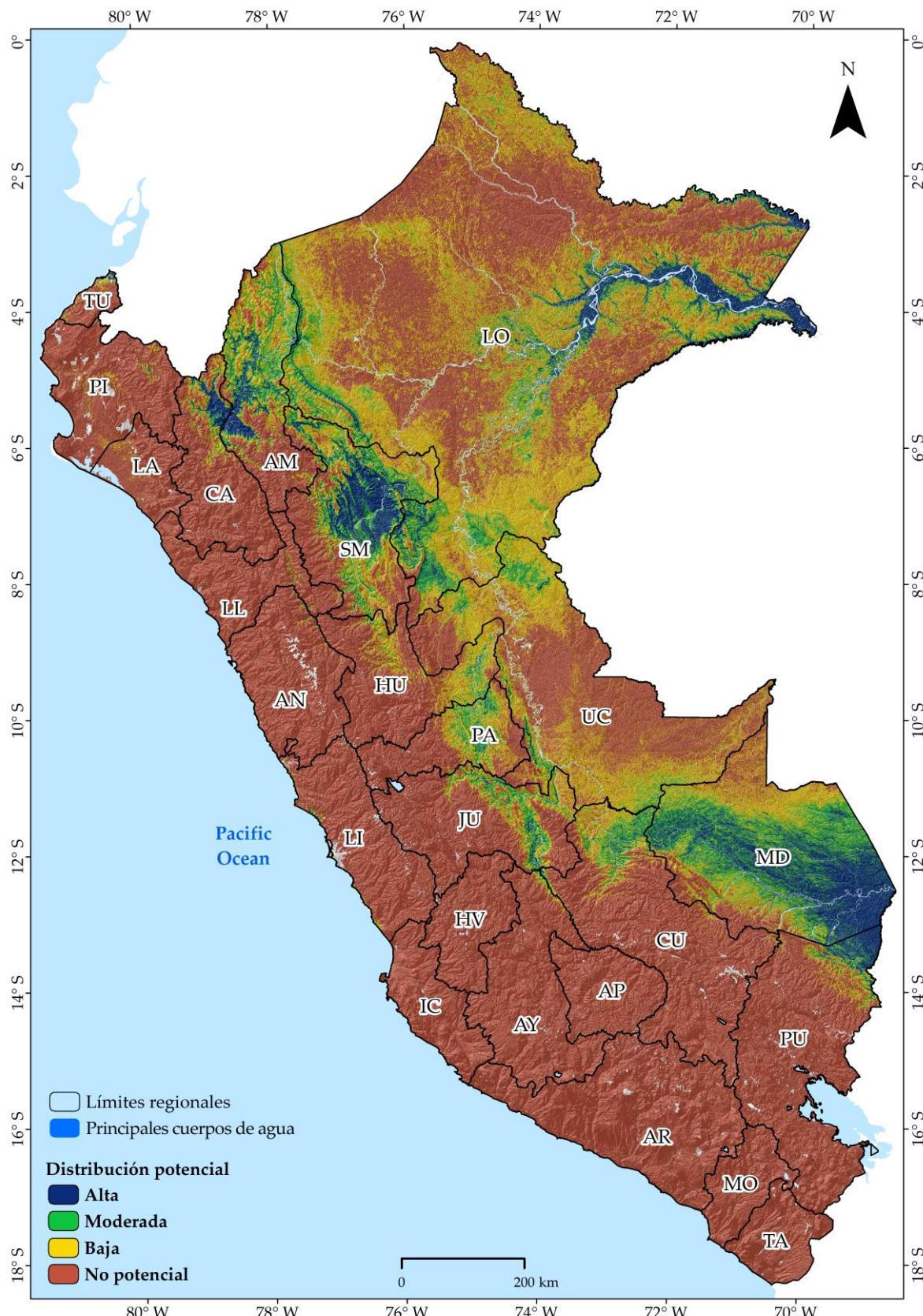


Figura 10. Mapas de idoneidad del territorio para el cultivo del cacao en Perú.

AM (Amazonas), AN (Ancash), AP (Apurímac), AR (Arequipa), AY (Ayacucho), CA (Cajamarca), CU (Cusco), HU (Huánuco), HV (Huancavelica), IC (Ica), JU (Junín), LA (Lambayeque), LL (La Libertad), LI (Lima), LO (Loreto), MD (Madre de Dios), MO (Moquegua), PA (Pasco), PI (Piura), PU (Puno), SM (San Martín), TA (Tacna), TU (Tumbes), and UC (Ucayali).

Tabla 10. Distribución potencial del cacao en regiones del Perú, modelo MaxEnt.

Regiones	Alta		Moderada		Baja		No potencial		No clasificado	
	km ²	%								
Amazonas	4107.07	10.4	8039.43	20.5	11974.36	30.5	14908.26	37.9	277.35	0.7
Ancash	39.34	0.1	80.84	0.2	231.55	0.6	34594.89	96.2	1015.63	2.8
Apurímac	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	21035.16	99.6	78.99	0.4
Arequipa	0.05	0.0	0.45	0.0	5.34	0.0	62360.05	98.6	890.00	1.4
Ayacucho	16.90	0.0	161.15	0.4	516.10	1.2	42666.66	98.1	143.02	0.3
Cajamarca	1694.55	5.1	1000.71	3.0	2436.93	7.4	27773.40	84.0	139.07	0.4
Callao	0.12	0.1	0.06	0.0	1.27	0.9	57.46	40.6	82.49	58.3
Cusco	751.75	1.0	3591.87	5.0	6685.78	9.3	60036.25	83.3	1010.48	1.4
Huancavelica	0.00	0.0	0.00	0.0	4.8	0.0	21949.70	99.5	110.54	0.5
Huánuco	174.66	0.5	1651.59	4.4	7839.97	21.1	27281.12	73.3	253.18	0.7
Ica	0.00	0.0	0.23	0.0	3.36	0.0	20920.58	99.2	156.60	0.7
Junín	774.32	1.8	3557.1	8.1	6441.02	14.6	32766.83	74.5	458.02	1.0
La Libertad	25.58	0.1	88.28	0.3	267.96	1.1	24784.18	98.0	129.98	0.5
Lambayeque	0.00	0.0	9.32	0.1	444.94	3.1	13588.92	94.7	299.13	2.1
Lima	51.86	0.1	115.09	0.3	311.33	0.9	33286.51	95.1	1225.20	3.5
Loreto	19827.18	5.3	31559.59	8.4	140822.04	37.5	175998.12	46.9	6909.06	1.8
Madre De Dios	26285.36	30.9	23172.08	27.2	22018.65	25.9	13038.19	15.3	531.59	0.6
Moquegua	0.00	0.0	0.00	0.0	0.76	0.0	15626.63	98.9	179.92	1.1
Pasco	450.47	1.9	2859.58	11.9	6003.89	24.9	14627.35	60.7	172.67	0.7
Piura	19.48	0.1	132.9	0.4	1079.19	3.0	33310.93	92.4	1522.57	4.2
Puno	3149.39	4.6	1572.31	2.3	2668.18	3.9	59409.85	87.4	1163.09	1.7
San Martín	9829.90	19.3	9625.48	18.9	13939.97	27.4	17303.63	34.0	262.27	0.5
Tacna	0.00	0.0	0.00	0.0	0.12	0.0	15801.38	98.2	281.57	1.8
Tumbes	103.31	2.2	110.1	2.3	382.53	8.2	3983.41	84.9	110.91	2.4
Ucayali	485.92	0.5	5462.94	5.2	37255.24	35.4	61063.97	58.0	1073.69	1.0
Perú	67787.22	5.3	92791.09	7.2	261335.27	20.3	848173.42	65.8	18477.03	1.4

3.3. Modelo basado en el AHP y MaxEnt

3.3.1. Importancia y/o pesos de subcriterios

El AUC promedio para las 100 réplicas MaxEnt es 0.920 y la desviación estándar es 0.007, indicando un excelente rendimiento predictivo del modelo. Se encontró que el 72.7% de la distribución potencial de cacao está impulsada por cuatro variables ambientales, a saber, Temperatura mínima media anual (40.7%), Número de meses secos (14.2%), Elevación (10.4%) y Humedad relativa (7.4%) (Tabla 11). Mientras que el Contenido de fragmentos gruesos (1.5%), Nitrógeno total (1.3%) y Temperatura máxima media anual (1.1%) son las tres variables que menos contribuyeron. Los subcriterios, Temperatura mínima media anual (40.7%), pH en H₂O (5.6%) y elevación (10.4%) obtuvieron la mayor ponderación respecto a su grupo de criterios; mientras que los de menor ponderación fueron la Temperatura máxima media anual (1.1%), Nitrógeno total (1.3%) y pendiente del terreno (2.1%).

3.1.3. Modelo de idoneidad del territorio

Con la superposición ponderada de subcriterios se generó el modelo de idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en Perú (Figura 11). En Perú, el 23.0% (296545.69

km²), 37.4% (482489.88 km²), 35.2% (453379.97 km²) y 2.9% (37671.17 km²) del territorio presentó idoneidad 'Altamente adecuada', 'Moderadamente adecuada', 'Marginalmente adecuada' y 'No adecuada', respectivamente (Tabla 8).

Tabla 11. Contribución de sub criterios al modelo AHP–MaxEnt del cacao en Perú.

Criterio	Sub Criterio	Porcentaje de contribución (%)	Ranking
Climatológicos	Temperatura mín. media anual	40.7	1
	Número de meses secos	14.2	2
	Humedad relativa	7.4	4
	Temperatura media anual	4.2	6
	Precipitación anual	3.3	7
Edafológicos	Temperatura máx. media anual	1.1	14
	pH en H ₂ O	5.6	5
	CIC – Capacidad de intercambio catiónico	2.1	9
	Textura	2.0	10
	Carbono orgánico	1.7	11
Orográficos	Contenido de fragmentos gruesos	1.5	12
	Nitrógeno total	1.3	13
	Elevación	10.4	3
Aspecto	Aspecto	2.5	8
	Pendiente	2.1	9

Tabla 12. Idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en regiones del Perú, modelo AHP–MaxEnt.

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Amazonas	11913.73	30.3	16080.17	40.9	11035.21	28.1	0.00	0.0	277.35	0.7
Ancash	0.00	0.0	3698.66	10.3	31241.36	86.9	6.57	0.0	1015.65	2.8
Apurímac	0.00	0.0	28.43	0.1	20915.26	99.1	91.48	0.4	78.99	0.4
Arequipa	0.00	0.0	2344.36	3.7	38506.10	60.9	21515.40	34	890.04	1.4
Ayacucho	131.31	0.3	1424.91	3.3	38317.92	88.1	3486.68	8.0	143.01	0.3
Cajamarca	543.78	1.6	6555	19.8	25801.48	78.1	5.33	0.0	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	33.31	23.6	25.61	18.1	0.00	0.0	82.49	58.3
Cusco	10873.61	15.1	12867.98	17.9	46907.22	65.1	416.84	0.6	1010.49	1.4
Huancavelica	0.00	0.0	139.20	0.6	21609.48	97.9	205.81	0.9	110.54	0.5
	9342.31	25.1	8066.40	21.7	19533.25	52.5	5.38	0.0	253.19	0.7
Ica	0.00	0.0	1985.98	9.4	18077.74	85.8	860.42	4.1	156.63	0.7
Junín	5109.47	11.6	12203.67	27.7	26226.12	59.6	0.00	0.0	458.03	1.0
La Libertad	0.00	0.0	5857.69	23.2	19301.92	76.3	6.36	0.0	130.0	0.5
Lambayeque	0.00	0.0	12371.14	86.3	1670.14	11.6	1.89	0.0	299.15	2.1
Lima	0.00	0.0	1266.71	3.6	32163.85	91.9	334.21	1.0	1225.23	3.5
Loreto	60526.92	16.1	307662.24	82.0	17.90	0.0	0.00	0.0	6908.94	1.8
Madre De Dios	75261.35	88.5	8251.35	9.7	1001.44	1.2	0.00	0.0	531.72	0.6
Moquegua	0.00	0.0	218.60	1.4	9533.01	60.3	5875.78	37.2	179.92	1.1
Pasco	7173.36	29.7	7435.32	30.8	9332.53	38.7	0.06	0.0	172.68	0.7
Piura	0.00	0.0	26559.96	73.6	7978.70	22.1	3.84	0.0	1522.58	4.2
Puno	5435.40	8.0	6332.45	9.3	54856.01	80.7	175.86	0.3	1163.10	1.7
San Martín	18009.91	35.3	23806.63	46.7	8882.46	17.4	0.00	0.0	262.27	0.5
Tacna	0.00	0.0	739.35	4.6	10382.87	64.6	4679.27	29.1	281.57	1.8
Tumbes	0.00	0.0	4538.01	96.8	41.36	0.9	0.00	0.0	110.89	2.4
Ucayali	92224.56	87.5	12022.37	11.4	21.05	0.0	0.00	0.0	1073.78	1.0
Perú	296545.69	23	482489.88	37.4	453379.97	35.2	37671.17	2.9	18477.30	1.4

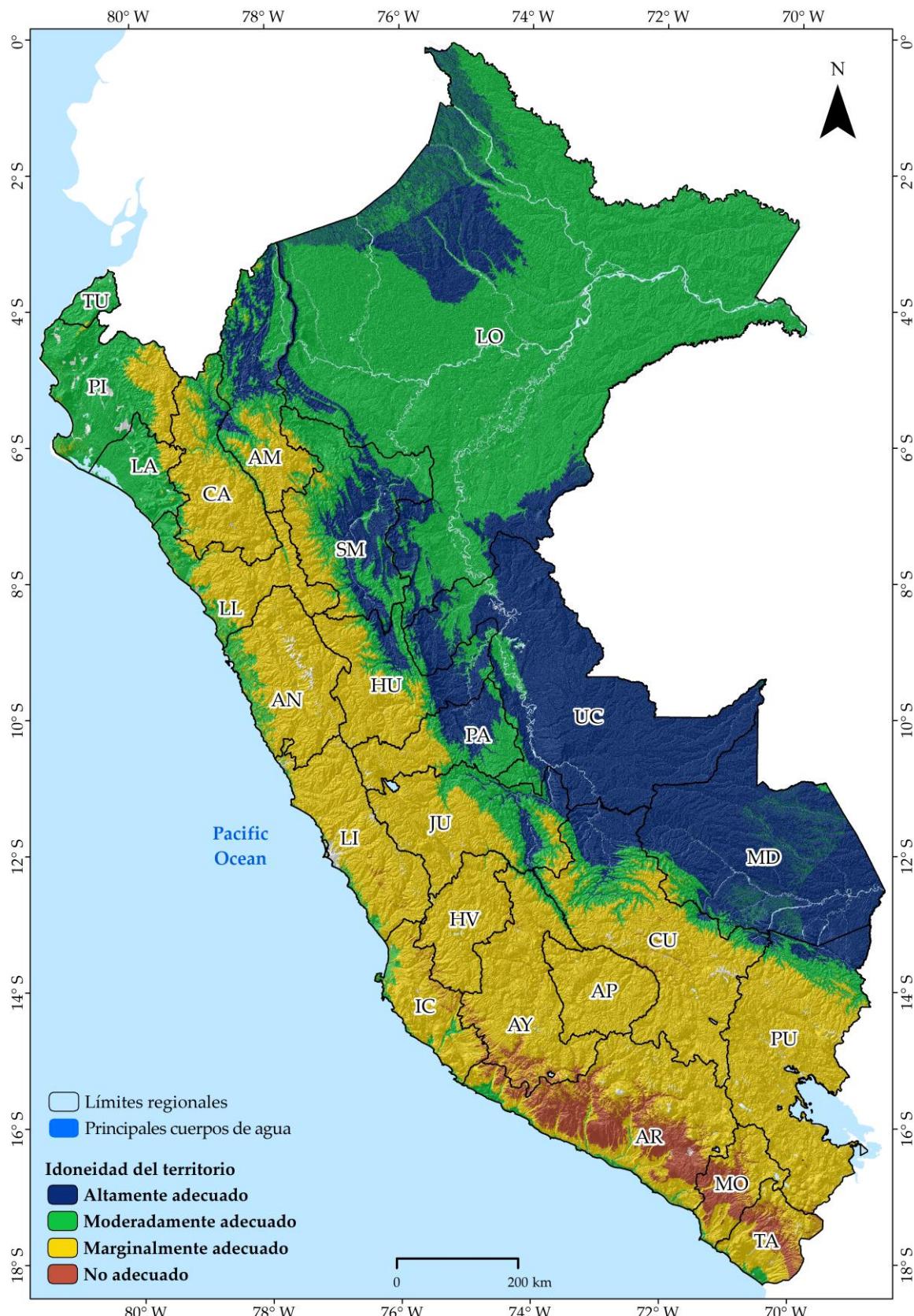


Figura 11. Mapas de idoneidad del territorio para el cultivo del cacao en Perú.

AM (Amazonas), AN (Ancash), AP (Apurímac), AR (Arequipa), AY (Ayacucho), CA (Cajamarca), CU (Cusco), HU (Huánuco), HV (Huancavelica), IC (Ica), JU (Junín), LA (Lambayeque), LL (La Libertad), LI (Lima), LO (Loreto), MD (Madre de Dios), MO (Moquegua), PA (Pasco), PI (Piura), PU (Puno), SM (San Martín), TA (Tacna), TU (Tumbes), and UC (Ucayalí).

A nivel de regiones, Ucayali (92224.56 km^2), Madre De Dios (75261.35 km^2), Loreto (60526.92 km^2), San Martín (18009.91 km^2), Amazonas (11913.73 km^2), Cusco (10873.61 km^2) y Huánuco (9342.31 km^2) presentan las mayores superficies con idoneidad 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao, mientras que Pasco (7173.36 km^2), Puno (5435.40 km^2), Junín (5109.47 km^2), Cajamarca (543.78 km^2) y Ayacucho (131.31 km^2) presentan las menores áreas.

3.4. Modelos basados en el AHP, MaxEnt y AHP – MaxEnt

Los criterios tuvieron diferente importancia y/o contribución a la construcción de los modelos (Figura 13). Los criterios climatológicos destacaron dentro de las cuatro primeras posiciones de los criterios más importantes en los tres enfoques de modelado. La Elevación (criterio orográfico) también estuvo presente en dicho grupo.

