



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS DEL  
RECURSO BIOLÓGICO CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA ZONA DE  
INTAG, CANTÓN COTACACHI.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO  
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORES: RODRÍGUEZ NARVÁEZ RIKI GUSTAVO  
SÁNCHEZ OÑA JUAN CARLOS**

**DIRECTOR:**  
Ing. Telmo Fernando Basantes Vizcaíno MSc.

**FEBRERO 2023**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hacemos la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>		
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1752327930	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Rodríguez Narváez Riki Gustavo	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra – Imbabura	
<b>EMAIL:</b>	rgrodrigurzn@utn.edu.ec	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0963657895

<b>DATOS DE CONTACTO</b>		
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1004457378	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Sánchez Oña Juan Carlos	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Otavalo - Imbabura	
<b>EMAIL:</b>	jcsanchezo@utn.edu.ec	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0958935968

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS DEL RECURSO BIOLÓGICO CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> L.)

	EN LA ZONA DE INTAG, CANTÓN COTACACHI.
<b>AUTORES:</b>	Rodríguez Narváez Riki Gustavo Sánchez Oña Juan Carlos
<b>FECHA:</b>	15 de febrero de 2023
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Fernando Basantes MSc

## 2. CONSTANCIAS

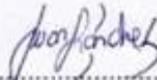
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y son titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldremos en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de febrero de 2023

LOS AUTORES:



Rodríguez Narváez Riki Gustavo  
C.I.: 1752327930



Sánchez Oña Juan Carlos  
C.I.: 1004457378



**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Ibarra, 13 febrero 2023.

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS DEL RECURSO BIOLÓGICO CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA ZONA DE INTAG, CANTÓN COTACACHI.", de autoría de los señores RODRÍGUEZ NARVÁEZ RIKI GUSTAVO y SÁNCHEZ OÑA JUAN CARLOS, estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que los autores han procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

MSc. Fernando Basantes  
**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

FIRMA  
  
 .....

MSc. Tania Oña  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

.....

Dra. Doris Chalampunte  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

.....

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento especial a la Universidad Técnica del Norte y a la Carrera de Recursos Naturales Renovables, especialmente a todo el cuerpo docente, administrativo y estudiantil por todo aquello que nos enseñaron durante todos estos años.

A nuestro director, magister Fernando Basantes por su apoyo, tiempo y conocimientos impartidos durante el presente trabajo de titulación. A nuestras asesoras Msc. Tania Oña y Dra. Doris Chalampunte, por su tiempo brindado y por los consejos que permitieron mejorar nuestro trabajo. Al Ing. Oscar Rosales quien nos brindó su ayuda cuando la solicitamos.

A nuestros compañeros tesisistas quienes nos brindaron su apoyo y sincera amistad. A nuestros amigos y familiares que siempre estuvieron pendientes de nosotros. Especialmente a nuestros padres, quienes se han convertido en un ejemplo a seguir para nosotros.

A las distintas asociaciones de caficultores de Intag APCI & ACRII, quienes nos acogieron de la mejor manera permitiéndonos llevar a cabo la realización de nuestro trabajo de titulación.

*Riki Gustavo Rodríguez Narváez – Juan Carlos Sánchez Oña*

## **DEDICATORIA**

En primera y única instancia este logro va dedicado al ser que me dio la vida, mi madre, Mariana Esmeralda Narváez Hernández, quien ha estado siempre presente en cada una de mis realizaciones como ser humano y nunca me ha dejado de motivar y apoyar en todos los sentidos, más aún en esta carrera, que fue la persona que muchas veces me brindó la fuerza y motivación necesaria para culminar y no desertar en la realización de esta meta.

*Riki Gustavo Rodríguez Narváez*

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mis padres Ramiro y Jenny, quienes me han apoyado desde el inicio de esta etapa, han estado siempre pendientes, apoyándome, me siento orgulloso de contar con ellos y de que tenerles como un ejemplo a seguir.

A mis hermanos Belén y Rami que me han acompañado siempre y a quienes aprecio tanto y a Migue que se ha convertido prácticamente en un hermano mayor para mí, a mis abuelos, tíos, primos y demás familia en general por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mi grupo de amigos, el clan “Simbaña Rosero”, con quienes he compartido grandes momentos en todos estos años, a mi mejor amigo Riki, compañero de tesis de quien he aprendido tanto, a Sebastián que me inspira a ser mejor persona cada día, y quien siempre me recuerda todo lo que puedo lograr y a todos los que de alguna u otra forma me han ayudado en este camino.

*Juan Carlos Sánchez Oña*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA .....	iv
DEDICATORIA .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
Resumen.....	xi
Abstract .....	13
CAPITULO I INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. Revisión de Antecedentes .....	14
1.2. Problema de Investigación y Justificación.....	17
1.3. Preguntas Directrices de la Investigación .....	19
1.4. Objetivos .....	19
1.4.1. Objetivo General .....	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA .....	20
2.1. Marco Teórico Referencial .....	20
2.1.1. Agroecología.....	20
2.1.2. Sistemas de Información Geográfica SIG.....	20
2.1.3. Zonificación Agroecológica.....	21
2.1.4. Aptitud Agroclimática.....	21
2.1.5. Recursos Biológicos.....	23
2.1.6. Café ( <i>Coffea arabica</i> L.).....	24
2.1.7. Requerimientos agroecológicos del cultivo de café.....	24
2.2. Marco Legal .....	26
2.2.1. Constitución del Ecuador .....	26
2.2.2. Reglamento al Código Orgánico Del Ambiente .....	26
2.2.3. Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura .....	26
2.2.4. Objetivos del Plan Nacional de Creación de Oportunidades 2021 -2025 .....	27

2.2.5. Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	28
CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....	29
3.1. Descripción del Área de Estudio.....	29
3.2. Métodos.....	30
3.2.1. Identificación de Condiciones Agroecológicas Actuales del Cultivo de Café .....	30
3.2.2. Zonificación Agroecológica de Zonas Óptimas para <i>Coffea arabica</i> L. .....	35
3.2.3. Implementación de Estrategias de Control y Manejo Agroecológico para <i>Coffea arabica</i> L. ....	41
3.3. Materiales y Equipos.....	43
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1. Condiciones Agroecológicas Actuales de <i>Coffea arabica</i> L., Zona de Intag .....	44
4.1.1. Manejo Agroecológico.....	44
4.1.2. Materia Orgánica.....	46
4.1.3. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE).....	47
4.1.4. Área, Producción y Rendimiento .....	48
4.1.5. Sinergias .....	49
4.1.6. Diversidad de Plantas Cultivadas.....	50
4.1.7. Análisis Físicos y Químicos del Suelo.....	51
4.1.8. Análisis Biológico del Suelo.....	53
4.2. Zonas Óptimas de <i>Coffea arabica</i> L. en la Zona de Intag .....	55
4.2.1. Zonificación Edáfica .....	55
4.2.2. Zonificación Climática.....	60
4.4.3. Zonificación Agroecológica.....	67
4.3. Estrategias de Manejo Agroecológico para <i>Coffea arabica</i> L., Zona de Intag .....	70
4.3.1. Estrategias de Manejo Agroecológico para la Zona Marginal.....	70
4.3.2 Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades .....	71
Capítulo V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	73
5.1. Conclusiones .....	73
5.2. Recomendaciones.....	74

Referencias.....	75
Anexos.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía de la especie <i>Coffea arabica</i> L.....	24
<b>Tabla 2.</b> Requerimientos agroecológicos para el cultivo de Café en el Ecuador .	25
<b>Tabla 3.</b> Factores tomados en cuenta para la zonificación edáfica .....	36
<b>Tabla 4.</b> Valoración y rango para la aptitud edáfica .....	37
<b>Tabla 5.</b> Factores tomados en cuenta para la zonificación climática .....	37
<b>Tabla 6.</b> Valoración y rango para la aptitud climática .....	38
<b>Tabla 7.</b> Estaciones meteorológicas utilizadas para el factor de precipitación ....	38
<b>Tabla 8.</b> Estaciones meteorológicas utilizadas para el factor de temperatura .....	39
<b>Tabla 9.</b> Zonificación en función de la disponibilidad climática y edáfica.....	41
<b>Tabla 10.</b> Zonificación Agroecológica.....	41
<b>Tabla 11.</b> Equipos y Materiales.....	43
<b>Tabla 12.</b> Concentración de Nutrientes en Fertilizantes Químicos.....	47
<b>Tabla 13.</b> Lugares de muestreo según los tres tipos de suelo presentes en la Zona de Intag, 2022.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Tabla 14.</b> Resultados del Índice de Sorensen.....	54
<b>Tabla 15.</b> Valoración de la aptitud edáfica, Zona de Intag, 2022 .....	58
<b>Tabla 16.</b> Área y porcentajes de zonificación edáfica en la Zona de Intag, 2022	60
<b>Tabla 17.</b> Temperaturas medias anuales de un período de 10 años, Zona de Intag .....	62
<b>Tabla 18.</b> Valoración de la aptitud climática, Zona de Intag, 2022 .....	66
<b>Tabla 19.</b> Área y porcentajes de zonificación climática en la Zona de Intag, 2022 .....	67
<b>Tabla 20.</b> Valoración agroecológica según el cruce de aptitudes .....	67
<b>Tabla 21.</b> Área y porcentajes de zonificación agroecológica en la Zona de Intag, 2022.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de Ubicación de la Zona de Intag, Cotacachi, 2022 .....	29
<b>Figura 2.</b> Mapa de tipos de suelo, Zona de Intag, 2022 .....	32
<b>Figura 3.</b> Puntos donde se tomaron las muestras de suelo, Zona de Intag, 2022. 33	
<b>Figura 4.</b> Exponente y umbral de priorización para las estaciones, software CHAC .....	39
<b>Figura 5.</b> Cultivos asociados a la producción de <i>Coffea arabica</i> L. - Zona de Intag, 2022.....	44
<b>Figura 6.</b> Fertilización en cultivos de <i>Coffea arabica</i> L. - Zona de Intag, 2022..	46
<b>Figura 7.</b> Tipo de Control de Enfermedades - Zona de Intag, 2022 .....	48
<b>Figura 8.</b> Variedades cultivadas de <i>Coffea arabica</i> L. - Zona de Intag, 2022 .....	50
<b>Figura 9.</b> Resultados obtenidos del Análisis del Laboratorio .....	52
<b>Figura 10.</b> Macroinvertebrados presentes en suelos, Zona de Intag, 2022 .....	53
<b>Figura 11.</b> Aptitud factor pendiente, Zona de Intag, 2022.....	55
<b>Figura 12.</b> Aptitud factor textura, Zona de Intag, 2022 .....	56
<b>Figura 13.</b> Aptitud factor profundidad, Zona de Intag, 2022.....	57
<b>Figura 14.</b> Aptitud factor pH, Zona de Intag, 2022.....	57
<b>Figura 15.</b> Zonificación edáfica de la zona de Intag, 2022.....	59
<b>Figura 16.</b> Altitud en la Zona de Intag, 2022 .....	60
<b>Figura 17.</b> Aptitud de Altitud en la Zona de Intag, 2022.....	61
<b>Figura 18.</b> Figura 18. Precipitación en la Zona de Intag, 2022.....	61
<b>Figura 19.</b> Aptitud de Precipitación en la Zona de Intag, 2022 .....	62
<b>Figura 20.</b> Factor de Correlación de Temperatura, Zona de Intag, 2022.....	63
<b>Figura 21.</b> Temperatura, Zona de Intag, 2022.....	64
<b>Figura 22.</b> Aptitud de temperatura, Zona de Intag, 2022.....	65
<b>Figura 23.</b> Zonificación Climática de la Zona de Intag, 2022 .....	66
<b>Figura 24.</b> Zonificación Agroecológica Zona de Intag, 2022.....	68
<b>Figura 25.</b> Zonificación Agroecológica con productores de <i>Coffea arabica</i> L. Zona de Intag, 2022.....	69

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS DEL**  
**RECURSO BIOLÓGICO CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA ZONA DE**  
**INTAG, CANTÓN COTACACHI.**

Trabajo de titulación

Rodríguez Riki, Sánchez Juan Carlos

**Resumen**

Los sistemas agroforestales combinan diferentes tipos de cultivos y plantas forestales y frutales, capaces de coexistir, creando sinergias entre sí y aumentando a la vez la producción de manera eficiente. La zona de Intag se caracteriza por presentar este tipo de sistemas de producción en los cultivos de café, sin embargo, existe un déficit de manejo agroecológico en los mismos, por lo tanto, el estudio busca evaluar las características agroecológicas del recurso biológico café, en la zona. La metodología empleada para la caracterización se basó en una serie de actividades, empezando por la recopilación de información de manera directa mediante una encuesta estructurada a los caficultores, un muestreo de suelo con análisis físicos, químicos y biológicos, la zonificación de tipo agroecológica mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica, a través del software ArcGis 10.8, así como también mediante la búsqueda y propuesta de estrategias de manejo agroecológico. Entre los resultados principales se identificó que no existe una diferencia significativa en el tipo de manejo de los cultivos, ya que existen productores de tipo convencional y de tipo orgánico. Así también se constató que los cultivos de café en su mayoría están estructurados como policultivos, existiendo diversas asociaciones con especies como el plátano, guaba, cítricos, yuca aliso y morocho. Para finalizar se identificó que la mayor parte del territorio de Intag posee

áreas aptas para la producción de café, destacándose principalmente las zonas óptimas con un total de 510.9 Ha, las áreas moderadas 41 492.9 Ha, y las zonas marginales 63 073 Ha.

**Palabras clave:** Zonificación, Sistemas Agroforestales, Policultivos, Agroecología, SIG.

## **Abstract**

Agroforestry systems combine different types of crops and plants (forest and fruit) capable of coexisting, creating synergies with each other and increasing production efficiently at the same time. The Intag area is characterized by presenting this type of production systems in coffee crops, however, there is a deficit of agroecological management in them, therefore, the study seeks to evaluate the agroecological characteristics of the coffee biological resource, in area. The methodology used for the characterization was based on a series of activities, beginning with the collection of information directly through a structured survey of coffee growers, a soil sample with physical, chemical and biological analyses, an agroecological zoning through the use of Geographic Information Systems, through the ArcGis 10.8 software, as well as through the search and proposal of agroecological management strategies. Among the main results, it was identified that there is no significant difference in the type of crop management, since there are conventional and organic producers. Thus, it was also found that coffee crops are mostly structured as polycultures, with various associations with species such as banana, guava, citrus, cassava, alder and morocho. Finally, it was identified that most of the territory of Intag has areas suitable for coffee production, mainly highlighting the optimal areas with a total of 510.9 Ha, moderate areas 41,492.9 Ha, and marginal areas 63,073 Ha.

