

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**AGRO ZONIFICACIÓN DEL CULTIVO DE *Oryza sativa* L.
(ARROZ) MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO Y SIG
EN EL PERÚ**

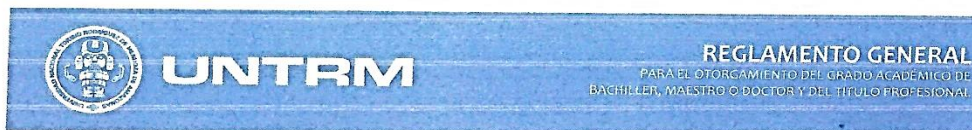
**Autor: Bach. Marlen Antonio Grandez Alberca
Asesores: Ing. Rolando Salas López
Mg. Nilton Beltrán Rojas Briceño**

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Grandez Alberca Marlen Antonio
DNI N°: 75964745
Correo electrónico: 759647451@untram.edu.pe
Facultad: Ingeniería y Ciencias Agrarias
Escuela Profesional: Ingeniería Agrónoma

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____

2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

Agrofitación del cultivo de Oryza sativa L. (arroz) mediante análisis multicriterio y 3i6 en Perú

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Salon Lopez Polando
DNI, Pasaporte, C.E N°: 42670675
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0003-2184-6761

Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: Rayan Briceño Milton Beltan
DNI, Pasaporte, C.E N°: 72648444
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0002-5352-6140



4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Inmunología)

https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html Ciencias agrícolas/agronomía

5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 23, Mayo, 2023.

Firma del autor 1

Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

A mis padres, Wilson Antonio Grandez Bustos y Deisi Marilú Alberca Salazar por todo su esfuerzo en mi educación, inculcándome valores y principios para llevar una vida plena.

A todas las personas que tuvimos un gran encuentro por la universidad y diferentes clases de educación.

Marlen Grandez

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiar mi camino en el sendero de la vida y mediante ello hacer realidad lo que siento que merezco a través de su sabiduría y bendición.

A mi familia, por todo su apoyo incondicional en esta etapa estudiantil y de formación.

A mis compañeros de vida, ya que mediante ellos comparto experiencias como también mucho aprendizaje.

A los asesores, Mg. Nilton B. Rojas Briceño e Ing. Rolando Salas López por su apoyo en todo el desarrollo de este proyecto.

A todo el equipo de Geomática y Teledetección del INDES-CES por el espacio y facilidades brindadas.

A los jurados de este trabajo, Ligia Magali García Rosero, Jorge Alberto Condori Apfata e Ingrid Aracelli Cassana Huaman, por su apoyo en la revisión del mismo y puesta en marcha.

Marlen Grandez

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

Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana

Rector

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Vicerrector académico

Dra. María Nelly Lujan Espinosa

Vicerrectora de investigación

Dr. Erick Aldo Auquiñivin Silva

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

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

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada AGROZONIFICACION
DEL CULTIVO DE Orziza sativa (L. CAJON) MEDIANTE ANALISIS MULTICRITERIO
Y SIG EN EL PERU ;
del egresado Bach. Marlen Antonio Grandor Albarca
de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias
Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma
de esta Casa Superior de Estudios.



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, 17 de diciembre de 2021

Firma y nombre completo del Asesor

Rolando Salas Lopez

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

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

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada AGROZONIFICACION
DEL CULTIVO DE Organo sativa L. (Café) MEDIANTE ANALISIS
MULTICRITERIO y SIG EN EL PERÚ
del egresado Bach. Marlon Antonio Grandor Alberca
de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias
Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma
de esta Casa Superior de Estudios.



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, 27 de diciembre de 2022

Firma y nombre completo del Asesor

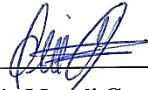
Nilton Beltrán Rojas Bricano

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS




Dr. Jorge Alberto Córdori Apfata

Presidente



Ph.D. Ligia Magali García Rosero

Secretaria



Ing. Mg. Ingrid Aracelli Cassana Huaman

Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

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

Agrozonificación del cultivo de Olyza sativa L. (arroz) mediante
análisis multicriterio y SIG en Perú

presentada por el estudiante ()/regresado (x) Marlen Antonio Grande Albesca

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma

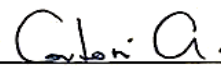
con correo electrónico institucional 7596494571@untrm.edu.pe

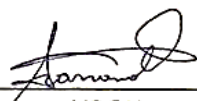
después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 13 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor () / 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, 09 de Marzo del 2023


SECRETARIO

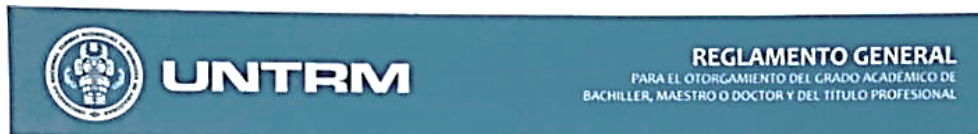

PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



ANEXO 3-S

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 21 de marzo del año 2023, siendo las 10:00 horas, el aspirante: Marlen Antonio Grande Alberca, asesorado por Mg. Milton B. Rojas Briceño e Ing. Rolando Salazar defiende en sesión pública presencial (X) / a distancia () la Tesis titulada: Agrozonificación del cultivo *Oryza sativa* L. arroz mediante análisis multicriterio y SIG en Perú para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Dr. Jorge Córdari Alfaro
Secretario: Luzmila Magali García Rosero Ph.D
Vocal: Mg. Ingrid Cassana Huaman

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, 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 para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () 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 11:05 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:
.....

ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR 1 DE LA TESIS.....	vi
VISTO BUENO DEL ASESOR 2 DE LA TESIS.....	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	x
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL	xi
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS	20
2.1 Área de estudio.....	20
2.2 Mapeo de los criterios que condicionan el desarrollo del cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	21
2.3 Determinación de los umbrales de idoneidad.....	22
2.4 Jerarquización de los criterios clave para el establecimiento de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en el Perú.....	24
2.5 Procedimiento matriz AHP	25
2.6 Zonificación de áreas idóneas para la instalación del cultivo <i>Oryza sativa</i> L.	29
2.7 Validación del mapa de agro zonificación	29
III. RESULTADOS.....	31
3.1 Pesos de importancia de las variables para el análisis de idoneidad de territorio.....	31
3.2 Modelos de subcriterios y modelo de idoneidad generados según umbrales de idoneidad	

de territorio.....	33
3.3. Curva de validación.....	37
IV. DISCUSIÓN.....	38
V. CONCLUSIÓN.....	42
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios clave preliminares para el establecimiento de <i>Oryza sativa L.</i>	22
Tabla 2. Umbrales de idoneidad de criterios clave preliminares para el establecimiento de arroz.....	24
Tabla 3. Ejemplo de comparación de criterios en la encuesta.	26
Tabla 4. Ejemplo de matriz comparada por profesionales expertos.	27
Tabla 5. Ejemplo de matriz de normalización.	27
Tabla 6. Vector fila de la matriz.....	28
Tabla 7. Cocientes.....	28
Tabla 8. Índice de consistencia según Saaty. (1987).....	29
Tabla 9. Iniciales y contactos de los expertos que realizaron la encuesta.....	31
Tabla 10. Resultados de CR de cada experto (solo se seleccionaron los satisfactorios)	32
Tabla 11. Peso total de importancia y subcriterios	33
Tabla 12. Orden de importancia final de cada criterio subcriterio.....	33
Tabla 13. Áreas de subcriterios a nivel de todo el Perú.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	20
Figura 2. Jerarquía de criterios para el modelado de la idoneidad del territorio para la agricultura sostenible de cacao en Perú.....	25
Figura 3. Valores de interpretación de la AUC	30
Figura 4. Mapas de idoneidad de acuerdo a los subcriterios	34
Figura 5. Mapa de idoneidad para la siembra de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en Perú	36
Figura 6. Curva ROC.....	37

RESUMEN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) cumple una función económica muy importante incrementando el PBI del Perú de 13% a 16.3% en el año 2022, además como un alimento de día a día en la dieta de los peruanos. En la actualidad, los programas informáticos avanzados, entre los que se encuentran los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, los SIG y la teledetección (RS), contribuyen a la rapidez y eficacia del proceso de planificación general y permiten acceder rápidamente a grandes cantidades de información útil. El proceso metodológico consistió en tomar una serie de encuestas a diferentes expertos del mundo del cultivo de arroz y SIG, las cuales consistían en la comparación de importancia de dichas variables para posteriormente realizar la técnica AHP. En el desarrollo de esta técnica se utilizaron dos ecuaciones principales, para encontrar el índice de consistencia (CI) y la relación de consistencia (CR).

$$CI = \frac{N_{max} - n}{n - 1} \qquad CR = \frac{CI}{RI}$$

Este estudio determinó las áreas idóneas para el establecimiento de dicho cultivo basado en AHP y SIG, para lo cual se identificaron y mapearon 11 subcriterios, sobresaliendo la precipitación seguida por la temperatura, variables que engloban al clima. Para estos resultados se desarrolló un modelo geográfico en ArcGIS (v.10.8) usando la herramienta Weighted Overlay y su debida reclasificación. Al final se validó el mapa mediante una curva ROC, obteniendo como AUC un índice de 0.892 lo cual nos indica que el terreno es muy bueno conforme a su clasificación.

Palabras clave: SIG, AHP, arroz, zonificación.

ABSTRACT

The cultivation of rice (*Oryza sativa L.*) has a very important role in Peru's PBI (7.7%) and is also a daily staple in the Peruvian diet. Today, advanced software, including decision support systems, GIS and remote sensing (RS), contribute to the speed and efficiency of the overall planning process and provide rapid access to large amounts of useful information. The methodological process consisted of taking a series of surveys to different experts in the world of rice cultivation and GIS, which consisted of comparing the importance of these variables in order to subsequently perform the AHP technique. For the development of this technique, two main equations were used to find the consistency index (CI) and the consistency ratio (CR).

$$CI = \frac{N_{max} - n}{n - 1} \qquad CR = \frac{CI}{RI}$$

This study determined the ideal areas for the establishment of this crop based on AHP and GIS, for which 11 subcriteria were identified and mapped, highlighting precipitation followed by temperature, variables that encompass the climate. For these results, a geographic model was developed in ArcGIS (v.10.8) using the Weighted Overlay tool and its proper reclassification. At the end, the map was validated by means of a ROC curve, obtaining an AUC index of 0.892, which indicates that the terrain is very good according to its classification.

Keywords: SIG, AHP, Rice, Land suitability.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz (*Oryza sativa L.*), tuvo su comienzo hace casi 10000 años, en diversos lugares húmedos de Asia tropical y subtropical. Dicho cultivo es principalmente, el alimento básico sin duda alguna para más de la mitad de nuestra población mundial (Acevedo, 2006).

El Perú se solidifica como el principal país consumidor de dicho cereal en la parte latinoamericana del mundo con un total de 54 kilos per cápita por año, superando al país vecino Brasil con 48 kilos en el año 2016. Del mismo modo, durante los últimos cinco años, la importación de arroz se ha incrementado en 151%, pasando de 94 mil toneladas en el año 2010 a 450 mil toneladas en el año 2020, siendo Uruguay el país con una participación del 68% durante el último año (Arévalo, 2017).

En la producción del país, la diferencia de precios de chacra y de los comerciantes mayoristas tiene un promedio igual al 96%, brindando una gran oportunidad a dichos productores con el objetivo de mejorar sus ingresos, asimismo de visualizar con estratégicas y genuinas expectativas el mercado internacional (Arévalo, 2017). Se entiende que, una gestión notable de los recursos naturales es primordial para garantizar el suministro de la alimentación como también el incremento y sostenibilidad del desarrollo agrario (Chavez, 2013). En Perú, el cultivo del arroz tiene un aporte mayor al 4,5% del PIB agrario y el 7,7% del PIB agropecuario representativo del país, teniendo el 18,3% del terreno agrario total nacional. Notablemente, contribuye a la seguridad de los alimentos del país peruano como también es un gran dinamizador de economías pertinentes y el primordial sustento de una gran variedad de personas ya que crea alrededor de 161300 empleos al año, viniendo estos a ser permanentes ya que involucra acerca de 100000 familias en su producción (Quispe, 2019).

Tanto los investigadores como los proyectores de tierras dan una importante prioridad al trabajo de satisfacer su demanda sin dañar los recursos naturales para las próximas generaciones. Existe de dicho modo, una necesidad urgente para adaptar los recursos del suelo al uso actual de la misma capa con la finalidad de lograr una producción adecuada como también satisfacer los requerimientos de la sociedad, cuidando al mismo tiempo los delicados ecosistemas (Halwart, 2006).

El análisis multicriterio se usa hoy en día, para algunos procesos de planificación de tierras o agro zonificación. La razón de estos procesos es sobre todo tener una perspectiva a futuro el potencial de la tierra para diferentes utilidades. Su aplicación en la agricultura es la más importante, este método puede llegar a generar un gran cambio, en el futuro de la planificación del uso de suelos (Goodchild, 1994). Mediante esto, la integración de las perspectivas de Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDA) en un Sistema de Información Geográfica (SIG) genera un principal sistema de apoyo en la toma de resoluciones espaciales el cual ofrece la oportunidad de elaborar primordialmente mapas como también localizar lugares óptimos para establecer un cultivo o proyecto. En efecto, los sistemas de información geográfica es una eficaz herramienta para el análisis datos espaciales y establecer un proceso de apoyo en la toma de decisiones (Mendas, 2012).