El área de idoneidad total a nivel de Perú (Figura 12) y el área de idoneidad 'Altamente adecuada' para las regiones (Figura 14) variaron entre los enfoques de modelado. De más a menos restrictivo, los enfoques de modelado AHP, MaxEnt y AHP–MaxEnt, indican que el 1.5%, 5.3% y 23.0% del territorio peruano es 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao, respectivamente. San Martín y Amazonas fueron las que estuvieron dentro de las cinco regiones de mayor área 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao en los tres enfoques de modelado. Estas regiones estuvieron acompañadas de Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Cusco, Junín y Puno, alternándose según enfoque de modelado. El área de coincidencia 'Altamente adecuada' en los tres modelos suma 4013.21 km^2 .

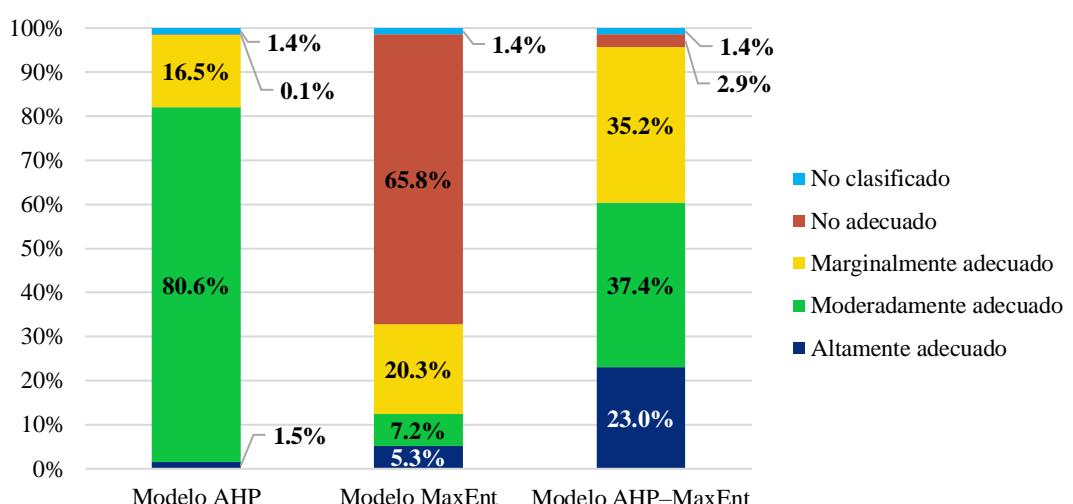


Figura 12. Proporción de idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en Perú, según enfoques de modelamiento.

(a) Modelo AHP

Subcriterio	%
<i>Bio12: Precipitación anual</i>	9.9
<u>Elevación</u>	9.7
CIC	7.1
<i>Humedad relativa</i>	6.7
Textura	6.0
<i>Número de meses secos</i>	5.8
Nitrógeno total	5.5
Distancia a la red hídrica	5.0
<i>Bio01: Temperatura media anual</i>	4.6
<i>Temperatura mín. media anual</i>	4.6
<u>Pendiente</u>	4.6
pH en H₂O	4.5
<i>Temperatura máx. media anual</i>	4.1
Carbono orgánico	4.1
Cobertura y uso del suelo	4.1
Distancia a la red vial	3.6
Distancia a áreas protegidas	3.4
<u>Aspecto</u>	2.7
Distancia a centros urbanos	2.1
Contenido de fragmentos gruesos	2.0

Categoría de subcriterio:

Itálicas = Climatológico

Negrita = Edafológico

Subrayado = Orográfico

Normal = Socioeconómico

(b) Modelo MaxEnt

Subcriterio	%
<i>Bio19: Precip. del trimestre más frío</i>	41.4
<u>Elevación</u>	23.6
<i>Bio12: Precipitación anual</i>	6.0
<i>Bio04: Estacionalidad de la temp.</i>	5.7
<u>Pendiente</u>	4.2
Contenido de limo	3.0
Contenido de fragmentos gruesos	3.0
<u>Aspecto</u>	3.0
Carbono orgánico	2.6
CIC	2.5
Densidad aparente	2.0
Contenido de arena	1.5
Nitrógeno total	1.5
<i>Bio01: Temperatura media anual</i>	*
<i>Bio02, Bio03, Bio05 – Bio11: bioclimáticos derivados de temp.</i>	*
<i>Bio13 – Bio18: bioclimáticos derivados de precipitación</i>	*
<i>Humedad relativa</i>	*
<i>Radiación solar</i>	*
pH	*
Contenido de arcilla	*

* Inicialmente considerados pero eliminados del modelado final de idoneidad por el enfoque de modelado.

(c) Modelo AHP–MaxEnt

Subcriterio	%
<i>Temperatura mín. media anual</i>	40.7
<i>Número de meses secos</i>	14.2
<u>Elevación</u>	10.4
<i>Humedad relativa</i>	7.4
pH en H₂O	5.6
<i>Bio01: Temperatura media anual</i>	4.2
<i>Bio12: Precipitación anual</i>	3.3
<u>Aspecto</u>	2.5
CIC	2.1
<u>Pendiente</u>	2.1
Textura	2.0
Carbono orgánico	1.7
Contenido de fragmentos gruesos	1.5
Nitrógeno total	1.3
<i>Temperatura máx. media anual</i>	1.1

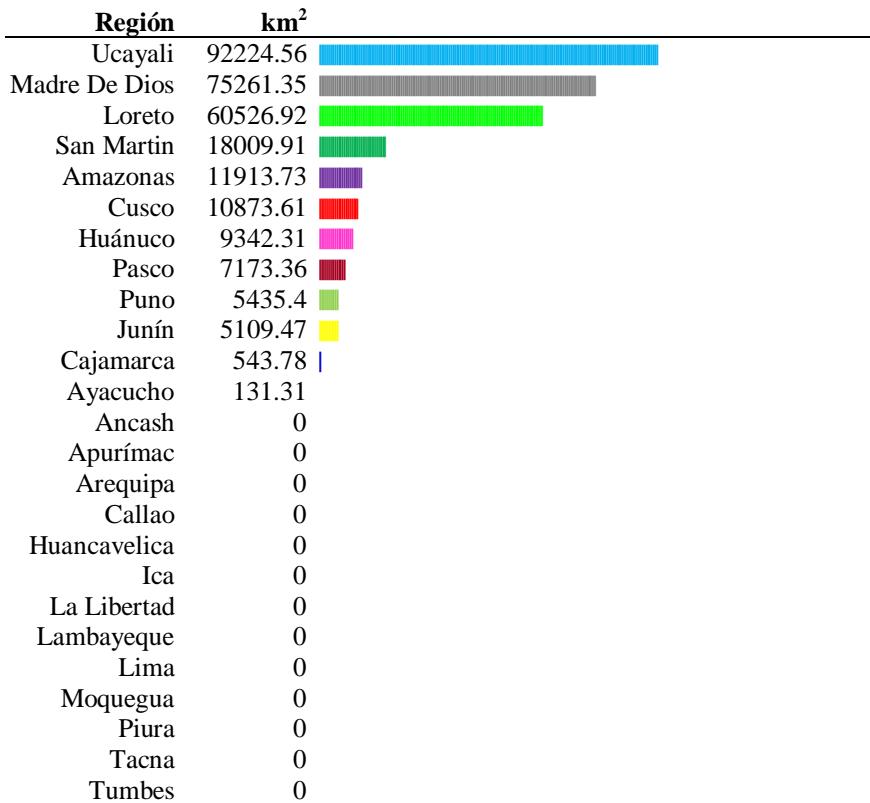
Figura 13. Peso de importancia y/o contribución relativa de subcriterios al modelado de la idoneidad del territorio para el cultivo de cacao en Perú, enfoques de modelamiento y categoría de criterio.

(a) Modelo AHP

Región	km ²
San Martín	4732.75
Ucayali	2700.82
Amazonas	2627.36
Cusco	2351.81
Junín	2128.12
Huánuco	1928.73
Madre De Dios	1340.31
Loreto	708.86
Pasco	646.19
Cajamarca	255.28
Ayacucho	12.82
Puno	4.57
Ancash	0
Apurímac	0
Arequipa	0
Callao	0
Huancavelica	0
Ica	0
La Libertad	0
Lambayeque	0
Lima	0
Moquegua	0
Piura	0
Tacna	0
Tumbes	0
Perú	19437.63

(b) Modelo MaxEnt

Región	km ²
Madre De Dios	26285.36
Loreto	19827.18
San Martín	9829.9
Amazonas	4107.07
Puno	3149.39
Cajamarca	1694.55
Junín	774.32
Cusco	751.75
Ucayali	485.92
Pasco	450.47
Huánuco	174.66
Tumbes	103.31
Lima	51.86
Ancash	39.34
La Libertad	25.58
Piura	19.48
Ayacucho	16.9
Callao	0.12
Arequipa	0.05
Apurímac	0
Huancavelica	0
Ica	0
Lambayeque	0
Moquegua	0
Piura	0
Tacna	0
Tumbes	0
Perú	67787.22

(c) Modelo AHP–MaxEnt**Figura 14.** Área de idoneidad 'Altamente adecuada' del territorio para el cultivo de cacao en Perú, según regiones y enfoques de modelamiento.

IV. DISCUSIÓN

El análisis de la idoneidad de la tierra para identificar áreas adecuadas para un cultivo, basado en diferentes enfoques de modelado, está bien documentado (Baniya, 2008; Mugiyo et al., 2021; Vasu et al., 2018; Zhang et al., 2021); y pese a los potenciales alcances conseguidos para zonificación de cultivos con enfoques de EMC como el AHP (Iliquín et al., 2020; Kamkar et al., 2014; Salas et al., 2020), así como con el enfoque de SDM como MaxEnt (Feng et al., 2021; Rodríguez-Merino et al., 2020), de manera individual, la integración ambos de modelos recientemente se ha convertido en una herramienta importante para potenciar varios factores de importancia (Cabrera & Lee, 2020; Chen et al., 2017), sin desmerecer los valores de ajustes de idoneidad individuales. Se registra entonces, por primera vez en esta investigación, áreas de idoneidad con alto potencial para el cultivo de cacao en el Perú según tres modelos con enfoque (i) AHP, (ii) Maxent y su ensamble (iii) AHP–MaxEnt.

Si bien es cierto, y pese a que cada modelo tiene diferentes criterios de evaluación (Dedeoğlu & Dengiz, 2019), los tres enfoques presentaron en sus resultados, similitudes respecto al criterio de mayor importancia. El diferente uso de criterios responde a la necesidad de información de entrada en cada enfoque. A saber, los enfoques de agro zonificación EMC como AHP, requieren conocer rangos específicos de idoneidad del cultivo, por cada criterio. La guía de clasificación de los umbrales de idoneidad del territorio comúnmente utilizado es el "Marco para la evaluación de la tierra" (FAO, 1976) y los rangos para un amplia lista de cultivos se encuentran en Djaenudin et al. (2011), Ritung et al. (2007) y Sys et al. (1993). Mientras que, los enfoques de modelado de aprendizaje automático (~SDM) como MaxEnt, no requieren estos rangos y es posible utilizar mayor número de criterios comúnmente no conocidos, como los bioclimáticos de WorldClim (Fick & Hijmans, 2017).

Sin embargo, al usar el enfoque MaxEnt, sólo o en combinación, es recomendable no colocar variables socioeconómicas, como se hizo en este estudio. Esto porque este modelado de distribución de especies parte de puntos de presencia de la especie en áreas naturalmente aptas, sin interacción antrópica. En plataformas comunes (GBIF, iNaturalist, TROPICOS, *speciesLink* y otros) de obtención de datos de presencia para modelado de especies, no se diferencian colectas silvestres de cultivados para el caso de cultivos

(Ceccarelli et al., 2021). Las variables socioeconómicas, aunque las características del modelo MaxEnt no las soportan, son importantes y podrían ser utilizadas como máscara de restricción a los resultados de los enfoques MaxEnt y AHP–MaxEnt.

Se valora, que las áreas más idóneas para cacao en Perú, está explicada principalmente por el criterio climatológico y la elevación en los tres enfoques. En comparación a estudios previos de idoneidad del territorio para el cultivo de cacao, mediante EMC (Alabi et al., 2012; Ayorinde et al., 2015; Buggenhout, 2018; Fasina et al., 2015; L. J. García et al., 2004; Merchán-Benavides et al., 2019) o SDM (Bunn et al., 2019; Ceccarelli et al., 2021; de Sousa et al., 2019; Leguía et al., 2010; Ortega et al., 2017), en este estudio se incluyó mayor número de subcriterios (42 subcriterios). Por un lado, esto se debe a los tres enfoques utilizados, y, por otro lado, en este tipo de estudios, el número de subcriterios depende del enfoque del estudio y la disponibilidad de datos espaciales (Iliquín et al., 2020; Salas et al., 2020). Por ejemplo, en futuros estudios se pueden incluir subcriterios económicos (beneficio costo, productividad, tasa de retorno del cultivo u otros (Duc, 2006)) y sociales (nivel de habilidades familiares, disponibilidad de mano de obra, acceso a la información, tasa de pobreza u otros (Herzberg et al., 2019)) que no fueron considerados aquí por la falta de datos espaciales. Además, se pueden incorporar mapas de riesgo para el cultivo, como enfermedades (Ortega et al., 2017; Salas et al., 2020) o presencia de cadmio (Cd) en el suelo (Rofner, 2021), este último de vital importancia para el cacao por su perjudicial repercusión (García et al., 2021).

El enfoque AHP determinó que la Bio12–Precipitación anual, elevación y CIC son los tres primeros subcriterios que predicen el modelo con un 26.7% de contribución. Este enfoque permitió la toma de decisiones flexible por grupos de subcriterios, que se puede utilizar fácilmente tanto las variables intangibles como las tangibles de manera sistemática (Rahman et al., 2021). Para la idoneidad del cultivo en cacao en Perú, por ejemplo, este enfoque, ofrece una solución estructurada y comparativamente simple a los problemas de toma de decisiones multicriterio. Aunque los pesos de importancia calculados por expertos en el enfoque AHP pueden estar influenciados por la subjetividad de los encuestados (Sarkar et al., 2016), los resultados demuestran una distribución más homogénea de los pesos, y no concentran la importancia en tres o cuatro criterios como si lo hacen los dos enfoques restantes que incluyen el aprendizaje automático de MaxEnt (Steven Phillips et al., 2006).

Considerando que, MaxEnt capta bien los efectos de idoneidad por factores variables ambientales (Sharon Phillips et al., 2006), permitió conseguir la relación cuantitativa con áreas potenciales (Steven Phillips et al., 2004), representando el 5.3% del territorio como altamente adecuado para el cultivo de cacao según 18 variables. En este modelo se encontró que las variables Bio19–Precipitación del trimestre más frío, elevación y Bio12–Precipitación anual, representan en conjunto una contribución de hasta el 71%.

Los subcriterios de temperatura mínima media anual, número de meses secos y elevación están correspondidos en un 65.3% de contribución en el tercer enfoque de modelado, respecto al proceso iterativo para la construcción del modelo con 15 variables. Así, el modelo con enfoque AHP–MaxEnt pudo resolver la incertidumbre del sesgo de la ponderación por opiniones de expertos al usar el modelo sólo con enfoque AHP (Rodríguez-Merino et al., 2020), y potenció a la vez, la información climática que brinda el modelo con enfoque MaxEnt, consiguiendo identificar hasta un 23% de área altamente adecuadas para cultivar cacao en el Perú.

Los resultados del enfoque AHP–MaxEnt muestran fracciones mayores para áreas de idoneidad 'Altamente adecuada', respecto a los enfoques AHP y MaxEnt solos, debido a que el ensamble permitió ajustar el valor de áreas moderadamente adecuadas, respecto a los subcriterios usados en el modelo AHP. Al asumir el criterio de expertos, el agricultor puede mejorar prácticas agrícolas para potenciar los rendimientos en áreas altamente adecuadas con técnicas que mejoren la CIC y conseguir valores mayores a 24 cmol/kg (Djaenudin et al., 2011; Ritung et al., 2007; Sys et al., 1993), buscando altitudes óptimas para el cultivo 400–800 (Arvelo et al., 2017; L. J. García et al., 2004), y con prácticas de drenaje, zanjas de infiltración o instalación de riego tecnificado según sea el caso, que permitan llegar a cubrir la necesidad óptima del agua para el cultivo, que puntúa entre 1600–2500 mm anual (Djaenudin et al., 2011; Ritung et al., 2007).

San Martín y Amazonas fueron las que estuvieron dentro de las cinco regiones de mayor área 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao en los tres enfoques de modelado. Estas regiones estuvieron acompañadas de Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Cusco, Junín y Puno, alternándose de puesto según enfoque de modelado. Estas regiones son también donde se ha registrado la mayor producción pero que no tienen los más altos rendimientos, incluso Cusco (366 kg/ha) y Amazonas (642 kg/ha) están por debajo del promedio nacional de 720 kg/ha (Sánchez et al., 2019). Además, pese a que son áreas de

menor cantidad estimada de Cd en suelo (Rofner, 2021), son también regiones que afrontan pérdidas de bosques, de las cuales aproximadamente el 70% de las áreas, consisten en parches menores a 5 ha (pequeña agricultura) (MINAM, 2021).

Las regiones presentan significativa menor área de idoneidad 'Altamente adecuada' según el enfoque AHP. Esto se debe a que los criterios socioeconómicos, sólo utilizados en este enfoque, restringen las áreas que naturalmente (clima, edafología y orografía) pueden ser buenas (identificadas en los otros enfoques), pero que actualmente no hay condiciones de accesibilidad o infraestructura. Por tanto, pese a que la falta de información espacial puede ser una limitante en la evaluación de idoneidad de territorio para cultivos, futuras investigaciones de modelado son necesarias, agregando nuevas variables, que influyen en el desempeño socioeconómico, como tamaño de la finca, la especialización en cacao y la participación en asociaciones (Pokorny et al., 2021; Reyes et al., 2020). Esto permitirá aprovechar además el potencial del enfoque AHP para asignar pesos/puntuaciones y agregar criterios y alternativas, a importantes variables sociales, políticas, económicas y técnicas, así como una variedad de objetivos, criterios y alternativas (Rahman et al., 2021), rescatando el potencial de los modelos ensamble (Reyes et al., 2020).