**Keywords:** Zoning, Agroforestry Systems, Polycultures, Agroecology, GIS

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Revisión de Antecedentes

Se denomina café a la bebida preparada por infusión a partir de las semillas del fruto de las plantas de café, debidamente procesadas y tostadas, esta bebida se caracteriza por un agradable aroma y sabor, además es consumido ampliamente a nivel mundial (Gotteland, 2007). El café como planta pertenece a la familia de las rubiáceas (Rubiaceae), grupo que engloba unos 500 géneros y más de 6 000 especies, la mayoría árboles y arbustos tropicales, el género *Coffea* tiene más de 100 especies (Rojo 2014). No obstante, hay cuatro especies, que se cultivan ampliamente y constituyen los cafés del comercio: café arábigo (*C. arabica* L.), café robusta (*C. canephora*), café liberiano (*C. liberica*), y café excelso (*C. excelsa* A.); sin embargo, la especie económicamente más importante de café es *Coffea arabica* L. (Figuerola et al., 2016).

En cuanto a la producción a nivel mundial, debido a las características de la planta, la producción está acotada a los límites geográficos, comprendidos por los Trópicos de Cáncer y Capricornio, de tal forma que el café se cultiva en más de 70 países (AMECAFE, 2012, citado por Villano, 2021). Los principales productores de dicho recurso a nivel global son los países de Brasil, Vietnam y Colombia, mientras que a nivel regional en Sudamérica el Ecuador al igual que Venezuela ocupan el cuarto puesto de producción, antecedidos por Perú, Colombia y Brasil (Organización Internacional del Café, 2021). Además, según la base de datos *FAOSTAT* de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el Ecuador produce 5280 toneladas de café verde y abarca un área total de 29909 has cosechadas (FAO, 2020).

De igual manera a nivel global, desde el punto de vista económico, Castro (2020), menciona que el café es un mercado en expansión, el aumento de la demanda de café en estos últimos 30 años dio lugar a la expansión de la producción y exportación del producto. La producción mundial de café (en volumen) aumentó más de un 60% desde la década de 1990 y la proporción de Arábica y Robusta fue

más o menos de 60/40 (OIC, 2021). En todo el mundo se producen alrededor de 7.7 millones de toneladas de café pergamino al año, de las cuales el 85% se produce en Latinoamérica y el promedio del rendimiento mundial se estima en 0.7 t/ha (OIC, 2019, como se citó en Muñoz et al., 2021). Cabe mencionar también que de igual manera la FAO rectifica lo expuesto ya que menciona que a nivel global, en los últimos 20 años, la producción se ha incrementado cerca del 43.8%, llegando a considerar al café como uno de los agroproductos tropicales más comercializados en todo el mundo (FAOSTAT, 2021, como se citó en Parada et al., 2022). No obstante, Castro (2020), menciona que a nivel mundial los caficultores tienen limitada intervención en las estructuras de su cadena de valor, por lo cual, el productor ve restringida su competencia en el mercado internacional, debido a los escasos incentivos y precios bajos, siendo factores que limita su producción.

Según Mantuano et al. (2022), el café es uno de los productos que mayormente se comercializan en todo el mundo, los autores indican que se cultiva en más de 50 países, ya que es un artículo de gran popularidad que se utiliza como bebida, además menciona que la especie más importante corresponde a *Coffea arabica* L., la cual representa alrededor de un 85% de la producción mundial, así mismo Figueroa et al. (2016), consideran que esta especie es la que se produce a mayor ritmo en toda Latinoamérica. Velásquez (2016), recalca que su alta producción se debe a la cantidad de variedad de servicios ecosistémicos que presenta esta especie. A pesar de que existen más de mil variedades, el café colombiano conocido como “Arábica Lavado”, es el que corresponde al de más alta calidad (Echeverría et al., 2005).

En cuanto a nivel nacional, según Castro (2020), el Ecuador es uno de los pocos países del mundo que exporta en mayor cantidad las variedades de café arábigo y robusta, esto se debe a su ubicación geográfica y la disponibilidad de suelos apropiados para el cultivo, debido a esto se ubica como uno de los mejores productores en América del Sur y este sector productivo involucra a casi 200 000 ecuatorianos, aportando cerca del 3% al Producto Interno Bruto. De tal forma que, en el Ecuador *Coffea arabica* L., posee una amplia adaptabilidad a los distintos ecosistemas de las cuatro regiones (Costa, Sierra, Amazonía e Islas Galápagos), ya

que se cultiva desde altitudes cercanas al nivel del mar hasta los 2 000 msnm, siendo las principales variedades arábicas cultivadas en el Ecuador: Típica, Caturra, Bourbon, Pacas, Catuaí, Catimor y Sarchimor (Gualotuña 2016, citado por Saona 2021). Además, según Mendoza (2020), la importancia social del café trabaja en conjunto con la economía ya que es posible la generación de empleo para 105 000 familias de productores; así como para 700 000 familias adicionales que son vinculadas en los procesos de la industria, comercio, transporte y exportación.

La importancia de este tipo de estudios ha despertado el interés de investigadores desde hace varios años atrás, Según Fernández (2010), con el desarrollo de la tecnología, a partir de los mediados de los 80's, el manejo y el desarrollo de modelos para una serie de cultivos se ha desarrollado de una manera importante. En el 2009 en Argentina, Falasca y Bernabé, con la ayuda de los sistemas de información geográfica, elaboraron mapas según los índices agroclimáticos resultantes de su estudio, la superposición de estos ayudó a definir las distintas regiones agroclimáticas para el cultivo de moringa, así como las zonas óptimas y las no apropiadas para dicha especie. La implementación de estas tecnologías contribuye a la realización de estudios y proyectos enfocados en la planificación y conservación de recursos, ayudando a resolver problemáticas del uso del suelo, enfocándose siempre hacia una agricultura sostenible (Rivadeneira et al., 2010).

Existen varios estudios que aplican esta nueva metodología, como el de Alarcón (2021), donde utiliza la herramienta ModelBuilder perteneciente al software ArcGIS 10.8 para zonificar agroecológicamente tres tipos de cultivo presentes en la cuenca del río la Ceibas perteneciente al departamento de Huila en Colombia, el autor logró determinar una aptitud mayormente moderada gracias a la sobreposición de los componentes edáficos, climáticos y del relieve. Conocer la importancia de estas y otras variables en este tipo de estudios, fue el principal objetivo de Fernández y Huamaní (2020), quienes realizaron un análisis crítico de alrededor de 30 artículos para determinar cómo influye la zonificación agroecológica en el progreso de los cultivos sostenibles.

Otro estudio relacionado corresponde al de Guerrero y Samamé (2020), el cual fue realizado al norte del Perú, específicamente en la provincia de Mayobamba, los autores identificaron 205 963.3 hectáreas potenciales para la producción de *Coffea arabica* L., mediante un análisis multicriterio de información previa, donde se aplicó un proceso analítico jerárquico (AHP) utilizando ArcGIS 10.8. La categorización es un componente igualmente importante dentro de la zonificación, en el estudio que lleva por nombre “Zonificación edafoclimática del cultivo de cacao en el estado Chiapas”, se asignaron cuatro de estas categorías (óptima, medianamente óptima, aceptable y no apta), con las cuales se identificó un área total de 1 549 804.4 ha, cada una de estas con distintos potenciales productivos, los cuales serán utilizados en la toma de decisiones sobre la producción del café y cacao en esta zona. (Suarez et al., 2021).

Para finalizar cabe mencionar la investigación realizada por Robusta et al (2020), estudio realizado en la provincia Uigé, Angola, en el cual se analizaron los registros de las variables climáticas precipitaciones y temperaturas, para identificar las que más influyen en el desarrollo y crecimiento del café. En el estudio se aplicó el método histórico-lógico para recuperar la información sobre los requerimientos del cultivo y compararlas con las condiciones edafoclimáticas de la provincia. Se generaron los mapas de aptitud para las temperaturas y las precipitaciones a partir del uso del SIG que permitió la manipulación de las capas de información temática.

## **1.2. Problema de Investigación y Justificación**

Criollo et al. (2016), mencionan que desde los años 90 la producción de café en el Ecuador ha sufrido una vertiginosa caída que no ha podido ser recuperada hasta la fecha, se menciona además que desde 1996 que ha sido el año con mayor cantidad de hectáreas disponibles hasta el año 2013, ha habido una disminución de un 2.8%, esta baja productividad que caracteriza a los sistemas productivos de café en Ecuador se debe principalmente a la falta de conocimiento del germoplasma cultivado. De igual forma Osorio (2015), menciona que en el Ecuador prevalecen cafetales de edad avanzada, los cuales mantienen un deficiente manejo agronómico y consecuentemente una baja productividad.

Entre 2010 y 2019 las exportaciones de café como producto primario tuvieron un decrecimiento promedio anual de 20%, mientras que como producto industrializado presentaron un decrecimiento promedio de 4% (Sánchez et al., 2019). Además, de acuerdo con las cifras que arrojó el reporte de coyuntura del sector agropecuario, las condiciones de las plantaciones del país fueron calificadas como buenas por el 14% de los informantes, mientras que el 71% señaló que son normales y el 15% indicó que están malas condiciones; asimismo, los rendimientos durante el primer semestre fueron menores para el 15% de los consultados, el 80% señaló que se han mantenido sin cambios y el 5% mencionó que son mayores, estos resultados incidirían directamente en el volumen de producción, mismo que a nivel agregado experimentaría niveles decrecientes de un 2% (Banco Central del Ecuador, 2021).

De manera que el estudio busca establecer las zonas agroecológicas óptimas para la producción de *Coffea arabica* L., dentro de la zona de Intag en Cotacachi, las cuales son aquellas que presentan las condiciones y características del potencial biofísico favorables para su producción con óptimos rendimientos (González & Hernández 2016). Es decir, se busca evaluar la aptitud de los indicadores más característicos tanto climáticos como edáficos, los cuales corresponden a expresiones cuantitativas de alta relevancia para los cultivos (Reyna et al., 1997, citado por Ramírez et al., 2004). Para la identificación climática de las áreas adecuadas para dichos cultivos se consideran algunos parámetros fundamentales, tales como: la radiación solar, la temperatura, la lluvia en cantidad y su distribución a través del año, la altitud y el fotoperiodo (Soto et al., 2001 Citado por González & Hernández 2016), siendo la temperatura y la lluvia los factores más influyentes (Valencia 1988, citado por González & Hernández 2016).

Por lo tanto, mediante el uso de modelos de simulación agroecológicos que sean espacialmente explícitos, es posible obtener información sobre el rendimiento de café, que permita identificar áreas con potencial para el establecimiento de plantaciones comerciales (Gálvez et al., 2010, citado por Espinosa et al., 2016). De igual manera, se dice que los resultados de investigaciones de este tipo proporcionan herramientas técnicas para la gestión agrícola, orientados a los

diferentes usuarios y niveles de toma de decisiones, así como brindar herramientas que incorporan las limitaciones naturales y el riesgo dentro de la actividad productiva, siendo una contribución al uso ordenado del territorio, desde la perspectiva de la sustentabilidad ecológica, económica, social y ambiental (Trebejo et al., 2013).

### **1.3. Preguntas Directrices de la Investigación**

- ¿Cuáles son las características agroecológicas del recurso biológico *Coffea arabica* L. en la zona de Intag, Cotacachi?
- ¿Qué propiedades físicas, químicas y biológicas presentan los suelos de la zona de Intag?
- ¿Cuáles son las zonas óptimas para el cultivo de la especie en el área de estudio?

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Evaluar las características agroecológicas del recurso biológico café (*Coffea arabica* L.) en la zona de Intag, cantón Cotacachi.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Identificar las condiciones agroecológicas actuales del cultivo de café en el área de estudio.
- Zonificar agroecológicamente las zonas óptimas para el desarrollo de cultivo de café.
- Proponer estrategias de manejo agroecológico para promover una producción sostenible del café.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Marco Teórico Referencial**

##### ***2.1.1. Agroecología***

La agroecología es un enfoque integrado que aplica simultáneamente conceptos y principios ecológicos y sociales al diseño y la gestión de los sistemas alimentarios y agrícolas (FAO, 2018). La agroecología también se la puede definir como la ciencia que estudia la estructura y función de los agroecosistemas tanto desde el punto de vista de sus relaciones ecológicas como culturales (Pengue, 2009). El objetivo de la agroecología es proveer ambientes balanceados, rendimientos sustentables, una fertilidad del suelo biológicamente obtenida y una regulación natural de las plagas a través del diseño de agroecosistemas diversificados y el uso de tecnologías de bajos insumos (Gliessman, 2002). La agroecología emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que, además, son culturalmente sensibles y social y económicamente viables (Altieri, 2001).

##### ***2.1.2. Sistemas de Información Geográfica SIG***

Un SIG es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación (National Centre of Geographic Information and Analysis [NCGIA], 1990, citado por Espinoza, 2019). La información geográfica es un componente fundamental en un gran número de actividades de toda índole, y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son la herramienta básica para su manejo y utilización (Olaya, 2009). El término Sistema de Información Geográfica (SIG) suele aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales que constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la

investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales (Sarría, 2006).

### ***2.1.3. Zonificación Agroecológica***

En el ámbito de la planificación agrícola, la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas empleadas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura, la misma tiene como objetivo otorgar espacios a cultivos atendiendo a sus exigencias edafoclimáticas para garantizar en gran medida el crecimiento, desarrollo y rendimiento de estos (Pineda et al., 2014). Los estudios de zonificación agroecológica de cultivos desempeñan un papel muy importante en la delimitación de áreas, en las cuales es posible definir que cultivos tienen mayor potencial de producción (Córdova et al., 2004).

### ***2.1.4. Aptitud Agroclimática***

La aptitud agroclimática se refiere a aquellas exigencias y requisitos climáticos que deben tener ciertas zonas para mejorar la producción de un cultivo en específico (Salvatore et al., 2017). Por su parte, Jiménez et al. (2014), recalcan la identificación de áreas potenciales, las cuales surgen como superposición espacial de datos de variables como el suelo, el clima y los cultivos. Para poder determinar esta aptitud Baltazar et al. (2020), sugieren contar con la combinación de un enfoque agroecológico con técnicas de sistemas de información geográfica, con el fin de identificar de mejor manera las áreas con mayor potencial climático y edáfico.

Con respecto al análisis para la identificación de la cobertura del suelo Ruiz et al. (2013), realizaron una verificación en campo utilizando un diseño de muestreo y la rectificaron con la ayuda de imágenes satelitales proporcionados por geo portales online, los autores mencionan además que el cambio de uso de suelo fue cuantificado utilizando la ecuación propuesta por la FAO (1996), para poder calcular la tasa de variación anual. Es importante recalcar que los puntos de verificación que se realizan deben representar una superficie aproximada al 1% del área cartografiada (Ticona, 2011). De tal forma que según Alsina y Utrilla (2016),

las unidades morfo-edáficas o morfo-edafológicas son aquellas fracciones de territorio que poseen estructuras, dinámicas y problemáticas similares. Dicha estructura representa la organización espacial de estas unidades, las cuales se encuentran determinadas por sus límites y sus componentes.

Existen varios registros que abarcan esta temática, como el de Aranda (1995), en el cual se clasifica a los estudios agroclimáticos en preliminares y definitivos, donde los primeros otorgan una mejor visión sobre la factibilidad de los cultivos de acuerdo con la zona, mientras que los segundos ayudan a definir de mejor manera el espectro de cultivos posibles, utilizando información meteorológica diaria y mensual. Conocer los rasgos climáticos; como la temperatura, la precipitación y la humedad, en la producción de distintos cultivos, resulta fundamental para optimizar el uso racional de los recursos y lograr un buen desarrollo vegetal (García et al., 2020), además de acuerdo con Granados et al. (2004), factores como estos permiten una correcta planificación de la agricultura ya que contribuyen al conocimiento del recurso climático de la región donde se los realiza.