Samanta (2011), dio uso un enfoque espacial de AHP multicriterio con un total de doce conjuntos de datos geográficos, como inicio en el modelo a desarrollar, la pendiente y el aspecto, la textura del suelo, la capacidad de retención de agua, la profundidad, el pH, el nitrógeno, el potasio, el fósforo, la temperatura, las precipitaciones y el acceso a la tierra. Lo que sus resultados en la región del valle de Markham, en el centro y noreste de la zona donde se desarrolló el estudio, y la mayor parte del distrito de Lae muestran que estos se encuentran en una zona sustentablemente apta para el cultivo de dicha especie (*Oryza sativa L.*) de alta a media, en la que la cobertura vegetal es muy disminuida, generando así mejores enfoques después de unificar los resultados del modelo con los mapas existentes del conjunto de datos de Geobook en la zona de estudio. De igual forma en Indonesia lo hizo Hidayanto (2020) en el cultivo de Cacao, Jamil (2018) en caña de azúcar y otros investigadores en diversas especies.

Especialmente en el transcurso de esta última década, los SIG y la teledetección han generado mucha atención en las aplicaciones que fueron desarrolladas con una gestión de recursos a grandes escalas espaciales (Hinton, 1996). El uso de la tecnología SIG nos permite generar una agro zonificación de cualquier cultivo, de igual manera procesar una enorme cantidad de datos a una mayor velocidad realizando también el trabajo en menos tiempo, los sistemas de teledetección generan mediciones de manera uniforme con alta velocidad para mayores áreas de forma digital. Las imágenes desarrolladas y aquellos datos del terreno para diversas

aplicaciones, incluyendo la forestería o también llamada ciencia de los bosques contemplando también las condiciones de los cultivos agrarios, la precisión de la superficie cultivada como también las evaluaciones del medio ambiente vienen a ser uno de los métodos más económicos y adecuado que utilizan los que gestionan y son responsables de la toma de decisiones para adoptar ciertos criterios (Mandal, 2000).

El método AHP es una de las técnicas más populares y utilizadas para dar solución a problemas de toma de decisiones multicriterio (Chang, 1996). Esta valoración multicriterio de la idoneidad de la tierra basada en el marco de Van Nguyen (2006) se ha aplicado en diversas zonas a nivel mundial. Dentro de los objetivos de esta investigación tenemos mapear los criterios que condicionan el desarrollo de este cultivo, jerarquizar la importancia de los criterios y zonificar el territorio adecuado para su establecimiento.

Saaty (2008), comenta que el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) es, en síntesis, una teoría de medición de la cual surgen comparaciones por pares y se basa en encuestas realizadas por expertos para derivar escalas de prioridad, dichas escalas calculan los datos intangibles para dar fin a términos relativos, estas comparaciones las cuales se realizan mediante una escala de juicios absolutos, representan cuánto de más es el dominio de un elemento a otro con respecto a su atributo determinado.

En estos momentos, los programas de información computacional avanzada, dentro los que se encuentran los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, los SIG y la teledetección (RS), llegan a contribuir con una mayor rapidez y eficacia al momento del proceso de planificación general y permiten un acceso veloz a una gran cantidad de información valiosa como lo hizo en Perú Salas (2020), en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*).

Candlish (2017), menciona que para elaborar una curva ROC, en primer lugar, se tabulan los distintos valores de una medida. El resultado es, básicamente, una lista de varios valores como, la sensibilidad y especificidad correspondientes a los datos que se quiere analizar de dicho valor. Continuamente, se procede a generar la curva ROC gráfica trazando la tasa de verdaderos positivos (sensibilidad) en el eje y frente a la tasa de falsos positivos (1-especificidad) en el eje x para aquellos valores tabulados.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

Perú se ubica al lado occidental de América del Sur. Limita con los países de Ecuador, Colombia, Brasil, Bolivia y Chile (Figura 1). Tiene 1'285.215 km^2 de terreno y 200 millas marinas del Océano Pacífico, como también 60 millones de hectáreas en la Antártida, en América del sur es la tercera nación más grande, además uno de los 20 más extensos del mundo. El Perú es un país con alta diversidad, cuenta con 11 ecorregiones y 84 zonas de vida de las 117 que existen en el mundo. Posee una elevada variedad de paisajes debido a sus condiciones geográficas, lo que a su vez le otorga una gran diversidad de recursos naturales. En su territorio se pueden identificar tres grandes regiones, que ha sido la forma tradicional de dividirlo según sus altitudes: Costa, Sierra y Selva (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2022).

Figura 1

Localización del área de estudio



El Perú tiene zonas climáticas muy variadas en los diferentes escenarios geográficos y está modelado por múltiples variables ambientales. Por ejemplo, algunas latitudes le corresponden a un clima tropical, no obstante, por influencia de la Cordillera de los Andes, la cual ejerce una barrera a la humedad de la vertiente del Atlántico, y de la corriente de Humbolt, hacen que la Costa tenga un clima desértico, la Sierra diversos climas templados y

fríos, esto ocasionado por los diferentes pisos altitudinales (Ministerio del ambiente [MINAM], 2020).

2.2 Mapeo de los criterios que condicionan el desarrollo del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

La evaluación de criterios múltiples (ECM) incorpora las opiniones y percepciones de las partes interesadas en las variables y criterios que componen el modelo de evaluación. Los criterios son seleccionados, cuidadosamente, por expertos (Ingenieros, geólogos e investigadores), posteriormente son ponderados y valorados por los actores locales. Los SIG permiten integrar las variables y sus criterios con atributos geoespaciales (McDonough, 2011). A partir de aquello, con la aplicación de estos criterios es posible captar las diversas percepciones de actores asociados a la ubicación de dicho cultivo, en este caso *Oryza sativa* L. a través de una metodología racional y espacialmente explícita (Fontana, 2013). Los criterios para el cultivo de arroz (Tabla 1) fueron elegidos en función de estudios previos como los de Samanta (2011).

Los mapas de criterios fueron obtenidos de diferentes fuentes, Consultative Group on International Agricultural Research - CGIAR (<https://www.rtb.cgiar.org>), nos proporciona acceso a través de internet a mapas interactivos, imágenes satelitales y bases de datos espaciales relacionadas mantenidas por dicha organización y sus socios. Su propósito es mejorar el acceso y el uso integrado de datos e información espacial. A través de este sitio, el CGIAR facilita enfoques multidisciplinarios para el desarrollo sostenible apoyando la toma de decisiones en agricultura.

Para la humedad relativa se tomó datos satelitales de Compensation Recovery Unit - CRU (www.cru.uae.ac.uk) con una resolución espectral de 250 m. En el caso de temperatura, precipitación y humedad relativa se tomó los datos de WorldClim el cual facilita mapas satelitales con respecto a dichos criterios (www.worldclim.org).

Tabla 1

*Criterios clave preliminares para el establecimiento de *Oryza sativa* L.*

Criterios	Subcriterios	Fuente de datos espaciales	Referencias
Clima	Temperatura (°C)	WorldClim	Kihoro <i>et al.</i> , 2013
	Precipitación (mm/ciclo)		GriSP, 2013; Walayat <i>et al.</i> , 2012
	Humedad Relativa (%)	CRU	Samanta <i>et al.</i> , 2011
Topografía	Pendiente (m)	CGIAR	Atalay, 2006
	Elevación (°)		GriSP, 2013; Walayat <i>et al.</i> , MIDAGRI
Suelo	pH	SoilGrids	Samanta <i>et al.</i> , 2011
	Textura		Kihoro <i>et al.</i> , 2013
Uso de suelo	Presencia de centros urbanos	MTC, ANA, MINAM	GOP, 2022
	Presencia de red vial		
	Presencia de red hídrica		
	Áreas protegidas		

Con respecto a las restricciones se tomaron en cuenta algunos datos proporcionados por los ministerios del Perú en el este caso el MTC (carreteras y vías de acceso), MINAM (variables climáticas), MIDAGRI (estadísticas del cultivo y suelos) como también organismos pertenecientes a estos, INIA, ANA, entre otros.

2.3 Determinación de los umbrales de idoneidad

Para la elección de umbrales se usó la información expuesta por la (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2020) titulada “Zonificación Agro-Ecológica”. Dicha clasificación se basa en características de territorio principalmente con los diferentes cultivos en la cual clasifica a la tierra en cinco clases diferentes, pero en este estudio se unificó N1 con N2, teniendo así solo cuatro umbrales.

- Altamente adecuados (S1): Territorio sin limitaciones para el uso sostenido o limitaciones de menor cuantía que no afectan la productividad ni aumentan considerablemente los costos.
- Moderadamente adecuados (S2): Territorio con limitaciones moderadas que reducen los beneficios, o implican riesgos leves de degradación del suelo.
- Marginalmente adecuados (S3): Territorio con limitaciones graves que reducen la productividad, o aumentarán los gastos que sólo se justificarán marginalmente. Su empleo se justifica, normalmente, por razones distintas a las económicas.
- Actualmente inadecuados (N1): Territorio cuyas limitaciones pueden eliminarse con medios técnicos o costos, aunque estas modificaciones en la actualidad son impensables.
- Permanentemente inadecuados (N2): territorio con limitaciones graves, de índole generalmente física, que se suponen insalvables a largo plazo.

El modelo de delimitación tiene en cuenta la distribución regional de la población, ya que los factores muy decisivos para establecer el espacio funcional son el tamaño demográfico y el patrón regional de distribución de la población, así el espacio más residente corresponde al espacio en el que se ubica la zona donde reside de la población en cuestión (Carver, 1991).

Los criterios de separación de áreas funcionales se incluyen en las decisiones finales, que tienen una importancia relativa muy diferente, y deben ponderarse en consecuencia tras la fase de normalización descrita en el apartado anterior, el proceso de ponderación se desarrolla a partir de una matriz simétrica de comparaciones por pares. En esta matriz, un equipo de investigación interdisciplinario evalúa la importancia relativa de cada elemento en comparación con el resto (Carver, 1991).

Fortalecer el proceso de comparación entre pares es la integración y centro metodológico de las evaluaciones del equipo de trabajo siguiendo el proceso de toma de decisiones donde se priorizan varios criterios representativos. Identificar criterios relevantes para explorar el espacio funcional según el grado de conectividad regional y, en última instancia, establecer umbrales de trabajo específicos (pero simultáneamente comparables) para cada espacio de trabajo (Carver, 1991).

En el futuro será necesario comparar y contrastar el método AHP con otros métodos de toma de decisiones multicriterio. Además, las justificaciones más destacadas para el uso del AHP fueron el pequeño tamaño de la muestra, el alto nivel de consistencia, la simplicidad y la disponibilidad de un software fácil de usar (Darko, 2019).

Los datos con respecto a los umbrales mencionados para el cultivo de arroz (Tabla 2) fueron obtenidos de diversas fuentes de información analizadas completamente y verificadas.

Tabla 2

Umbrales de idoneidad de criterios clave preliminares para el establecimiento de arroz.

Criterio	Subcriterio	Altamente adecuado (4)	Moderadamente adecuado (3)	Marginalmente adecuado (2)	No adecuado (1)	Referencia
Clima	Temperatura (°C)	22-30	31-34	34-35	<18	Kihoro <i>et al.</i> , 2013
	Precipitación (mm/ciclo)	1000-2000	2000-3500	>3500	<1000 & >3500	GriSP, 2013; Walayat <i>et al.</i> , 2012
	Humedad Relativa (%)	>80	85-90	90-95	≤80	Samanta <i>et al.</i> , 2011
Topografía	Pendiente (°)	<10	11-30	31-50	>50	Atalay, 2006; GriSP, 2013; Walayat <i>et al.</i> , 2015; MIDAGRI, 2010
	Elevación (m)	<500	500-650	650-720	720-800	
Suelo	pH	5.5-7.3	7.3-8.4	4.5-5.5	<4 & >8	Samanta <i>et al.</i> , 2011
	Textura	Arcilloso	Limoso	Franco - Limoso	Arenoso	Kihoro <i>et al.</i> , 2013

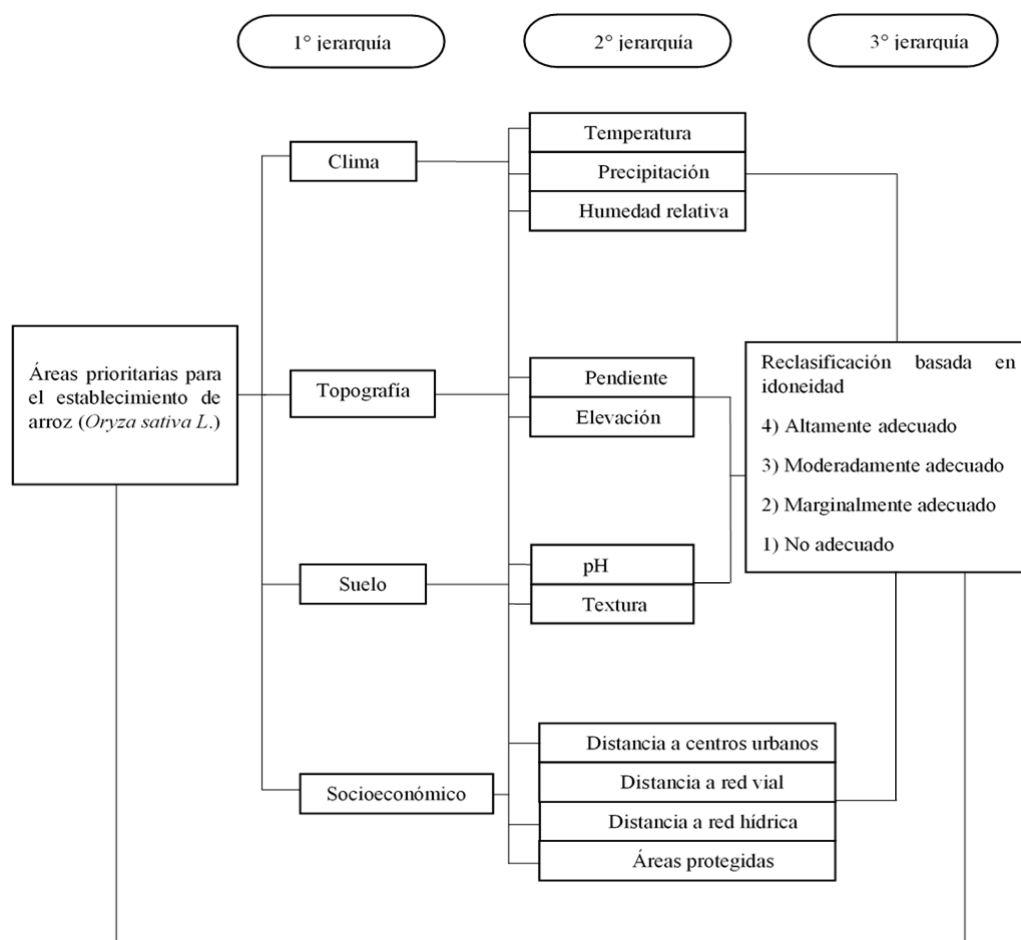
2.4 Jerarquización de los criterios clave para el establecimiento de arroz (*Oryza sativa L.*) en el Perú

Las situaciones conflictivas de toma de decisiones de múltiples objetivos y criterios pueden resolverse a través de la técnica AHP (Saaty, 2008). En el AHP, el problema se estructura jerárquicamente en diferentes niveles que comprenden un número predeterminado de elementos.