De más a menos restrictivo, los enfoques de modelado AHP, MaxEnt y AHP–MaxEnt, indican que el 1.5% (19437.63 km^2), 5.3% (67787.22 km^2) y 23.0% (296545.69 km^2) del territorio peruano es 'Altamente adecuado' para el cultivo de cacao, respectivamente. La marcada diferencia entre estas áreas puede deberse a los diferentes criterios y pesos de contribución al modelado. Estudios futuros pueden identificar si las altas diferencias se mantienen al utilizar los mismos criterios para los tres enfoques de modelado. Los enfoques MaxEnt y AHP–MaxEnt presentan mayor área de distribución 'Altamente adecuada' en las regiones amazónicas del Perú. A saber, los centros de origen del cacao se sitúan en la Amazonía de América del Sur (Díaz-Valderrama et al., 2020) y para estos enfoques, se usaron puntos de presencia de colecta de cacao de dicha zona. Las áreas 'Altamente adecuada' fueron discriminadas por el Modelo AHP puesto que, en la Amazonia, actualmente no hay condiciones de accesibilidad o infraestructura (variables socioeconómicas del enfoque AHP).

Desde un enfoque productivo económico, se recomienda utilizar el modelo más restrictivo para asegurar el éxito del cultivo. Desde un enfoque conservacionista, con

fines de colecta de germoplasma y/o conservación genética, se sugiere utilizar el modelo menos restrictivo para lograr estudiar un área más grande y aplicar un principio de precaución (Meza et al., 2020). También se recomienda utilizar el área (4013.21 km²) que fue identificada como 'Altamente adecuada' en los tres modelos, para asegurar el éxito del cultivo.

La brecha entre la estadística de 1300 km² de superficie cultivada de cacao en Perú (Sánchez et al., 2019) y el área 'Altamente adecuada' potencial determinada es este estudio es considerable. Se necesita un mapa nacional de áreas cultivadas con cacao que permita determinar las regiones con la brecha espacial. El 44.0% (8560.41 km²), 14.9% (10070.01 km²) y 7.0% (20759.83 km²) de la zona 'Altamente adecuada' de los enfoques de modelado AHP, MaxEnt y AHP–MaxEnt, concuerda con el mapa nacional de superficie agrícola (116497.16 km²) (MIDAGRI, 2020), respectivamente. Esto indica que las áreas agrícolas, actualmente no cacaoteras, también pueden ser reconvertidas en cacao.

El enfoque metodológico utilizado en esta investigación integra AHP y MaxEnt para el análisis de la idoneidad del territorio para el cultivo de cacao, y puede ser aplicada para otras zonas cacaoteras del mundo, con los ajustes necesarios a su realidad local. Asimismo, esta metodología se puede aplicar para otros cultivos que cuenten importancia nutricional, económica y ambiental en Perú. Los análisis de idoneidad del territorio identifican áreas en las que un cultivo se desarrolla adecuadamente, contribuyéndose así a no sobre explotar el recurso suelo y por consiguiente a practicar una agricultura sustentable (Iliquín et al., 2020; Salas et al., 2020). Este tipo de trabajos son una contribución a la gestión del territorio al generar un instrumento de planificación agrícola (Baniya, 2008; Mugiyoo et al., 2021; Vasu et al., 2018; Zhang et al., 2021).

V. CONCLUSIONES

Se jerarquizaron 42 subcriterios clave para el cultivo sostenible de cacao en Perú, de los cuales, 20, 33 y 15 fueron utilizados para el enfoque de modelado AHP, MaxEnt y AHP–MaxEnt, respectivamente. Estos subcriterios se agruparon en criterios climatológicos, edafológicos, orográficos y socioeconómicos.

Los criterios climatológicos destacaron dentro de las cuatro primeras posiciones de los criterios más importantes en los tres enfoques de modelado. La Elevación (criterio orográfico) también estuvo presente en dicho grupo.

San Martín y Amazonas fueron las que estuvieron dentro de las cinco regiones de mayor área 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao en los tres enfoques de modelado. Estas regiones estuvieron acompañadas de Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Cusco, Junín y Puno, alternándose según enfoque de modelado.

De más a menos restrictivo, los enfoques de modelado AHP, MaxEnt y AHP–MaxEnt, indican que el 1.5%, 5.3% y 23.0% del territorio peruano es 'Altamente adecuada' para el cultivo de cacao, respectivamente.

El estudio brindará apoyo para la toma de decisiones para la producción agrícola sostenible de cacao en Perú, del mismo modo ofrece una oportunidad para mejorar la planificación agrícola al proporcionar la información tan necesaria para los agricultores y los planificadores agrícolas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelrahman, M. A. E., Natarajan, A., & Hegde, R. (2016). Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(1), 125–141. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.02.001>
- Aguarón, J., & Moreno-Jiménez, J. M. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operational Research*, 147, 137–145. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00255-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00255-2)
- Alabi, T., Sonder, K., Oduwole, O., & Okafor, C. (2012). A Multi-criteria GIS site selection for sustainable cocoa development in West Africa: A case study of Nigeria. *International Journal of Applied Geospatial Research*, 3(1), 73–87. <https://doi.org/10.4018/jagr.2012010107>
- Aldababseh, A., Temimi, M., Maghelal, P., Branch, O., & Wulfmeyer, V. (2018). Multi-criteria evaluation of irrigated agriculture suitability to achieve food security in an arid environment. *Sustainability*, 10(3), 1–33. <https://doi.org/10.3390/su10030803>
- Araujo, M., Pearson, R., Thuiller, W., & Erhard, M. (2005). Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11(9), 1504–1513. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001000.x>
- Arvelo, S. M. A., González L., D., Maroto A., S., Delgado L., T., & Montoya L., P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina. In *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*. IICA.
- Ayehu, G. T., & Besufekad, S. A. (2015). Land Suitability Analysis for Rice Production: A GIS Based Multi-Criteria Decision Approach. *American Journal of Geographic Information System*, 4(3), 95–104. <https://doi.org/10.5923/j.ajgis.20150403.02>
- Ayorinde, K., Lawal, R. M., & Muibi, K. (2015). Land Suitability Assessment for Cocoa Cultivation in Ife Central Local Government Area, Osun State. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 3(4), 139–144. <https://doi.org/10.4018/jagr.2012010107>
- Bagnouls, F., & Gaussen, H. (1953). *Saison sèche et indice xérothermique*. Faculté des Sciences. file://catalog.hathitrust.org/Record/009091780
- Baniya, N. (2008). *Land Suitability Evaluation Using Gis for Vegetable Crops in Kathmandu Valley / Nepal*. Humboldt University zu Berlin.
- Boria, R. A., Olson, L. E., Goodman, S. M., & Anderson, R. P. (2014). Spatial filtering

- to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. *Ecological Modelling*, 275, 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.12.012>
- Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L., De Roo, B., Lesiv, M., Tsendlbazar, N.-E., Herold, M., & Fritz, S. (2020). *Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe (Versión V3.0.1) [Conjunto de datos]*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
- Buggenhout, E. (2018). *Assessment of soil quality for organic cocoa cultivation in Southern Sao Tomé*. Universiteit Gent.
- Bunn, C., Lundy, M., Wiegel, J., & Castro-Llanos, F. (2019). *Impacto del cambio climático en la producción de cacao para Centroamérica y El Caribe. Atlas*. CIAT. <https://cgospace.cgiar.org/handle/10568/101293>
- Cabrera, J. S., & Lee, H. S. (2020). Flood risk assessment for Davao Oriental in the Philippines using geographic information system-based multi-criteria analysis and the maximum entropy model. *Journal of Flood Risk Management*, 13(2). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12607>
- Calle, Y. C. R., Salas L., R., Cruz, S. M. O., Barboza C., E., Silva L., J. O., Iliquín T., D., & Rojas B., N. B. (2020). Land Suitability for Sustainable Aquaculture of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Molinopampa (Peru) Based on RS, GIS, and AHP. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(1), 28. <https://doi.org/10.3390/ijgi9010028>
- Ceccarelli, V., Fremout, T., Zavaleta, D., Lastra, S., Imán Correa, S., Arévalo-Gardini, E., Rodriguez, C. A., Cruz Hilacondo, W., & Thomas, E. (2021). Climate change impact on cultivated and wild cacao in Peru and the search of climate change-tolerant genotypes. *Diversity and Distributions*, 27(8), 1462–1476. <https://doi.org/10.1111/ddi.13294>
- Chen, W., Pourghasemi, H. R., Kornejady, A., & Zhang, N. (2017). Landslide spatial modeling: Introducing new ensembles of ANN, MaxEnt, and SVM machine learning techniques. *Geoderma*, 305, 314–327. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.06.020>
- Cotrina, D. A., Barboza C., E., Rojas B., N. B., Oliva, M., Torres G., C., Amasifuen G., C. A., & Bandopadhyay, S. (2020). Distribution Models of Timber Species for Forest Conservation and Restoration in the Andean-Amazonian Landscape, North of Peru. *Sustainability*, 12(19), 7945. <https://doi.org/10.3390/su12197945>
- de Sousa, K., van Zonneveld, M., Holmgren, M., Kindt, R., & Ordoñez, J. C. (2019). The

- future of coffee and cocoa agroforestry in a warmer Mesoamerica. *Scientific Reports*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45491-7>
- Dedeoğlu, M., & Dengiz, O. (2019). Generating of land suitability index for wheat with hybrid system approach using AHP and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 105062. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105062>
- Díaz-Valderrama, J. R., Leiva-Espinoza, S. T., & Catherine Aime, M. (2020). The history of cacao and its diseases in the Americas. *Phytopathology*, 110(10), 1604–1619. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-20-0178-RVW>
- Djaenudin, D., H., M., H., S., & Hidayat, A. (2011). Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian. In *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian*. Edisi kedua tahun.
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., García M, J. R., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P. J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P. E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A. K., Zurell, D., & Lautenbach, S. (2013). Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 027–046. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Duc, T. T. (2006). Using GIS and AHP technique for land-use suitability analysis. *International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences*, 1–6.
- Falconer, L., Telfer, T. C., & Ross, L. G. (2016). Investigation of a novel approach for aquaculture site selection. *Journal of Environmental Management*, 181, 791–804. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.018>
- FAO. (1976). A framework for land evaluation. In *FAO Soils bulletin* (Vol. 32). FAO.
- FAO. (1997). Zonificación agro-ecológica: Guía general. In *FAO Soils bulletin* (Vol. 73). FAO.
- Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., & Alsdorf, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45(RG2004), 1–33. <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>
- Fasina, A. S., Raji, A., Oluwatosin, G. A., Omoju, O. J., & Oluwadare, D. A. (2015). Properties, Genesis, Classification, Capability and Sustainable Management of Soils from South-Western Nigeria. *International Journal of Soil Science*, 10(3), 142–152.

- https://doi.org/10.3923/ijss.2015.142.152
- Feng, L., Wang, H., Ma, X., Peng, H., & Shan, J. (2021). Modeling the current land suitability and future dynamics of global soybean cultivation under climate change scenarios. *Field Crops Research*, 263(January 2020), 108069. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108069>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- García, L., Angulo Castro, F., Hernández-Amasifuen, A. D., Corazon-Guivin, M. A., Alburquerque Vásquez, J., Guerrero-Abad, J. C., Arellanos, E., Veneros, J., Rojas B., N. B., Chavez Quintana, S., & Oliva, M. (2021). Global studies of cadmium in relation to *Theobroma cacao*: A bibliometric analysis from Scopus (1996 -2020). *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 611–622. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.065>
- García, L. J., Romero C., M., & Ortiz, L. A. (2004). *Caracterización y Zonificación de áreas potenciales para el cultivo de cacao en Colombia*. CORPOICA.
- González, G. H. A., & Hernández, S. J. R. (2016). Agroecological zoning of Coffea arabica in the Atoyac de Álvarez municipality, Guerrero state, México. *Investigaciones Geográficas*, 2016(90), 105–118. <https://doi.org/10.14350/rig.49329>
- GRA., & IIAP. (2010). *Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del departamento de Amazonas*.
- Hengl, T., De Jesus, J. M., Heuvelink, G. B. M., Gonzalez, M. R., Kilibarda, M., Blagotić, A., Shangguan, W., Wright, M. N., Geng, X., Bauer-Marschallinger, B., Guevara, M. A., Vargas, R., MacMillan, R. A., Batjes, N. H., Leenaars, J. G. B., Ribeiro, E., Wheeler, I., Mantel, S., & Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS ONE*, 12(2), 1–40. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>
- Herzberg, R., Pham, T. G., Kappas, M., Wyss, D., & Tran, C. T. M. (2019). Multi-criteria decision analysis for the land evaluation of potential agricultural land use types in a hilly area of Central Vietnam. *Land*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/land8060090>
- Hossain, M. S., & Das, N. G. (2010). *GIS-based multi-criteria evaluation to land suitability modelling for giant prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming in Companigonj Upazila of Noakhali, Bangladesh*. 70, 172–186.

- https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.10.003
- Iliquín, D., Salas L., R., Rojas B., N. B., Silva L., J. O., Gómez F., D., Oliva, M., Quiñones H., L., Terrones M., R. E., Barboza C., E., & Barrena G., M. Á. (2020). Land Suitability Analysis for Potato Crop in the Jucusbamba and Tincas Microwatersheds (Amazonas, NW Peru): AHP and RS–GIS Approach. *Agronomy*, 10(12), 1898. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121898>
- INEI. (2018). *Perú: Perfil sociodemográfico. Informa nacional. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. INEI.
- Kamkar, B., Dorri, M. A., & Da Silva, J. A. T. (2014). Assessment of land suitability and the possibility and performance of a canola (*Brassica napus* L.) - Soybean (*Glycine max* L.) rotation in four basins of Golestan province, Iran. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 17(1), 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2013.12.001>
- Lara, E. L., Rasche, L., & Schneider, U. A. (2017). Modeling land suitability for *Coffea arabica* L. in Central America. *Environmental Modelling and Software*, 95, 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.028>
- Leguía, E., Soudre, M., & Rughnitz, M. (2010). *Predicción y evaluación del impacto del cambio climático sobre los sistemas agroforestales en la amazonia peruana y andina ecuatoriana*. IIAP, ICRAF.
- Leroy, B., Meynard, C. N., Bellard, C., & Courchamp, F. (2016). virtualspecies, an R package to generate virtual species distributions. *Ecography*, 39(6), 599–607. <https://doi.org/10.1111/ecog.01388>
- Madrigal-Martínez, S., & Puga-Calderón, R. J. (2018). Aptitud de la tierra y análisis de sensibilidad en la planificación del cultivo del manzano en el valle Mala, Perú. *Bioagro*, 30(2), 11–12.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703–726. <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>
- Merchán-Benavides, S., Delgado-Vera, C., Aguirre-Munizaga, M., Vergara-Lozano, V., Lagos-Ortiz, K., & Martínez-Carriel, T. (2019). Agro-Ecological Zoning of Cacao Cultivation Through Spatial Analysis Methods: A Case Study Taura, Naranjal. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 901, 88–98. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10728-4_10
- Meza, G., Barboza C., E., Torres G., C., Cotrina S., D. A., Guzman V., B. K., Oliva, M.,

- Bandopadhyay, S., Salas L., R., & Rojas B., N. B. (2020). Predictive Modelling of Current and Future Potential Distribution of the Spectacled Bear (*Tremarctos ornatus*) in Amazonas, Northeast Peru. *Animals*, 10(1816), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ani10101816>
- MIDAGRI. (2020). R.M. N° 0322-2020-MIDAGRI. Oficializan el Mapa Nacional de Superficie Agrícola del Perú. *El Peruano*.
- Mighty, M. A. (2015). Site suitability and the analytic hierarchy process: How GIS analysis can improve the competitive advantage of the Jamaican coffee industry. *Applied Geography*, 58, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.010>
- MINAGRI. (2016). *Estudio del Cacao en el Perú y el Mundo: Un Análisis de la producción y el Comercio*. MINAGRI.
- MINAM. (2019a). *Definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perú*. Dirección General de Diversidad Biológica. <http://www.ambiente.gob.ec/el-ministerio/>
- MINAM. (2019b). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria Descriptiva*. Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental. www.minam.gob.pe
- MINAM. (2021). *GEOBOSQUES: Bosque y Pérdida de Bosque*. <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>
- MINEDU. (2020). *Descarga de Información espacial del MED*. <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>
- MTC. (2018). *Descarga de datos espaciales*. <https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html>
- Mu, E., & Pereyra-Rojas, M. (2017). Understanding the Analytic Hierarchy Process. In *Practical Decision Making* (Issue 2, pp. 7–22). SpringerBriefs in Operations Research. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33861-3_2
- Mugiyono, H., Chimonyo, V. G. P., Sibanda, M., Kunz, R., Masemola, C. R., Modi, A. T., & Mabhaudhi, T. (2021). Evaluation of land suitability methods with reference to neglected and underutilised crop species: A scoping review. *Land*, 10(2), 1–24. <https://doi.org/10.3390/land10020125>
- New, M., Lister, D., Hulme, M., & Makin, I. (2002). A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research*, 21(1), 1–25. <https://doi.org/10.3354/cr021001>
- Noviello, M., Cafarelli, B., Calcelli, C., Sarris, A., & Mairotta, P. (2018). Investigating the distribution of archaeological sites: Multiparametric vs probability models and potentials for remote sensing data. *Applied Geography*, 95(April), 34–44.