Las técnicas de percepción remota (PR), imágenes satelitales (Landsat, Spot, NOAA, etc.), sistemas de información geográfica (SIG) y los sistemas de posicionamiento global (GPS), son herramientas ventajosas para la metodología en este tipo de estudios, ya que ayudan a la identificación y el monitoreo de grandes áreas agrícolas donde se estima su producción, basándose en la variabilidad espacial del suelo y otros factores bioclimáticos, todo esto en conjunto con variables de campo que ayudan a relacionar de manera espacial varias fuentes de información (Abdel-Rahman y Ahmed, 2008; Salgado-García et al., 2018).

Los factores que intervienen en la exigencia bioclimática de los cultivos son generalmente representados dentro de un mapa de aptitud agroclimática (Rivera et al., 2010), de acuerdo con Santé y Crecente (2015), este mapa surge de la combinación y superposición de los mapas temáticos de aptitud climática y edáfica, dentro de los cuales se toman en cuenta las siguientes variables: temperatura,

precipitación, altitud, pendiente, pH, profundidad efectiva y pedregosidad, todo esto permite determinar tanto zonas óptimas y prioritarias para el cultivo en cuestión.

Todas estas actividades mencionadas forman parte de la Agricultura Climáticamente Inteligente, la cual es el tipo de práctica que conlleva a la optimización de medios productivos mediante la orientación de actividades necesarias para transformar los sistemas agrícolas, con el objetivo de garantizar la seguridad alimentaria para todas las personas y generaciones en el contexto de un clima cambiante (Mercado et al., 2017).

### ***2.1.5. Recursos Biológicos***

En el Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992), se definen por primera vez a los recursos biológicos como “los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones, o cualquier otro tipo del componente biótico de los ecosistemas de valor o utilidad real o potencial para la humanidad”. La importancia de dichos recursos radica en que los recursos biológicos son vitales para el desarrollo económico y social de la humanidad (Estrella et al., 2005). Por otro lado, la potestad y el acceso a estos recursos biológicos dependerá de la política y normativa de cada país, de tal forma que pueden ser tanto de los particulares como de las entidades del estado (Nemogá et al., 2009).

Además, dichos recursos biológicos se usarán o estarán incluidos a su vez dentro de la Agroecología de Cultivos que es la ciencia que está enfocada en la aplicación de la ecología dentro de los sistemas agrícolas sustentables, tomando en cuenta factores sociales, culturales, económicos y ambientales, con el fin de obtener una producción eficiente y rentable a largo plazo al mismo buscando la conservación de los ecosistemas y demás recursos biológicos (Sarandon & Flores, 2014).

### 2.1.6. *Café (Coffea arabica L.)*

*Coffea arabica* L., fue descrita por primera vez en 1753 por Linneo, es genéticamente diferente a otras especies de café, ya que es tetraploide, lo que le hace tener un total de 44 cromosomas en lugar de 22, se trata de un arbusto grande, de unos 5 metros de altura, con hojas ovaladas y de color verde oscuro brillante, la floración se produce después del periodo de lluvias, y sus flores son blancas, de aroma dulce y están dispuestas en racimo, los frutos, verdes y ovalados, se vuelven rojos cuando maduran, al cabo de 7-9 meses, cada fruto contiene habitualmente dos semillas de aspecto chato y aplanado (Waller et al., 2007, citado por Rojo, E., & Pérez, E., 2014).

**Tabla 1.** Taxonomía de la especie *Coffea arabica* L.

<b>Taxonomía</b>	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Gentianales
Familia:	Rubiaceae
Género:	<i>Coffea</i>
Especie:	<i>C. arabica</i>

El café tiene múltiples componentes, en la variedad Arábica, la cafeína comprende el 1.2% de la materia seca, 4,2% minerales, de los cuales 1.7% es potasio; 16% lípidos, 1.0% trigonelinas, 11.5% proteínas y aminoácidos, 1.4% ácidos alifáticos, 6.5% despidos (ácidos clorogénicos), 0.2% glucósidos y 58% carbohidratos (Echeverría et al., 2005).

### 2.1.7. *Requerimientos agroecológicos del cultivo de café*

Para que la aptitud agroecológica del cultivo de café sea óptima se deben considerar algunas variables de los factores clima y suelo, en la Tabla 2 se presentan los requerimientos agroecológicos utilizados en la identificación de las diferentes zonas para el cultivo de café, según el MAGAP, 2013.

**Tabla 2.** Requerimientos agroecológicos para el cultivo de café en el Ecuador

FACTOR	VARIABLE	APTITUD AGROECOLÓGICA			
		ÓPTIMA	MODERADA	MARGINAL	NO APTA
SUELO	<b>Pendiente</b>	0 a 25%	25 a 50%	50 a 70%	>70%
	<b>Textura</b>	Franco, limoso, Franco arcilloso, Franco arcillo arenoso, Franco arcillo limoso, Arcilloso, Arcillo arenoso, Arcillo limoso	Franco arenoso, Franco limoso, Arenosa, Arenoso franco	Arenosa (fina, media, gruesa)	Arcilloso (>60%)
	<b>Profundidad</b>	Profundo	Moderadamente profundo	Poco profundo	Superficial
	<b>Pedregosidad</b>	Sin	Pocas	Frecuentes	Abundantes, Pedregoso a rocoso
	<b>Drenaje</b>	Bueno	Moderado	Mal Drenado	Excesivo
	<b>Nivel freático</b>	Profundo	Medianamente profundo	Poco profundo	Superficial
	<b>pH</b>	Ligeramente ácido, Neutro	Ácido	Moderadamente alcalino	Muy ácido, Alcalino
	<b>Toxicidad</b>	Sin o nula	Ligera	Media	Alta
	<b>M.O</b>	Muy alto, Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
	<b>Salinidad</b>	Sin, Ligera	Media	Alta	Muy Alta
	<b>Fertilidad</b>	Alta	Media	Baja	Muy Baja
		ÓPTIMA	MODERADA	MARGINAL	NO APTA
CLIMA	<b>Precipitación (mm/año)</b>	800 - 2000a 2000 - 3000r	500 - 800 y 2000 - 2500a 3000 - 3500r	(-)*	<500 >3000a >4000r
	<b>Temperatura (°C)</b>	17 - 23a 20 - 26r	16 - 17 y 23 - 24a 18 - 20r	(-)* 17 - 18r	<16 > 24a <17r
	<b>Altitud (m.s.n.m)</b>	400 - 1800a 0 - 600r	0 - 400 y 1800 - 2000a (-)*	(-)*	>2000a >600r

*Nota:* MAGAP/INIAP (2013), Adaptado de “Guía Técnica de Cultivos”, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

\*Las celdas en blanco (-) indican que para la variable evaluada su atributo morfoedafológico no corresponde a ninguna de las clases de aptitud de uso evaluadas, debido a que en la base de datos este atributo no se define en estos rangos.

a: rangos para cultivares de café Arábigo

r: rangos para cultivares de café Robusta

## **2.2. Marco Legal**

### ***2.2.1. Constitución del Ecuador***

En el Título VII del “Régimen Del Buen Vivir”, del Capítulo Segundo Biodiversidad y Recursos Naturales, en la Sección Quinta Suelo se menciona lo siguiente:

**Art. 409.-** Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

**Art. 410.-** El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

### ***2.2.2. Reglamento al Código Orgánico Del Ambiente***

Según el Libro III de la Calidad Ambiental, en el Título IX de Producción y Consumo Sostenible el RCOA (2019) cita lo siguiente:

**Art. 668, literal j)** Priorizar el fomento de actividades, obras o proyectos que respalden la seguridad y soberanía alimentaria en el marco de una gestión ambiental eficaz.

### ***2.2.3. Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura***

Título IV de La Agricultura Sustentable, Capítulo I de las Buenas Practicas

**Art. 48.-** Agricultura Sustentable. Para efectos de aplicación de esta Ley, se entiende por agricultura sustentable a los sistemas de producción agropecuaria que permiten obtener alimentos de forma estable, saludable, económicamente viable y socialmente aceptable, en armonía con el medioambiente y preservando el potencial de los recursos naturales productivos, sin comprometer la calidad presente y futura del recurso suelo, disminuyendo los riesgos de degradación del ambiente y de contaminación física, química y biológica de los productos agropecuarios.

**Art. 49.-** Prácticas y tecnologías. Constituyen prácticas y tecnologías de agricultura sustentable, destinadas al uso de alternativas de innovación tecnológica, que debe fomentar el Estado las siguientes:

e) Difundir mediante programas y campañas de educación e información pública los beneficios que reporta esta producción agrícola, tanto para productores como para consumidores

l) Incrementar y optimizar la productividad agrícola de forma sostenible y permanente

#### ***2.2.4. Objetivos del Plan Nacional de Creación de Oportunidades 2021 -2025***

En la Directriz 2: Gestión del Territorio para la Transición Ecológica, dentro del Eje Transición Ecológica (Recursos naturales, conservación de los ecosistemas, deforestación y patrimonio natural, Cambio climático, conservación de los ecosistemas, prácticas ambientales, Recursos Hídricos)

Objetivos del Eje Transición Ecológica:

**Objetivo 11:** Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales.

**Objetivo 12:** Fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al Cambio Climático.

**Objetivo 13:** Promover la gestión integral de los recursos hídricos.

### ***2.2.5. Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible***

**El Objetivo 12** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, menciona que: El objetivo del consumo y la producción sostenibles es hacer más y mejores cosas con menos recursos, incrementando las ganancias netas de bienestar de las actividades económicas mediante la reducción de la utilización de los recursos, la degradación y la contaminación durante todo el ciclo de vida, logrando al mismo tiempo una mejor calidad de vida. En ese proceso participan distintos interesados, entre ellos empresas, consumidores, encargados de la formulación de políticas, investigadores, científicos, minoristas, medios de comunicación y organismos de cooperación para el desarrollo (ONU, 2018).

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1. Descripción del Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en el cantón Cotacachi, Imbabura, específicamente en la zona de Intag, misma que se ubica al occidente de la provincia de Imbabura, en el norte del Ecuador (Figura 1), en un valle subtropical que conforman las cuencas del río Intag y parte del Río Guayllabamba, la altitud va desde los 1 200 hasta los 2 900 msnm y el área de localización comprende 145 904.10 ha, distribuidas en siete parroquias rurales que son: García Moreno, 6 de Julio de Cuellaje, Peñaherrera, Apuela, Plaza Gutiérrez, Vacas Galindo y Las Golondrinas (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Santa Ana de Cotacachi 2015-2035 [PDOT], 2015).

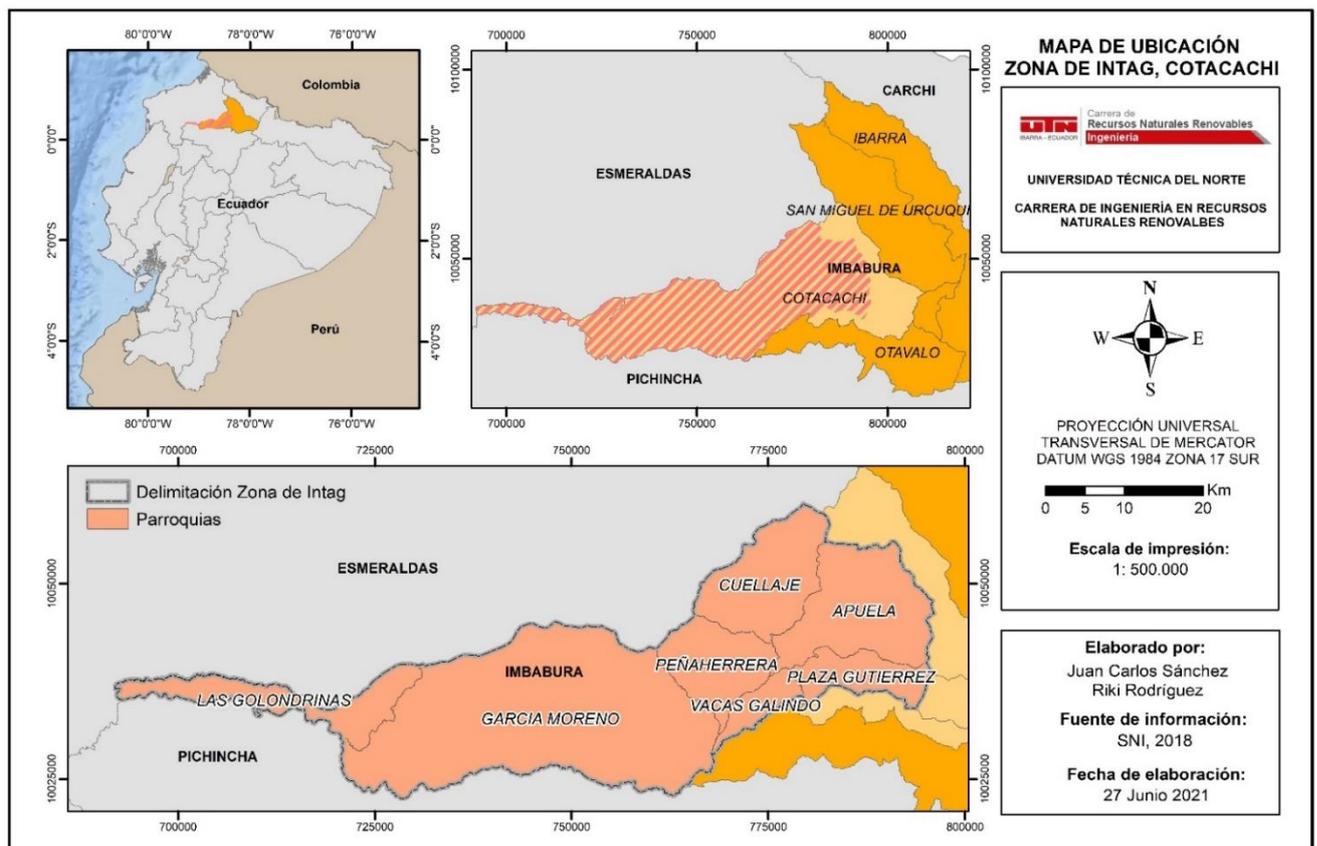


Figura 1. Mapa de Ubicación de la Zona de Intag, Cotacachi, 2022

## 3.2. Métodos

### 3.2.1. Identificación de Condiciones Agroecológicas Actuales del Cultivo de Café

La metodología general consistió en la caracterización cualitativa y cuantitativa de las dimensiones sociodemográficas, ecológicas, económicas y agrícolas o pecuarias, seguido de una tipificación estratificada del estado y tipo de suelo, así como el estado biológico del mismo, mientras que a manera específica se describen las siguientes técnicas de identificación:

**3.2.1.1. Encuesta** Como primera fase se localizaron a los productores de café (*Coffea arabica* L.) en la zona de Intag, donde se tomó una muestra representativa al universo completo, a los cuales se les realizó una encuesta estructurada (Anexo 1,2,3) para conocer los sistemas de manejo agrícola local y determinar parámetros a comparar en el estudio. Además, se definió el área de estudio en función de las hectáreas productivas y el muestreo de los productores de café (Hernández et al., 2014), que mediante información preliminar se ha estimado que existen 219.2 hectáreas para producción del café en la zona de Intag repartidas en 165 productores con una media de 0.87 ha.CPIT

A este universo de productores se le aplicó la fórmula para muestras en estudios descriptivos, según Aguilar (2007), esta se emplea cuando existe una población finita menor a 10 000 unidades, dicha fórmula es:

$$n = \frac{N \times Z\alpha^2 \times p \times q}{e^2(N - 1) + Z\alpha^2 \times p \times q} \quad (1)$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra

N = Tamaño de la población total

$Z\alpha$  = Parámetro estadístico que depende del Nivel de confianza (NC)

e = Error de estimación máximo aceptado

p = probabilidad de que ocurra el evento (éxito)

$q = \text{probabilidad de que no ocurra el evento } (1 - p)$

Aplicando la fórmula 1 con un nivel de confianza correspondiente a un 95%, se obtuvo el resultado de 116 productores, a los cuales se les tenía que realizar la encuesta, los cuales corresponden a la muestra representativa de universo completo.