Con base en la disponibilidad de datos espaciales para los nuevos criterios y/o subcriterios propuestos por el panel de expertos, se completa la siguiente jerarquía preliminar. Esta jerarquía de criterios estuvo compuesta por el objetivo, cuatro criterios y 11 subcriterios. La tercera jerarquía se desarrolla con los umbrales de idoneidad (Tabla 2).

Figura 2

Jerarquía de criterios para el modelado de la idoneidad del territorio para la agricultura sostenible de arroz en Perú.



2.5 Procedimiento matriz AHP

Para determinar la agro zonificación del cultivo de arroz en Perú se usó el método AHP, el cual consiste en la aplicación de encuestas a un panel de expertos que compara de forma pareada todos los elementos (atributos) identificados. Por este motivo, el método AHP precisa

de un panel de expertos que tengan adecuada información de dicha la zona de estudio Aznar (2012), para poder establecer los grados de importancia de los atributos en la encuesta.

La encuesta presenta todas las combinaciones posibles entre los atributos a la izquierda y a la derecha del instrumento, y en la parte superior una escala fundamental de nueve columnas, del centro, el valor de la unidad que crece hacia la izquierda y a la derecha simétricamente en números impares hasta el número nueve. Para esta aplicación empírica se seleccionará a profesionales o técnicos que trabajen en la gestión de la ecorregión y/o investigadores que hayan realizado investigación en el área de estudio.

Tabla 3

Ejemplo de comparación de criterios en la encuesta.

Criterio	Importancia extrema	Importancia muy grande	Importancia grande	Importancia moderada	Igual Importancia	Importancia moderada	Importancia grande	Importancia muy grande	Importancia Extrema	Criterio
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
A (1)										A (2)
A (1)										A (3)
A (1)										A (4)
...										...
...										...
...										...
A (n-1)										A (n)

De los atributos que son identificados y presentados a los expertos, se eligió a los cuatro atributos de mayor peso para el desarrollo posterior de las tarjetas de elección.

Un ejemplo realizado en la comparación de criterios de encuesta se puede observar en la tabla 4. La diagonal siempre fue 1 y se completó sólo la diagonal superior, dado que la diagonal inferior son valores recíprocos. Posteriormente se determinó el índice de consistencia con la ecuación presentada a continuación de la tabla.

Tabla 4*Ejemplo de matriz comparada por profesionales expertos.*

Crterios (Variables)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
Temperatura	C1	1.00	5.00	5.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Humedad	C2	0.20	1.00	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00
pH	C3	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	0.20	1.00
Pendiente	C4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
Textura	C5	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
Elevación	C6	1.00	1.00	5.00	0.33	0.33	1.00	0.33
Precipitación	C7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
Suma		5.40	13.00	15.00	6.33	5.67	12.20	6.33

$$CI = \frac{N_{max}-n}{n-1} \quad \text{Ecuación 1} \quad \text{Aznar, (2012)}$$

Donde:

CI: Índice de consistencia,

Nmax: mayor valor propio,

n: número de columnas de la matriz.

Consecuentemente para obtener la matriz normalizada (Tabla 5), se obtiene el promedio por filas. La suma de los pesos será 1% o 100%, posteriormente se calcula el vector fila de la matriz para el cual se usa el comando MMULT (intervalo de la matriz comparada x promedio) como veremos los resultados (Tabla 6).

Tabla 5*Ejemplo de matriz de normalización*

Subcriterios (Variables)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Promedio	
Temperatura	C1	0.19	0.38	0.33	0.16	0.18	0.08	0.16	0.21
Humedad	C2	0.04	0.08	0.07	0.16	0.06	0.08	0.16	0.09
pH	C3	0.04	0.08	0.07	0.16	0.18	0.01	0.16	0.10
Pendiente	C4	0.19	0.08	0.07	0.16	0.18	0.25	0.16	0.15
Textura	C5	0.19	0.23	0.07	0.16	0.18	0.25	0.16	0.17
Elevación	C6	0.19	0.08	0.33	0.05	0.06	0.08	0.05	0.12
Precipitación	C7	0.19	0.08	0.07	0.16	0.18	0.25	0.16	0.15
Suma		1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 6*Vector fila de la matriz*

Vector fila de la Matriz		
Temperatura	C1	1.45
Humedad	C2	0.64
pH	C3	1.91
Pendiente	C4	1.48
Textura	C5	0.26
Elevación	C6	0.62
Precipitación	C7	1.69

Para calcular la media, se necesita los cocientes (Tabla 7) los cuales fueron efectuados dividiendo el valor vector fila de la matriz (Tabla 8) entre los promedios (Tabla 5).

Tabla 7*Cocientes*

Cocientes		
Temperatura	C1	4.74
Humedad	C2	10.99
pH	C3	10.16
Pendiente	C4	6.56
Textura	C5	5.73
Elevación	C6	8.32
Precipitación	C7	6.56
Media		7.58

En este caso se obtuvo una media de (Nmax): 7.58. Finalmente, la consistencia permitida (10%) o inferior a 0.1 se pudo medir al calcular la Relación de consistencia (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{Ecuación 2} \quad \text{Aznar, (2012)}$$

En el cual:

RI: es el índice aleatorio que depende del número de elementos que se comparan y se encuentran en la Tabla 8. Si la CR es menor que el 10% o inferior a 0.1 como lo descrito anteriormente la relación de consistencia es satisfactoria y si es mayor es insatisfactoria. En el cual los resultados no tendrían significancia.

Tabla 8*Índice de consistencia según Saaty. (1987)*

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CR	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.5

Como el tamaño de la matriz es de 7, nuestra CR vendría a ser 1.35. Finalmente dividiendo entre el CI, se obtuvo un valor de 0.07. Este valor obtenido es menor a 0.1 lo cual nos dice que la encuesta es satisfactoria.

2.6 Zonificación de áreas idóneas para la instalación del cultivo *Oryza sativa L.*

Obtenido los pesos relativos en conjunto de las encuestas se procede a trabajar las capas temáticas con la herramienta Weighted Overlay en ArcMap v.10.8. Realizado este proceso se obtuvo nuestra capa final en donde podremos observar las zonas altamente adecuadas (S1), moderadamente adecuadas (S2), marginalmente adecuadas (S3) y no adecuadas (S4).

2.7 Validación del mapa de agro zonificación

Para el proceso final se tomó en cuenta los límites cartográficos ajustados al Perú fueron de igual resolución espacial que las capas ráster de trabajo realizados con ayuda de investigadores del INDES-CES. La técnica AHP analiza los factores que intervienen en el proceso de decisiones sin requerir que estos se encuentren en una escala común, convirtiéndola en una de las técnicas de decisión más empleada para resolver problemas socioeconómicos.

Además, en base a los registros ya encontrados, puntos o polígonos del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) en el Perú, se realizó la comparación con los mapas obtenidos de las zonas altamente aptas. En la parte matemática se validó calculando el AUC (Área por encima de la curva) con curva ROC (Característica operativa del receptor) utilizando la herramienta ArcSDM, una extensión de la caja de herramientas. La curva de características operativas del receptor (ROC) es un gráfico que visualiza la relación entre la tasa de verdaderos positivos y la tasa de falsos positivos para un clasificador bajo diferentes umbrales de decisión (Flach P. A., 2016)

El área bajo la curva ROC, o AUC, es una de las métricas de evaluación de clasificadores más populares para datos estáticos desequilibrados. Sin embargo, en muchas situaciones, especialmente cuando se comparan clasificadores en varios conjuntos de datos, es más fácil examinar los valores numéricos simples en lugar de los gráficos de rendimiento completos. Su interpretación y procedimiento de cálculo básicos pueden explicarse analizando la forma en que se crean las curvas ROC. Si denominamos positivos y negativos a los ejemplos de dos clases distinguidas por un clasificador binario, la curva ROC se crea trazando la proporción de positivos clasificados correctamente (tasa de verdaderos positivos) frente a la proporción de negativos clasificados incorrectamente (tasa de falsos positivos) (Stefanowski D. B., 2018).

La curva ROC puede utilizarse para determinar un punto de corte adecuado, que afecta a la sensibilidad y la especificidad de la prueba. La selección de un umbral de prueba depende de la finalidad de la prueba y no necesariamente sólo dando la misma importancia a la sensibilidad y la especificidad para lograr una mayor precisión (Hoo, 2017).

La curva de características de operaciones relativas (ROC) fue desarrollada por ingenieros durante la Segunda Guerra Mundial para detectar objetos enemigos en los campos de batalla (Collison, 1998). Su expansión a otros campos fue rápida y, por ejemplo, en ingeniería se utiliza para estudiar la detección de puntos verdaderos positivos en contraste a un mapa (Swets, 1996). En la siguiente figura 3 se muestra su interpretación.

Figura 3

Valores de interpretación de la AUC

Valores AUC	Calidad de resultado
0.9 – 1.0	Excelente
0.8 – 0.9	Muy bueno
0.7 – 0.8	Bueno
0.6 – 0.7	Satisfactorio
0.5 – 0.6	Insatisfactorio

III. RESULTADOS

3.1 Pesos de importancia de las variables para el análisis de idoneidad de territorio

Los especialistas, profesionales y expertos que complementaron la encuesta trabajan en diferentes partes del mundo con mucha trayectoria en el cultivo de *Oryza sativa L.* (arroz), en dicha investigación se trabajó con un total de 18 encuestados. Los cuales fueron contactados en grupos Online para su mayor alcance, entrevistando por llamadas virtuales. A continuación, se muestran los nombres y contactos de los especialistas (Tabla 9) como también los pesos de importancia de variables caracterizadas del 1 al 7. (Tabla 10). Las encuestas completas de cada experto se visualizan en el Anexo 3, de acuerdo al código mostrado.

Tabla 9

Iniciales y contactos de los expertos que realizaron la encuesta

Código	Experto (iniciales)	País	Lugar de trabajo	Contacto
G-01	J.C.O.R	Perú	Abonos Foliars S.A.C	+51 930986586
G-02	J.A.M	Nicaragua	Profesional independiente	+5037 77956700
G-03	F.O.C	Perú	Promotor agrícola	+51 918273021
G-04	A.M.P	Perú	Municipalidad de Utcubamba	+51 930 229 656
G-05	H.M.G	Perú	INTEROC S.A.C	+51 964 225 445
G-06	E.G.U	Nicaragua	Independiente	+5037 88699159
G-07	A.T.M	Honduras	Consultor independiente	+51 996404220
G-08	J.C.A.P	Perú	AGROINNOVA S.A.C.	+51 948843654
G-09	C.A.G.P	Perú	PROCICEA S.A.C	+51 948851807
G-10	W.N.R	Costa Rica	La Fraja	+506 88642498
G-11	E.Y.J.L	Ecuador	Daule Company	---
G-12	R.S.N	Colombia	DYCOM express.	---

G-13	R.J.G	Perú	Hipsac AgroScience Perú	---
G-14	E.T.Z	Perú	Asesor Agrícola	edgar1520@gmail.com
G-15	J.G.R	Perú	Greentrade Company	---
G-16	J.V.P	Perú	AgroFor S.A.C	---
G-17	Y.R.B	Cuba	Unitels S.A.C	---
G-18	G.A	Ethiopia	Space Science & Geospatial Institute	---

Se identificó a cada experto con un código que se observa anteriormente para tener mayor detalle al momento de verificar los pesos.

Tabla 10

Resultados de CR de cada experto (solo se seleccionaron los satisfactorios)

SUBCRITERIO	G-03	G-06	G-09	G-10	G-14	G-15	G-16	G-18
Temperatura	0.21	0.21	0.17	0.24	0.23	0.19	0.18	0.17
Humedad	0.09	0.12	0.21	0.13	0.13	0.10	0.17	0.20
pH	0.09	0.08	0.05	0.08	0.08	0.09	0.08	0.06
Pendiente	0.16	0.15	0.13	0.11	0.12	0.15	0.10	0.14
Textura	0.19	0.18	0.14	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14
Elevación	0.13	0.11	0.06	0.10	0.10	0.08	0.07	0.06
Precipitación	0.16	0.15	0.24	0.17	0.18	0.24	0.27	0.24
CR	0.07	0.06	0.09	0.09	0.09	0.10	0.08	0.09

En la siguiente tabla 11 se muestra el peso final de cada subcriterio acompañado del vector propio agregado y normalizado. Cabe recalcar que para su comprobación la sumatoria del vector propio agregado debe ser igual a 10, el vector agregado normalizado igual a 1 y los pesos tienen que ser igual a 100.