- https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.04.005
- Oliva-Cruz, M., Goñas, M., García, L. M., Rabanal-Oyarse, R., Alvarado-Chuqui, C., Escobedo-Ocampo, P., & Maicelo-Quintana, J. L. (2021). Phenotypic Characterization of Fine-Aroma Cocoa from Northeastern Peru. *International Journal of Agronomy*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/2909909>
- Ortega, A. S., Páez, G. T., Feria, T. P., & Muñoz, J. (2017). Climate change and the risk of spread of the fungus from the high mortality of Theobroma cocoa in Latin America. *Neotropical Biodiversity*, 3(1), 30–40. <https://doi.org/10.1080/23766808.2016.1266072>
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161–175. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05203.x>
- Phillips, Sharon, Aneja, V. P., Kang, D., & Arya, S. P. (2006). Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, Steven, Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, Steven, Dudík, M., & Schapire, R. (2004). A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, 655–662.
- Pokorny, B., Robiglio, V., Reyes, M., Vargas, R., & Patiño Carrera, C. F. (2021). The potential of agroforestry concessions to stabilize Amazonian forest frontiers: a case study on the economic and environmental robustness of informally settled small-scale cocoa farmers in Peru. *Land Use Policy*, 102, 105242. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105242>
- Quiñones, L., Barrena, M., Gosgot, W., Salas, R., & Milla, M. (2019). Estimación de la radiación solar diaria para la ciudad de Bagua, región Amazonas, Perú. *Selecciones Matemáticas*, 6(2), 320–328. <https://doi.org/10.17268/sel.mat.2019.02.18>
- Rahman, H. U., Raza, M., Afsar, P., Alharbi, A., Ahmad, S., & Alyami, H. (2021). Multi-criteria decision making model for application maintenance offshoring using analytic hierarchy process. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/app11188550>

- Reyes, T. D., Salera, S. B., Llegunas, W. U., & Cabelin, J. P. (2020). Comparative analysis of two methods for site suitability assessment of cacao (*Theobroma cacao* Lin.) in Bohol, Central Visayas, Philippines. *Ecosystems and Development Journal*, 10(October), 56–67.
- Ritung, S., Wahyunto, Agus, F., & Hidayat, H. (2007). *Land Suitability Evaluation with a case map of Aceh Barat District*. Indonesian Soil Research Institute and World Agroforestry Centre.
- Rodríguez-Merino, A., García-Murillo, P., & Fernández-Zamudio, R. (2020). Combining multicriteria decision analysis and GIS to assess vulnerability within a protected area: An objective methodology for managing complex and fragile systems. *Ecological Indicators*, 108(July 2019), 105738. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105738>
- Rofner, N. F. (2021). Cadmium in soil and cacao beans of Peruvian and South American origin. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 74(2), 9499–9515. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.91107>
- Rojas, B. N. B., Barboza C., E., Maicelo Q., J. L., Oliva C., S. M., & Salas L., R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de La Asociacion de Geografos Espanoles*, 81(81), 1–34. <https://doi.org/10.21138/bage.2538a>
- Rojas, Cotrina S., D. A., Barboza C., E., Barrena G., M. Á., Sarmiento, F. O., Sotomayor, D. A., Oliva, M., & Salas L., R. (2020). Current and Future Distribution of Five Timber Forest Species in Amazonas, Northeast Peru: Contributions towards a Restoration Strategy. *Diversity*, 12(8), 305. <https://doi.org/10.3390/d12080305>
- Rono, F., & Mundia, C. C. (2016). GIS based suitability analysis for coffee farming in Kenya. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 6(3), 1722–1733.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Saaty, T. L. (2001). Fundamentals of the Analytic Hierarchy Process. In D. L. Schmoldt, J. Kangas, G. A. Mendoza, & M. Pesonen (Eds.), *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making* (pp. 15–36). Springer-

- Science+Business Media, B.Y. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-9799-9>
- Salas, R., Gómez F., D., Silva L., J. O., Rojas B., N. B., Oliva, M., Terrones Murga, R. E., Iliquín T., D., Barboza C., E., & Barrena G., M. Á. (2020). Land Suitability for Coffee (*Coffea arabica*) Growing in Amazonas, Peru: Integrated Use of AHP, GIS and RS. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(11), 673. <https://doi.org/10.3390/ijgi9110673>
- Sánchez, V., Zambrano, J., & Iglesias, C. (2019). *La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe.* INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5382>
- Sarkar, S., Parihar, S. M., & Dutta, A. (2016). Fuzzy risk assessment modelling of East Kolkata Wetland Area: A remote sensing and GIS based approach. *Environmental Modelling and Software*, 75, 105–118. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.10.003>
- SERNANP. (2021). *Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. Servicios y Recursos.* <http://geo.sernanp.gob.pe>
- Sys, C., Ranst, E. Van, Debaveye, J., & Beernaert, F. (1993). Land Evaluation. Part III: Crop Requirements. In *Agricultural Publications* (Vol. 7). GADC.
- Torres, L. E. A., Hernández, H. R., Muñoz Robles, C. A., & Leija Loredo, E. G. (2019). Distribución y conservación de *Quercus oleoides* Schltdl. & Cham. en la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(52). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i52.453>
- Vasu, D., Srivastava, R., Patil, N. G., Tiwary, P., Chandran, P., & Kumar Singh, S. (2018). A comparative assessment of land suitability evaluation methods for agricultural land use planning at village level. *Land Use Policy*, 79, 146–163. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.007>
- Yalew, S. G., van Griensven, A., & van der Zaag, P. (2016). AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 128, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.08.008>
- Zhang, S., Liu, X., Li, R., Wang, X., Cheng, J., Yang, Q., & Kong, H. (2021). AHP-GIS and MaxEnt for delineation of potential distribution of Arabica coffee plantation under future climate in Yunnan, China. *Ecological Indicators*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108339>

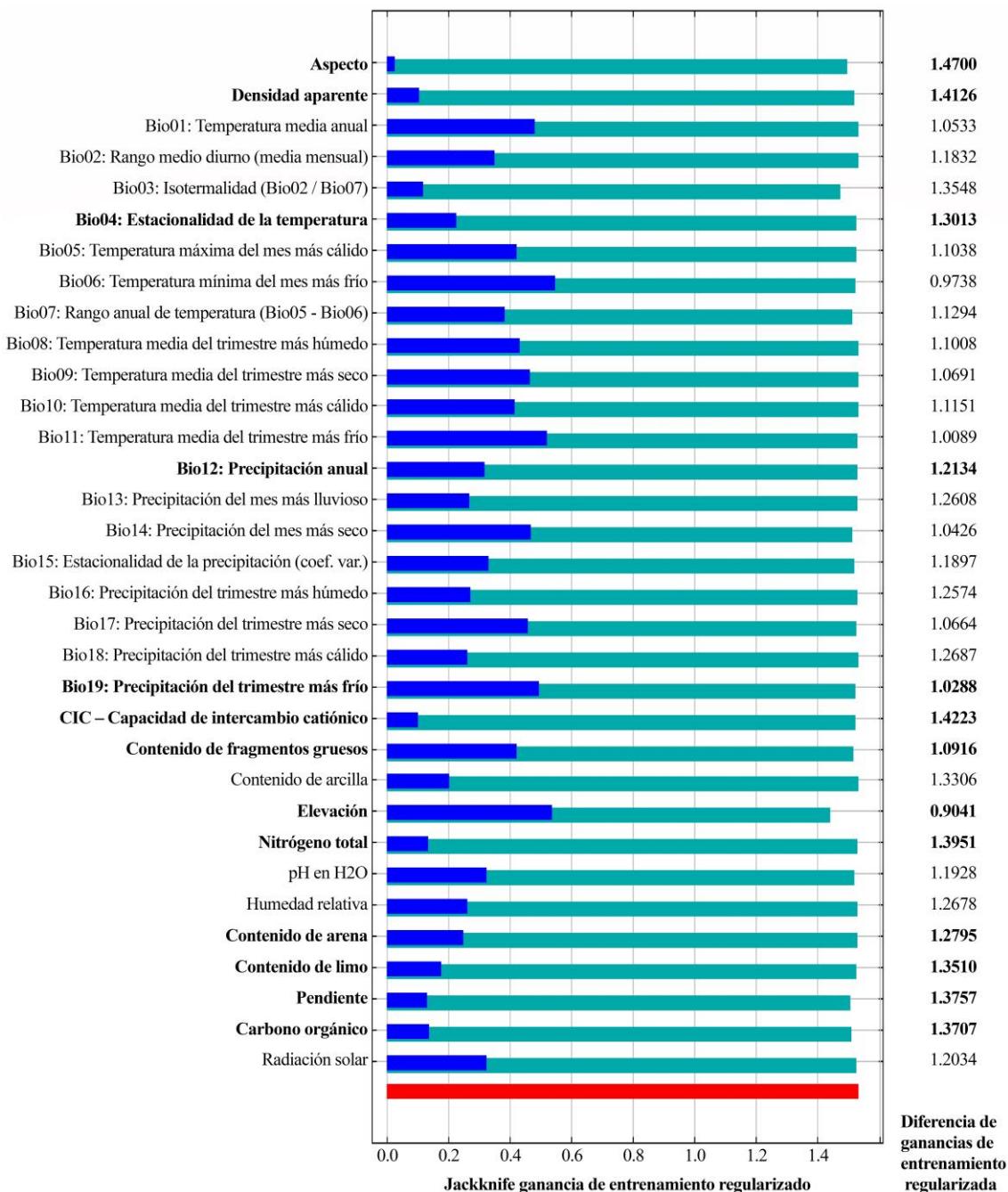
ANEXOS

Anexo 1. Técnicas de interpolación y estadísticas de desempeño para cada mes del año.

Mes	Técnica de interpolación	R2	MBE	MABE	RMSE	t-Student
Enero	Spline de tensión	0.9892	0.0197	0.3163	0.6213	0.3102
	Spline regularizado	0.9847	0.0147	0.3472	0.7065	0.5044
	Kriging ordinario lineal	0.9882	0.0329	0.3251	0.6241	0.0904
	Kriging ordinario exponencial	0.9882	0.0329	0.3251	0.6241	0.0905
	Kriging ordinario circular	0.9882	0.0329	0.3251	0.6241	0.0904
	Kriging ordinario esférico	0.9882	0.0329	0.3251	0.6241	0.0904
	Vecino natural	0.9874	0.0379	0.3398	0.6453	0.0594
	Distancia inversa ponderada	0.9837	0.0419	0.4031	0.7374	0.0681
	Kriging ordinario gaussiano	0.9768	0.0489	0.4957	0.8763	0.073
Febrero	Spline de tensión	0.9940	0.0074	0.2351	0.4461	0.5958
	Kriging ordinario exponencial	0.9936	0.0173	0.2456	0.4625	0.231
	Kriging ordinario circular	0.9935	0.0173	0.2456	0.4625	0.2306
	Kriging ordinario esférico	0.9935	0.0173	0.2456	0.4625	0.2307
	Vecino natural	0.9931	0.0226	0.2545	0.4802	0.1315
	Spline regularizado	0.9927	0.0042	0.2573	0.4908	0.7840
	Distancia inversa ponderada	0.9907	0.0263	0.3035	0.5586	0.1305
	Kriging ordinario gaussiano	0.9866	0.0337	0.3729	0.6673	0.1048
	Kriging ordinario lineal	0.5904	0.0173	0.2456	0.4625	0.2306
Marzo	Kriging ordinario lineal	0.9925	0.0174	0.3769	0.5547	0.3132
	Kriging ordinario exponencial	0.9925	0.0174	0.3769	0.5547	0.3137
	Kriging ordinario circular	0.9925	0.0174	0.3769	0.5547	0.3133
	Kriging ordinario esférico	0.9925	0.0174	0.3769	0.5547	0.3133
	Vecino natural	0.9923	0.0238	0.3709	0.5625	0.1749
	Spline de tensión	0.9921	0.0079	0.3887	0.5665	0.6527
	Distancia inversa ponderada	0.9908	0.026	0.4144	0.6149	0.1743
	Spline regularizado	0.9897	0.0045	0.4365	0.6462	0.8219
	Kriging ordinario gaussiano	0.685	0.0333	0.4715	0.7045	0.1291
Abril	Spline de tensión	0.9974	0.0104	0.2359	0.4744	0.4806
	Kriging ordinario lineal	0.9971	0.0219	0.2469	0.4985	0.1589
	Kriging ordinario exponencial	0.9971	0.0219	0.2469	0.4985	0.1594
	Kriging ordinario circular	0.9971	0.0219	0.2469	0.4985	0.1589
	Kriging ordinario esférico	0.9971	0.0219	0.2469	0.4985	0.1589
	Vecino natural	0.9969	0.0306	0.2543	0.5184	0.0583
	Spline regularizado	0.9968	0.0064	0.2605	0.5252	0.6959
	Distancia inversa ponderada	0.9956	0.0333	0.312	0.6186	0.0842
	Kriging ordinario gaussiano	0.9936	0.0438	0.3868	0.7489	0.0606
Mayo	Spline de tensión	0.9967	0.021	0.3305	0.6651	0.3118
	Spline regularizado	0.9961	0.0138	0.3636	0.7245	0.5410
	Vecino natural	0.9961	0.0481	0.3645	0.7293	0.0343
	Distancia inversa ponderada	0.9944	0.0524	0.4491	0.876	0.0547
	Kriging ordinario lineal	0.9944	0.0365	0.3508	0.7022	0.0949
	Kriging ordinario gaussiano	0.9921	0.0682	0.5423	1.0428	0.0357
	Kriging ordinario exponencial	0.9964	0.0365	0.3508	0.7023	0.0952
	Kriging ordinario circular	0.9964	0.0365	0.3508	0.7022	0.0949
	Kriging ordinario esférico	0.9964	0.0365	0.3508	0.7022	0.0949
Junio	Spline de tensión	0.9961	0.0292	0.4093	0.8532	0.2725
	Spline regularizado	0.9955	0.0218	0.4399	0.915	0.4450
	Vecino natural	0.9953	0.0576	0.461	0.9425	0.0499
	Distancia inversa ponderada	0.9933	0.062	0.5647	1.1237	0.0765
	Kriging ordinario lineal	0.7703	0.0442	0.4405	0.907	0.1180
	Kriging ordinario gaussiano	0.9904	0.0793	0.6846	1.3429	0.0579
	Kriging ordinario exponencial	0.9956	0.0441	0.4406	0.9071	0.1184
	Kriging ordinario circular	0.9956	0.0442	0.4405	0.907	0.1184
	Kriging ordinario esférico	0.9956	0.0442	0.4405	0.907	0.1181

Julio	Spline de tensión	0.9954	0.0369	0.4512	0.9433	0.2096
	Spline regularizado	0.9949	0.0296	0.4830	1.0004	0.3418
	Vecino natural	0.9945	0.0673	0.5118	1.0454	0.0387
	Distancia inversa ponderada	0.9922	0.0715	0.6258	1.2442	0.0651
	Kriging ordinario lineal	0.9948	0.0526	0.4864	1.0063	0.0935
	Kriging ordinario gaussiano	0.9888	0.0895	0.7592	1.4895	0.0536
	Kriging ordinario exponencial	0.9948	0.0525	0.4865	1.0064	0.0938
	Kriging ordinario circular	0.9948	0.0526	0.4864	1.0063	0.0936
	Kriging ordinario esférico	0.9948	0.0526	0.4864	1.0063	0.0936
	Spline de tensión	0.9951	0.0432	0.4362	0.8852	0.1169
Agosto	Spline regularizado	0.9943	0.0358	0.4754	0.9497	0.2269
	Vecino natural	0.9941	0.0754	0.4916	0.9786	0.0134
	Distancia inversa ponderada	0.9914	0.0791	0.6061	1.0176	0.0309
	Kriging ordinario lineal	0.9945	0.0615	0.469	0.9415	0.0361
	Kriging ordinario gaussiano	0.9877	0.0962	0.7371	1.41	0.0285
	Kriging ordinario exponencial	0.9945	0.0614	0.469	0.9416	0.0362
	Kriging ordinario circular	0.9945	0.0615	0.469	0.9415	0.0361
	Kriging ordinario esférico	0.9945	0.0615	0.469	0.9415	0.0361
	Spline de tensión	0.9946	0.0261	0.5204	0.8157	0.3053
	Spline regularizado	0.9932	0.0159	0.5795	0.9146	0.5776
Setiembre	Vecino natural	0.7835	0.0556	0.5302	0.8648	0.039
	Distancia inversa ponderada	0.9917	0.061	0.6188	1.0227	0.0556
	Kriging ordinario lineal	0.9944	0.0446	0.5228	0.8393	0.0885
	Kriging ordinario gaussiano	0.9883	0.0772	0.7213	1.2146	0.0414
	Kriging ordinario exponencial	0.9944	0.0445	0.5229	0.8393	0.0887
	Kriging ordinario circular	0.9944	0.0446	0.5228	0.8393	0.0885
	Kriging ordinario esférico	0.9944	0.0445	0.5228	0.8393	0.0885
	Spline de tensión	0.9964	0.0279	0.3395	0.6823	0.1892
	Spline regularizado	0.9957	0.0222	0.3705	0.7453	0.3387
	Vecino natural	0.9957	0.0562	0.3728	0.7516	0.0164
Octubre	Distancia inversa ponderada	0.9936	0.0587	0.4633	0.91	0.0383
	Kriging ordinario lineal	0.9959	0.0437	0.3605	0.7249	0.0529
	Kriging ordinario gaussiano	0.9907	0.0731	0.5705	1.1	0.0329
	Kriging ordinario exponencial	0.9959	0.0437	0.3606	0.7249	0.053
	Kriging ordinario circular	0.9959	0.0437	0.3605	0.7249	0.0529
	Kriging ordinario esférico	0.9959	0.0437	0.3605	0.7249	0.0529
	Spline de tensión	0.9956	0.0307	0.3612	0.7134	0.1678
	Spline regularizado	0.9945	0.0244	0.3969	0.7913	0.3228
	Vecino natural	0.9949	0.0583	0.3964	0.7722	0.0154
	Distancia inversa ponderada	0.9927	0.0622	0.4888	0.9198	0.03
Noviembre	Kriging ordinario lineal	0.9952	0.0476	0.3812	0.7441	0.0399
	Kriging ordinario gaussiano	0.9894	0.0751	0.6027	1.1103	0.0298
	Kriging ordinario exponencial	0.9952	0.0476	0.3813	0.7441	0.04
	Kriging ordinario circular	0.9952	0.0476	0.3812	0.7441	0.0399
	Kriging ordinario esférico	0.9952	0.0476	0.3812	0.7441	0.0399
	Spline de tensión	0.9940	0.0257	0.3257	0.6365	0.1956
	Spline regularizado	0.9924	0.0192	0.3586	0.7123	0.3869
	Vecino natural	0.9932	0.0494	0.3563	0.68	0.0197
	Distancia inversa ponderada	0.9906	0.054	0.4342	0.8002	0.0303
	Kriging ordinario lineal	0.9936	0.0412	0.3419	0.6563	0.0439
Diciembre	Kriging ordinario gaussiano	0.9864	0.0648	0.5362	0.9639	0.0309
	Kriging ordinario exponencial	0.9936	0.0412	0.3419	0.6563	0.044
	Kriging ordinario circular	0.9936	0.0412	0.3419	0.6563	0.0439
	Kriging ordinario esférico	0.9936	0.0412	0.3419	0.6563	0.0439

Anexo 2. Resultados de la prueba Jackknife de importancia variable del modelo preliminar considerando los 33 criterios, para el Modelo MaxEnt.