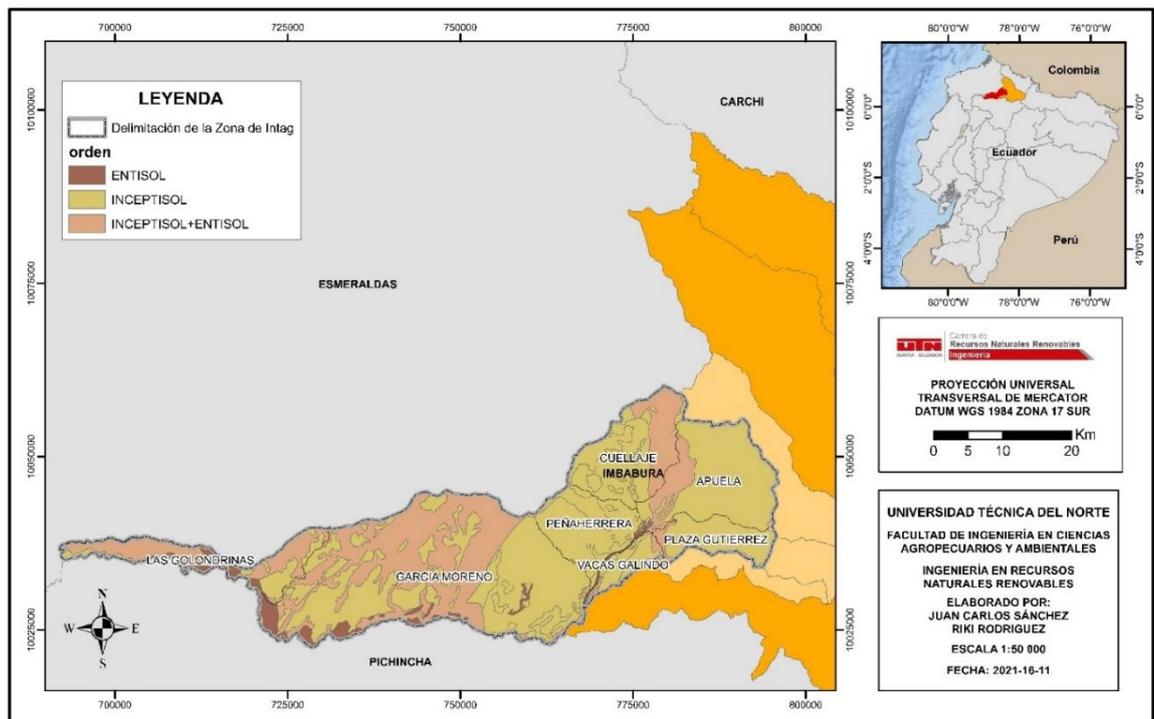
El tipo de encuesta realizada corresponde a la de tipo directa, la cual según Toledo (2012), se caracteriza por ser aplicada por los mismos encuestadores, donde además de realizar un procedimiento de muestreo contiene procesos de supervisión. Está compuesta por 27 preguntas de tipo cerradas y de tipo batería, las preguntas cerradas se caracterizan por proporcionar alternativas sugeridas al encuestado mientras que las de batería reúnen en un solo formato varias preguntas relacionadas que poseen el mismo objetivo, con el fin de reducir espacio (Fontela, 2017). Las primeras 3 preguntas permitirán conocer los datos generales del productor como la edad, el género y su nivel de instrucción, las siguientes estarán enfocadas en la temática de sus cultivos, predios y producción.

La encuesta fue aplicada a los 116 productores sin importar la asociación a la que estos pertenecían (APCI Y ACRII), para lograr el número total de encuestas se realizó un total de 9 salidas de campo a diferentes parroquias de la zona de Intag, además cabe recalcar que a los productores se los localizó ya sea en las distintas reuniones que las asociaciones realizaban y mediante visitas directas a sus fincas.

**3.2.1.2. Análisis del Suelo** La identificación de las condiciones actuales de la producción de café en Intag, se realizó procesando la información obtenida de las encuestas estructuradas, y también a través de un análisis del suelo basado en un muestreo estratificado o sectorizado, en función de una identificación previa de los tipos de suelo existente en la zona, para definir un análisis de caracterización general del suelo (pH, CE, MO, carbonatos, P y K disponibles, CIC, Ca y Mg) y algunas propiedades físicas (humedad, densidad aparente), químicas (carbono orgánico total) y biológicas (macrofauna), las cuales según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (2011), definen buenos indicadores de salud del suelo y servicios ecosistémicos, con base a los requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de café en los sistemas de manejo bajo los que este se desarrolla.

El muestreo estratificado aleatorio (M.E.A) se basa en que las unidades o elementos de la población se agrupan en base a similitudes de alguna característica llamada variable de estratificación, formando los estratos, los cuales son homogéneos dentro de sí y heterogéneos con respecto a otro (Mora, 2000). El muestreo probabilístico se caracteriza porque se conoce la probabilidad que tiene cada miembro del universo para salir seleccionado en la muestra y por utilizar un proceso de selección que respeta tales probabilidades (Casal, 2003), aspectos que permiten realizar inferencias estadísticas estimando las características poblacionales de la muestra elaborada.

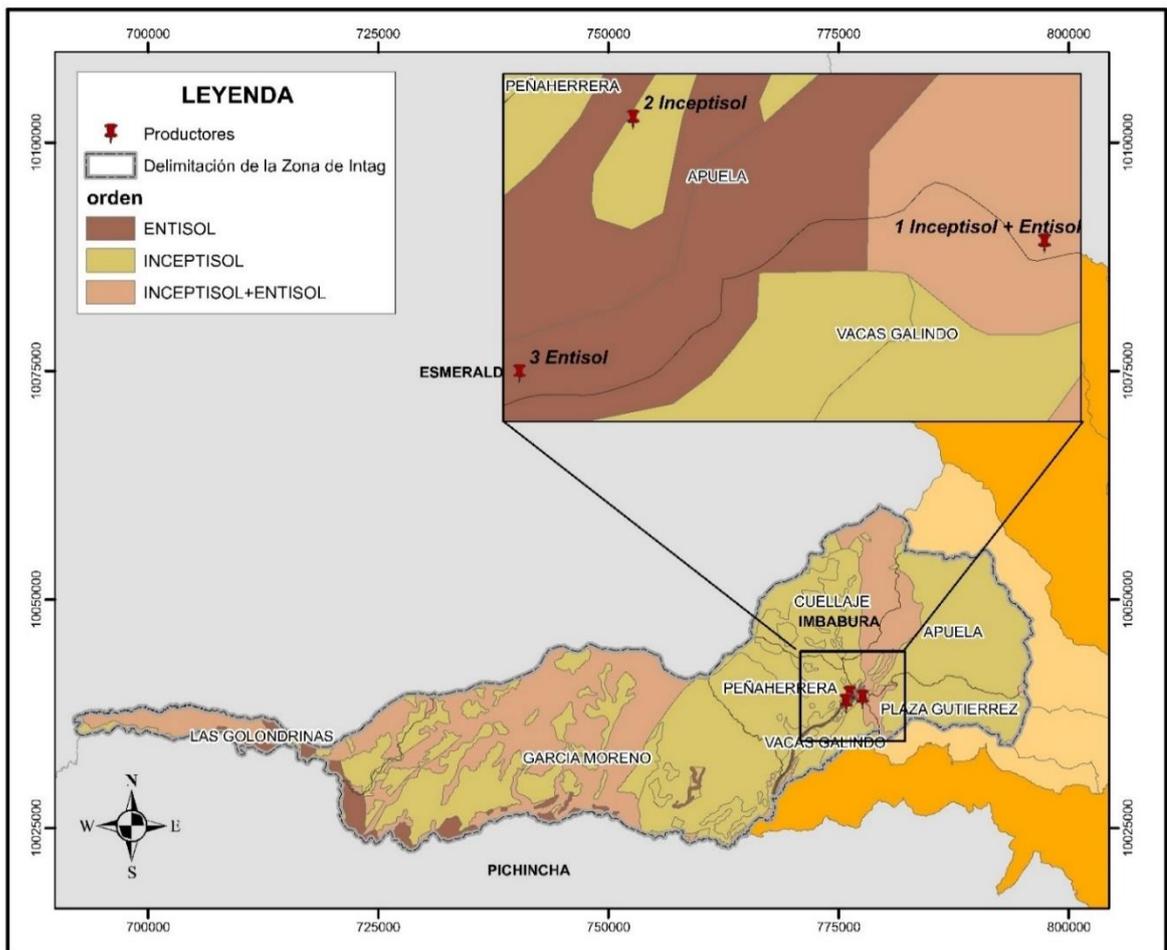
Con la ayuda del programa ArcGIS 10.8 se logró clasificar taxonómicamente los suelos de la Zona de Intag, donde se identificó que existen 3 tipos de suelo, de acuerdo con el orden (Figura 2), los cuales según Puchulu y Fernández (2014), pueden tener una fertilidad variable, además los autores recalcan que la presencia de suelos de tipo Inceptisol muestra un alto contenido de materia orgánica.



**Figura 2.** Mapa de tipos de suelo, Zona de Intag, 2022

Como se puede observar en la Figura 2, los distintos tipos de suelo que se identificaron en la zona de Intag corresponden a su mayoría a los tipos: Inceptisol e Inceptisol+Etnisol y una pequeña parte cubierta por el de tipo Entisol.

**- Propiedades Físicoquímicas** Para la caracterización general del suelo y de sus propiedades tanto físicas como químicas, se realizó un muestreo por cada tipo de suelo identificado, primeramente, se localizaron los puntos correspondientes con la ayuda de ArcGIS 10.8, luego se seleccionaron los predios donde predominaban cada tipo de suelo para realizar la toma de muestras correspondiente, como se observa en la Figura 3. Una vez identificados los puntos se utilizó la metodología del INIAP (1974), esta nos dice que después de elaborar el croquis del lote se debe realizar un zigzag que abarque toda el área donde, para lugares menores a 5 hectáreas se recomienda tomar de 15 a 20 submuestras.



**Figura 3.** Puntos donde se tomaron las muestras de suelo, Zona de Intag, 2022

En cada uno de los terrenos se tomaron 15 submuestras con la ayuda del barreno, a una profundidad de 20cm en cada punto, luego se procedió a mezclarlas en un recipiente de donde se retiró un kilo de la mezcla, para cada muestra, estas se almacenaron y etiquetaron en una bolsa hermética para su respectivo análisis, es importante recalcar que los puntos donde se tomó cada muestra no debían estar cercas de zanjas, cercas o lugares donde haya habido quemas recientes con el fin de obtener mejores resultados (INIAP, 1974). Finalmente, las tres muestras fueron enviados al laboratorio AGRARPROJECKT, donde se analizaron variables como: materia orgánica, macronutrientes, micronutrientes, salinidad entre otros.

- **Propiedades Biológicas** Para la identificación de las propiedades biológicas se procedió a realizar un muestreo de macroinvertebrados en los 3 puntos donde se tomó las muestras de suelo, correspondientes a cada tipo de suelo en la zona de estudio, este muestreo se realizó con la metodología del Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT] (2011), la cual menciona que para una buena identificación se debe muestrear un mínimo de 5 monolitos utilizando un marco de muestreo preferiblemente de madera (25x25x10cm), el monolito se debe dividir en tres capas a tres profundidades: 0-10, 10-20 y 20-30 cm, además según el autor los macroinvertebrados a considerar deben ser mayores a 2mm.

Después de recolectar los monolitos se procedió a realizar la identificación de las especies con la ayuda de una bandeja, de acuerdo con el grupo taxonómico al que pertenecían, (CIAT,2011). Según este centro, este método es el más eficaz para clasificar grandes volúmenes de material, además, menciona que es importante mantener a los ejemplares blandos, como lombrices en a formaldehido al 4%, y las otras especies en alcohol al 70%.

Para comparar los tres sitios dónde se tomaron las muestras, se aplicó el Índice de Sorensen el cual según Córdoba et al. (2020), permite comparar distintas unidades de muestreo mediante la presencia y ausencia de las especies encontradas, además los autores recalcan que es uno de los métodos más utilizados para calcular el porcentaje de similaridad, esté se calcula con la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{2C}{A + B} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

IS = Índice de Sorensen

A = Número de especies encontradas en la comunidad A

B = Número de especies encontradas en la comunidad B

C = Número de especies comunes en ambas localidades

### **3.2.2. Zonificación Agroecológica de Zonas Óptimas para *Coffea arabica* L.**

Mediante el Sistema de Información Geográfica se realizó la construcción de bases de datos geográficos, con superposición de capas temáticas (puntos, líneas, polígonos, rásters) georreferenciando datasets que se combinan en un mapa por geoprocésamiento, para localizar las áreas que son adecuadas para este cultivo (Baxendale et al. 2015, Environmental Systems Research Institute ESRI, 2017). Además de la toma de datos y coordenadas georreferenciadas, se utilizó información de fuentes secundarias, como Sistema Nacional de Información (SNI), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).

Se procedió a utilizar los rangos óptimos para la especie *Coffea arabica* L., proporcionados por el MAGAP (2013), aquí se clasifica a las distintas variables en: óptimas, moderadas, marginales y no aptas (Tabla 2), utilizando esta información se procedió a realizar la reclasificación correspondiente en el programa ArcGIS 10.8 para los parámetros tanto edáficos como climáticos, finalmente con estos se obtuvieron los mapas temáticos según los distintos requerimientos agroclimáticos (precipitación, temperatura, pisos altitudinales, profundidad del suelo, fertilidad, materia orgánica, textura de suelo, pH, material rocoso, entre otros), los cuales de acuerdo con Trebejo et al. (2013), permitirán obtener el mapa final de aptitud agroclimática derivados de los mapas de aptitud climática y edáfica.