Tabla 11*Peso total de importancia y subcriterios*

SUBCRITERIO	Vector propio agregado	Vector agregado normalizado	PESOS TOTALES DE LAS VARIABLES
Temperatura	2.02	0.20	20
Humedad	1.37	0.14	14
pH en suelo	0.75	0.07	7
Pendiente	1.35	0.13	13
Textura	1.58	0.16	16
Elevación	0.86	0.09	9
Precipitación	2.06	0.21	21
Total	10	1	100

Finalmente tenemos el ranking final y orden de subcriterio como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12*Orden de importancia final de cada criterio y subcriterio*

CRITERIO	SUBCRITERIO	Ranking
Clima	Precipitación	1
Clima	Temperatura	2
Suelo	Textura	3
Clima	Humedad Relativa	4
Topografía	Pendiente	5
Topografía	Elevación	6
Suelo	pH	7

3.2 Modelos de subcriterios y modelo de idoneidad generados según umbrales de idoneidad de territorio

En la siguiente figura se muestra los modelos reclasificados, correspondiente a cada umbral de idoneidad en el Perú. Consecuentemente, en la tabla 13 se presenta los datos a nivel de cada subcriterio en el cual la pendiente tiene una mayor área altamente adecuada con respecto a las demás variables seguida de la elevación y de última clasificación, la textura. En los anexos 1 y 2 se muestran tanto las áreas como su porcentaje respectivamente a cada región del país, el cual este se tomó en data resultante de reclasificación en el software subido a un cuadro de Excel y ordenado de acuerdo a cada umbral de importancia.

Figura 4

Mapas de idoneidad de acuerdo a los subcriterios.

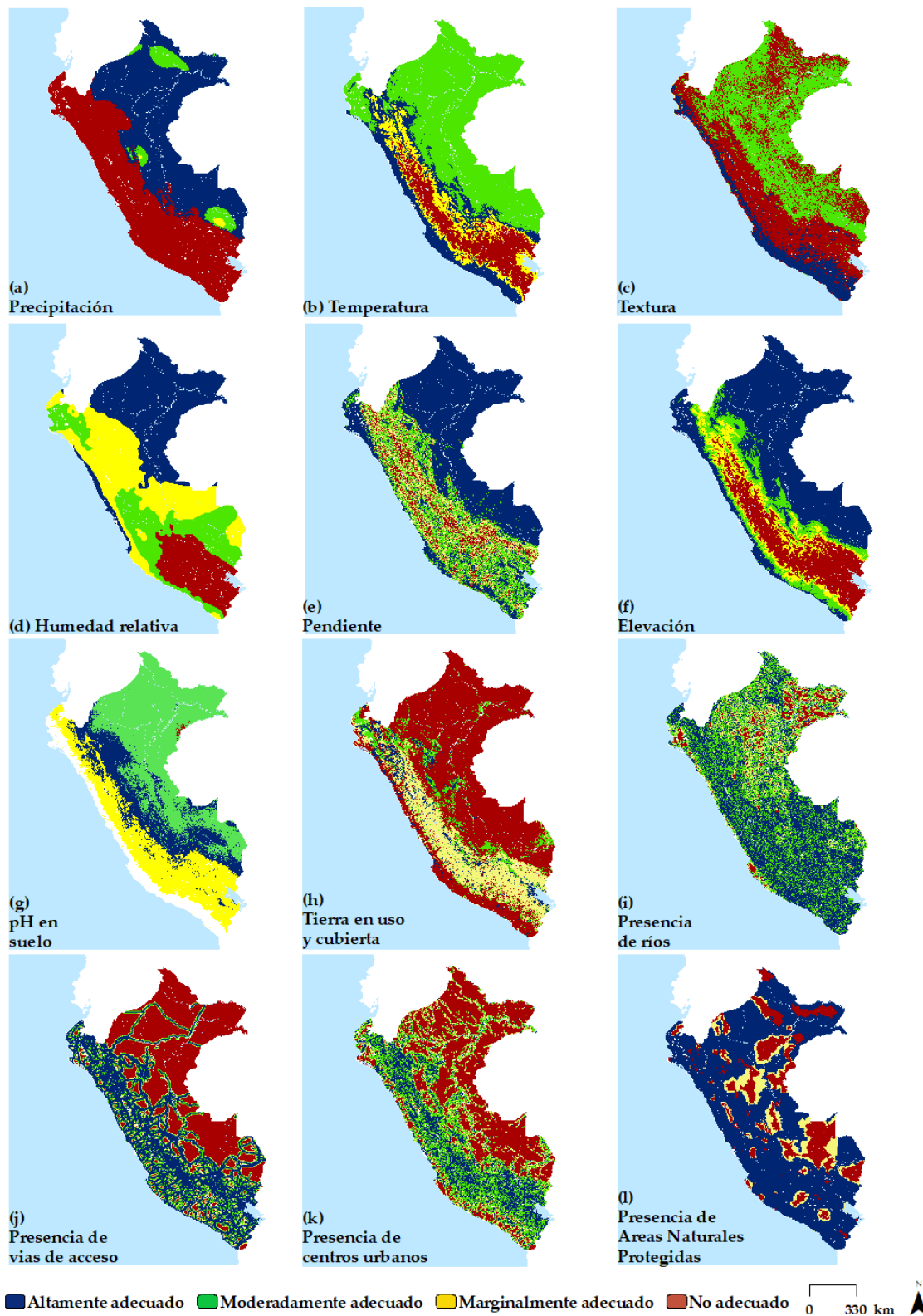


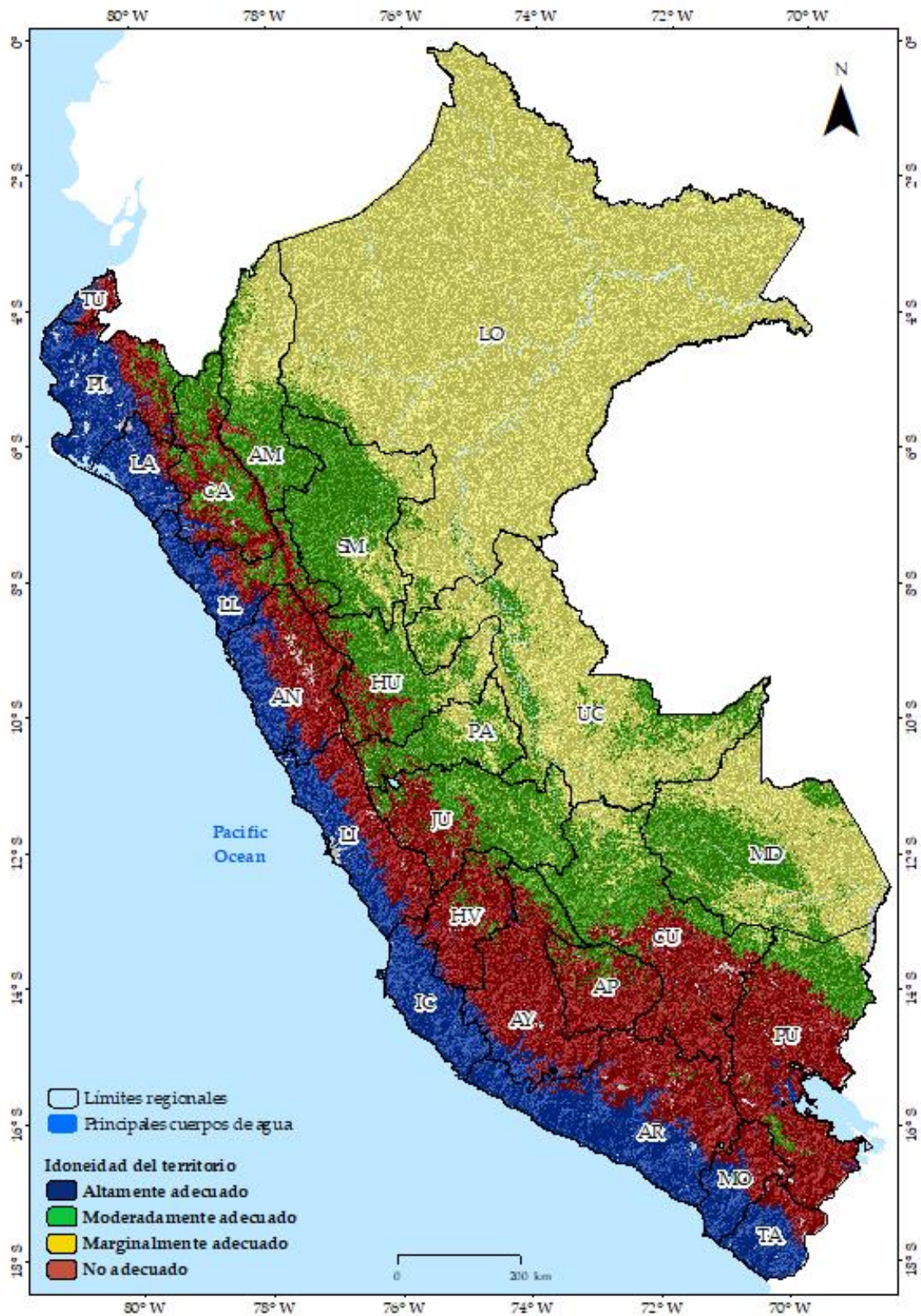
Tabla 13*Áreas de subcriterios a nivel de todo el Perú*

Subcriterios	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Precipitación	607542.33	47.15	592137.90	45.95	59574.72	4.62	4582.71	0.36	24726.36	1.92
Temperatura	220449.76	17.11	702360.37	54.51	149329.38	11.59	191698.13	14.88	24726.36	1.92
Textura	148377.01	11.51	541979.95	42.06	580093.90	45.02	11156.18	0.87	6956.99	0.54
Humedad Relativa	433718.71	0.34	374166.22	0.29	268387.44	0.21	188074.18	0.15	24217.52	1.88
Pendiente	711859.87	55.24	261287.36	20.28	181612.29	14.09	109345.83	8.49	24458.68	1.90
Elevación	709818.16	55.09	175588.96	13.63	133468.33	10.36	245001.12	19.01	24687.44	1.92
pH	538716.42	41.81	277688.77	21.55	327905.69	25.45	2236.46	0.17	142016.68	11.02

En la siguiente Figura 5 se muestra el mapa resultante, se puede observar que las regiones predominantes son las costeras como Piura, La Libertad, Lima, Ancash también la parte central y nororiental de la selva peruana (San Martín, Madre de Dios, Ucayali, Amazonas y Loreto).

Figura 5

Mapa de idoneidad para la siembra de arroz (Oryza sativa L.) en Perú

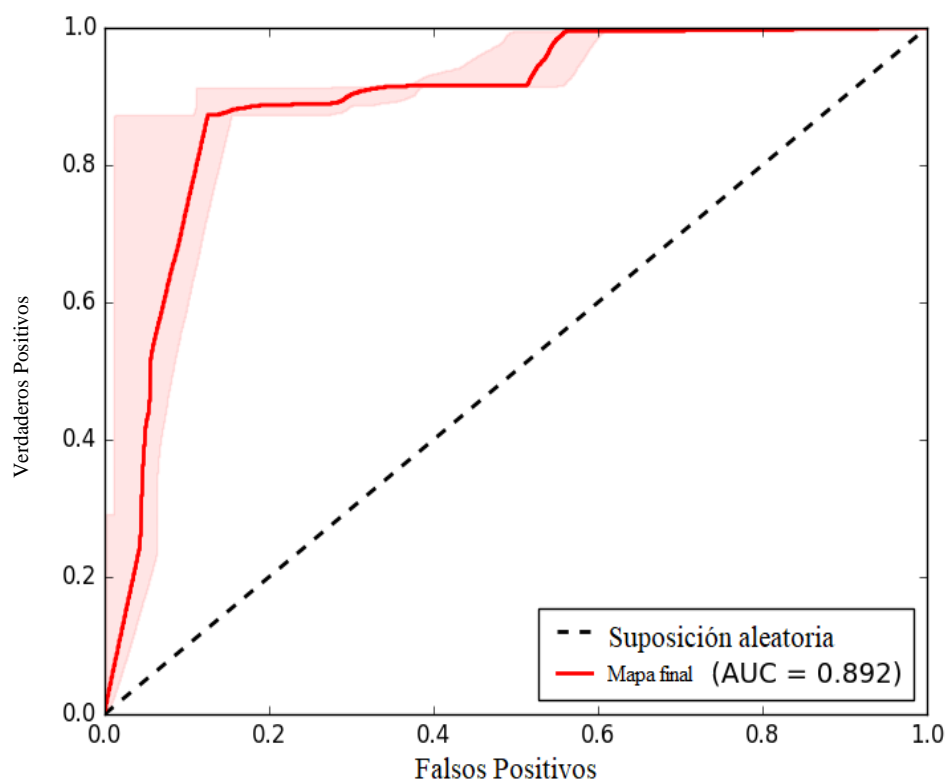


3.3 Curva de validación

En la Figura 6 se aprecia el gráfico de validación del mapa final mediante una curva ROC, obteniendo como resulta un $AUC=0.892$ lo que se interpreta que nuestro mapa final con respecto a nuestra tasa de verdaderos positivos es “buena”. Teniendo y apreciando los rangos que se presentaron en la Figura 3. Por tal motivo el desarrollo científico como también computacional de la investigación tiene como finalización mediante este proceso de comprobación.