Anexo 3. Área de idoneidad de sub criterios para el cultivo de cacao en Perú, según regiones.

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Bio01: Temperatura media anual										
Amazonas	9479.71	24.1	11508.34	29.3	4028.56	10.2	14012.50	35.6	277.35	0.7
Ancash	0.00	0.0	0.00	0.0	4240.51	11.8	30707.59	85.4	1014.14	2.8
Apurímac	0.00	0.0	14.56	0.1	249.02	1.2	20771.58	98.4	78.99	0.4
Arequipa	0.00	0.0	0.00	0.0	2255.89	3.6	60113.34	95.0	886.66	1.4
Ayacucho	0.00	0.0	753.94	1.7	1001.77	2.3	41605.09	95.6	143.02	0.3
Cajamarca	0.83	0.0	2464.58	7.5	4371.95	13.2	26068.23	78.9	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	58.95	41.7	82.46	58.3
Cusco	2605.11	3.6	13986.43	19.4	6644.57	9.2	47829.56	66.4	1010.48	1.4
Huancavelica	0.00	0.0	3.06	0.0	79.95	0.4	21871.49	99.1	110.54	0.5
Huánuco	8222.20	22.1	6228.40	16.7	3095.68	8.3	19401.06	52.2	253.19	0.7
Ica	0.00	0.0	0.00	0.0	787.83	3.7	20140.03	95.5	152.90	0.7
Junín	1449.48	3.3	8615.95	19.6	5394.98	12.3	28078.86	63.8	458.02	1.0
La Libertad	0.00	0.0	770.88	3.0	7091.63	28.0	17303.85	68.4	129.60	0.5
Lambayeque	0.00	0.0	10045.67	70.0	2564.96	17.9	1432.76	10.0	298.91	2.1
Lima	0.00	0.0	0.00	0.0	5.84	0.0	33759.84	96.5	1224.32	3.5
Loreto	358495.65	95.6	8004.31	2.1	1562.15	0.4	144.69	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	14150.32	16.6	67571.31	79.5	1583.83	1.9	1208.66	1.4	531.75	0.6
Moquegua	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	15627.54	98.9	179.77	1.1
Pasco	4783.37	19.8	6250.80	25.9	2991.81	12.4	9915.29	41.1	172.67	0.7
Piura	0.16	0.0	24565.97	68.1	3359.17	9.3	6624.59	18.4	1515.18	4.2
Puno	1100.09	1.6	6105.86	9.0	2759.14	4.1	56834.58	83.6	1163.14	1.7
San Martín	14777.27	29.0	18409.70	36.1	5912.39	11.6	11599.62	22.8	262.27	0.5
Tacna	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	15801.57	98.2	281.50	1.8
Tumbes	1292.75	27.6	3057.93	65.2	214.72	4.6	17.40	0.4	107.46	2.3
Ucayali	79339.12	75.3	22978.90	21.8	1742.81	1.7	207.18	0.2	1073.76	1.0
Perú	495696.05	38.5	211336.61	16.4	61939.16	4.8	501135.87	38.9	18456.34	1.4
Temperatura máxima media anual										
Amazonas	8380.05	21.3	17407.57	44.3	5333.47	13.6	7908.03	20.1	277.35	0.7
Ancash	0.00	0.0	4425.03	12.3	8896.95	24.7	21626.13	60.1	1014.14	2.8
Apurímac	47.60	0.2	1013.36	4.8	1397.49	6.6	18576.72	88.0	78.99	0.4
Arequipa	0.00	0.0	9300.58	14.7	16879.52	26.7	36189.13	57.2	886.66	1.4
Ayacucho	591.61	1.4	1844.45	4.2	4222.29	9.7	36702.45	84.4	143.02	0.3
Cajamarca	1948.91	5.9	7199.93	21.8	9079.97	27.5	14676.78	44.4	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	0.00	0.0	55.77	39.4	3.18	2.2	82.46	58.3
Cusco	8999.05	12.5	18007.83	25.0	5458.87	7.6	38599.90	53.6	1010.48	1.4
Huancavelica	0.29	0.0	303.41	1.4	1226.04	5.6	20424.76	92.6	110.54	0.5
Huánuco	4323.14	11.6	12089.68	32.5	5558.05	14.9	14976.48	40.3	253.18	0.7
Ica	0.00	0.0	2209.33	10.5	15217.02	72.2	3501.51	16.6	152.90	0.7
Junín	7288.30	16.6	10010.99	22.8	3937.27	8.9	22302.71	50.7	458.02	1.0
La Libertad	493.23	1.9	8636.00	34.1	4964.92	19.6	11072.22	43.8	129.60	0.5
Lambayeque	6637.28	46.3	6183.91	43.1	476.05	3.3	746.15	5.2	298.91	2.1
Lima	0.00	0.0	0.00	0.0	10439.98	29.8	23325.69	66.7	1224.32	3.5
Loreto	6098.73	1.6	319340.52	85.1	42767.56	11.4	0.00	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	33098.57	38.9	50637.22	59.5	515.06	0.6	263.26	0.3	531.75	0.6
Moquegua	0.00	0.0	604.62	3.8	5416.11	34.3	9606.82	60.8	179.77	1.1
Pasco	4957.85	20.6	9851.17	40.9	1495.13	6.2	7637.12	31.7	172.67	0.7
Piura	18685.52	51.8	10257.01	28.4	2608.25	7.2	2999.10	8.3	1515.18	4.2
Puno	4535.32	6.7	6482.87	9.5	2981.87	4.4	52799.62	77.7	1163.14	1.7
San Martín	12174.99	23.9	20788.25	40.8	11951.98	23.5	5783.77	11.3	262.27	0.5
Tacna	0.00	0.0	0.00	0.0	7403.24	46.0	8398.33	52.2	281.50	1.8
Tumbes	2854.20	60.9	1723.47	36.7	5.12	0.1	0.00	0.0	107.46	2.3
Ucayali	3349.29	3.2	92140.16	87.5	8778.53	8.3	0.00	0.0	1073.79	1.0
Perú	124463.94	9.7	610457.37	47.4	177066.49	13.7	358119.86	27.8	18456.37	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Temperatura mínima media anual										
Amazonas	12116.61	30.8	12276.58	31.2	5128.30	13.0	9507.62	24.2	277.35	0.7
Ancash	0.00	0.0	4645.78	12.9	5256.19	14.6	25046.13	69.6	1014.14	2.8
Apurímac	0.00	0.0	30.41	0.1	468.33	2.2	20536.43	97.3	78.99	0.4
Arequipa	0.00	0.0	2898.08	4.6	9400.93	14.9	50070.23	79.2	886.66	1.4
Ayacucho	131.37	0.3	1134.24	2.6	1669.61	3.8	40425.58	92.9	143.02	0.3
Cajamarca	605.77	1.8	4289.46	13.0	7514.67	22.7	20495.68	62.0	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	44.94	31.8	14.01	9.9	0.00	0.0	82.46	58.3
Cusco	10890.43	15.1	8898.02	12.3	7101.31	9.9	44175.91	61.3	1010.48	1.4
Huancavelica	0.00	0.0	27.65	0.1	299.95	1.4	21626.89	98.0	110.54	0.5
Huánuco	9342.32	25.1	6835.30	18.4	3216.70	8.6	17553.03	47.2	253.19	0.7
Ica	0.00	0.0	2301.40	10.9	13327.12	63.2	5299.33	25.1	152.90	0.7
Junín	5146.63	11.7	8226.12	18.7	5044.29	11.5	25122.23	57.1	458.02	1.0
La Libertad	0.00	0.0	6162.88	24.4	4721.54	18.7	14281.95	56.5	129.60	0.5
Lambayeque	0.00	0.0	12377.33	86.3	672.61	4.7	993.46	6.9	298.91	2.1
Lima	0.00	0.0	1780.34	5.1	8327.51	23.8	23657.82	67.6	1224.32	3.5
Loreto	74476.26	19.9	293436.99	78.2	293.55	0.1	0.00	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	79584.95	93.6	3190.78	3.8	1061.02	1.2	677.38	0.8	531.75	0.6
Moquegua	0.00	0.0	269.70	1.7	2557.81	16.2	12800.04	81.0	179.77	1.1
Pasco	7173.43	29.7	5830.10	24.2	2122.47	8.8	8815.28	36.6	172.67	0.7
Piura	4371.44	12.1	22647.40	62.8	2751.54	7.6	4779.51	13.3	1515.18	4.2
Puno	5456.35	8.0	3650.81	5.4	3111.67	4.6	54580.84	80.3	1163.15	1.7
San Martín	18010.20	35.3	19588.41	38.4	5670.54	11.1	7429.84	14.6	262.27	0.5
Tacna	0.00	0.0	779.51	4.8	5117.92	31.8	9904.14	61.6	281.50	1.8
Tumbes	3809.49	81.2	731.95	15.6	41.36	0.9	0.00	0.0	107.46	2.3
Ucayali	92285.95	87.6	11097.02	10.5	885.02	0.8	0.00	0.0	1073.78	1.0
Perú	323401.20	25.1	433151.18	33.6	95775.96	7.4	417779.31	32.4	18456.37	1.4
Bio12: Precipitación anual										
Amazonas	20223.50	51.5	2511.13	6.4	4373.90	11.1	11920.58	30.3	277.35	0.7
Ancash	0.00	0.0	0.00	0.0	76.93	0.2	34871.17	97.0	1014.14	2.8
Apurímac	0.00	0.0	55.34	0.3	423.63	2.0	20556.20	97.4	78.99	0.4
Arequipa	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	62369.23	98.6	886.66	1.4
Ayacucho	479.49	1.1	571.13	1.3	838.70	1.9	41471.48	95.3	143.02	0.3
Cajamarca	4.46	0.0	728.98	2.2	3633.44	11.0	28538.71	86.4	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	58.95	41.7	82.46	58.3
Cusco	20068.92	27.8	5827.17	8.1	3638.54	5.0	41531.03	57.6	1010.48	1.4
Huancavelica	0.00	0.0	71.00	0.3	111.26	0.5	21772.24	98.7	110.54	0.5
Huánuco	7023.99	18.9	7738.35	20.8	2094.10	5.6	20090.90	54.0	253.19	0.7
Ica	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	20927.86	99.3	152.90	0.7
Junín	12521.99	28.5	5700.27	13.0	3114.48	7.1	22202.53	50.5	458.02	1.0
La Libertad	0.00	0.0	370.72	1.5	1370.71	5.4	23424.94	92.6	129.60	0.5
Lambayeque	0.00	0.0	0.00	0.0	25.99	0.2	14017.40	97.7	298.91	2.1
Lima	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	33765.68	96.5	1224.32	3.5
Loreto	161620.33	43.1	206239.33	55.0	347.14	0.1	0.00	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	50385.34	59.2	22311.77	26.2	8437.23	9.9	3379.77	4.0	531.75	0.6
Moquegua	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	15627.54	98.9	179.77	1.1
Pasco	13802.12	57.2	951.60	3.9	1482.26	6.1	7705.29	32.0	172.67	0.7
Piura	0.00	0.0	51.24	0.1	300.60	0.8	34198.04	94.8	1515.18	4.2
Puno	4736.03	7.0	6303.75	9.3	2500.67	3.7	53259.21	78.4	1163.15	1.7
San Martín	17395.56	34.1	10939.84	21.5	10249.51	20.1	12114.08	23.8	262.27	0.5
Tacna	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	15801.57	98.2	281.50	1.8
Tumbes	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	4582.80	97.7	107.46	2.3
Ucayali	93899.20	89.1	5466.96	5.2	3413.07	3.2	1488.75	1.4	1073.78	1.0
Perú	402160.95	31.2	275838.57	21.4	46432.18	3.6	545675.95	42.3	18456.37	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
	Número de meses secos									
Amazonas	37838.23	96.3	568.06	1.4	220.85	0.6	401.97	1.0	277.35	0.7
Ancash	10779.40	30.0	3792.75	10.5	1888.24	5.3	18487.72	51.4	1014.14	2.8
Apurímac	15589.59	73.8	1908.18	9.0	2979.13	14.1	558.26	2.6	78.99	0.4
Arequipa	18967.97	30.0	667.54	1.1	1540.35	2.4	41193.38	65.1	886.66	1.4
Ayacucho	22362.02	51.4	5722.05	13.2	4292.60	9.9	10984.13	25.2	143.02	0.3
Cajamarca	21821.03	66.0	2616.62	7.9	1274.33	3.9	7193.61	21.8	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	58.95	41.7	82.46	58.3
Cusco	55711.52	77.3	4809.86	6.7	7558.72	10.5	2985.56	4.1	1010.48	1.4
Huancavelica	13814.95	62.6	1787.15	8.1	1995.49	9.0	4356.91	19.7	110.54	0.5
Huánuco	33048.60	88.8	864.70	2.3	1348.11	3.6	1685.94	4.5	253.19	0.7
Ica	19.22	0.1	17.59	0.1	99.19	0.5	20791.87	98.6	152.90	0.7
Junín	40815.26	92.8	818.03	1.9	1883.80	4.3	22.18	0.1	458.02	1.0
La Libertad	7836.56	31.0	1015.63	4.0	996.02	3.9	15318.16	60.6	129.60	0.5
Lambayeque	684.81	4.8	21.40	0.1	44.49	0.3	13292.69	92.7	298.91	2.1
Lima	8886.26	25.4	987.04	2.8	1709.08	4.9	22183.30	63.4	1224.32	3.5
Loreto	368206.80	98.2	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	84306.05	99.1	207.86	0.2	0.20	0.0	0.00	0.0	531.75	0.6
Moquegua	3998.60	25.3	604.62	3.8	855.73	5.4	10168.59	64.3	179.77	1.1
Pasco	23276.37	96.5	264.00	1.1	257.92	1.1	143.00	0.6	172.67	0.7
Piura	2394.25	6.6	1166.61	3.2	1111.66	3.1	29877.37	82.8	1515.18	4.2
Puno	43931.28	64.6	11575.38	17.0	8705.03	12.8	2587.98	3.8	1163.15	1.7
San Martín	50698.25	99.5	0.75	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	262.27	0.5
Tacna	1283.10	8.0	308.47	1.9	211.68	1.3	13998.32	87.0	281.50	1.8
Tumbes	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	4582.80	97.7	107.46	2.3
Ucayali	104267.98	99.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	1073.78	1.0
Perú	970538.09	75.3	39724.27	3.1	38972.61	3.0	220872.67	17.1	18456.37	1.4
Humedad relativa										
Amazonas	24463.19	62.2	13721.42	34.9	844.50	2.1	0.00	0.0	277.35	0.7
Ancash	28780.76	80.0	6060.00	16.9	114.52	0.3	0.00	0.0	1006.97	2.8
Apurímac	0.00	0.0	0.00	0.0	21035.16	99.6	0.00	0.0	78.99	0.4
Arequipa	1899.74	3.0	11475.09	18.1	45042.26	71.2	3969.68	6.3	869.12	1.4
Ayacucho	58.52	0.1	20370.76	46.8	22931.52	52.7	0.00	0.0	143.02	0.3
Cajamarca	18339.95	55.5	14565.64	44.1	0.00	0.0	0.00	0.0	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	53.05	37.5	6.22	4.4	0.00	0.0	82.14	58.1
Cusco	6564.43	9.1	30607.91	42.5	33893.31	47.0	0.00	0.0	1010.48	1.4
Huancavelica	3149.50	14.3	18169.52	82.3	635.48	2.9	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	31542.32	84.8	5405.02	14.5	0.00	0.0	0.00	0.0	253.19	0.7
Ica	14705.37	69.8	6235.73	29.6	0.00	0.0	0.00	0.0	139.66	0.7
Junín	15365.00	34.9	28149.04	64.0	25.22	0.1	0.00	0.0	458.02	1.0
La Libertad	22203.71	87.8	2889.88	11.4	77.78	0.3	0.00	0.0	124.59	0.5
Lambayeque	9840.19	68.6	4205.20	29.3	0.00	0.0	0.00	0.0	296.92	2.1
Lima	11045.63	31.6	22025.28	62.9	704.99	2.0	0.00	0.0	1214.09	3.5
Loreto	35321.63	9.4	280129.23	74.7	52755.94	14.1	0.00	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	33987.16	40.0	50526.96	59.4	0.00	0.0	0.00	0.0	531.75	0.6
Moquegua	0.00	0.0	2541.39	16.1	10743.41	68.0	2344.65	14.8	177.87	1.1
Pasco	15737.72	65.3	8203.55	34.0	0.00	0.0	0.00	0.0	172.67	0.7
Piura	9189.67	25.5	25372.05	70.4	0.00	0.0	0.00	0.0	1503.35	4.2
Puno	4091.15	6.0	23993.30	35.3	38715.22	57.0	0.00	0.0	1163.15	1.7
San Martín	50698.99	99.5	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	262.27	0.5
Tacna	2226.86	13.8	4348.21	27.0	9222.86	57.3	5.07	0.0	280.06	1.7
Tumbes	4304.86	91.8	283.30	6.0	0.00	0.0	0.00	0.0	102.10	2.2
Ucayali	79217.26	75.2	25050.72	23.8	0.00	0.0	0.00	0.0	1073.78	1.0
Perú	422733.62	32.8	604382.27	46.9	236748.40	18.4	6319.39	0.5	18380.33	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
	Textura									
Amazonas	7440.55	18.9	25609.39	65.2	5804.26	14.8	174.92	0.4	277.35	0.7
Ancash	26587.64	73.9	2025.57	5.6	5338.77	14.8	1003.28	2.8	1006.99	2.8
Apurímac	17248.08	81.7	1401.44	6.6	2385.64	11.3	0.00	0.0	78.99	0.4
Arequipa	45638.98	72.1	4018.25	6.4	3449.27	5.5	9280.24	14.7	869.16	1.4
Ayacucho	34581.12	79.5	3711.72	8.5	4978.56	11.4	89.41	0.2	143.01	0.3
Cajamarca	11344.29	34.3	15914.07	48.2	5587.62	16.9	59.61	0.2	139.07	0.4
Callao	23.70	16.8	11.33	8.0	24.24	17.1	0.00	0.0	82.14	58.1
Cusco	37089.36	51.5	25668.60	35.6	8208.34	11.4	99.36	0.1	1010.49	1.4
Huancavelica	18187.87	82.4	927.63	4.2	2838.99	12.9	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	16064.05	43.2	16775.68	45.1	4045.07	10.9	62.55	0.2	253.19	0.7
Ica	10686.74	50.7	1025.81	4.9	3708.25	17.6	5520.28	26.2	139.68	0.7
Junín	21283.56	48.4	16887.48	38.4	5345.24	12.1	22.97	0.1	458.03	1.0
La Libertad	14875.17	58.8	3957.84	15.6	6311.41	25.0	26.95	0.1	124.61	0.5
Lambayeque	4864.41	33.9	2105.57	14.7	7074.46	49.3	0.94	0.0	296.92	2.1