**3.2.2.1. Zonificación Edáfica** Se deben considerar varios factores a la hora de realizar la zonificación edáfica, entre ellos: textura, profundidad efectiva, pedregosidad, drenaje, toxicidad, salinidad, reacción del suelo (pH), fertilidad y nivel freático, estos permiten definir la aptitud correcta para el uso de la tierra con fines agropecuarios o forestales (MAGAP, 2012). Para la presente investigación se tomaron en cuenta 4 factores principales (Tabla 3) los cuales según el MAGAP (2012), abarcan al resto de características del suelo: textura (drenaje – fertilidad), profundidad (nivel freático – pedregosidad – fertilidad – toxicidad – salinidad) y reacción del suelo pH (salinidad – toxicidad – fertilidad).

**Tabla 3.** Factores tomados en cuenta para la zonificación edáfica

FACTOR	APTITUD AGROECOLÓGICA			
	ÓPTIMA	MODERADA	MARGINAL	NO APTA
<b>Pendiente</b>	0 a 25%	25 a 50%	50 a 70%	>70%
<b>Textura</b>	Franco, limoso, Franco arcilloso, Franco arcillo arenoso, Franco arcillo limoso, Arcilloso, Arcillo arenoso, Arcillo limoso	Franco arenoso, Franco limoso, Arenoso franco	Arenosa (fina, media, gruesa)	Arcilloso (>60%)
<b>Profundidad</b>	Profundo	Moderadamente e profundo	Poco profundo	Superficial
<b>pH</b>	Ligeramente ácido, Neutro	Ácido	Moderadamente e alcalino	Muy ácido, Alcalino

Para la determinación de las cuatro aptitudes presentes en la Tabla 3, se utilizó el programa ArcGIS 10.8, con la ayuda de las herramientas de geoproceso Dissolve e Intersect, se realizó una reclasificación de cada shapefile correspondiente a cada factor edáfico, además se realizó una valoración cuantitativa para obtener la aptitud final (Tabla 4), donde se clasificaron a los shapefiles intersecados de acuerdo a la suma que se obtuvo de cada aptitud inicial.

**Tabla 4.** Valoración y rango para la aptitud edáfica

<b>Aptitud</b>	<b>Valoración</b>	<b>Rango</b>
Óptima	3	10-12
Moderada	2	7-9
Marginal	1	4-6
No apta	0	0-3

**3.2.2.2. Zonificación Climática** Para realizar la zonificación climática se seleccionaron tres factores meteorológicos principales (Tabla 5), los cuales según el MAGAP (2012), presentan una gran variabilidad a través del tiempo, por lo que este ministerio recomienda utilizar un lapso de mínimo 10 años para que se pueda considerar representativo en el país y así obtener resultados más confiables.

**Tabla 5.** Factores tomados en cuenta para la zonificación climática

<b>FACTOR</b>	<b>APTITUD AGROECOLÓGICA</b>			
	<b>ÓPTIMA</b>	<b>MODERADA</b>	<b>MARGINAL</b>	<b>NO APTA</b>
<b>Precipitación (mm/año)</b>	800 - 2000	500 - 800 y 2000 - 2500	2500-3000	<500 >3000
<b>Temperatura (°C)</b>	17 - 23	16 - 17 y 23 -24	(-)*	<16 > 24
<b>Altitud (m.s.n.m)</b>	400 - 1800	0 - 400 y 1800 - 2000	(-)*	>2000

Al igual que en la zonificación edáfica se realizó una priorización (Tabla 6) de acuerdo con el tipo de aptitud correspondiente, para obtener un valor y poder reclasificar a qué rango pertenece cada una de las celdas obtenidas del cruce de polígonos mediante la suma de sus aptitudes iniciales, para ello se utilizaron las herramientas de Dissolve e Intersect del Software ArcGIS 10.8.

**Tabla 6.** Valoración y rango para la aptitud climática

<b>Aptitud</b>	<b>Valoración</b>	<b>Rango</b>
Óptima	3	9
Moderada	2	7-8
Marginal	1	4-6
No apta	0	0-3

- **Precipitación** Para la variable climática de precipitación, se seleccionaron 10 estaciones (Tabla 7), las más cercanas al área de estudio, y con la mayor cantidad de información de precipitación media anual posible de un período de 10 años (2003-2013), posterior a esto se realizó una completación de datos faltantes, mediante el método de regresión lineal simple, el cual según Carrea et al., (2016) es uno de los mejores métodos para el relleno de datos en series temporales para la región andina y costera del Ecuador, después de esto se procedió a utilizar el programa ArcGIS 10.8 para realizar una interpolación de datos por el método Inverse Distance Weighting (IDW), el cual según Murillo et al., (2012), es un método matemático de interpolación que usa una función inversa de la distancia, y parte del supuesto que las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto tienen más peso e influencia sobre el punto o los puntos a estimar.

**Tabla 7.** Estaciones meteorológicas utilizadas para el factor de precipitación

<b>Código</b>	<b>Estación</b>	<b>Coord_X</b>	<b>Coord_Y</b>
<b>M105</b>	Otavaló	805039	10026312
<b>M0001</b>	Inguincho	789319	10028583
<b>M107</b>	Cahuasqui-FAO	810444.3	10057329.1
<b>M106</b>	Lita	779938	10092159
<b>M0104</b>	Mira-FAO	830620.6	10060873.9
<b>M009</b>	INERHI	811632.8	9993360.2
<b>M024</b>	Quito-Iñaquito	780132	9981560
<b>M0025</b>	Concordia	680599	10002949

<b>M0156</b>	Quinindé	671097	10033755
<b>M0102</b>	Cayapas	726777	10094871

- **Temperatura.** Se seleccionaron 3 estaciones meteorológicas (Tabla 8), cercanas a la zona de estudio, de estas se obtuvieron los datos de temperatura media anual más recientes posibles, de un período correspondiente a 10 años (2008 al 2018), algunos de estos datos fueron tomados de los anuarios meteorológicos del INHAMI y otros fueron solicitados directamente.

**Tabla 8.** Estaciones meteorológicas utilizadas para el factor de temperatura

<b>COD</b>	<b>Estación</b>	<b>Altitud m.s.n.m</b>	<b>Coord_X</b>	<b>Coord_Y</b>
<b>M001</b>	Inguincho	3140	788517	10028495
<b>M105</b>	Otavalo	2550	806122	10026927
<b>MB1H</b>	Ibarra-Inamhi	2256	819218	10036491

El relleno de datos se realizó mediante el Software CHAC, el cual, según el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX (2013) utiliza el método de regresión bivariado para completar series de datos dentro de un fichero LEMA, para ello se utilizó un exponente de priorización de 0.003 y un umbral de 0.008, valores sugeridos por este centro, para el manejo de datos meteorológicos (Figura 4).

**Figura 4.** Exponente y umbral de priorización para las estaciones, software CHAC

De igual manera se realizó un corte del modelo de elevación digital (DEM) del área de estudio, en la página de Open Topography, además se utilizó la metodología de Fries et al., (2012), para encontrar el factor de correlación según la elevación, de las estaciones meteorológicas estudiadas, ya que según los autores la temperatura depende directamente del nivel de elevación, para ello se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$T Det = Tmonth + (\Gamma \times (Z Det - Zstation)) \quad (3)$$

$$T(x, y) = (T Det + (\Gamma(ZDem (x, y) - ZDet))) \quad (4)$$

Donde:

T Det = temperatura relativa

T mont = temperatura mensual

$\Gamma$  = pendiente, gradiente altitudinal

Z Det = nivel de destendencia

Zstation = altitud de la estación climática

Z Dem = altitud de la celda

Con la aplicación de las fórmulas 3 y 4 se obtuvo una gráfica de temperatura vs altitud, de esta se encontró la ecuación y el  $R^2$ , el cual al ser más cercano a la unidad corresponde a un nivel mayor de confiabilidad para la regresión lineal (Fries et al., 2012). Dicha ecuación se ingresó al programa ArcGIS 10.8, mediante la herramienta RasterCalculator con el DEM descargado se obtuvo el ráster de la temperatura presente en la zona de estudio.

**3.2.2.3. Zonificación Agroecológica** Para obtener la zonificación agroecológica final se realizó la superposición de las zonificaciones edáfica y climática, con el Software ArcGIS 10.8 se utilizó la herramienta Dissolve e Intersect para obtener el cruce de los polígonos, según el MAGAP (2012) la capa resultante de la unión de la zonificación edáfica y climática muestra que a cada unidad edáfica le corresponde una climática tal como se observa en la Tabla 9, estas capas se reclasificaron de acuerdo a la clasificación mostrada en la Tabla 10.

**Tabla 9.** Zonificación en función de la disponibilidad climática y edáfica

<b>Zonificación Climática</b>		<b>Zonificación Edáfica</b>	
Zonas Óptimas	C1	Zonas Óptimas	S1
Zonas Moderadas	C2	Zonas Moderadas	S2
Zonas Marginales	C3	Zonas Marginales	S3
Zonas No Aptas	C4	Zonas No Aptas	S4

Nota: Fuente: MAGAP/CGSIN/DIGDM, (2012).

**Tabla 10.** Zonificación Agroecológica

<b>Zonificación Climática</b>	<b>Zonificación Edáfica</b>			
	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>
<b>C1</b>	C1S1=O	C1S2=MD	C1S3=MR	C1S4=NA
<b>C2</b>	C2S1=MD	C2S2=MD	C2S3=MR	C2S4=NA
<b>C3</b>	C3S1=MD	C3S2=MR	C3S3=MR	C3S4=NA
<b>C4</b>	C4S1=MR	C4S2=NA	C4S3=NA	C4S4=NA

Fuente: MAGAP/CGSIN/DIGDM, (2012). *Zonificación agroecológica económica del cultivo de café en el ecuador continental.*

Nota: O: Óptima; MD: Moderada; MR: Marginal; NA: No apta

### **3.2.3. Implementación de Estrategias de Control y Manejo Agroecológico para *Coffea arabica* L.**

Para establecer estrategias de control y manejo agroecológico se identificó primero a las plagas y enfermedades existentes en los cafetales de la zona, esto a través de una pregunta directa incluida en la encuesta (Anexo 2, pregunta 25), la misma que expuso a las principales plagas y enfermedades existentes en los cultivos, adicional a esto también se realizó la inspección de las plantas mediante la observación directa realizada en las fincas durante todo el tiempo del censo.

Además, se identificaron distintas estrategias para cada aptitud encontrada en el área de estudio, de acuerdo con la zonificación agroecológica y al estudio de suelos realizados anteriormente.

Una vez identificadas las plagas que se encontraron en los cultivos, se procedió a realizar una búsqueda de los principales controladores biológicos, mediante una revisión de literatura de estudios de caso similares, ya que como menciona Nicholls et al (2004), un manejo agroecológico del hábitat con la biodiversidad adecuada, conlleva al establecimiento de una infraestructura necesaria que provea de los recursos para una óptima diversidad y abundancia de enemigos naturales, y el éxito dependerá de la selección de las especies de plantas más apropiadas, la entomofauna asociada a la biodiversidad vegetal, la manera como los enemigos naturales responden a la diversificación y de la escala espacial a la cual operan los efectos reguladores de la manipulación del hábitat.

También se tomó en cuenta algunas de las interrogantes propuestas por los autores, tales como: ¿cuáles son los depredadores y parasitoides más importantes de la plaga?, ¿cuáles son los recursos alimenticios primarios, el hábitat y otros requerimientos específicos de las plagas y los enemigos naturales?, ¿desde dónde se inicia la infestación de la plaga, como la plaga es atraída al cultivo, y como se desarrolla en el cultivo?, ¿de dónde vienen los enemigos naturales, como son atraídos al cultivo? ¿cómo y cuándo se desarrollan en el cultivo?, ¿cuándo aparecen por primera vez las poblaciones de la plaga y cuando estas poblaciones se convierten en económicamente dañinas?, ¿cuándo están presentes los recursos (néctar, polen, huéspedes y presas alternativas) para los enemigos naturales?, ¿por cuánto tiempo están presentes los recursos? y ¿qué plantas nativas anuales o perennes pueden proveer estas necesidades de hábitat? (Nicholls et al, 2004).

### **3.2.3.1. Socialización de Estrategias y resultados**

Finalmente, dichas estrategias fueron socializadas junto con los demás resultados, a los representantes de APCI mediante la entrega formal de documentación y una socialización, la cual consiste en un proceso de aprendizaje de las conductas sociales consideradas adecuadas dentro del contexto donde se

encuentra el individuo en desarrollo, presentando una gran importancia en el campo de la sociología (Bayés, 1969). Por otro lado, Sanjurjo (2012), menciona que el aprendizaje de la reflexión sistemática y de la socialización de las prácticas resulta indispensable durante el proceso formativo, ya que ello posibilita un proceso fundamentado de construcción del conocimiento profesional. Permitiendo por lo tanto una mejor productividad en cuanto a los cultivos del recurso biológico *Coffea arabica* L. compete.

### 3.3. Materiales y Equipos

En la Tabla 11 se muestran los equipos y materiales que se utilizaron en la investigación

**Tabla 11.** Equipos y Materiales

<b>Equipos Electrónicos</b>	<b>Materiales</b>
GPS	Encuestas
Computador	Lápiz / Esferos
Cámara Fotográfica	Frascos
Celular	Barreno
<b>Software</b>	<b>Otros</b>
ArcGIS 10.8	Análisis de Laboratorio
CHAC	GPS Essentials
Microsoft Excel	Datos Geográficos Geoportal IGM, SNI, IEE
	Datos Meteorológicos INAMHI

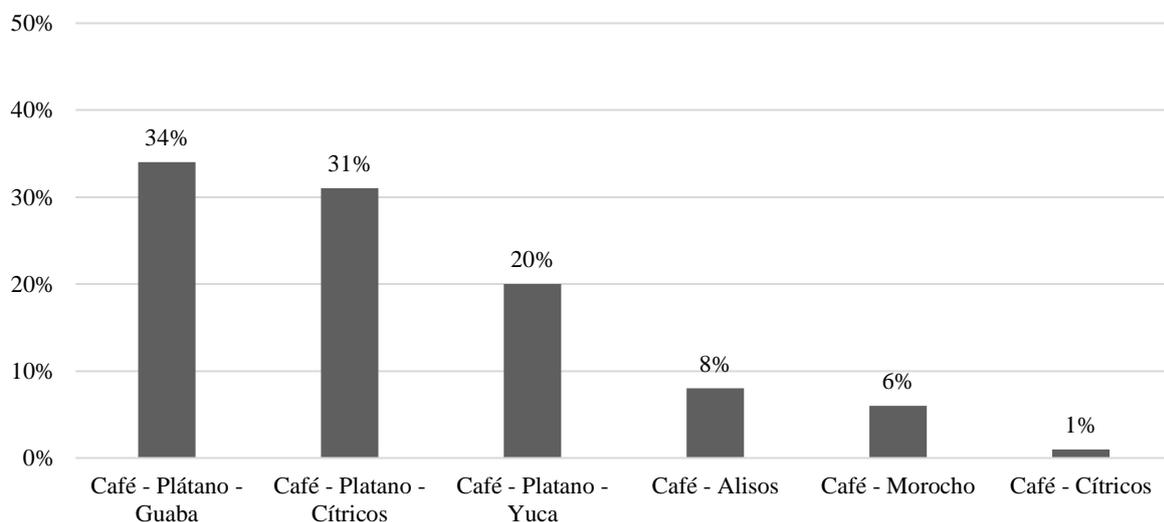
## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la investigación, según cada objetivo propuesto anteriormente.