Figura 6

Curva ROC



IV. DISCUSIÓN

A diferencia entre los estudios previos de Samanta (2011), los cuales utilizaron un enfoque espacial de toma de decisiones multicriterio con doce conjuntos de datos geográficos, como entrada en el modelo a saber, en esta investigación trabajemos con 11 subcriterios de vital importancia para el establecimiento del cultivo por el cual gran parte del terreno no apto en el Perú está delimitado por la Cordillera de los Andes.

La metodología utilizada en esta investigación resalta la potencial importancia del proceso analítico jerárquico (AHP o JPA) integrado a los SIG y sensores remotos, para realizar una agro zonificación de cualquier cultivo en el Perú y el mundo. Como indica Goodchild (1994), este método puede llegar a ser crucial en el futuro de la planificación del uso de la tierra, reduciendo así el tiempo de empleo y generando mayor precisión al momento del usar sistemas tecnológicos modernos.

Como menciona Fontana (2013), el conocimiento de las variaciones en las propiedades del suelo no sólo es importante para la cartografía y la clasificación del suelo, sino también para la gestión del suelo y el crecimiento de las plantas, que requieren información detallada sobre distribución espacial de las propiedades del suelo en gran medida que estos dependan de la localización, propiedades tanto físicas, químicas y biológicas para así obtener un mejor resultado al momento de la reclasificación de los mapas.

Por otro lado, el problema de sesgo en los pesos se resuelve aplicando técnicas de modelamiento estadístico los cuales nos servirán para estimar los pesos de cada criterio, en esta investigación no hubo caso dado que se presentaron múltiples expertos de los cuales se seleccionaron 8 encuestas muy diferente a la situación Zhang (2021), que incorporó MaxEnt en el cultivo de café.

En este sentido, los modelos AHP estándar, además de modelar la distribución potencial apropiada en un cultivo, especie y/o actividad, nos dan información sobre aquellos criterios que van a contribuir y son relativos ingresados en dichos modelos tal y como menciona (Carver, 1991).

El modelo AHP como menciona Aznar (2012), representa una gran contribución al desarrollo

de análisis multicriterio ya que mediante este proceso se puede determinar los pesos de importancia con respecto a los subcriterios. Teniendo en cuenta los índices de consistencia que sostiene Saaty (2008), el cual es un complemento para la realización y desarrollo de dichas matrices.

En mención de la idea de Flach (2010), el diseño de la curva ROC nos permite verificar la tasa de verdaderos positivos y falsos positivos, en esta investigación los verdaderos positivos fueron aquellos puntos en donde se encuentran sembríos de arroz validando en nuestro mapa de idoneidad obteniendo un (AUC) área bajo la curva “bueno” según la tabla de clasificación.

De otra manera como menciona Stefanowski (2018) la tasa de verdaderos positivos para la curva ROC es la predominante al momento del proceso de datos lo que tiene una similitud exacta a la idea de Flach (2010), que engloba y entrelaza la unión de verdaderos positivos y falsos negativos, dado que en este estudio se podría resolver dicha situación con las herramientas de Excel o con la extensión de ArcSDM, primordialmente se dio acceso al software libre pero a medida de prueba de la extensión para ArcGIS, se consideró la segunda ya que nos brindó un mapa resaltado como también el punto de índice.

El enfoque AHP realizado en este estudio determinó que el clima es el criterio más importante para el establecimiento del cultivo de arroz en el Perú sobresaliendo los subcriterios de precipitación y temperatura en similitud del estudio realizado por Samanta (2011), que también menciona de igual manera. Además de ello, reclasificando los mapas de todos los subcriterios se obtuvo el mapa final que fue el resultado a estudiar.

En la tabla 11 de esta investigación se muestran los pesos finales teniendo en cuenta lo establecido por la FAO (2020) en el cual nombra que dichos criterios son de vital importancia para el establecimiento del cultivo además de los umbrales que son Altamente adecuado (S1), Moderadamente adecuado (S2), Marginalmente adecuado (S3) y No adecuado (S4), con respecto a los factores de estudio y agro zonificación sustentada por lo que se simplificó un quinto criterio ya que por lo expuesto anteriormente, se va a detallar de una manera más concreta.

La delimitación territorial contempla una distribución regional de la población ya que mediante los factores mencionados para establecer dicho espacio está conjuntamente relacionado con lo que menciona Carver (1991), en el cual intervienen y son de vital importancia como el espacio funcional, el tamaño demográfico y el patrón regional, correspondiendo a este la dispersión de arroz (*Oryza sativa L.*)

En el transcurso del tiempo, será necesario contrastar el método AHP con otros más, referente a la toma de decisiones ya que según las justificaciones dicha aplicación y tamaño poblacional empleado, muestra un nivel de consistencia y simplicidad, que mediante el uso de un software o aplicación puede reducirse tal proceso como menciona (Darko, 2019)

Los cinco departamentos con mayor área de idoneidad para el establecimiento del cultivo de arroz fueron Arequipa con un total de 34284.10 km², seguido por Piura 22411.63 km², consecuentemente por Ica 19648.26 km², Lima con un total de 16743.30 km² y finalmente Tacna con 10966.72 km², valorando lo mencionado por el (Ministerio de desarrollo agrario y riego [MIDAGRI], 2020), exponiendo que San Martín es el principal productor de arroz en nuestro país, seguido por Arequipa. Posteriormente, los otros departamentos el cual no presentan un terreno adecuado son Puno con un área de 46798.12 km², seguido por Ayacucho con un total de 32478.01 km² y Cusco con 31814.84 km², esto nos da conocer que algunos departamentos ubicados en la sierra peruana no son aptos para el establecimiento de dicho cultivo teniendo en cuenta su localización.

La curva de validación del mapa representa un índice bueno con respecto a la definición de Stefanowski (2018), con un índice de 0.892 la cual viene a ser la tasa de verdaderos positivos sobre el plano reclasificado, esta curva nos permite comprobar el valor del mapa final.

En la matriz de normalización se aprecian 8 encuestas con respecto al total, estas cumplen con el índice de consistencia <0.01 fueron tomadas para validar los pesos, como menciona (Aznar, 2012). De dichas encuestas se promediaron los resultados plasmados en los mapas de ArcGIS.

Aunque el clima es el criterio más elevado para el establecimiento del cultivo de arroz no se descarta que también otro factor de importancia sea la utilidad del suelo, en este estudio se consideró el pH con las restricciones de Samanta (2011), a diferencia que en dicho estudio predominó consecuentemente la topografía. Esto en base a los rangos establecidos por el investigador por lo que en Perú se reconoce que dichos datos varían ya sea por la ubicación o por los polos.

Se comprende que en los mapas de reclasificación de subcriterios se tuvo un 99% de similitud con respecto a los datos brindados por el MIDAGRI (2020), que a diferencia de ello estos nos permitieron el ahorro de tiempo al momento del proceso de imágenes satelitales ayudando y contribuyendo a la agricultura de precisión como también gastos económicos de empleo de viajes para la toma de datos exactos.

Se entiende que para el desarrollo del índice de consistencia se consideró los datos elaborados por Saaty, (2008). En este caso el tamaño de matriz fue de 7, el cual nuestra CR se aproximó a 1.35, dado que dicho dato cumple con lo establecido, además de ser primordial al momento del cálculo de pesos con los que posteriormente los mapas serán reclasificados.

No obstante, para la toma de puntos (verdaderos positivos), se usó la herramienta satelital de Google Earth, tal y como también lo usó Salas, (2020). Para el estudio de Cacao (*Theobroma cacao L.*) obteniendo un porcentaje alto con respecto a la tasa de los puntos antes mencionados lo que permitió que nuestro resultado y comprobación del mapa fueran de mayor alcance y al momento de verificar la validación un índice alto, teniendo en cuenta las coordenadas UTM actualizadas y precisas satelitalmente.

Si bien es cierto lo que menciona Halwart (2006), los científicos como planificadores tienen una importante prioridad y labor al momento de satisfacer dicha demanda sin tener que afectar la naturaleza para las generaciones futuras, las herramientas de SIG son muy valiosas ya que con esto se adapta los recursos de la tierra y tecnología actual con el motivo de lograr una producción sostenible, económica favoreciendo y satisfaciendo lo que nuestra sociedad necesita para así conservar el tiempo, haciendo cumplir el orden territorial como de tal manera respetando.

V. CONCLUSIÓN

Se identificaron 11 subcriterios de clasificación los cuales fueron: temperatura, humedad, textura, elevación, pendiente, pH, precipitación y en los factores socioeconómicos (presencia a ANP, vías de acceso y centros urbanos) dentro de ellas las que más predominan fueron precipitación y temperatura lo que nos dice que el criterio más importante para la siembra de arroz es el clima.

Se realizó un modelo geográfico en el cual se analizó la idoneidad de áreas para la siembra de arroz (*Oryza sativa L.*) en el Perú. Dicho modelo fue integrado de acuerdo al proceso de jerarquía analítica (AHP o JPA) y sistemas de información geográfica (SIG), los cuales fueron basados en datos espaciales disponibles en diversas fuentes de búsqueda, validado con una curva ROC, un obteniendo un AUC de 0.892 lo que nos dice que el terreno es muy bueno para la siembra de este.

Las regiones en Perú con mayor idoneidad para la siembra de arroz (*Oryza sativa L.*) fueron la costa y selva. Por ello en la costa encontramos a los departamentos de Piura, Lima, La Libertad, Ancash, Ica, Arequipa, Lambayeque, Moquegua y Tacna de acuerdo a los subcriterios o variables evaluadas con climas y terrenos aptos para la instalación de este cultivo. Mientras que en la parte de la selva central y nororiental tenemos a San Martín, Madre de Dios, Amazonas, Tarapoto y Ucayali con áreas predominantes para la misma actividad.

Este estudio servirá de mucha ayuda a las personas interesadas en los SIG y agricultura de precisión como también a investigadores, profesionales y agricultores dedicados al cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) con ello impulsar la investigación y desarrollo sin olvidar los aspectos económicos mediante ayuda estadística.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., & Belmonte, U. C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151-170. <https://onx.la/b67d0>
- Arévalo, J., Quispe, G., & Raymundo, C. (2017). Sustainable Energy Model for the production of biomass briquettes based on rice husk in low-income agricultural areas in Peru. *Energy Procedia*, 141, 138-145. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.026>
- Atalay, S. L. (2006). Indigenous Archaeology as Decolonizing Practice. *American Indian Quarterly*, 30, 280-310. <https://doi.org/10.1353/aiq.2006.0015>
- Aznar Bellver, J., & Guijarro Martínez, F. (2012). *Nuevos métodos de valoración. Modelos Multicriterio*. Editorial Universitat Politècnica de València. <https://onx.la/fb6de>
- Carver, S. J. (1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 5(3), 321-339. <https://doi.org/10.1080/02693799108927858>
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2)
- Chavez, H., Nadolnyak, D., & Saravia, M. (2013). Socioeconomic and Environmental Impact of Development Interventions: Rice Production at the Gallito Ciego Reservoir in Peru. *International Food and Agribusiness Management Review*. <https://doi.org/10.1111/lre.12008>
- Darko, A., Chan, A. P. C., Ameyaw, E. E., Owusu, E. K., Pärn, E., & Edwards, D. J. (2019). Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction. *International journal of construction management*, 19(5), 436-452. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1452098>

- Flach, P. A. (2016). ROC Analysis. In C. Sammut, & G. I. Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining (pp. 1-8). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7502-7_739-1
- Fontana, V., Radtke, A., Fedrigotti, V. B., Tappeiner, U., Tasser, E., Zerbe, S., & Buchholz, T. (2013). Comparing land-use alternatives: Using the ecosystem services concept to define a multi-criteria decision analysis. *Ecological Economics*, 93, 128-136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.007>
- Food and Agriculture Organization (2020). Socioeconomics and suitability factors. INFOODS, 77-100 <https://www.fao.org/>
- Global Rice Science Partnership (2021). Evaluation y reports, CRP evaluation of global rice. 1,2. <https://iaes.cgiar.org/>
- Goodchild, M. F. (1994). Integrating GIS and remote sensing for vegetation analysis and modeling: methodological issues. *Journal of Vegetation Science*, 5(5), 615-626. <https://doi.org/10.2307/3235878>
- Gonçalves, L., Subtil, A., Oliveira, M. R., & de Zea Bermudez, P. (2014). ROC curve estimation: An overview. *REVSTAT-Statistical journal*, 12(1), 1-20. <https://doi.org/10.57805/revstat.v12i1.141>
- Halwart, M., Bartley, D., Burlingame, B., Funge-Smith, S., & James, D. (2006). FAO Regional Technical Expert Workshop on aquatic biodiversity, its nutritional composition, and human consumption in rice-based systems. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 752-755. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.03.011>
- Hidayanto, M., Fiana, Y., Hayati, A., & Pinarangan, S. A. (2020). Land Suitability of Sebatik Island for Cocoa (*Theobroma cacao* L.). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 499, No. 1, p. 012025). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/499/1/012025>.