Lima	24848.69	71.0	1810.84	5.2	6950.37	19.9	165.97	0.5	1214.12	3.5
Loreto	51018.63	13.6	235307.64	62.7	81719.26	21.8	161.63	0.0	6908.84	1.8
Madre De Dios	9243.65	10.9	41354.30	48.6	33892.40	39.9	23.94	0.0	531.58	0.6
Moquegua	12000.13	75.9	939.26	5.9	545.84	3.5	2144.20	13.6	177.87	1.1
Pasco	7977.81	33.1	13766.38	57.1	2192.52	9.1	4.56	0.0	172.68	0.7
Piura	12557.01	34.8	7228.79	20.0	14684.09	40.7	91.82	0.3	1503.36	4.2
Puno	45228.95	66.5	14371.60	21.1	7175.67	10.6	23.54	0.0	1163.06	1.7
San Martín	10405.93	20.4	33284.27	65.3	6756.21	13.3	252.58	0.5	262.27	0.5
Tacna	11449.23	71.2	802.76	5.0	730.99	4.5	2820.02	17.5	280.07	1.7
Tumbes	793.29	16.9	848.54	18.1	2944.64	62.8	1.71	0.0	102.08	2.2
Ucayali	12194.67	11.6	64680.28	61.4	27392.18	26.0	0.93	0.0	1073.71	1.0
Perú	463633.52	36.0	534435.04	41.5	250084.29	19.4	22031.38	1.7	18379.79	1.4
CIC										
Amazonas	16384.25	41.7	7241.59	18.4	11543.69	29.4	3859.59	9.8	277.35	0.7
Ancash	10060.28	28.0	11527.91	32.1	4878.38	13.6	8488.72	23.6	1006.97	2.8
Apurímac	7106.59	33.7	5957.02	28.2	6481.56	30.7	1489.99	7.1	78.99	0.4
Arequipa	11025.86	17.4	6768.22	10.7	11373.56	18.0	33219.13	52.5	869.12	1.4
Ayacucho	14221.14	32.7	14594.43	33.5	10950.44	25.2	3594.78	8.3	143.02	0.3
Cajamarca	12076.66	36.5	14506.65	43.9	5228.26	15.8	1094.02	3.3	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	3.66	2.6	36.24	25.6	19.37	13.7	82.14	58.1
Cusco	19368.12	26.9	18636.63	25.9	21413.87	29.7	11647.04	16.2	1010.48	1.4
Huancavelica	9186.67	41.6	9585.23	43.4	3091.37	14.0	91.23	0.4	110.54	0.5
Huánuco	12545.41	33.7	13163.56	35.4	7846.00	21.1	3392.38	9.1	253.19	0.7
Ica	517.17	2.5	2120.13	10.1	3525.81	16.7	14777.99	70.1	139.66	0.7
Junín	15594.50	35.4	11229.76	25.5	10700.95	24.3	6014.05	13.7	458.02	1.0
La Libertad	5554.18	22.0	6787.78	26.8	4373.35	17.3	8456.07	33.4	124.59	0.5
Lambayeque	922.84	6.4	2092.57	14.6	3940.04	27.5	7089.94	49.4	296.92	2.1
Lima	6744.92	19.3	10556.12	30.2	9547.92	27.3	6926.94	19.8	1214.10	3.5
Loreto	2773.35	0.7	15982.33	4.3	192518.91	51.3	156932.30	41.8	6909.10	1.8
Madre De Dios	1169.52	1.4	4213.13	5.0	28011.47	32.9	51120.05	60.1	531.69	0.6
Moquegua	1696.15	10.7	2123.92	13.4	3988.24	25.2	7821.13	49.5	177.87	1.1
Pasco	4361.83	18.1	6909.04	28.7	10050.92	41.7	2619.49	10.9	172.67	0.7
Piura	2931.86	8.1	8249.19	22.9	11114.68	30.8	12266.00	34.0	1503.35	4.2
Puno	21082.84	31.0	26184.89	38.5	15442.61	22.7	4089.38	6.0	1163.10	1.7
San Martín	13701.52	26.9	17008.67	33.4	12359.29	24.3	7629.51	15.0	262.27	0.5
Tacna	295.14	1.8	1672.03	10.4	3612.96	22.5	10222.88	63.6	280.06	1.7
Tumbes	143.04	3.0	1153.99	24.6	2531.04	54.0	760.10	16.2	102.10	2.2
Ucayali	1095.02	1.0	3154.32	3.0	23453.11	22.3	76565.58	72.7	1073.73	1.0
Perú	190558.84	14.8	221422.78	17.2	418014.65	32.4	440187.65	34.2	18380.10	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Contenido de fragmentos gruesos										
Amazonas	36536.06	93.0	2493.05	6.3	0.00	0.0	0.00	0.0	277.35	0.7
Ancash	760.81	2.1	34185.09	95.1	9.38	0.0	0.00	0.0	1006.97	2.8
Apurímac	854.85	4.0	20175.51	95.6	4.80	0.0	0.00	0.0	78.99	0.4
Arequipa	806.93	1.3	61469.63	97.2	110.20	0.2	0.00	0.0	869.12	1.4
Ayacucho	3307.89	7.6	40052.24	92.1	0.67	0.0	0.00	0.0	143.02	0.3
Cajamarca	20142.63	61.0	12762.95	38.6	0.00	0.0	0.00	0.0	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	59.27	41.9	0.00	0.0	0.00	0.0	82.14	58.1
Cusco	33661.66	46.7	37357.93	51.8	46.07	0.1	0.00	0.0	1010.48	1.4
Huancavelica	830.41	3.8	21124.03	95.7	0.06	0.0	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	19603.97	52.7	17340.17	46.6	3.20	0.0	0.00	0.0	253.19	0.7
Ica	663.08	3.1	20278.02	96.2	0.00	0.0	0.00	0.0	139.66	0.7
Junín	22814.34	51.9	20721.34	47.1	3.59	0.0	0.00	0.0	458.02	1.0
La Libertad	3040.08	12.0	22131.29	87.5	0.00	0.0	0.00	0.0	124.59	0.5
Lambayeque	6013.58	41.9	8028.54	56.0	3.28	0.0	0.00	0.0	296.91	2.1
Lima	703.78	2.0	33047.74	94.4	24.38	0.1	0.00	0.0	1214.09	3.5
Loreto	366030.28	97.6	2176.52	0.6	0.00	0.0	0.00	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	83840.65	98.6	673.47	0.8	0.00	0.0	0.00	0.0	531.75	0.6
Moquegua	78.63	0.5	15390.82	97.4	160.00	1.0	0.00	0.0	177.87	1.1
Pasco	17712.37	73.5	6227.92	25.8	0.98	0.0	0.00	0.0	172.67	0.7
Piura	15034.06	41.7	19482.78	54.0	44.88	0.1	0.00	0.0	1503.36	4.2
Puno	25741.13	37.9	40931.71	60.2	126.83	0.2	0.00	0.0	1163.14	1.7
San Martín	47899.65	94.0	2799.34	5.5	0.00	0.0	0.00	0.0	262.27	0.5
Tacna	250.25	1.6	15354.68	95.5	198.08	1.2	0.00	0.0	280.06	1.7
Tumbes	2307.10	49.2	2281.06	48.6	0.00	0.0	0.00	0.0	102.10	2.2
Ucayali	104120.26	98.8	147.72	0.1	0.00	0.0	0.00	0.0	1073.78	1.0
Perú	812754.45	63.1	456692.84	35.4	736.40	0.1	0.00	0.0	18380.33	1.4
pH en H₂O										
Amazonas	1954.48	5.0	20090.66	51.1	16983.79	43.2	0.19	0.0	277.35	0.7
Ancash	20523.86	57.1	6774.72	18.8	7656.57	21.3	0.12	0.0	1006.97	2.8
Apurímac	17356.88	82.2	3678.16	17.4	0.12	0.0	0.00	0.0	78.99	0.4
Arequipa	27614.88	43.7	7527.88	11.9	22361.96	35.4	4882.04	7.7	869.12	1.4
Ayacucho	32475.54	74.6	9297.00	21.4	1588.26	3.7	0.00	0.0	143.02	0.3
Cajamarca	13024.08	39.4	19279.47	58.3	602.03	1.8	0.00	0.0	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	12.47	8.8	46.81	33.1	0.00	0.0	82.14	58.1
Cusco	31815.88	44.1	31186.39	43.3	8063.39	11.2	0.00	0.0	1010.48	1.4
Huancavelica	18106.14	82.1	3795.17	17.2	53.19	0.2	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	7916.04	21.3	21587.02	58.0	7444.28	20.0	0.00	0.0	253.19	0.7
Ica	1165.84	5.5	2533.78	12.0	17225.29	81.7	16.19	0.1	139.66	0.7
Junín	13869.41	31.5	25842.43	58.7	3819.96	8.7	7.47	0.0	458.02	1.0
La Libertad	7769.82	30.7	9895.51	39.1	7506.04	29.7	0.00	0.0	124.59	0.5
Lambayeque	1823.79	12.7	4960.97	34.6	7259.76	50.6	0.88	0.0	296.91	2.1
Lima	16814.59	48.1	7181.94	20.5	9779.24	27.9	0.12	0.0	1214.09	3.5
Loreto	0.56	0.0	8092.30	2.2	329884.63	87.9	30229.31	8.1	6909.18	1.8
Madre De Dios	41.76	0.0	35521.70	41.8	48948.81	57.6	1.92	0.0	531.68	0.6
Moquegua	7309.70	46.2	1922.85	12.2	5478.51	34.7	918.38	5.8	177.87	1.1
Pasco	1677.95	7.0	15843.83	65.7	6419.49	26.6	0.00	0.0	172.67	0.7
Piura	8793.33	24.4	12219.55	33.9	13489.03	37.4	59.79	0.2	1503.36	4.2
Puno	47245.54	69.5	16060.91	23.6	3493.24	5.1	0.00	0.0	1163.12	1.7
San Martín	247.73	0.5	38088.13	74.7	12363.07	24.3	0.06	0.0	262.27	0.5
Tacna	4735.50	29.4	2627.17	16.3	8229.09	51.2	211.24	1.3	280.06	1.7
Tumbes	2520.28	53.7	1975.30	42.1	92.58	2.0	0.00	0.0	102.10	2.2
Ucayali	6.23	0.0	27430.59	26.0	76795.34	72.9	35.86	0.0	1073.75	1.0
Perú	284809.84	22.1	333425.91	25.9	615584.49	47.8	36363.58	2.8	18380.20	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Carbono orgánico										
Amazonas	39029.11	99.3	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	277.35	0.7
Ancash	30555.67	85.0	4312.98	12.0	86.63	0.2	0.00	0.0	1006.97	2.8
Apurímac	21035.16	99.6	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	78.99	0.4
Arequipa	33288.06	52.6	23942.10	37.8	5156.60	8.2	0.00	0.0	869.12	1.4
Ayacucho	40727.75	93.6	2633.05	6.1	0.00	0.0	0.00	0.0	143.02	0.3
Cajamarca	32604.10	98.7	300.99	0.9	0.50	0.0	0.00	0.0	139.07	0.4
Callao	59.21	41.9	0.00	0.0	0.06	0.0	0.00	0.0	82.14	58.1
Cusco	71065.47	98.6	0.18	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	1010.48	1.4
Huancavelica	21763.13	98.6	191.36	0.9	0.00	0.0	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	36947.34	99.3	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	253.19	0.7
Ica	9718.02	46.1	10728.25	50.9	494.83	2.3	0.00	0.0	139.66	0.7
Junín	43537.85	99.0	0.00	0.0	1.42	0.0	0.00	0.0	458.02	1.0
La Libertad	20366.89	80.5	4484.72	17.7	319.77	1.3	0.00	0.0	124.59	0.5
Lambayeque	8703.60	60.7	3764.96	26.3	1576.83	11.0	0.00	0.0	296.92	2.1
Lima	30430.16	87.0	3314.79	9.5	30.95	0.1	0.00	0.0	1214.09	3.5
Loreto	368206.80	98.2	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	84306.20	99.1	207.98	0.2	0.00	0.0	0.00	0.0	531.69	0.6
Moquegua	8063.92	51.0	6485.30	41.0	1080.21	6.8	0.00	0.0	177.87	1.1
Pasco	23940.45	99.3	0.00	0.0	0.82	0.0	0.00	0.0	172.67	0.7
Piura	22476.26	62.3	7575.09	21.0	4510.36	12.5	0.00	0.0	1503.35	4.2
Puno	66478.60	97.8	320.86	0.5	0.21	0.0	0.00	0.0	1163.15	1.7
San Martín	50698.99	99.5	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	262.27	0.5
Tacna	6053.40	37.6	9620.73	59.8	128.89	0.8	0.00	0.0	280.06	1.7
Tumbes	3880.04	82.7	620.20	13.2	87.92	1.9	0.00	0.0	102.10	2.2
Ucayali	104238.20	99.0	29.78	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	1073.78	1.0
Perú	1178174.42	91.4	78533.32	6.1	13476.01	1.0	0.00	0.0	18380.27	1.4
Nitrógeno total										
Amazonas	38994.41	99.2	34.71	0.1	0.00	0.0	0.00	0.0	277.35	0.7
Ancash	28097.08	78.1	2486.45	6.9	3951.83	11.0	419.92	1.2	1006.97	2.8
Apurímac	20996.07	99.4	38.81	0.2	0.28	0.0	0.00	0.0	78.99	0.4
Arequipa	25258.13	39.9	9722.67	15.4	21962.12	34.7	5443.84	8.6	869.12	1.4
Ayacucho	33861.17	77.8	5421.97	12.5	4077.12	9.4	0.55	0.0	143.02	0.3
Cajamarca	30990.46	93.8	1181.73	3.6	683.85	2.1	49.55	0.1	139.07	0.4
Callao	59.05	41.8	0.23	0.2	0.00	0.0	0.00	0.0	82.14	58.1
Cusco	68113.75	94.5	2945.96	4.1	5.94	0.0	0.00	0.0	1010.48	1.4
Huancavelica	19981.13	90.6	1637.88	7.4	335.49	1.5	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	36737.12	98.8	210.22	0.6	0.00	0.0	0.00	0.0	253.18	0.7
Ica	11803.15	56.0	3998.53	19.0	4996.47	23.7	142.96	0.7	139.66	0.7
Junín	42373.69	96.3	900.99	2.0	264.59	0.6	0.00	0.0	458.02	1.0
La Libertad	17793.61	70.3	1659.58	6.6	4717.94	18.7	1000.26	4.0	124.59	0.5
Lambayeque	4396.62	30.7	1953.07	13.6	4321.96	30.1	3373.74	23.5	296.92	2.1
Lima	25010.47	71.5	5481.33	15.7	3261.02	9.3	23.07	0.1	1214.09	3.5
Loreto	362493.70	96.6	5704.89	1.5	8.22	0.0	0.00	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	55788.69	65.6	27665.30	32.5	1060.32	1.2	0.00	0.0	531.55	0.6
Moquegua	5732.00	36.3	3574.05	22.6	5337.78	33.8	985.61	6.2	177.87	1.1
Pasco	23851.93	98.9	89.34	0.4	0.00	0.0	0.00	0.0	172.67	0.7
Piura	12391.21	34.4	4839.03	13.4	9187.09	25.5	8144.39	22.6	1503.35	4.2
Puno	60138.57	88.5	5718.66	8.4	942.44	1.4	0.00	0.0	1163.15	1.7
San Martín	50466.12	99.0	232.87	0.5	0.00	0.0	0.00	0.0	262.27	0.5
Tacna	5201.93	32.3	3689.48	22.9	6594.80	41.0	316.80	2.0	280.06	1.7
Tumbes	2023.33	43.1	778.14	16.6	1449.32	30.9	337.38	7.2	102.10	2.2
Ucayali	42737.66	40.6	54919.29	52.1	6611.13	6.3	0.00	0.0	1073.68	1.0
Perú	1025291.05	79.6	144885.17	11.2	79769.70	6.2	20238.07	1.6	18380.03	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Elevación										
Amazonas	7477.70	19.0	13938.37	35.5	4232.23	10.8	13380.81	34.0	277.35	0.7
Ancash	2563.36	7.1	5496.28	15.3	1450.32	4.0	25444.32	70.8	1007.96	2.8
Apurímac	0.00	0.0	16.11	0.1	91.63	0.4	20927.43	99.1	78.99	0.4
Arequipa	3028.60	4.8	8863.78	14.0	6527.57	10.3	43964.12	69.5	871.81	1.4
Ayacucho	382.92	0.9	843.87	1.9	1190.34	2.7	40943.68	94.1	143.02	0.3
Cajamarca	2206.90	6.7	3304.17	10.0	4138.16	12.5	23256.35	70.4	139.07	0.4
Callao	1.41	1.0	57.85	40.9	0.00	0.0	0.00	0.0	82.14	58.1
Cusco	9700.11	13.5	6496.55	9.0	4873.67	6.8	49995.32	69.4	1010.48	1.4
Huancavelica	1.63	0.0	54.93	0.2	185.78	0.8	21712.16	98.4	110.54	0.5
Huánuco	2866.68	7.7	9703.62	26.1	2692.22	7.2	21684.81	58.3	253.19	0.7
Ica	7970.94	37.8	7521.78	35.7	1595.48	7.6	3849.10	18.3	143.46	0.7
Junín	4718.43	10.7	6451.71	14.7	4331.32	9.8	28037.80	63.7	458.02	1.0
La Libertad	1912.12	7.6	7074.34	28.0	1234.93	4.9	14949.64	59.1	124.94	0.5
Lambayeque	1127.89	7.9	11600.93	80.9	273.87	1.9	1042.50	7.3	297.12	2.1
Lima	3120.52	8.9	6777.23	19.4	2244.09	6.4	21632.51	61.8	1215.65	3.5
Loreto	6379.30	1.7	359407.65	95.8	1987.62	0.5	432.23	0.1	6909.19	1.8
Madre De Dios	23042.04	27.1	58786.36	69.1	1297.11	1.5	1388.58	1.6	531.77	0.6
Moquegua	507.19	3.2	1659.39	10.5	1609.15	10.2	11853.52	75.0	178.05	1.1
Pasco	2960.95	12.3	7656.41	31.8	3109.48	12.9	10214.43	42.4	172.67	0.7
Piura	3346.91	9.3	23845.52	66.1	1374.91	3.8	5988.27	16.6	1509.46	4.2
Puno	3089.26	4.5	5835.02	8.6	2270.15	3.3	55605.27	81.8	1163.12	1.7
San Martín	11345.43	22.3	20250.28	39.7	6737.22	13.2	12366.06	24.3	262.27	0.5
Tacna	2203.94	13.7	3602.75	22.4	1043.03	6.5	8953.23	55.7	280.12	1.7
Tumbes	797.51	17.0	3757.55	80.1	30.18	0.6	0.00	0.0	105.03	2.2
Ucayali	11738.60	11.1	89749.42	85.2	1901.13	1.8	878.84	0.8	1073.77	1.0
Perú	112490.36	8.7	662751.90	51.4	56421.60	4.4	438500.97	34.0	18399.19	1.4
Pendiente										
Amazonas	13156.58	33.5	13621.14	34.7	10698.69	27.2	1552.71	4.0	277.35	0.7
Ancash	6968.35	19.4	9834.67	27.3	13911.29	38.7	4239.80	11.8	1008.13	2.8
Apurímac	4589.69	21.7	6469.54	30.6	7717.93	36.6	2258.00	10.7	78.99	0.4
Arequipa	33395.37	52.8	16100.56	25.5	10221.15	16.2	2665.97	4.2	872.84	1.4
Ayacucho	15198.89	34.9	13089.11	30.1	11715.18	26.9	3357.62	7.7	143.02	0.3
Cajamarca	6100.23	18.5	11403.82	34.5	12866.80	38.9	2534.74	7.7	139.07	0.4
Callao	43.23	30.6	15.68	11.1	0.33	0.2	0.00	0.0	82.16	58.1
Cusco	21710.40	30.1	18876.21	26.2	23876.78	33.1	6602.27	9.2	1010.48	1.4