### 4.1. Condiciones Agroecológicas Actuales de *Coffea arabica* L., Zona de Intag

#### 4.1.1. Manejo Agroecológico

Los sistemas de producción de *Coffea arabica* L. en la zona de Intag se presentan en un 97% a manera de policultivos y solo el 3% son monocultivos, del 97% de los policultivos, el 34% son policultivos de café (*C. arábica* L), plátano (*Musa sapientum*) y guaba (*Inga edulis*), el 31% policultivos con café, plátano y cítricos, el 20% policultivos con café, plátano y yuca (*Manihot esculenta*), el 8% policultivos con café y aliso (*Alnus glutinosa*), el 6% policultivos con café y morocho (*Zea mays indurata*) y el 1% policultivos de café y cítricos. (Figura 5).



**Figura 5.** Cultivos asociados a la producción de *Coffea arabica* L. - Zona de Intag, 2022

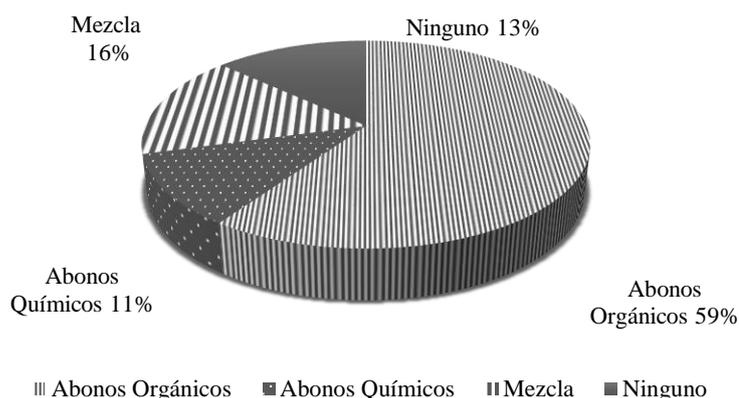
Estos resultados son comparados con los presentados por Alulima (2012) y Santistevan et al. (2014), quienes caracterizan los policultivos de café en el Ecuador con especies como: plátano, guaba, cítricos, leucaena, yuca y algodón, ya que estas vienen siendo excelentes asociaciones de manera sinérgica al café y son muy comunes en el país, esto debido a que principalmente son especies que en primera instancia generan ingresos económicos, y a su vez brindan sombra a los cultivos de café.

El 95% de los cultivos no tiene ningún sistema de riego y un 5% posee algún sistema de riego, además el 68% tiene producción de animales junto a sus cultivos de café (gallinas, cerdos, vacas, cuyes y tilapias), el 32% restante no tiene producción de animales, por otro lado el 97% de los encuestados no tiene servicios básicos en su finca y solo el 3% posee servicios básicos como luz eléctrica, agua potable, teléfono e internet, estos resultados se muestran similares al que se menciona en Santistevan et al. (2014), resaltando que el 71% de las fincas se dedican a la crianza de animales, principalmente aves y que los servicios básicos en las fincas cafetaleras son limitados, considerando que el 68 % de los encuestados sólo tiene luz y agua de pozo; un segundo grupo (22%) tiene luz, agua de pozo y teléfono; un grupo menor (8%) sólo tiene luz y solamente un grupo muy pequeño posee los servicios luz, agua de pozo, desagüe y teléfono.

El 44% de los cultivos de café en la zona de Intag, están bajo sombra media, el 34% bajo alta cantidad de sombra, el 17% baja cantidad de sombra y el 5% restante no tiene nada de sombra, además el 66% de los productores de café, son de sexo masculino mientras que solo el 34% son de sexo femenino y la edad promedio registrada fue de 59 años, estos resultados se asemejan con el estudio mencionado anteriormente de Santistevan et al (2014), donde se menciona que el café lo cultivan mayormente con sombra pues el uso de sombra en el cafetal ha sido confirmado por el 82% de los productores encuestados, quienes generalmente utilizan arboles maderables; pero un grupo reducido (18 %) produce café a pleno sol, es decir no usa sombra de ningún tipo, y también se contrasta que las personas responsables de las fincas son mayormente del sexo masculino (81%) y a su vez, mayormente, tienen una edad comprendida entre los 41 a 60 años (47%).

#### 4.1.2. Materia Orgánica

El 59% produce de manera orgánica, el 11% de manera convencional, el 16% mezclas fertilizantes, y el 13% restante no aplica ningún tipo de fertilizante (Figura 6). Del 59% de caficultores que realiza fertilizaciones de tipo orgánicas, los principales tipos de abono orgánicos aplicados son bokashi, bioles, compost, humus y roca fosfórica, insumos que en su mayoría son adquiridos en las respectivas asociaciones de caficultores, más aún específicamente en AACRI (79 productores), ya que en esta asociación predominan los cultivos de tipo orgánico, llegando incluso a obtener certificados nacionales de buenas prácticas agrícolas (BPA) y certificaciones ecológicas internacionales como EU Organic Bio Logo, JAS, y USDA Organics,



**Figura 6.** Fertilización en cultivos de *Coffea arabica* L. - Zona de Intag, 2022

En el caso de APCI constituida por 71 productores, la mayoría de los productores cultivan de manera convencional y en menor proporción de manera orgánica, cabe mencionar que el resto de los productores encuestados no pertenecen a ninguna asociación o son independientes (15 productores). De igual manera el 68% de productores, tanto de APCI como de AACRI, manifestó que aporta materia orgánica directamente a sus cultivos, proveniente de los restos de otros cultivos y de los desechos de animales; los resultados obtenidos se comparan con los presentados por Salazar., et al (2017) quien en su estudio de *Evaluación Agroecológica, en el agroecosistema de la finca Linda Vista*, menciona que la

fertilización que depende exclusivamente de composta y estiércol animal, es decir 100% orgánico, pero al parecer las cantidades aplicadas no son lo suficiente para reponer en todas las parcelas las extracciones por los cultivos establecidos, echo que se confirma a su vez con la baja productividad presentada en ambas zonas de estudio.

Por otro lado en la actualidad el uso de fertilizantes sintéticos o químicos, está también presente en la zona de Intag, aunque en un menor porcentaje (27%), esto se debe a muchas razones como la falta de capacitación en temas agroecológicos, desconocimiento de las ventajas de los abonos orgánicos o alternativos y también al desconocimiento de lo perjudicial que pueden llegar al ser dichos insumos químicos al ser aplicados en los agroecosistemas, sin embargo son las mismas organizaciones de caficultores quienes en ocasiones distribuyen a sus socios, fertilizantes de este tipo, como es el caso de APCI, donde se registró el uso de diversos tipos de fertilizantes sintéticos (triple quince, nitrabor, nitrofoska, DAP 18-46-0, urea granular), los cuales tienen altas concentraciones de macro y micronutrientes (Tabla 12), lo que se contrasta con Santiestevan et al. (2014), manifestando que el 100% de los encuestados no utiliza plaguicidas (ni hace otro tipo de control de plagas) y solamente el 21% de los caficultores usa fertilizantes químicos; pero esta práctica no es regular y las cantidades que usan no son significativas.

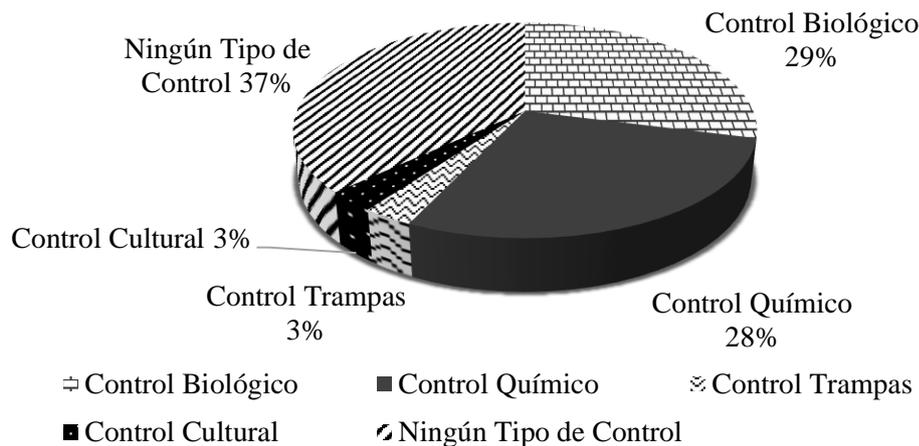
**Tabla 12.** Concentración de Nutrientes en Fertilizantes Químicos

Fertilizante	Composición Química						
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	B	S	Mg
Triple 15	15%	15%	15%				
Nitrabor	15,45%			26%	0,30%		
Nitrofoska	20%	19%					
DAP 18-46-0	18%	46%				1,10%	0,90%
Urea Granular	46%						

#### 4.1.3. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE)

En la Figura 7 se muestra el MIPE aplicado en la zona de estudio, el 40% de los cultivos de café en la zona ha sido afectado por la roya (*Hemileia vastatrix*)

y la broca (*Hypothenemus hampei*), el 16% sólo por roya, el otro 16% sólo por broca, y el 28% restante no ha sido afectado por ningún tipo de enfermedad, en cuanto al tipo de control aplicado, el 29% realiza controles de tipo biológico, el 28% controles químicos, el 3% control cultural, el otro 3% control por trampas, y el 37% restante no realiza ningún tipo de control .



**Figura 7.** Tipo de Control de Enfermedades - Zona de Intag, 2022

Cabe mencionar que de igual manera las asociaciones son las encargadas de proveer los insumos para los diferentes tipos de controles ya sean biológicos como en el caso de AACRI donde se usa el hongo *Beauveria bassiana* para controlar las poblaciones de broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari). De igual manera cabe mencionar que en la zona de estudio existe un porcentaje bajo, pero considerable de productores que aplican controles de tipo químico, ya que un 28% realiza controles químicos, estos productores mencionaron que lo realizan mediante funguicidas químicos, como es el caso de *Alto 100 SL* que es un agroquímico para controlar los brotes del hongo roya (*Hemileia vastatrix*).

#### 4.1.4. Área, Producción y Rendimiento

Se registró una suma total de 161.7 ha en producción, con una media de 1.4 ha por productor, los terrenos dedicados al cultivo de café son en un 90.5% propios, 1.7% arrendados, 1.7% al partir y 6% pertenecen a otro tipo de arreglo, el rendimiento anual total registrado fue de 92.4 t/ha, con una media de 0.79 t/ha, cabe

mencionar que a nivel nacional el rendimiento anual registrado en todo el Ecuador según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2021) es de 0.17 t/ha. Por otro lado, el nivel de instrucción académica registrado de los productores resalta que en un 37% no poseen ningún tipo de estudios, el 40% terminó sus estudios de primaria, el 16% terminó la secundaria y solamente el 7% restante tiene títulos de tercer nivel o superior, los resultados se comparan con los expuestos por Santistevan et al. (2014), quien menciona que el área de las fincas sembradas con café, es mayormente pequeña ya que el 66% de los encuestados tiene de 1 a 10 ha, otro grupo menor (31%) tiene de 11 a 20 ha y solamente un grupo muy pequeño (3%) tiene más de 20 ha de café en su finca, también se asemeja el rendimiento del café, ya que se menciona que está mayormente entre 10 a 20 qq/ha (57%), un segundo grupo de cafetaleros (24%) produce entre 21 a 40 qq/ha y el grupo más pequeño (19%) produce menos de 10 qq/ha.

El 97% de productores vende el café en el mercado local, preferentemente en las asociaciones locales de caficultores (APCI & AACRI) el 1% en el mercado mayorista y el 2% en el mercado internacional. El precio promedio de venta por quintal de café pergamino fue de \$178. La calidad de tasa dada en las asociaciones de caficultores tiene un promedio del 83%. Los ingresos económicos registrados muestran que el 37% percibe más de \$1000, el 34% de \$400 a \$1000, el 15% de \$250 a \$400 y el 14% restante percibe ingresos de \$200 a \$400 anuales.

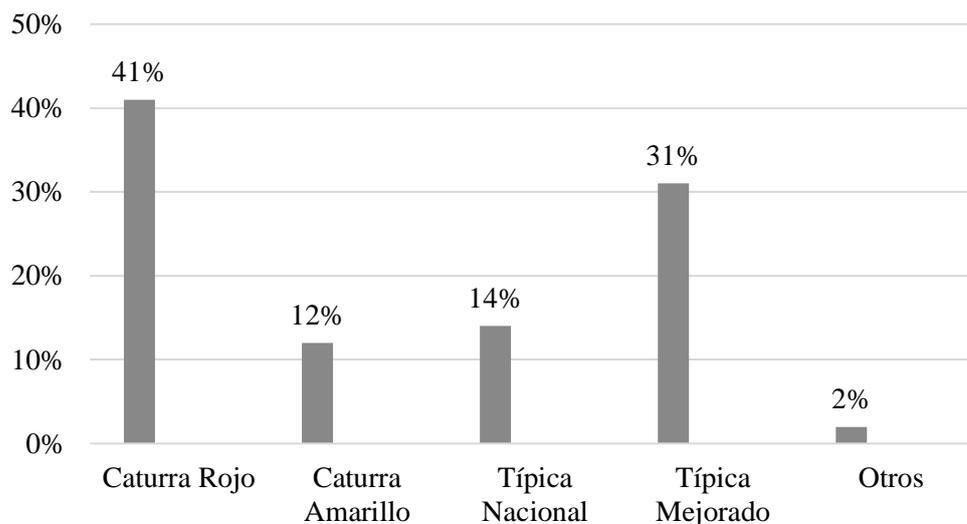
#### **4.1.5. Sinergias**

Los sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la zona de Intag manifiestan diversas sinergias agroecológicas, de tal forma que se puede mencionar las sinergias entre especies, el 85% son con plátano (*Musa paradisiaca*), el 61% con guaba (*Inga edulis*), el 42% con frutales o cítricos (Citrus), el 30% con yuca (*Manihot esculenta*), el 18% con aliso (*Alnus acuminata*) y el 16% restante son asociaciones con morocho (*Zea mays indurata*). Así también existen sinergias de tipo agropecuarias, ya que el 68% tiene producción de animales junto a sus cultivos de café (gallinas, cerdos, vacas, cuyes y tilapias), lo cual beneficia directamente al suelo, aportando materia orgánica, proveniente de los desechos de los animales, lo

que se confirma con lo expuesto por Altieri (2001), quien menciona que mediante el manejo agroecológico, se explota las complementariedades y sinergismos que resultan de varias combinaciones de cultivos, árboles y animales, en arreglos espaciales y temporales diversos.