- Hoo, Z. H., Candlish, J., & Teare, D. (2017). What is an ROC curve? *Emergency Medicine Journal*, 34(6), 357-359. <http://dx.doi.org/10.1136/emered-2017-206735>
- Hussain, W. A. L. A. Y. A. T., Sohaib, O. S. A. M. A., Ahmed, A. F. T. A. B., & Khan, M. Q. (2012). Geographical Information System based model of land suitability for good yield of rice in Prachuap Khiri Khan province, Thailand. *Science, Technology and Development*. <https://onx.la/0573d>
- Instituto Geofísico del Perú (2022). Información territorial peruana. Gobierno del Perú, 77(80), 500. <https://www.gob.pe/igp>
- Jamil, M., Ahmed, R., & Sajjad, H. (2018). Land suitability assessment for sugarcane cultivation in Bijnor district, India using geographic information system and fuzzy analytical hierarchy process. *GeoJournal*, 83(3), 595-611. <https://doi.org/10.1007/s10708-017-9788-5>
- Mandal, D., & Ghosh, S. K. (2000). Precision farming—The emerging concept of agriculture for today and tomorrow. *Current Science*, 79(12), 1644-1647. <https://www.jstor.org/stable/24104120>
- McDonough, K., Warf, B. (2011). *Encyclopedia of geography*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications. CHOICE. <https://onx.la/722fe>
- Mendas, A., & Delali, A. (2012). Integration of MultiCriteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. *Computers and electronics in agriculture*, 83, 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.02.003>
- Ministerio de Desarrollo agrario y Riego (2020). Características y necesidades meteorológicas para el sembrío de arroz, 2-6. <https://www.gob.pe/midagri>
- Ministerio del Ambiente (2020). Geografía del Perú. Gobierno del Perú, 10-100. <https://www.gob.pe/igp>

- Quispe, I., Navia, R., & Kahhat, R. (2019). Life Cycle Assessment of rice husk as an energy source. A Peruvian case study. *Journal of Cleaner Production*, 209, 1235-1244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.312>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSci.2008.01759>
- Salas López, R., Gómez Fernández, D., Silva López, J. O., Rojas Briceño, N. B., Oliva, M., Terrones Murga, R. E., & Barrena Gurbillón, 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>
- Samanta, S., Pal, B., & Pal, D. K. (2011). Land suitability analysis for rice cultivation based on multi-criteria decision approach through GIS. *International Journal of Science and Emerging Technologies*, 2(1), 12-20. <https://onx.la/65b2d>
- Stefanowski, D.B. (2018). Prequential AUC: Properties of the Area Under the ROC Curve for Data Streams with Concept Drift. <https://doi.org/10.1007/s10115-017-1022-8>
- Van Nguyen, N., & Ferrero, A. (2006). Meeting the challenges of global rice production. *Paddy and Water Environment*, 4(1), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s10333-005-0031-5>
- Wasim Akram, S.K., Mondal, I. & Bandyopadhyay, J. Crop (2019). Suitability analysis in water resource management of Paschim Medinipur District, India: a remote sensing approach. *Sustain. Water Resour. Manag.* 5, 797–815. <https://doi.org/10.1007/s40899-018-0262-4>
- 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, 108339. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108339>

Gonçalves, L., Subtil, A., Oliveira, M. R., & de Zea Bermudez, P. (2014). ROC curve estimation: An overview. *REVSTAT-Statistical journal*, 12(1), 1-20.<https://doi.org/10.57805/revstat.v12i1.141>

ANEXOS

Anexo 1. Idoneidad de territorio a nivel nacional para el cultivo de (*Oryza Sativa L.*)

Departamentos	Áreas de idoneidad general									
	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Amazonas	0.50	0.00	20004.36	50.89	16959.10	43.15	1945.06	4.95	397.44	1.01
Ancash	12973.17	36.07	1412.61	3.93	0.00	0.00	20536.70	57.11	1039.76	2.89
Apurímac	3.81	0.02	3677.41	17.42	0.12	0.00	17353.67	82.19	79.13	0.37
Arequipa	34284.10	54.20	420.61	0.66	0.00	0.00	27624.83	43.67	926.36	1.46
Ayacucho	5728.29	13.17	4987.34	11.46	165.14	0.38	32478.01	74.66	145.04	0.33
Cajamarca	2204.52	6.67	17524.68	53.03	127.49	0.39	13032.13	39.44	155.83	0.47
Callao	56.63	40.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.78	59.95
Cusco	163.01	0.23	31022.65	43.04	8065.78	11.19	31814.84	44.14	1009.86	1.40
Huancavelica	996.70	4.52	2850.15	12.92	0.06	0.00	18107.73	82.07	110.39	0.50
Huánuco	4.64	0.01	21587.48	58.03	7449.57	20.03	7906.19	21.25	252.65	0.68
Ica	19648.26	93.20	0.00	0.00	0.00	0.00	1169.74	5.55	262.77	1.25
Junín	17.83	0.04	25829.36	58.71	3831.94	8.71	13861.84	31.51	456.32	1.04
La Libertad	11921.52	47.13	5453.78	21.56	0.12	0.00	7764.67	30.70	155.87	0.62
Lambayeque	11744.09	81.88	459.34	3.20	0.00	0.00	1830.07	12.76	308.81	2.15
Lima	16743.30	47.85	158.16	0.45	0.00	0.00	16829.23	48.10	1259.30	3.60
Loreto	0.00	0.00	8084.71	2.16	357837.18	95.39	0.56	0.00	9193.54	2.45
Madre de Dios	0.00	0.00	35418.11	41.65	48212.68	56.69	40.35	0.05	1374.72	1.62
Moquegua	8247.05	52.17	47.05	0.30	0.00	0.00	7312.47	46.26	200.74	1.27
Pasco	0.00	0.00	15842.86	65.70	6423.90	26.64	1675.19	6.95	171.99	0.71
Piura	22411.63	62.14	3067.94	8.51	0.06	0.00	8629.10	23.93	1956.34	5.42
Puno	1231.87	1.81	14531.01	21.38	3043.84	4.48	46798.12	68.86	2358.00	3.47
San Martín	0.06	0.00	38074.84	74.71	12377.80	24.29	246.85	0.48	261.70	0.51
Tacna	10966.72	68.19	0.00	0.00	0.00	0.00	4572.78	28.43	543.56	3.38
Tumbes	2020.79	43.08	43.74	0.93	0.00	0.00	2345.59	50.01	280.14	5.97
Ucayali	0.00	0.00	27190.59	25.81	76458.10	72.58	6.22	0.01	1686.89	1.60
Perú	161368.50	12.52	277688.77	21.55	540952.89	41.98	283881.97	22.03	24671.94	1.91

Anexo 2. Idoneidad territorial a nivel de regiones.

AMAZONAS										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	20610.09	52.43	18298.93	46.55	0.00	0.00	0.00	0.00	397.44	1.01
Temperatura	12657.44	32.20	20982.55	53.38	5262.21	13.39	6.83	0.02	397.44	1.01
Textura	6.89	0.02	27434.44	69.80	11453.97	29.14	290.12	0.74	121.04	0.31
Humedad Relativa	16192.8	41.2	22653.61	57.63	72.4	0.18	0.00	0.00	387.65	0.99
Pendiente	8330.48	21.19	15354.50	39.06	11033.20	28.07	4193.54	10.67	394.74	1.00
Elevación	15819.14	40.25	14658.14	37.29	8074.04	20.54	357.70	0.91	397.44	1.01
pH	16959.10	43.15	20004.36	50.89	1945.57	4.95	0.00	0.00	397.44	1.01

ANCASH										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	0.00	0.00	34917.82	97.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1044.43	2.90
Temperatura	13996.73	38.92	0.00	0.00	8489.25	23.61	12431.83	34.57	1044.43	2.90
Textura	9025.21	25.10	983.82	2.74	25038.81	69.63	863.49	2.40	50.92	0.14
Humedad Relativa	6938.55	19.29	27998.14	77.85	0.92	0.00	0.00	0.00	1024.64	2.85
Pendiente	3925.09	10.91	10222.51	28.43	11581.48	32.20	9190.31	25.56	1042.86	2.90
Elevación	6409.42	17.82	5090.39	14.15	8465.34	23.54	14956.96	41.59	1040.14	2.89
pH	0.00	0.00	1412.61	3.93	25060.45	69.69	0.00	0.00	9489.19	26.39

APURIMAC										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	0.00	0.00	21035.02	99.63	0.00	0.00	0.00	0.00	79.13	0.37
Temperatura	2219.22	10.51	14.57	0.07	6893.24	32.65	11907.99	56.40	79.13	0.37
Textura	2418.07	11.40	321.76	1.52	18313.94	86.38	60.37	0.28	88.26	0.42
Humedad Relativa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21041.11	99.65	73.04	0.35
Pendiente	2099.16	9.94	7448.37	35.28	6508.75	30.83	4979.40	23.58	78.47	0.37
Elevación	0.00	0.00	516.15	2.44	5527.50	26.18	14991.37	71.00	79.13	0.37
pH	0.12	0.00	3677.41	17.42	17357.48	82.21	0.00	0.00	79.13	0.37

AREQUIPA										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	0.00	0.00	62316.81	98.52	0.00	0.00	0.00	0.00	939.08	1.48
Temperatura	26104.49	41.27	0.00	0.00	10353.43	16.37	25858.90	40.88	939.08	1.48
Textura	45944.33	72.71	76.99	0.12	16537.91	26.17	608.39	0.96	17.18	0.03
Humedad Relativa	0.00	0.00	1890	2.99	11421.15	18.06	49044.24	77.53	900.49	1.42
Pendiente	22898.65	36.20	23837.07	37.68	9870.72	15.60	5723.81	9.05	925.64	1.46
Elevación	6476.71	10.24	18498.70	29.24	10617.51	16.79	26734.96	42.26	928.01	1.47
pH	0.00	0.00	420.61	0.66	33535.72	53.02	0.00	0.00	29299.56	46.32

AYACUCHO										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	592.98	1.36	42765.79	98.30	0.00	0.00	0.00	0.00	145.04	0.33
Temperatura	6480.27	14.90	761.66	1.75	16027.41	36.84	20089.44	46.18	145.04	0.33
Textura	6138.37	14.11	2552.24	5.86	34724.88	79.80	88.32	0.20	13.15	0.03
Humedad Relativa	0.00	0.00	58.63	0.13	20359.9	46.8	22949.64	52.75	135.65	0.31
Pendiente	8490.10	19.52	17181.15	39.49	10337.08	23.76	7353.15	16.90	142.33	0.33
Elevación	461.01	1.06	4387.67	10.09	13118.01	30.15	25392.10	58.37	145.04	0.33
pH	165.14	0.38	4987.34	11.46	36302.36	83.45	0.00	0.00	2048.98	4.71

CAJAMARCA										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	9.62	0.03	32879.20	99.50	0.00	0.00	0.00	0.00	155.83	0.47
Temperatura	17997.49	54.46	2465.38	7.46	12162.78	36.81	263.17	0.80	155.83	0.47
Textura	634.69	1.91	17063.12	51.42	15286.70	46.06	42.96	0.13	158.81	0.48
Humedad Relativa	0.00	0.00	18341.79	55.51	14559.93	44.06	0.00	0.00	142.93	0.43
Pendiente	2491.45	7.54	12131.96	36.71	11857.77	35.88	6412.49	19.41	150.98	0.46
Elevación	2716.24	8.22	13394.57	40.53	14133.94	42.77	2644.08	8.00	155.83	0.47
pH	127.49	0.39	17524.68	53.03	14575.11	44.11	0.00	0.00	817.38	2.47

CALLAO										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Precipitación	0.00	0.00	56.37	39.86	0.00	0.00	0.00	0.00	85.04	60.14
Temperatura	56.37	39.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85.04	60.14
Textura	47.32	36.89	1.84	1.44	77.45	60.38	1.65	1.29	0.00	0.00
Humedad Relativa	56.41	39.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85	60.11
Pendiente	26.56	18.78	28.41	20.09	1.03	0.73	0.00	0.00	85.40	60.39
Elevación	56.63	40.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.78	59.95
pH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.50	0.00	0.00	140.70	99.50

CUSCO										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Precipitación	21962.24	30.47	46898.97	65.07	1006.86	1.40	1198.21	1.66	1009.86	1.40
Temperatura	16240.83	22.53	16593.40	23.02	14268.00	19.80	23964.06	33.25	1009.86	1.40
Textura	2635.18	3.66	26622.57	36.94	41949.76	58.20	868.64	1.21	0.00	0.00
Humedad Relativa	0.00	0.00	6572.85	9.12	30622.52	42.49	33901.66	47.04	979.11	1.36
Pendiente	13893.75	19.28	22221.53	30.83	19652.22	27.27	15302.58	21.23	1006.07	1.40
Elevación	12036.82	16.70	14923.66	20.71	13924.41	19.32	30181.39	41.87	1009.86	1.40
pH	8065.78	11.19	31022.65	43.04	31977.67	44.37	0.00	0.00	1010.05	1.40

HUANCAVELICA										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	11895.09	35.03	21954.65	64.65	0.00	0.00	0.00	0.00	110.39	0.33
Temperatura	1844.71	8.36	3.28	0.01	7695.72	34.88	12410.94	56.25	110.39	0.50
Textura	1404.67	6.37	356.36	1.62	20223.09	91.65	80.92	0.37	0.00	0.00
Humedad Relativa	0.00	0.00	3150.77	14.28	18172.29	82.36	637.2	2.89	104.78	0.47
Pendiente	2121.56	9.62	9040.75	40.97	6292.85	28.52	4500.37	20.40	109.51	0.50
Elevación	4.74	0.02	859.58	3.90	5525.23	25.04	15565.09	70.54	110.39	0.50
pH	0.06	0.00	2850.15	12.92	19005.03	86.13	0.00	0.00	209.80	0.95