Huancavelica	5225.60	23.7	7544.14	34.2	7042.20	31.9	2142.56	9.7	110.54	0.5
Huánuco	12379.82	33.3	8535.25	22.9	13414.69	36.1	2617.59	7.0	253.19	0.7
Ica	13072.02	62.0	4088.58	19.4	3462.91	16.4	313.92	1.5	143.34	0.7
Junín	13039.52	29.6	14110.63	32.1	12921.19	29.4	3467.93	7.9	458.02	1.0
La Libertad	7761.40	30.7	6432.54	25.4	8410.25	33.2	2566.83	10.1	124.94	0.5
Lambayeque	10582.96	73.8	1656.74	11.6	1585.06	11.1	220.47	1.5	297.09	2.1
Lima	7480.66	21.4	9324.32	26.6	13192.45	37.7	3777.13	10.8	1215.44	3.5
Loreto	358225.09	95.5	6409.46	1.7	3213.60	0.9	358.66	0.1	6909.19	1.8
Madre De Dios	78908.35	92.8	2988.31	3.5	2298.94	2.7	318.51	0.4	531.77	0.6
Moquegua	7325.91	46.3	4714.25	29.8	3048.31	19.3	540.86	3.4	177.98	1.1
Pasco	10492.18	43.5	6625.64	27.5	5762.94	23.9	1060.50	4.4	172.67	0.7
Piura	23780.00	65.9	4659.60	12.9	5375.47	14.9	741.09	2.1	1508.91	4.2
Puno	32589.19	48.0	19806.62	29.1	12124.64	17.8	2279.24	3.4	1163.13	1.7
San Martín	20358.52	39.9	15990.61	31.4	11909.35	23.4	2440.51	4.8	262.27	0.5
Tacna	9001.31	56.0	4077.49	25.4	2484.42	15.4	239.66	1.5	280.18	1.7
Tumbes	3576.63	76.3	816.83	17.4	189.34	4.0	2.59	0.1	104.87	2.2
Ucayali	99132.27	94.1	2978.95	2.8	1944.91	1.8	211.85	0.2	1073.78	1.0
Perú	814094.16	63.2	210170.69	16.3	199388.82	15.5	46510.98	3.6	18399.37	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Aspecto										
Amazonas	14085.66	35.8	10965.30	27.9	9676.08	24.6	4302.08	10.9	277.35	0.7
Ancash	12181.72	33.9	9077.20	25.2	9160.80	25.5	4534.57	12.6	1007.96	2.8
Apurímac	8700.55	41.2	5261.50	24.9	4731.27	22.4	2341.85	11.1	78.99	0.4
Arequipa	16249.18	25.7	15561.38	24.6	19740.72	31.2	10832.80	17.1	871.81	1.4
Ayacucho	15792.74	36.3	11235.62	25.8	10834.32	24.9	5498.12	12.6	143.02	0.3
Cajamarca	12316.99	37.3	8486.14	25.7	8181.85	24.8	3920.60	11.9	139.07	0.4
Callao	14.51	10.3	17.99	12.7	18.76	13.3	8.02	5.7	82.14	58.1
Cusco	28826.07	40.0	17162.33	23.8	16593.80	23.0	8483.45	11.8	1010.48	1.4
Huancavelica	8061.57	36.5	5803.91	26.3	5425.71	24.6	2663.30	12.1	110.54	0.5
Huánuco	14006.15	37.7	9932.81	26.7	8797.23	23.6	4211.15	11.3	253.18	0.7
Ica	6203.60	29.4	5615.59	26.6	6203.41	29.4	2914.71	13.8	143.46	0.7
Junín	16663.48	37.9	11384.91	25.9	10792.94	24.5	4697.94	10.7	458.02	1.0
La Libertad	7912.22	31.3	6524.77	25.8	7251.30	28.7	3482.74	13.8	124.94	0.5
Lambayeque	4225.14	29.5	3597.34	25.1	4132.45	28.8	2090.27	14.6	297.11	2.1
Lima	10545.38	30.1	9007.58	25.7	9690.04	27.7	4531.34	13.0	1215.65	3.5
Loreto	137715.00	36.7	94875.32	25.3	90750.68	24.2	44865.94	12.0	6909.05	1.8
Madre De Dios	33355.68	39.2	20589.62	24.2	20119.68	23.7	10449.29	12.3	531.59	0.6
Moquegua	4636.10	29.3	3933.85	24.9	4662.90	29.5	2396.41	15.2	178.05	1.1
Pasco	9019.52	37.4	6722.56	27.9	5710.28	23.7	2488.91	10.3	172.67	0.7
Piura	11526.72	32.0	9016.03	25.0	9433.69	26.2	4579.16	12.7	1509.47	4.2
Puno	26461.07	38.9	16851.29	24.8	15818.74	23.3	7668.62	11.3	1163.09	1.7
San Martín	19285.33	37.8	13727.75	26.9	12091.18	23.7	5594.73	11.0	262.27	0.5
Tacna	3761.04	23.4	3700.79	23.0	5337.16	33.2	3003.95	18.7	280.12	1.7
Tumbes	2165.85	46.2	982.82	21.0	964.29	20.6	472.27	10.1	105.03	2.2
Ucayali	40437.82	38.4	27126.92	25.8	24617.48	23.4	12085.87	11.5	1073.68	1.0
Perú	464149.07	36.0	327161.32	25.4	320736.76	24.9	158118.11	12.3	18398.77	1.4
Cobertura y uso del suelo										
Amazonas	385.93	1.0	9685.35	24.6	3699.84	9.4	25257.99	64.3	277.35	0.7
Ancash	4316.19	12.0	1319.55	3.7	19199.51	53.4	10119.04	28.1	1007.96	2.8
Apurímac	2816.55	13.3	1435.17	6.8	15150.41	71.8	1633.03	7.7	78.99	0.4
Arequipa	1749.24	2.8	3839.41	6.1	21600.27	34.1	35195.15	55.6	871.81	1.4
Ayacucho	4567.38	10.5	5011.31	11.5	27264.18	62.7	6517.94	15.0	143.02	0.3
Cajamarca	9749.80	29.5	5486.42	16.6	10226.26	30.9	7443.11	22.5	139.07	0.4
Callao	0.68	0.5	8.50	6.0	0.51	0.4	49.59	35.1	82.14	58.1
Cusco	2737.23	3.8	12914.04	17.9	25355.99	35.2	30058.40	41.7	1010.48	1.4
Huancavelica	2334.18	10.6	2429.43	11.0	15478.37	70.1	1712.52	7.8	110.54	0.5
Huánuco	2612.81	7.0	8516.83	22.9	10134.44	27.2	15683.27	42.2	253.18	0.7
Ica	1743.42	8.3	663.88	3.1	2016.46	9.6	16513.54	78.3	143.46	0.7
Junín	2096.43	4.8	4615.30	10.5	15698.50	35.7	21129.04	48.0	458.02	1.0
La Libertad	5962.85	23.6	1836.25	7.3	9593.54	37.9	7778.40	30.7	124.94	0.5
Lambayeque	3559.01	24.8	3858.46	26.9	1326.65	9.2	5301.07	37.0	297.11	2.1
Lima	2432.35	7.0	2358.11	6.7	15350.57	43.9	13633.31	39.0	1215.65	3.5
Loreto	630.14	0.2	11153.51	3.0	539.63	0.1	355883.60	94.9	6909.11	1.8
Madre De Dios	157.10	0.2	7501.90	8.8	1684.79	2.0	75170.43	88.4	531.64	0.6
Moquegua	269.30	1.7	1083.76	6.9	3850.74	24.4	10425.46	66.0	178.05	1.1
Pasco	262.18	1.1	2454.51	10.2	5803.62	24.1	15420.97	64.0	172.67	0.7
Piura	6931.70	19.2	8983.86	24.9	8303.33	23.0	10336.71	28.7	1509.47	4.2
Puno	8264.38	12.2	4011.60	5.9	37249.14	54.8	17274.56	25.4	1163.14	1.7
San Martín	6150.92	12.1	9886.72	19.4	2637.42	5.2	32023.93	62.8	262.27	0.5
Tacna	533.80	3.3	1496.03	9.3	2364.24	14.7	11408.88	70.9	280.12	1.7
Tumbes	394.73	8.4	1496.01	31.9	223.25	4.8	2471.25	52.7	105.03	2.2
Ucayali	2349.20	2.2	5796.67	5.5	63.32	0.1	96058.79	91.2	1073.78	1.0
Perú	73007.50	5.7	117842.57	9.1	254814.97	19.8	824499.95	64.0	18399.02	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Distancia a la red hídrica										
Amazonas	16842.94	42.9	16375.37	41.7	4878.24	12.4	932.56	2.4	277.35	0.7
Ancash	20650.05	57.4	12832.07	35.7	1280.95	3.6	192.20	0.5	1006.97	2.8
Apurímac	13814.52	65.4	6970.92	33.0	249.30	1.2	0.43	0.0	78.99	0.4
Arequipa	42811.88	67.7	17935.27	28.4	1527.20	2.4	112.42	0.2	869.12	1.4
Ayacucho	27659.68	63.6	15060.81	34.6	640.31	1.5	0.00	0.0	143.02	0.3
Cajamarca	19694.07	59.6	12169.47	36.8	943.84	2.9	98.21	0.3	139.07	0.4
Callao	15.56	11.0	23.87	16.9	19.41	13.7	0.44	0.3	82.14	58.1
Cusco	45699.22	63.4	24565.64	34.1	800.43	1.1	0.37	0.0	1010.48	1.4
Huancavelica	15301.37	69.3	6539.21	29.6	113.91	0.5	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	16902.36	45.4	15377.30	41.3	4438.22	11.9	229.46	0.6	253.18	0.7
Ica	8621.32	40.9	6009.88	28.5	3481.93	16.5	2827.97	13.4	139.66	0.7
Junín	26301.32	59.8	15617.43	35.5	1489.68	3.4	130.83	0.3	458.02	1.0
La Libertad	12474.62	49.3	9346.66	36.9	2338.18	9.2	1011.92	4.0	124.59	0.5
Lambayeque	6076.57	42.4	4702.52	32.8	1947.67	13.6	1318.64	9.2	296.91	2.1
Lima	21013.12	60.1	11080.51	31.7	1472.08	4.2	210.20	0.6	1214.10	3.5
Loreto	98042.97	26.1	126658.68	33.8	90858.34	24.2	52646.94	14.0	6909.06	1.8
Madre De Dios	48144.61	56.6	29973.96	35.2	6002.23	7.1	393.47	0.5	531.60	0.6
Moquegua	10810.61	68.4	4634.42	29.3	184.42	1.2	0.00	0.0	177.87	1.1
Pasco	13781.30	57.2	8326.12	34.5	1273.67	5.3	560.17	2.3	172.67	0.7
Piura	16536.58	45.9	10702.66	29.7	3993.57	11.1	3328.91	9.2	1503.36	4.2
Puno	45915.11	67.6	19814.05	29.2	901.57	1.3	168.98	0.2	1163.10	1.7
San Martín	17680.50	34.7	20519.18	40.3	9863.47	19.4	2635.85	5.2	262.27	0.5
Tacna	10861.21	67.5	4574.20	28.4	364.35	2.3	3.25	0.0	280.06	1.7
Tumbes	3308.00	70.5	1278.65	27.3	1.52	0.0	0.00	0.0	102.10	2.2
Ucayali	56516.30	53.7	36645.52	34.8	9728.66	9.2	1377.60	1.3	1073.68	1.0
Perú	615475.80	47.8	437734.36	34.0	148793.14	11.5	68180.82	5.3	18379.90	1.4
Distancia a la red vial										
Amazonas	11004.00	28.0	3739.88	9.5	2634.67	6.7	21650.56	55.1	277.35	0.7
Ancash	23689.81	65.9	6810.59	18.9	3102.99	8.6	1351.89	3.8	1006.97	2.8
Apurímac	15951.92	75.6	3397.33	16.1	1351.08	6.4	334.84	1.6	78.99	0.4
Arequipa	31552.93	49.9	13743.77	21.7	9675.00	15.3	7415.07	11.7	869.12	1.4
Ayacucho	28939.36	66.5	8862.38	20.4	4173.84	9.6	1385.23	3.2	143.02	0.3
Cajamarca	25068.94	75.9	4255.98	12.9	2118.41	6.4	1462.26	4.4	139.07	0.4
Callao	59.27	41.9	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	82.14	58.1
Cusco	38436.62	53.3	10492.77	14.6	6050.29	8.4	16085.97	22.3	1010.48	1.4
Huancavelica	16941.02	76.8	3667.60	16.6	1133.60	5.1	212.28	1.0	110.54	0.5
Huánuco	18591.30	50.0	5776.95	15.5	5065.14	13.6	7513.95	20.2	253.18	0.7
Ica	12235.86	58.0	4579.08	21.7	2510.85	11.9	1615.32	7.7	139.66	0.7
Junín	25409.93	57.8	5903.80	13.4	3626.07	8.2	8599.47	19.5	458.02	1.0
La Libertad	19116.02	75.6	3885.50	15.4	1391.88	5.5	777.97	3.1	124.59	0.5
Lambayeque	9138.78	63.7	2554.06	17.8	1250.37	8.7	1102.19	7.7	296.91	2.1
Lima	22678.26	64.8	6965.78	19.9	2883.34	8.2	1248.52	3.6	1214.09	3.5
Loreto	18820.75	5.0	15981.83	4.3	10463.57	2.8	322940.66	86.1	6909.18	1.8
Madre De Dios	16670.21	19.6	8230.94	9.7	5460.55	6.4	54152.50	63.7	531.66	0.6
Moquegua	9314.76	58.9	3393.06	21.5	1435.32	9.1	1486.30	9.4	177.87	1.1
Pasco	9482.03	39.3	2963.47	12.3	2263.03	9.4	9232.74	38.3	172.67	0.7
Piura	23722.14	65.8	5442.41	15.1	2832.79	7.9	2564.36	7.1	1503.36	4.2
Puno	40923.30	60.2	12011.83	17.7	5336.75	7.9	8527.81	12.5	1163.13	1.7
San Martín	19061.49	37.4	7343.23	14.4	5194.54	10.2	19099.74	37.5	262.27	0.5
Tacna	9343.13	58.1	3147.28	19.6	1536.95	9.6	1775.65	11.0	280.06	1.7
Tumbes	3059.23	65.2	1005.31	21.4	260.92	5.6	262.70	5.6	102.10	2.2
Ucayali	16422.58	15.6	9760.13	9.3	5320.95	5.1	72764.36	69.1	1073.75	1.0
Perú	465633.65	36.1	153914.95	11.9	87072.91	6.8	563562.33	43.7	18380.18	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Distancia a centros urbanos										
Amazonas	10676.12	27.2	11238.42	28.6	6779.30	17.2	10335.28	26.3	277.35	0.7
Ancash	13156.74	36.6	13603.58	37.8	4405.57	12.3	3788.23	10.5	1008.13	2.8
Apurímac	10585.08	50.1	9351.96	44.3	1042.90	4.9	55.22	0.3	78.99	0.4
Arequipa	15626.80	24.7	22636.19	35.8	11081.30	17.5	13038.76	20.6	872.84	1.4
Ayacucho	19677.28	45.2	19417.02	44.6	3503.98	8.1	762.53	1.8	143.02	0.3
Cajamarca	16882.20	51.1	12813.19	38.8	2206.85	6.7	1003.35	3.0	139.07	0.4
Callao	59.25	41.9	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	82.16	58.1
Cusco	22737.00	31.5	22012.43	30.5	8207.65	11.4	18108.57	25.1	1010.48	1.4
Huancavelica	13365.99	60.6	8100.00	36.7	445.65	2.0	42.85	0.2	110.54	0.5
Huánuco	11355.27	30.5	13743.81	36.9	5732.93	15.4	6115.33	16.4	253.18	0.7
Ica	3744.26	17.8	6201.24	29.4	4304.08	20.4	6687.85	31.7	143.34	0.7
Junín	12741.07	29.0	15593.00	35.4	5608.20	12.7	9597.00	21.8	458.02	1.0
La Libertad	9639.53	38.1	8871.95	35.1	3338.59	13.2	3320.96	13.1	124.94	0.5
Lambayeque	4180.99	29.2	4498.02	31.4	2513.35	17.5	2852.86	19.9	297.08	2.1
Lima	12676.71	36.2	14548.37	41.6	4402.93	12.6	2146.54	6.1	1215.44	3.5
Loreto	9507.02	2.5	42447.21	11.3	46863.49	12.5	269389.10	71.8	6909.17	1.8
Madre De Dios	2741.07	3.2	9578.23	11.3	9071.61	10.7	63123.26	74.2	531.71	0.6
Moquegua	3878.93	24.5	5848.39	37.0	2811.60	17.8	3090.40	19.6	177.98	1.1
Pasco	6114.65	25.4	8435.22	35.0	3473.60	14.4	5917.80	24.5	172.67	0.7
Piura	9722.82	27.0	12712.08	35.2	5256.67	14.6	6864.58	19.0	1508.92	4.2
Puno	29985.70	44.1	24236.27	35.7	4019.13	5.9	8558.59	12.6	1163.13	1.7
San Martín	10648.90	20.9	14476.39	28.4	7625.54	15.0	17948.16	35.2	262.27	0.5
Tacna	3805.48	23.7	5598.50	34.8	3246.24	20.2	3152.66	19.6	280.18	1.7
Tumbes	887.05	18.9	1619.95	34.5	1021.08	21.8	1057.32	22.5	104.87	2.2
Ucayali	4636.78	4.4	15896.05	15.1	13791.58	13.1	69943.61	66.4	1073.75	1.0
Perú	259032.66	20.1	323477.46	25.1	160753.82	12.5	526900.84	40.9	18399.25	1.4
Áreas protegidas										
Amazonas	27295.01	69.4	0.00	0.0	6223.88	15.8	5510.22	14.0	277.35	0.7
Ancash	30293.42	84.2	0.00	0.0	1862.20	5.2	2799.65	7.8	1006.97	2.8
Apurímac	20149.84	95.4	0.00	0.0	843.21	4.0	42.12	0.2	78.99	0.4
Arequipa	49074.49	77.6	0.00	0.0	4893.64	7.7	8418.63	13.3	869.12	1.4
Ayacucho	41408.76	95.2	0.00	0.0	1799.66	4.1	152.38	0.4	143.02	0.3
Cajamarca	30539.19	92.4	0.00	0.0	672.98	2.0	1693.42	5.1	139.07	0.4
Callao	57.67	40.8	0.00	0.0	0.00	0.0	1.60	1.1	82.14	58.1
Cusco	47899.96	66.5	0.00	0.0	14102.11	19.6	9063.59	12.6	1010.48	1.4
Huancavelica	21954.50	99.5	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	32028.27	86.1	0.00	0.0	2737.72	7.4	2181.35	5.9	253.19	0.7
Ica	17107.28	81.2	0.00	0.0	1565.31	7.4	2268.52	10.8	139.66	0.7
Junín	32829.85	74.6	0.00	0.0	4689.98	10.7	6019.44	13.7	458.02	1.0
La Libertad	21931.71	86.7	0.00	0.0	2433.92	9.6	805.74	3.2	124.59	0.5
Lambayeque	13270.59	92.5	0.00	0.0	139.05	1.0	635.75	4.4	296.92	2.1
Lima	31205.08	89.2	0.00	0.0	696.55	2.0	1874.27	5.4	1214.09	3.5
Loreto	245889.13	65.6	0.00	0.0	33942.40	9.0	88375.28	23.6	6909.18	1.8
Madre De Dios	31715.42	37.3	0.00	0.0	14727.51	17.3	38071.18	44.8	531.75	0.6
Moquegua	15252.12	96.5	0.00	0.0	263.37	1.7	113.96	0.7	177.87	1.1
Pasco	10231.20	42.4	0.00	0.0	7229.92	30.0	6480.15	26.9	172.67	0.7
Piura	31832.47	88.3	0.00	0.0	597.70	1.7	2131.55	5.9	1503.35	4.2
Puno	55705.07	82.0	0.00	0.0	2852.47	4.2	8242.14	12.1	1163.14	1.7
San Martín	23066.08	45.3	0.00	0.0	14372.26	28.2	13260.65	26.0	262.27	0.5
Tacna	14608.34	90.8	0.00	0.0	0.00	0.0	1194.67	7.4	280.06	1.7
Tumbes	2346.21	50.0	0.00	0.0	630.60	13.4	1611.35	34.4	102.10	2.2
Ucayali	63953.13	60.7	0.00	0.0	16603.92	15.8	23710.93	22.5	1073.78	1.0
Perú	911644.79	70.7	0.00	0.0	133880.37	10.4	224658.54	17.4	18380.32	1.4