#### 4.1.6. Diversidad de Plantas Cultivadas

En la Figura 8 se muestra la variedad de plantas cultivadas en la zona de estudio, el 100% de cultivos pertenecen principalmente a la especie *Coffea arabica* L., de la cual destacan en los cultivos, diversas variedades, de tal forma que el 41% tiene cultivos con la variedad Caturra rojo, el 31% la variedad Típica mejorada, el 14% la variedad Típica nacional y el 12% la variedad Caturra amarillo, el 2% otras variedades.



**Figura 8.** Variedades cultivadas de *Coffea arabica* L. - Zona de Intag, 2022

Los resultados se comparan con los expuestos por Santistevan et al. (2014), quien menciona que el tipo de café que se cultiva en la zona de estudio pertenece mayormente (96%) a la especie *C. arabica* L. y solamente un grupo pequeño de agricultores (4%) cultiva *C. canephora*, al que se le conoce como café robusta.

El 22% de los productores tiene como sustento único el cultivo y producción de café, mientras que del 78% restante, correspondiente a los productores que no viven solo del café, el 52% tiene otros cultivos, el 37% realiza trabajos adicionales y solamente el 11% posee algún tipo de empleo, entre las especies que se destacan de los policultivos se tiene: *Musa paradisiaca*, *Inga edulis*, *Manihot esculenta*, *Alnus acuminata*, *Zea mays indurata* y especies del género *Citrus*.

#### **4.1.7. Análisis Físicos y Químicos del Suelo**

Se obtuvo por parte del laboratorio AgarPROJEKT un informe de análisis de suelo (Figura 9), donde se muestran los resultados de las características, macronutrientes, micronutrientes y peligro de salinidad de cada una de las muestras correspondientes; cada uno de ellos con sus respectivos rangos de niveles óptimos para el cultivo de *Coffea arabica* L.

Con respecto a la muestra 1, sus resultados se encontraron mayormente fuera de los rangos óptimos para la especie; no obstante, esta tuvo los mejores niveles de magnesio con respecto al resto de muestras. La muestra 2 es la que presentó mejores niveles óptimos en los análisis de materia orgánica y de la relación nitrato amonio, ya que dicha muestra es la única que se encontró dentro de los rangos óptimos para la especie. En la muestra 3 se destacaron los elementos manganeso y zinc con los niveles más altos y óptimos.

Los niveles de pH del suelo en las tres muestras variaron desde los 6.5 a los 6.8, cuando fueron medidos en agua y desde los 5.2 a los 5.7 cuando se midieron en KCl (cloruro de potasio), por lo que se calificó a estos como suelos neutros, cercanos a la neutralidad y ligeramente ácidos, los cuales corresponden a los rangos óptimos para *Coffea arabica* L., según la Tabla 2.

Finalmente, cabe mencionar que se encontró una deficiencia en los niveles de fósforo en las 3 muestras, sin embargo, las tres muestras carecen de peligro de salinidad, ya que sus niveles de sales totales se encuentran menores a los indicados en la Figura 9.

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS							
Tipo de Muestra:				Suelo			
Cultivo:				Café			
Número de Muestra:				# 1	# 2	# 3	
Información Proporcionada por el Cliente:				Nº 1	Nº 2	Nº 3	
Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco							
Análisis		Unidad	*Método Extracción	*Niveles Óptimos para Café Arabigo - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	5 - 15	2,9	9,3	7,0
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0,3 - 0,6	0,04	0,05	0,04
	pH (en H <sub>2</sub> O)	-	Vol. 1:2	-	6,8	6,5	6,7
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5,5 - 7,0	5,4	5,2	5,7
Macronutrientes	Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	3,2	5,3	2,6
	Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	8,1	22,8	15,8
	(NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	25 - 40	11,3	28,1	18,4
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO <sub>3</sub> 0.5M	20 - 35	6,7	9,1	10,9
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	110 - 220	31,0	125	104
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	40 - 100	87,0	61,5	82,0
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	400 - 1200	394	340	343
	Azufre (SO <sub>4</sub> -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 15	2,0	2,3	2,0
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	10 - 40	51,0	167	141
	Manganeso ( Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	6 - 30	7,4	15,4	25,7
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	1,0 - 4,0	3,7	3,3	4,4
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	1,2 - 6,0	0,63	1,3	1,8
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0,15 - 0,60	0,18	0,22	0,28
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	4,1	4,7	4,8
	Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/kg	Extracto Agua	< 210	4,0	3,0	4,6
	Sales Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	29,2	40,8	35,8

**Figura 9.** Resultados obtenidos del Análisis del Laboratorio

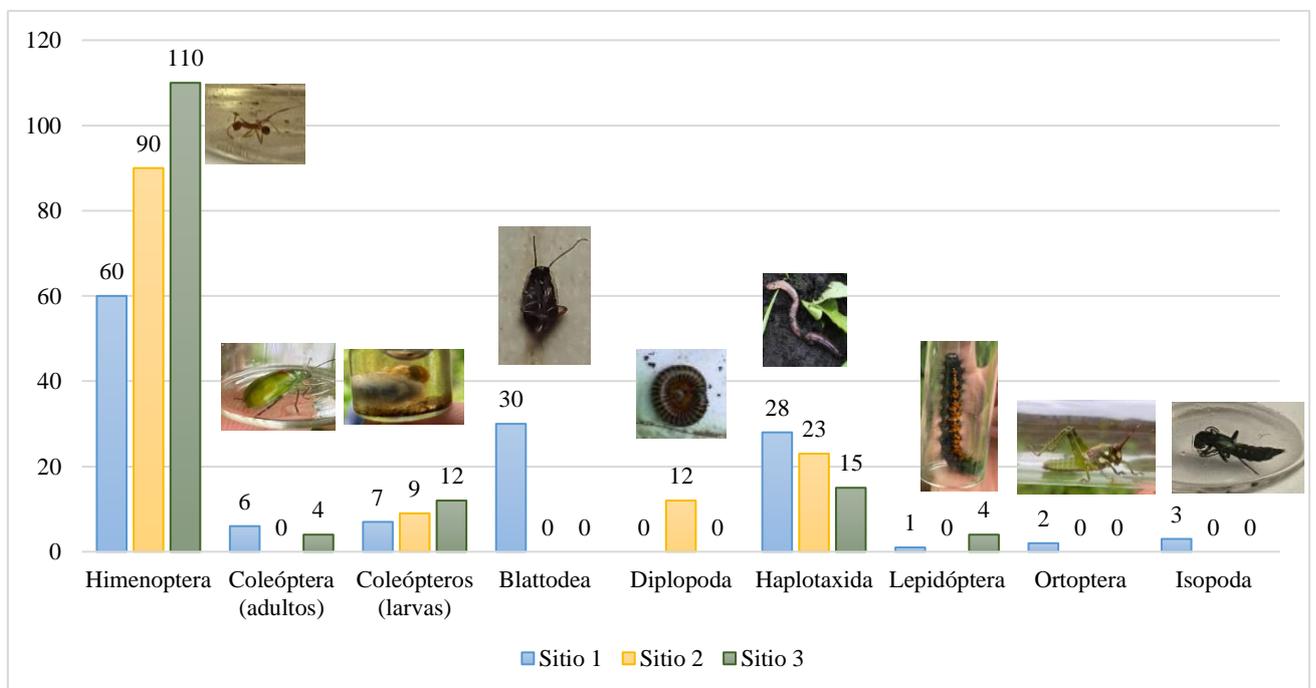
*Nota.* AGARPROJEKT, Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp.

Según Porta Casanellas (2005), cuando la diferencia entre el pH en agua y KCl se encuentra en el rango de 0.6 – 0.8 unidades o menos, se define al suelo como altamente saturado sin riesgo de acidificación, en cambio cuando esta diferencia es mayor a una unidad se califica al suelo como desaturado con una tendencia a acidificarse. En el estudio la diferencia que existió entre estas mediciones es mayor a la unidad por lo que las tres muestras presentaron riesgo de acidificación dónde el nivel de pH, según el autor, puede disminuir debido a prácticas culturales como la adición de abonos, hecho que se comprobó con las encuestas realizadas.

#### 4.1.8. Análisis Biológico del Suelo

Entre los macroinvertebrados encontrados se destacaron 4 unidades taxonómicas, los órdenes: himenóptera, coleóptera, haplotaxida y blattodea, ya que según la Figura 10, son las más abundantes en las condiciones de muestreo. De un total de 9 grupos encontrados en total, el orden ortóptera fue el que menos dominancia presentó y el himenóptera (hormigas) fue el más dominante, grupo que según el estudio de Arenas y Armbrrecht (2018), mantiene su biodiversidad gracias a los cafetales de sombra, los cuales son característicos de la zona de estudio.

Por otra parte, el sitio de muestreo que presentó una diversidad mayor fue el primero con un total de 8 especies encontradas, seguido del sitio número 3 con 5 y por último el 2 con un total de 4 grupos taxonómicos identificados, cabe recalcar que la mayoría de las especies fueron encontradas a los primeros 10 cm de profundidad, al igual que en el estudio de Rendón et al. (2011), dónde la mayoría de macroinvertebrados presentes en cultivos de mora, pasto y aguacate, se encontraron a esta misma profundidad.



**Figura 10.** Macroinvertebrados presentes en suelos, Zona de Intag, 2022

Según Rendón et al. (2011), la presencia o ausencia de macroinvertebrados pueden ser indicadores de una buena calidad del suelo, los autores recalcan que un suelo en buen estado presenta lombrices de tierra y escarabajos, especies que se encontraron mayormente en los muestreos realizados. Al observar las especies encontradas se calificó a los suelos de Intag como diversos con respecto a los macroinvertebrados presentes, Dávila et al. (2022), mencionan que estos benefician tanto a la descomposición de la materia orgánica como a la disponibilidad de nutrientes, aspectos positivos para el desarrollo de distintas especies de plantas.

Al comparar las unidades de muestreo se obtuvo que las localidades menos relacionadas entre sí, con respecto a los macroinvertebrados presentes, corresponden a la 1 y 2 con un 50% de similaridad, por otro lado, las más parecidas son la 1 y 3 con un 76.92%, (Tabla 14), esto se debe a que ambas muestras presentan características de suelo de tipo etnisol.

**Tabla 13.** Resultados del Índice de Sorensen

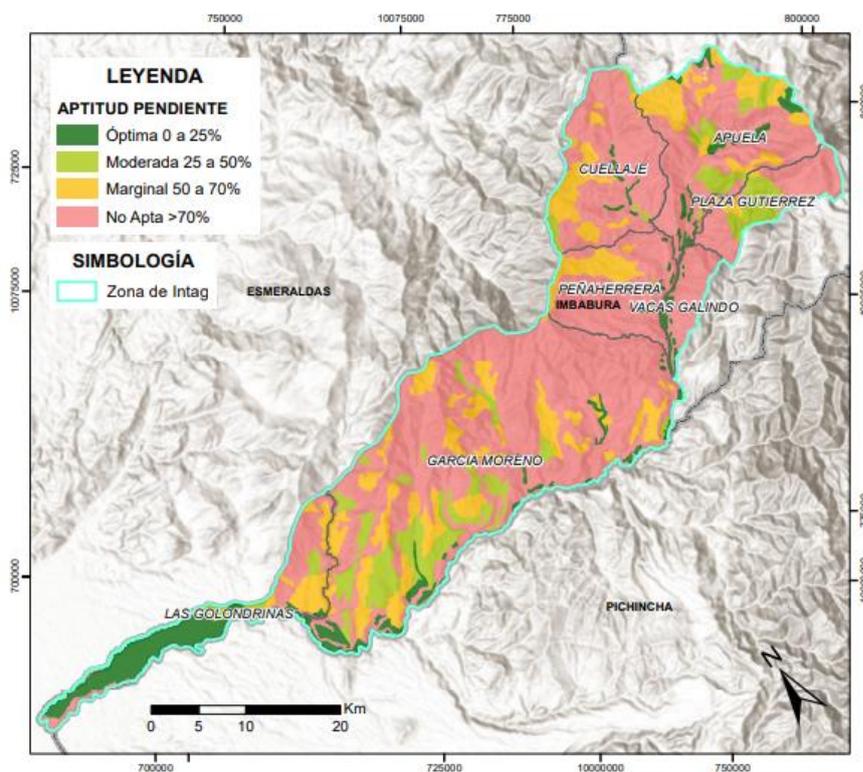
Sitios	Nº Especies en común	% Similaridad
Entre 1 y 2	3	50.00
Entre 1 y 3	5	76.92
Entre 2 y 3	3	66.67

Cabe destacar que los macroinvertebrados del suelo interceden tanto en los procesos de infiltración, aireación, como incorporación de materia orgánica en el suelo (Huerta et al., 2008), en el estudio de los autores se menciona también que las condiciones biológicas del suelo se ven alteradas cuando existe un uso continuo de agroquímicos o cuando el suelo es arado, en el caso del presente estudio dichas condiciones no se vieron mayormente afectadas, esto se debe a que, los productores en la zona de Intag prefieren el uso de fertilizantes orgánicos sobre los químicos.

## 4.2. Zonas Óptimas de *Coffea arabica* L. en la Zona de Intag

### 4.2.1. Zonificación Edáfica

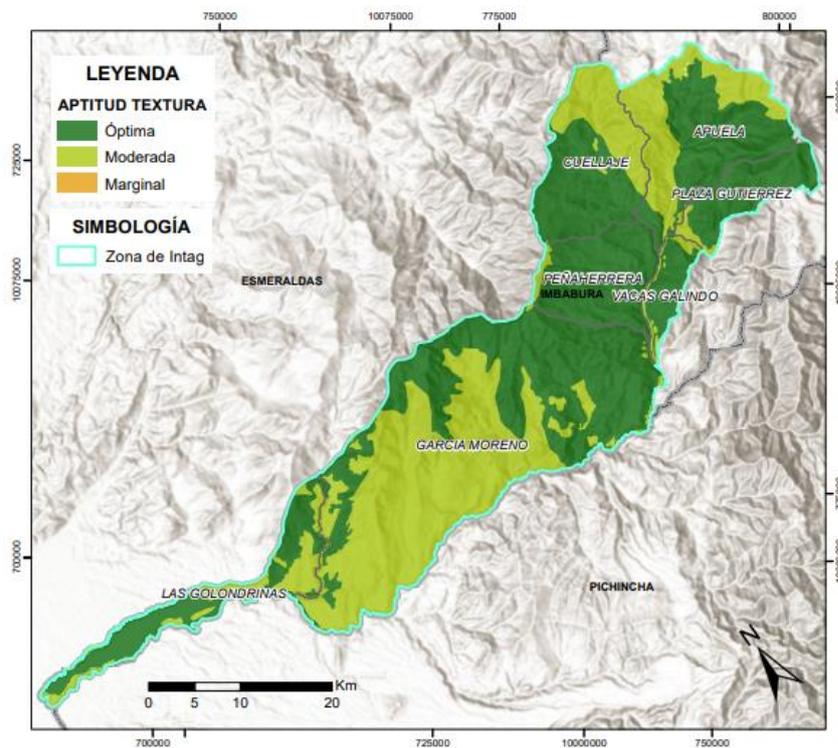
**4.2.1.1 Pendiente** En la figura 11 se puede observar el tipo de pendiente que presentó la zona de estudio, la mayor parte está cubierta por una pendiente mayor al 70%, con un total de 94 582.3 ha, a este tipo se la considera como no apta para el cultivo de *Coffea arabica* L., por su alto grado de inclinación, el resto del área está cubierta por zonas marginales con 24 295.6 ha, seguido de las zonas moderadas con 15 301.6 y por último las óptimas con 11 724.6 ha.