HUANUCO										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	0.00	0.00	22564.64	89.17	2488.14	9.83	0.00	0.00	252.65	1.00
Temperatura	8044.39	21.62	14454.76	38.86	8674.79	23.32	5773.94	15.52	252.65	0.68
Textura	249.48	0.67	18334.22	49.28	18436.62	49.56	180.20	0.48	0.00	0.00
Humedad Relativa	5470.14	14.7	26089.9	70.13	5401.33	14.52	0.00	0.00	239.16	0.64
Pendiente	9568.93	25.72	8932.90	24.01	11332.73	30.46	7119.07	19.14	246.90	0.66
Elevación	10429.66	28.04	8192.94	22.02	8594.85	23.10	9730.43	26.16	252.65	0.68
pH	7449.57	20.03	21587.48	58.03	7910.83	21.27	0.00	0.00	252.65	0.68

ICA										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Precipitación	0.00	0.00	20809.52	98.71	0.00	0.00	0.00	0.00	271.25	1.29
Temperatura	18384.34	87.21	0.00	0.00	2067.36	9.81	357.82	1.70	271.25	1.29
Textura	17025.62	81.38	27.74	0.13	3845.52	18.38	23.07	0.11	0.00	0.00
Humedad Relativa	1869.68	8.87	13869.65	65.79	5084.07	24.12	0.00	0.00	257.37	1.22
Pendiente	10644.39	50.49	5523.77	26.20	3457.88	16.40	1192.47	5.66	262.26	1.24
Elevación	13358.03	63.37	5255.87	24.93	1831.66	8.69	369.86	1.75	265.34	1.26
pH	0.00	0.00	0.00	0.00	3188.44	15.12	0.00	0.00	17892.33	84.88

JUNÍN										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Precipitación	13760.16	31.28	29780.81	67.69	0.00	0.00	0.00	0.00	456.32	1.04
Temperatura	11956.87	27.18	10068.87	22.89	11795.45	26.81	9719.79	22.09	456.32	1.04
Textura	1105.66	2.51	17565.65	39.92	25021.32	56.87	304.66	0.69	0.00	0.00
Humedad Relativa	0.00	0.00	15379.92	34.96	28164.15	64.01	25.37	0.06	427.85	0.97
Pendiente	7032.54	15.98	17092.16	38.85	11913.64	27.08	7508.82	17.07	450.13	1.02
Elevación	6721.72	15.28	12372.69	28.12	7566.19	17.20	16880.38	38.37	456.32	1.04
pH	3831.94	8.71	25829.36	58.71	13879.67	31.55	0.00	0.00	456.32	1.04

LA LIBERTAD										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	0.94	0.00	25135.96	99.37	0.00	0.00	0.00	0.00	159.07	0.63
Temperatura	13633.79	53.90	770.14	3.04	9273.00	36.66	1459.98	5.77	159.07	0.63
Textura	5424.24	21.44	3105.44	12.28	16689.14	65.98	37.27	0.15	39.89	0.16
Humedad Relativa	3748.44	14.82	21354.98	84.42	46.17	0.18	0.00	0.00	146.38	0.58
Pendiente	5616.67	22.20	6909.06	27.31	7059.52	27.91	5560.22	21.98	150.50	0.59
Elevación	7705.73	30.46	4404.51	17.41	8120.85	32.10	4908.93	19.41	155.95	0.62
pH	0.12	0.00	5453.78	21.56	11277.08	44.58	0.00	0.00	8564.98	33.86

LAMBAYEQUE										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	0.00	0.00	14032.10	97.84	0.00	0.00	0.00	0.00	310.20	2.16
Temperatura	3357.48	12.30	10044.42	36.80	630.20	2.31	12949.94	47.45	310.20	1.14
Textura	3559.83	24.82	1483.18	10.34	9161.90	63.88	121.37	0.85	16.03	0.11
Humedad Relativa	121.51	0.85	9711.39	67.71	4211.51	29.36	0.00	0.00	297.9	2.08
Pendiente	9976.55	69.56	1855.14	12.93	1586.10	11.06	625.93	4.36	298.58	2.08
Elevación	12316.22	85.87	962.64	6.71	691.56	4.82	62.98	0.44	308.90	2.15
pH	0.00	0.00	459.34	3.20	4954.07	34.54	0.00	0.00	8928.90	62.26

LIMA										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	0.00	0.00	33723.98	96.38	0.00	0.00	0.00	0.00	1266.01	3.62
Temperatura	13876.97	62.96	0.00	0.00	6897.08	31.29	0.00	0.00	1266.01	5.74
Textura	11498.68	32.86	412.09	1.18	22583.87	64.54	410.61	1.17	84.74	0.24
Humedad Relativa	8174.11	23.36	10049.83	28.72	15528.28	44.38	0.00	0.00	1237.78	3.54
Pendiente	4428.77	12.66	9820.25	28.07	11028.22	31.52	8447.41	24.14	1265.35	3.62
Elevación	7665.22	21.91	7160.52	20.46	6159.75	17.60	12744.47	36.42	1260.05	3.60
pH	0.00	0.00	158.16	0.45	22082.37	63.11	0.00	0.00	12749.46	36.44

LORETO										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	333609.26	88.93	1001.05	0.27	31312.14	8.35	0.00	0.00	9193.54	2.45
Temperatura	1694.77	0.45	364227.68	97.10	0.00	0.00	0.00	0.00	9193.54	2.45
Textura	79.44	0.02	240713.40	64.17	127160.96	33.90	4453.10	1.19	2709.09	0.72
Humedad Relativa	348983.14	93.03	17040.13	4.54	0.00	0.00	0.00	0.00	9092.72	2.42
Pendiente	351858.93	93.80	9514.67	2.54	3626.54	0.97	1022.35	0.27	9093.49	2.42
Elevación	359327.81	95.79	6588.50	1.76	6.14	0.00	0.00	0.00	9193.54	2.45
pH	355603.25	94.80	8084.71	2.16	0.56	0.00	2233.93	0.60	9193.54	2.45

MADRE DE DIOS										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	65628.45	77.17	751.62	0.88	15637.24	18.39	1652.92	1.94	1375.63	1.62
Temperatura	2578.10	3.03	80884.24	95.11	207.90	0.24	0.00	0.00	1375.63	1.62
Textura	1.54	0.00	45039.12	52.96	38930.04	45.78	228.76	0.27	846.40	1.00
Humedad Relativa	0.00	0.00	33170.84	39	50525.09	59.41	0.00	0.00	1349.93	1.59
Pendiente	75800.73	89.13	4698.90	5.53	2227.82	2.62	968.61	1.14	1349.81	1.59
Elevación	79275.09	93.21	3799.37	4.47	566.38	0.67	29.41	0.03	1375.63	1.62
pH	48212.62	56.69	35418.13	41.65	40.35	0.05	0.06	0.00	1374.71	1.62

MOQUEGUA										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	0.00	0.00	15605.90	98.73	0.00	0.00	0.00	0.00	201.41	1.27
Temperatura	6039.22	38.21	0.00	0.00	2768.93	17.52	6797.76	43.00	201.41	1.27
Textura	12765.76	80.76	0.92	0.01	2879.28	18.21	128.14	0.81	33.20	0.21
Humedad Relativa	0.00	0.00	0.00	0.00	2517.72	15.93	13094.14	82.84	195.45	1.24
Pendiente	4479.68	28.34	6713.73	42.47	3053.62	19.32	1359.64	8.60	200.64	1.27
Elevación	862.84	5.46	4499.61	28.47	2924.62	18.50	7319.43	46.30	200.82	1.27
pH	0.00	0.00	47.05	0.30	8814.34	55.76	0.00	0.00	6945.92	43.94

PASCO										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	14082.75	58.40	9859.20	40.89	0.00	0.00	0.00	0.00	171.99	0.71
Temperatura	5551.47	23.02	11034.13	45.76	2219.96	9.21	5136.40	21.30	171.99	0.71
Textura	136.89	0.57	14548.15	60.33	9301.68	38.57	127.23	0.53	0.00	0.00
Humedad Relativa	388.55	1.61	15358.31	63.69	8205.35	34.03	0.00	0.00	161.75	0.67
Pendiente	7311.34	30.32	8392.20	34.80	5487.07	22.75	2757.04	11.43	166.29	0.69
Elevación	7442.17	30.86	7954.08	32.99	2712.15	11.25	5833.56	24.19	171.99	0.71
pH	6423.90	26.64	15842.86	65.70	1675.19	6.95	0.00	0.00	171.99	0.71

PIURA										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	0.00	0.00	34100.41	94.55	0.00	0.00	0.00	0.00	1964.65	5.45
Temperatura	7626.80	21.15	24370.27	67.57	2103.35	5.83	0.00	0.00	1964.65	5.45
Textura	8613.62	23.88	6199.00	17.19	20479.16	56.78	305.33	0.85	467.95	1.30
Humedad Relativa	0.00	0.00	8848.2	24.53	25282.46	70.1	0.00	0.00	1934.4	5.36
Pendiente	21531.74	59.70	5429.49	15.05	4954.70	13.74	2204.21	6.11	1944.92	5.39
Elevación	25637.65	71.09	4892.04	13.56	3522.71	9.77	51.19	0.14	1961.48	5.44
pH	0.06	0.00	3067.94	8.51	15377.66	42.64	0.00	0.00	17619.40	48.85

PUNO										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	8319.42	12.24	52713.57	77.56	3626.54	5.34	945.26	1.39	2358.02	3.47
Temperatura	7028.75	10.34	6593.57	9.70	14035.82	20.65	37946.65	55.83	2358.02	3.47
Textura	5435.27	8.00	13875.31	20.42	46617.94	68.59	794.69	1.17	1239.60	1.82
Humedad Relativa	0.00	0.00	3511.85	5.17	23743.11	34.94	38389.61	56.49	2318.26	3.41
Pendiente	21301.40	31.34	26556.68	39.08	12259.99	18.04	5496.58	8.09	2348.16	3.46
Elevación	6124.01	9.01	6764.52	9.95	3025.80	4.45	49690.47	73.11	2358.02	3.47
pH	3043.84	4.48	14530.99	21.38	48025.17	70.66	0.00	0.00	2362.82	3.48

SAN MARTIN										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Precipitación	20089.14	39.42	30214.86	59.29	395.56	0.78	0.00	0.00	261.70	0.51
Temperatura	12908.77	25.33	33201.55	65.15	4485.80	8.80	103.44	0.20	261.70	0.51
Textura	110.95	0.22	35212.71	69.10	15289.58	30.00	348.02	0.68	0.00	0.00
Humedad Relativa	1889.77	3.71	48825.23	95.81	0.00	0.00	0.00	0.00	246.26	0.48
Pendiente	13508.41	26.51	19715.03	38.69	11535.08	22.63	5949.11	11.67	253.63	0.50
Elevación	21553.45	42.29	21906.24	42.99	5723.78	11.23	1516.09	2.97	261.70	0.51
pH	12377.80	24.29	38074.84	74.71	246.92	0.48	0.00	0.00	261.70	0.51

TACNA										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Precipitación	0.00	0.00	15538.53	96.61	0.00	0.00	0.00	0.00	544.54	3.39
Temperatura	8001.54	49.75	0.00	0.00	3017.71	18.76	4519.27	28.10	544.54	3.39
Textura	14106.93	87.71	1.74	0.01	1556.84	9.68	146.91	0.91	270.66	1.68
Humedad Relativa	0.00	0.00	2216.2	13.78	4340.35	26.99	8991.21	55.9	535.32	3.33
Pendiente	6453.88	40.13	5630.46	35.01	2651.69	16.49	803.29	4.99	543.76	3.38
Elevación	4348.45	27.04	3521.54	21.90	2629.21	16.35	5040.28	31.34	543.58	3.38
pH	0.00	0.00	0.00	0.00	6534.11	40.63	0.00	0.00	9548.96	59.37

TUMBES										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Precipitación	0.00	0.00	4405.36	93.93	0.00	0.00	0.00	0.00	284.90	6.07
Temperatura	231.79	4.94	4173.57	88.98	0.00	0.00	0.00	0.00	284.90	6.07
Textura	6.89	0.15	778.31	16.59	3666.35	78.17	51.00	1.09	187.72	4.00
Humedad Relativa	436.42	9.3	3976.28	84.78	0.00	0.00	0.00	0.00	277.57	5.92
Pendiente	2644.59	56.38	1499.08	31.96	242.40	5.17	23.13	0.49	281.06	5.99
Elevación	4187.19	89.27	220.46	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	282.60	6.03
pH	0.00	0.00	43.74	0.93	4132.60	88.11	0.00	0.00	513.91	10.96

UCAYALI										
Subcriterio	Altamente adecuado		Moderadamente adecuado		Marginalmente adecuado		No adecuado		No clasificado	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Precipitación	96982.17	92.06	776.81	0.74	5108.23	4.85	786.31	0.75	1688.24	1.60
Temperatura	1937.17	1.84	101716.36	96.56	0.00	0.00	0.00	0.00	1688.24	1.60
Textura	1.44	0.00	69269.83	65.76	34867.18	33.10	590.95	0.56	612.36	0.58
Humedad Relativa	39449.19	37.45	64097.72	60.85	128.74	0.12	0.00	0.00	1666.15	1.58
Pendiente	95424.51	90.59	5537.59	5.26	2060.20	1.96	652.29	0.62	1667.18	1.58
Elevación	98882.21	93.87	4764.59	4.52	6.72	0.01	0.00	0.00	1688.24	1.60
pH	76455.62	72.58	27190.59	25.81	6.22	0.01	2.47	0.00	1686.87	1.60

Anexo 3. Matrices originales realizadas, encuestas a profesionales.