Anexo 4. Área de idoneidad de criterios o submodelos para el cultivo de cacao en Perú, según regiones.

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Edafológico										
Amazonas	14762.79	37.6	24265.76	61.7	0.57	0.0	0.00	0.0	277.35	0.7
Ancash	19504.51	54.2	11248.20	31.3	4195.46	11.7	7.09	0.0	1006.99	2.8
Apurímac	11894.07	56.3	9141.03	43.3	0.06	0.0	0.00	0.0	78.99	0.4
Arequipa	16030.29	25.3	25209.40	39.9	18104.66	28.6	3042.38	4.8	869.16	1.4
Ayacucho	25498.10	58.6	16872.75	38.8	989.96	2.3	0.00	0.0	143.01	0.3
Cajamarca	18392.02	55.7	13994.02	42.3	519.54	1.6	0.00	0.0	139.07	0.4
Callao	0.12	0.1	51.16	36.2	7.99	5.6	0.00	0.0	82.14	58.1
Cusco	30826.29	42.8	40045.66	55.6	193.70	0.3	0.00	0.0	1010.49	1.4
Huancavelica	16609.09	75.3	5325.16	24.1	20.25	0.1	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	17823.34	47.9	19093.37	51.3	30.64	0.1	0.00	0.0	253.19	0.7
Ica	460.85	2.2	11941.31	56.6	8518.97	40.4	19.95	0.1	139.68	0.7
Junín	20806.72	47.3	22438.67	51.0	293.88	0.7	0.00	0.0	458.03	1.0
La Libertad	10041.68	39.7	9325.78	36.9	5802.90	22.9	1.00	0.0	124.61	0.5
Lambayeque	724.09	5.0	6876.06	47.9	6445.24	44.9	0.00	0.0	296.93	2.1
Lima	13454.74	38.5	18502.69	52.9	1817.71	5.2	0.74	0.0	1214.12	3.5
Loreto	1691.08	0.5	363646.10	96.9	2869.83	0.8	0.00	0.0	6908.97	1.8
Madre De Dios	846.70	1.0	71447.72	84.0	12219.70	14.4	0.00	0.0	531.74	0.6
Moquegua	3057.67	19.3	7769.91	49.2	4393.22	27.8	408.63	2.6	177.87	1.1
Pasco	7547.65	31.3	16392.39	68.0	1.24	0.0	0.00	0.0	172.68	0.7
Piura	3789.07	10.5	18769.20	52.0	11932.59	33.1	70.84	0.2	1503.36	4.2
Puno	40636.59	59.8	26104.19	38.4	58.92	0.1	0.00	0.0	1163.11	1.7
San Martín	15085.76	29.6	35574.49	69.8	38.74	0.1	0.00	0.0	262.27	0.5
Tacna	500.68	3.1	10173.87	63.3	5064.53	31.5	63.91	0.4	280.07	1.7
Tumbes	187.34	4.0	3877.55	82.7	523.29	11.2	0.00	0.0	102.08	2.2
Ucayali	673.91	0.6	87446.57	83.0	16147.50	15.3	0.00	0.0	1073.78	1.0
Perú	290845.16	22.6	875533.01	67.9	100191.09	7.8	3614.55	0.3	18380.21	1.4
Orográfico										
Amazonas	4689.22	11.9	17575.26	44.7	13793.85	35.1	2970.78	7.6	277.35	0.7
Ancash	1470.00	4.1	6647.90	18.5	18397.31	51.2	8438.14	23.5	1008.90	2.8
Apurímac	0.00	0.0	23.93	0.1	16115.23	76.3	4896.00	23.2	78.99	0.4
Arequipa	1657.21	2.6	13372.61	21.1	42191.87	66.7	5159.82	8.2	874.38	1.4
Ayacucho	296.68	0.7	1050.96	2.4	34847.42	80.1	7165.74	16.5	143.02	0.3
Cajamarca	1464.37	4.4	4581.99	13.9	21591.72	65.3	5267.50	15.9	139.07	0.4
Callao	0.89	0.6	58.35	41.3	0.00	0.0	0.00	0.0	82.17	58.1
Cusco	8637.58	12.0	8072.75	11.2	41636.31	57.8	12719.02	17.6	1010.48	1.4
Huancavelica	0.79	0.0	64.20	0.3	17303.03	78.4	4586.48	20.8	110.54	0.5
Huánuco	2400.66	6.5	10652.05	28.6	17650.44	47.4	6244.18	16.8	253.19	0.7
Ica	7248.45	34.4	8490.04	40.3	4176.91	19.8	1020.34	4.8	145.03	0.7
Junín	3424.60	7.8	8901.65	20.2	25054.60	56.9	6158.43	14.0	458.02	1.0
La Libertad	1024.39	4.0	7958.63	31.5	11362.61	44.9	4825.25	19.1	125.09	0.5
Lambayeque	423.76	3.0	12251.38	85.4	1105.07	7.7	264.87	1.8	297.23	2.1
Lima	1819.15	5.2	8225.93	23.5	16235.08	46.4	7493.48	21.4	1216.34	3.5
Loreto	4498.73	1.2	361755.59	96.4	1874.18	0.5	78.30	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	22346.92	26.3	59735.39	70.2	1930.52	2.3	501.29	0.6	531.75	0.6
Moquegua	334.22	2.1	2840.95	18.0	10872.35	68.8	1581.69	10.0	178.11	1.1
Pasco	1912.48	7.9	10058.36	41.7	9976.29	41.4	1994.14	8.3	172.67	0.7
Piura	2116.74	5.9	25168.59	69.8	5670.79	15.7	1596.84	4.4	1512.10	4.2
Puno	2070.37	3.0	6971.26	10.3	52897.60	77.8	4860.43	7.2	1163.15	1.7
San Martín	8247.46	16.2	25187.98	49.4	13522.65	26.5	3740.89	7.3	262.27	0.5
Tacna	1962.72	12.2	4348.19	27.0	8288.41	51.5	1203.50	7.5	280.24	1.7
Tumbes	561.45	12.0	3991.99	85.1	30.48	0.6	0.00	0.0	106.34	2.3
Ucayali	11066.48	10.5	91168.78	86.5	1902.89	1.8	129.82	0.1	1073.78	1.0
Perú	89675.33	7.0	699154.73	54.3	388427.63	30.1	92896.93	7.2	18409.40	1.4

Regiones	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Climatológico										
Amazonas	17251.85	43.9	9417.53	24.0	12359.74	31.4	0.00	0.0	277.35	0.7
Ancash	0.00	0.0	0.00	0.0	34945.22	97.2	2.89	0.0	1014.14	2.8
Apurímac	0.00	0.0	9.73	0.0	18230.50	86.3	2794.94	13.2	78.99	0.4
Arequipa	0.00	0.0	0.00	0.0	35071.27	55.4	27297.96	43.2	886.66	1.4
Ayacucho	17.50	0.0	1679.18	3.9	29718.64	68.3	11945.48	27.5	143.02	0.3
Cajamarca	4.46	0.0	4190.78	12.7	28685.73	86.8	24.62	0.1	139.07	0.4
Callao	0.00	0.0	0.00	0.0	58.05	41.0	0.90	0.6	82.46	58.3
Cusco	12420.01	17.2	15226.83	21.1	34066.32	47.3	9352.50	13.0	1010.48	1.4
Huancavelica	0.00	0.0	166.01	0.8	17513.31	79.4	4275.18	19.4	110.54	0.5
Huánuco	9976.20	26.8	6937.66	18.6	19972.10	53.7	61.38	0.2	253.19	0.7
Ica	0.00	0.0	0.00	0.0	18214.57	86.4	2713.29	12.9	152.90	0.7
Junín	7433.32	16.9	12220.67	27.8	23863.10	54.2	22.18	0.1	458.02	1.0
La Libertad	0.00	0.0	538.37	2.1	24623.21	97.3	4.79	0.0	129.60	0.5
Lambayeque	0.00	0.0	0.00	0.0	14019.98	97.8	23.42	0.2	298.91	2.1
Lima	0.00	0.0	0.00	0.0	28316.66	80.9	5449.02	15.6	1224.32	3.5
Loreto	134666.28	35.9	233540.52	62.3	0.00	0.0	0.00	0.0	6909.19	1.8
Madre De Dios	52865.80	62.2	31049.28	36.5	599.04	0.7	0.00	0.0	531.75	0.6
Moquegua	0.00	0.0	0.00	0.0	7297.91	46.2	8329.63	52.7	179.77	1.1
Pasco	11057.90	45.9	3634.85	15.1	9233.01	38.3	15.51	0.1	172.67	0.7
Piura	0.00	0.0	553.88	1.5	33996.00	94.3	0.00	0.0	1515.18	4.2
Puno	3406.40	5.0	10514.62	15.5	41585.63	61.2	11293.02	16.6	1163.15	1.7
San Martín	20323.14	39.9	20110.71	39.5	10265.14	20.1	0.00	0.0	262.27	0.5
Tacna	0.00	0.0	0.00	0.0	8150.19	50.7	7651.38	47.6	281.50	1.8
Tumbes	0.00	0.0	3305.63	70.5	1277.17	27.2	0.00	0.0	107.46	2.3
Ucayali	93956.48	89.2	10307.56	9.8	3.93	0.0	0.00	0.0	1073.78	1.0
Perú	363379.34	28.2	363403.80	28.2	452066.42	35.1	91258.09	7.1	18456.37	1.4
Socioeconómico										
Amazonas	6508.54	16.6	12435.49	31.6	18599.57	47.3	1485.52	3.8	277.35	0.7
Ancash	8016.87	22.3	23500.70	65.3	3430.90	9.5	4.88	0.0	1008.90	2.8
Apurímac	7239.17	34.3	13728.55	65.0	67.45	0.3	0.00	0.0	78.99	0.4
Arequipa	5476.93	8.7	45963.54	72.7	10886.68	17.2	54.36	0.1	874.38	1.4
Ayacucho	13104.90	30.1	29335.31	67.4	920.59	2.1	0.00	0.0	143.02	0.3
Cajamarca	14738.14	44.6	16119.04	48.8	2048.41	6.2	0.00	0.0	139.07	0.4
Callao	8.33	5.9	50.72	35.9	0.18	0.1	0.00	0.0	82.17	58.1
Cusco	17350.40	24.1	33322.37	46.2	20153.82	28.0	239.06	0.3	1010.48	1.4
Huancavelica	9323.93	42.3	12588.30	57.1	42.26	0.2	0.00	0.0	110.54	0.5
Huánuco	8206.19	22.1	19590.15	52.7	8572.53	23.0	578.48	1.6	253.19	0.7
Ica	1791.15	8.5	11969.45	56.8	6444.17	30.6	730.96	3.5	145.03	0.7
Junín	8286.96	18.8	24632.02	56.0	9978.08	22.7	642.21	1.5	458.02	1.0
La Libertad	7062.88	27.9	15214.81	60.1	2854.53	11.3	38.65	0.2	125.09	0.5
Lambayeque	3852.61	26.9	7763.25	54.1	2429.22	16.9	0.00	0.0	297.23	2.1
Lima	6016.36	17.2	26128.22	74.7	1628.17	4.7	0.90	0.0	1216.34	3.5
Loreto	1151.32	0.3	35111.33	9.4	293069.38	78.1	38874.77	10.4	6909.19	1.8
Madre De Dios	1538.16	1.8	22110.52	26.0	59007.59	69.4	1857.85	2.2	531.75	0.6
Moquegua	1897.26	12.0	11748.87	74.3	1983.07	12.5	0.00	0.0	178.11	1.1
Pasco	2772.00	11.5	9666.86	40.1	10920.53	45.3	581.88	2.4	172.67	0.7
Piura	10569.64	29.3	17592.24	48.8	6391.09	17.7	0.00	0.0	1512.10	4.2
Puno	21046.06	31.0	35706.74	52.5	9965.78	14.7	81.08	0.1	1163.15	1.7
San Martín	6679.07	13.1	16490.11	32.4	23673.98	46.5	3855.84	7.6	262.27	0.5
Tacna	1833.07	11.4	11402.33	70.9	2567.42	16.0	0.00	0.0	280.24	1.7
Tumbes	1189.66	25.4	2120.24	45.2	1274.02	27.2	0.00	0.0	106.34	2.3
Ucayali	3853.92	3.7	23381.38	22.2	74439.92	70.7	2592.76	2.5	1073.79	1.0
Perú	169513.53	13.2	477672.54	37.1	571349.33	44.3	51619.22	4.0	18409.40	1.4