Código: G-01

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					x					Precipitación
Temperatura			x							Humedad relativa
Temperatura					x					Pendiente
Temperatura					x					Elevación
Temperatura					x					pH (Suelo)
Temperatura			x							Textura
Precipitación			x							Humedad relativa
Precipitación					x					Pendiente
Precipitación				x						Elevación
Precipitación					x					pH (Suelo)
Precipitación		x								Textura
Humedad relativa					x					Pendiente
Humedad relativa					x					Elevación
Humedad relativa							x			pH (Suelo)
Humedad relativa			x							Textura
Pendiente		x								Elevación
Pendiente						x				pH (Suelo)
Pendiente			x							Textura
Elevación						x				pH (Suelo)
Elevación				x						Textura
pH (Suelo)				x						Textura

Código: G-02

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					x					Precipitación
Temperatura						x				Humedad relativa
Temperatura									x	Pendiente
Temperatura						x				Elevación
Temperatura								x		pH (Suelo)
Temperatura									x	Textura
Precipitación						x				Humedad relativa
Precipitación								x		Pendiente
Precipitación					x					Elevación
Precipitación								x		pH (Suelo)
Precipitación								x		Textura
Humedad relativa								x		Pendiente
Humedad relativa		x								Elevación
Humedad relativa								x		pH (Suelo)
Humedad relativa								x		Textura
Pendiente				x						Elevación
Pendiente		x								pH (Suelo)
Pendiente		x								Textura
Elevación		x								pH (Suelo)
Elevación								x		Textura
pH (Suelo)		x								Textura

Código: G-03

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					X					Precipitación
Temperatura					X					Humedad relativa
Temperatura					X					Pendiente
Temperatura					X					Elevación
Temperatura			X							pH (Suelo)
Temperatura					X					Textura
Precipitación					X					Humedad relativa
Precipitación					X					Pendiente
Precipitación				X						Elevación
Precipitación					X					pH (Suelo)
Precipitación					X					Textura
Humedad relativa					X					Pendiente
Humedad relativa					X					Elevación
Humedad relativa					X					pH (Suelo)
Humedad relativa						X				Textura
Pendiente				X						Elevación
Pendiente								X		pH (Suelo)
Pendiente					X					Textura
Elevación			X							pH (Suelo)
Elevación						X				Textura
pH (Suelo)					X					Textura

Código: G-04

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura							x			Precipitación
Temperatura								X		Humedad relativa
Temperatura				X						Pendiente
Temperatura			X							Elevación
Temperatura				X						pH (Suelo)
Temperatura						X				Textura
Precipitación						X				Humedad relativa
Precipitación			x							Pendiente
Precipitación								X		Elevación
Precipitación			X							pH (Suelo)
Precipitación						X				Textura
Humedad relativa							X			Pendiente
Humedad relativa			X							Elevación
Humedad relativa	X									pH (Suelo)
Humedad relativa							X			Textura
Pendiente								X		Elevación
Pendiente				X						pH (Suelo)
Pendiente							X			Textura
Elevación				X						pH (Suelo)
Elevación						X				Textura
pH (Suelo)					X					Textura

Código: G-05

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					X					Precipitación
Temperatura					X					Humedad relativa
Temperatura			X							Pendiente
Temperatura							X			Elevación
Temperatura					X					pH (Suelo)
Temperatura					X					Textura
Precipitación						X				Humedad relativa
Precipitación			X							Pendiente
Precipitación								X		Elevación
Precipitación							X			pH (Suelo)
Precipitación							X			Textura
Humedad relativa			X							Pendiente
Humedad relativa						X				Elevación
Humedad relativa						X				pH (Suelo)
Humedad relativa						X				Textura
Pendiente						X				Elevación
Pendiente						X				pH (Suelo)
Pendiente							X			Textura
Elevación				X						pH (Suelo)
Elevación				X						Textura
pH (Suelo)				X						Textura

Código: G-06

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					X					Precipitación
Temperatura			X							Humedad relativa
Temperatura					X					Pendiente
Temperatura					X					Elevación
Temperatura			X							pH (Suelo)
Temperatura					X					Textura
Precipitación					X					Humedad relativa
Precipitación					X					Pendiente
Precipitación				X						Elevación
Precipitación					X					pH (Suelo)
Precipitación						X				Textura
Humedad relativa					X					Pendiente
Humedad relativa				X						Elevación
Humedad relativa					X					pH (Suelo)
Humedad relativa						X				Textura
Pendiente				X						Elevación
Pendiente					X					pH (Suelo)
Pendiente					X					Textura
Elevación							X			pH (Suelo)
Elevación						X				Textura
pH (Suelo)					X					Textura

Código: G-07

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura		X								Precipitación
Temperatura						X				Humedad relativa
Temperatura				X						Pendiente
Temperatura					X					Elevación
Temperatura			X							pH (Suelo)
Temperatura						X				Textura
Precipitación					X					Humedad relativa
Precipitación			X							Pendiente
Precipitación				X						Elevación
Precipitación			X							pH (Suelo)
Precipitación			X							Textura
Humedad relativa			X							Pendiente
Humedad relativa			X							Elevación
Humedad relativa				X						pH (Suelo)
Humedad relativa			X							Textura
Pendiente				X						Elevación
Pendiente						X				pH (Suelo)
Pendiente						X				Textura
Elevación						X				pH (Suelo)
Elevación						X				Textura
pH (Suelo)			X							Textura

Código: G-08

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					X					Precipitación
Temperatura				X						Humedad relativa
Temperatura							X			Pendiente
Temperatura			X							Elevación
Temperatura								X		pH (Suelo)
Temperatura						X				Textura
Precipitación				X						Humedad relativa
Precipitación	X									Pendiente
Precipitación							X			Elevación
Precipitación					X					pH (Suelo)
Precipitación					X					Textura
Precipitación					X					Pendiente
Humedad relativa				X						Elevación
Humedad relativa						X				pH (Suelo)
Humedad relativa							X			Textura
Humedad relativa			X							Elevación
Pendiente						X				pH (Suelo)
Pendiente				X						Textura
Pendiente							X			pH (Suelo)
Elevación						X				Textura
Elevación										Textura
pH (Suelo)			X							Textura

Código: G-09

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura						X				Precipitación
Temperatura			X							Humedad relativa
Temperatura					X					Pendiente
Temperatura					X					Elevación
Temperatura			X							pH (Suelo)
Temperatura					X					Textura
Precipitación								X		Humedad relativa
Precipitación	X									Pendiente
Precipitación				X						Elevación
Precipitación					X					pH (Suelo)
Precipitación					X					Textura
Humedad relativa				X						Pendiente
Humedad relativa		X								Elevación
Humedad relativa					X					pH (Suelo)
Humedad relativa				X						Textura
Pendiente		X								Elevación
Pendiente								X		pH (Suelo)
Pendiente					X					Textura
Elevación			X							pH (Suelo)
Elevación						X				Textura
pH (Suelo)					X					Textura

Código: G-10

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura				x						Precipitación
Temperatura			x							Humedad relativa
Temperatura					x					Pendiente
Temperatura					x					Elevación
Temperatura			X							pH (Suelo)
Temperatura					x					Textura
Precipitación					x					Humedad relativa
Precipitación			X							Pendiente
Precipitación				x						Elevación
Precipitación			X							pH (Suelo)
Precipitación			X							Textura
Humedad relativa			X							Pendiente
Humedad relativa			X							Elevación
Humedad relativa					x					pH (Suelo)
Humedad relativa						x				Textura
Pendiente				x						Elevación
Pendiente					x					pH (Suelo)
Pendiente					x					Textura
Elevación			x							pH (Suelo)
Elevación						x				Textura
pH (Suelo)					x					Textura

Código: G-11

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura				X						Precipitación
Temperatura						X				Humedad relativa
Temperatura							X			Pendiente
Temperatura						X				Elevación
Temperatura				X						pH (Suelo)
Temperatura				X						Textura
Precipitación				X						Humedad relativa
Precipitación			X							Pendiente
Precipitación					X					Elevación
Precipitación					X					pH (Suelo)
Precipitación							X			Textura
Humedad relativa				X						Pendiente
Humedad relativa			X							Elevación
Humedad relativa				X						pH (Suelo)
Humedad relativa							X			Textura
Pendiente					X					Elevación
Pendiente					X					pH (Suelo)
Pendiente				X						Textura
Elevación							X			pH (Suelo)
Elevación				X						Textura
pH (Suelo)						X				Textura

Código: G-12

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura				X						Precipitación
Temperatura				X						Humedad relativa
Temperatura			X							Pendiente
Temperatura				X						Elevación
Temperatura						X				pH (Suelo)
Temperatura					X					Textura
Precipitación					X					Humedad relativa
Precipitación					X					Pendiente
Precipitación					X					Elevación
Precipitación						X				pH (Suelo)
Precipitación				X						Textura
Humedad relativa							X			Pendiente
Humedad relativa							X			Elevación
Humedad relativa				X						pH (Suelo)
Humedad relativa					X					Textura
Pendiente			X							Elevación
Pendiente				X						pH (Suelo)
Pendiente							X			Textura
Elevación			X							pH (Suelo)
Elevación				X						Textura
pH (Suelo)					X					Textura

Código: G-13

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura			x							Precipitación
Temperatura		x								Humedad relativa
Temperatura		x								Pendiente
Temperatura		x								Elevación
Temperatura		x								pH (Suelo)
Temperatura				x						Textura
Precipitación						X				Humedad relativa
Precipitación					X					Pendiente
Precipitación			X							Elevación
Precipitación		x								pH (Suelo)
Precipitación				X						Textura
Humedad relativa				x						Pendiente
Humedad relativa			x							Elevación
Humedad relativa					X					pH (Suelo)
Humedad relativa						x				Textura
Pendiente					X					Elevación
Pendiente				X						pH (Suelo)
Pendiente						X				Textura
Elevación				X						pH (Suelo)
Elevación				X						Textura
pH (Suelo)					X					Textura

Código: G-14

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura				X	x					Precipitación
Temperatura			x							Humedad relativa
Temperatura					x					Pendiente
Temperatura					x					Elevación
Temperatura			x							pH (Suelo)
Temperatura					x					Textura
Precipitación					X					Humedad relativa
Precipitación					x					Pendiente
Precipitación						x				Elevación
Precipitación					x					pH (Suelo)
Precipitación					x					Textura
Humedad relativa				x						Pendiente
Humedad relativa				X						Elevación
Humedad relativa					x					pH (Suelo)
Humedad relativa						x				Textura
Pendiente				x						Elevación
Pendiente					x					pH (Suelo)
Pendiente					X					Textura
Elevación							X			pH (Suelo)
Elevación						x				Textura
pH (Suelo)					x					Textura

Código: G-15

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					x					Precipitación
Temperatura			x							Humedad relativa
Temperatura					x					Pendiente
Temperatura					x					Elevación
Temperatura				X						pH (Suelo)
Temperatura			x							Textura
Precipitación					X					Humedad relativa
Precipitación		x								Pendiente
Precipitación						x				Elevación
Precipitación					x					pH (Suelo)
Precipitación					x					Textura
Humedad relativa					x					Pendiente
Humedad relativa				X						Elevación
Humedad relativa					x					pH (Suelo)
Humedad relativa						x				Textura
Pendiente		x								Elevación
Pendiente					X					pH (Suelo)
Pendiente					x					Textura
Elevación				X						pH (Suelo)
Elevación						x				Textura
pH (Suelo)					x					Textura

Código: G-16

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					x					Precipitación
Temperatura			x							Humedad relativa
Temperatura					x					Pendiente
Temperatura					x					Elevación
Temperatura			x							pH (Suelo)
Temperatura					x					Textura
Precipitación	x									Humedad relativa
Precipitación	x									Pendiente
Precipitación				X						Elevación
Precipitación					x					pH (Suelo)
Precipitación					x					Textura
Humedad relativa	x									Pendiente
Humedad relativa	x									Elevación
Humedad relativa					x					pH (Suelo)
Humedad relativa						x				Textura
Pendiente	x									Elevación
Pendiente					X					pH (Suelo)
Pendiente					x					Textura
Elevación			x							pH (Suelo)
Elevación						x				Textura
pH (Suelo)					x					Textura

Código: G-17

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					X					Precipitación
Temperatura				X						Humedad relativa
Temperatura				X						Pendiente
Temperatura				X						Elevación
Temperatura						X				pH (Suelo)
Temperatura					X					Textura
Precipitación				X						Humedad relativa
Precipitación					x					Pendiente
Precipitación						x				Elevación
Precipitación							X			pH (Suelo)
Precipitación						x				Textura
Humedad relativa					X					Pendiente
Humedad relativa				X						Elevación
Humedad relativa				X						pH (Suelo)
Humedad relativa				X						Textura
Pendiente					x					Elevación
Pendiente						X				pH (Suelo)
Pendiente						X				Textura
Elevación					X					pH (Suelo)
Elevación					X					Textura
pH (Suelo)					X					Textura

Código: G-18

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Temperatura					x					Precipitación
Temperatura			x							Humedad relativa
Temperatura					x					Pendiente
Temperatura					x					Elevación
Temperatura			x							pH (Suelo)
Temperatura					x					Textura
Precipitación				X						Humedad relativa
Precipitación		x								Pendiente
Precipitación				X						Elevación
Precipitación					x					pH (Suelo)
Precipitación					x					Textura
Humedad relativa		x								Pendiente
Humedad relativa			x							Elevación
Humedad relativa					x					pH (Suelo)
Humedad relativa						x				Textura
Pendiente		x								Elevación
Pendiente		x								pH (Suelo)
Pendiente					x					Textura
Elevación			x							pH (Suelo)
Elevación						x				Textura
pH (Suelo)					x					Textura