**Figura 11.** Aptitud factor pendiente, Zona de Intag, 2022

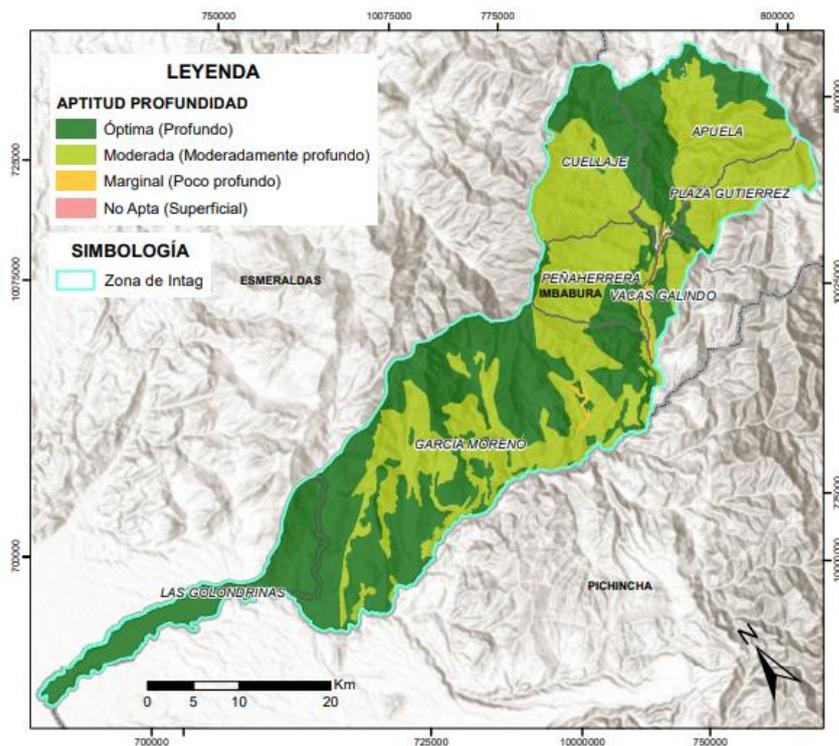
El sector de las Golondrinas es el que obtuvo una mayor capacidad óptima para el desarrollo de esta especie, sin embargo, se observó que está se encuentra adaptada de igual manera en las demás parroquias, Bustamante et al., (2004) mencionan que la especie *Coffea arabica* L. es muy versátil con respecto al nivel de inclinación del terreno además la califican como una especie conservacionista ya que ayuda a evitar la erosión del suelo en zonas con pendiente elevada.

**4.2.1.2 Textura** En la figura 12 se observa la aptitud presente en la zona de estudio, con respecto al factor de textura del suelo, donde predominaron las aptitudes óptima y moderada, estas muestran un alto potencial para el desarrollo de *Coffea arabica* L., las zonas óptimas abarcan un total de 83 805 ha y se encuentran cubiertas por suelos de textura: Franca, Limosa, Franco arcillosa, Franco arcilla arenosa, Franco arcilla limosa, Arcillosa, Arcillo arenosa y Arcillo limosa; en cambio, las moderadas presentan textura Franco arenosa, Franco limosa y Arenoso franca con un total de 62 067 ha.



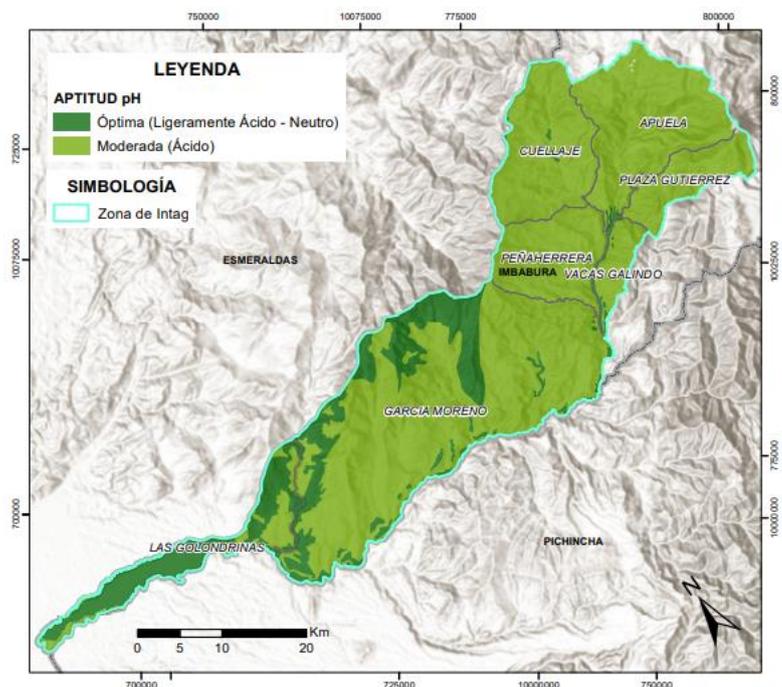
**Figura 12.** Aptitud factor textura, Zona de Intag, 2022

**4.2.1.3 Profundidad** Con respecto a la profundidad del suelo en la Zona de Intag se puede observar en la Figura 13, que la mayor parte presenta zonas óptimas (76 340.5 ha) y moderadas (68 500.5 ha), caracterizadas por presentar suelos profundos y moderadamente profundos, respectivamente. La aptitud marginal con suelos poco profundos abarca 865.65 ha y la no apta de suelos superficiales tan solo 197.4 ha, estas cubren solo una pequeña parte del área de estudio ya que se encuentran solo en algunos lugares del límite entre las parroquias de Vacas Galindo y Peña Herrera.



**Figura 13.** Aptitud factor profundidad, Zona de Intag, 2022

**4.2.1.4 pH** En la Figura 14 se puede observar que la mayor parte de la zona de estudio con 129 299 ha, presenta una aptitud moderada caracterizada por suelos con niveles de pH ácidos, la parte óptima representa un total de 25 605.5 ha y abarca a los suelos de tipo neutro y moderadamente ácidos.



**Figura 14.** Aptitud factor pH, Zona de Intag, 2022

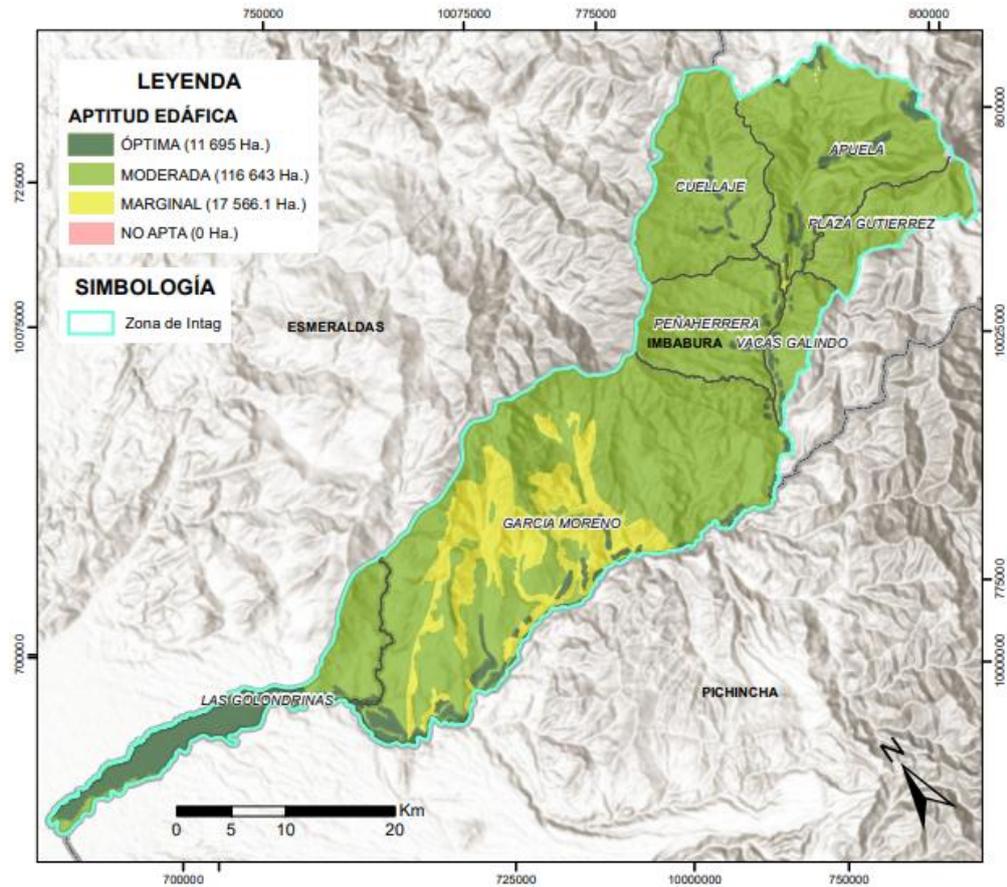
**4.2.1.5. Superposición de factores edáficos** Los resultados obtenidos del cruce de las distintas capas de los factores edáficos se pueden observar en la Tabla 15, aquí se muestra la valorización realizada según el rango correspondiente presentado en la Tabla 4. La aptitud que predominó de dicho cruce fue la moderada con un mayor número de polígonos que se encontraban entre rangos de 7 a 9, además se puede recalcar que no existieron zonas clasificadas como no aptas, ya que la suma de los valores fue mayor a 3 en todos los casos.

**Tabla 14.** Valoración de la aptitud edáfica, Zona de Intag, 2022

<b>Aptitud Pendiente</b>	<b>Aptitud Textura</b>	<b>Aptitud Profundidad</b>	<b>Aptitud pH</b>	<b>VALOR</b>	<b>Aptitud Edáfica</b>
No Apta	Moderada	Moderada	Moderada	6	Marginal
No Apta	Óptima	No Apta	Óptima	6	Marginal
No Apta	Marginal	Óptima	Óptima	7	Moderada
No Apta	Moderada	Óptima	Moderada	7	Moderada
No Apta	Óptima	Moderada	Moderada	7	Moderada
Marginal	Moderada	Óptima	Moderada	8	Moderada
Marginal	Óptima	Moderada	Moderada	8	Moderada
No Apta	Moderada	Óptima	Óptima	8	Moderada
No Apta	Óptima	Óptima	Moderada	8	Moderada
Marginal	Moderada	Óptima	Óptima	9	Moderada
Marginal	Óptima	Óptima	Moderada	9	Moderada
Moderada	Moderada	Moderada	Óptima	9	Moderada
Moderada	Moderada	Óptima	Moderada	9	Moderada
Moderada	Óptima	Moderada	Moderada	9	Moderada
No Apta	Óptima	Óptima	Óptima	9	Moderada
Óptima	Moderada	Marginal	Óptima	9	Moderada
Óptima	Óptima	No Apta	Óptima	9	Moderada
Moderada	Moderada	Óptima	Óptima	10	Óptima
Óptima	Marginal	Óptima	Óptima	10	Óptima
Óptima	Moderada	Moderada	Óptima	10	Óptima
Óptima	Moderada	Óptima	Moderada	10	Óptima
Óptima	Óptima	Moderada	Moderada	10	Óptima
Óptima	Moderada	Óptima	Óptima	11	Óptima
Óptima	Óptima	Óptima	Moderada	11	Óptima
Óptima	Óptima	Óptima	Óptima	12	Óptima

Como se puede observar en la Figura 15 la disponibilidad edáfica que se encuentra en mayor cantidad en la Zona de Intag es la de tipo moderada con un total de 11 695 ha lo que corresponde a un 79.94% del área, seguido se tiene a la marginal

con 17 566.10, correspondiente a un 12.95% y por último la parte optima con 11 695 ha y un porcentaje de 8.02%, cabe destacar que no se encontraron zonas no aptas para el cultivo de *Coffea arabica* L., con respecto a la zonificación edáfica realizada.



**Figura 15.** Zonificación edáfica de la zona de Intag, 2022

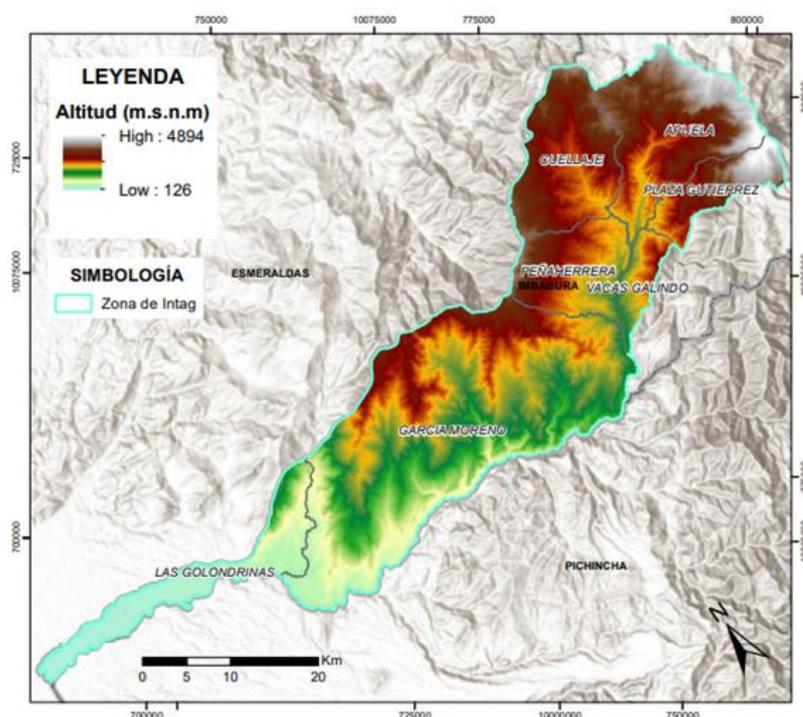
Las zonas más óptimas se localizaron en sectores como: Las Golondrinas y entre los límites del resto de parroquias, en cambio las zonas marginales se encontraron mayormente en la parroquia de García Moreno, de acuerdo a la Figura 11 se pudo deducir además que en la zona de Intag existe una buena disponibilidad edáfica, ya que no se encontraron zonas no aptas para el cultivo de *Coffea arabica* L., esto se da gracias a los tipos de suelo que presenta el área de estudio (Figura 2), los cuales, según la investigación realizada por Suarez et al., (2015), permiten a la especie desarrollarse de mejor manera, hecho que se comprobó con los estudios de suelo realizados (Figura 9), mismos que mostraron un alto porcentaje de adaptabilidad para el cultivo.

**Tabla 15.** Área y porcentajes de zonificación edáfica en la Zona de Intag, 2022

<b>Aptitud</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
No aptas	0	0
Marginal	17 566.10	12.04
Moderada	11 6643.00	79.94
Óptima	11 695.00	8.02
<b>Total</b>	<b>145 904.10</b>	<b>100.00</b>

#### 4.2.2. Zonificación Climática

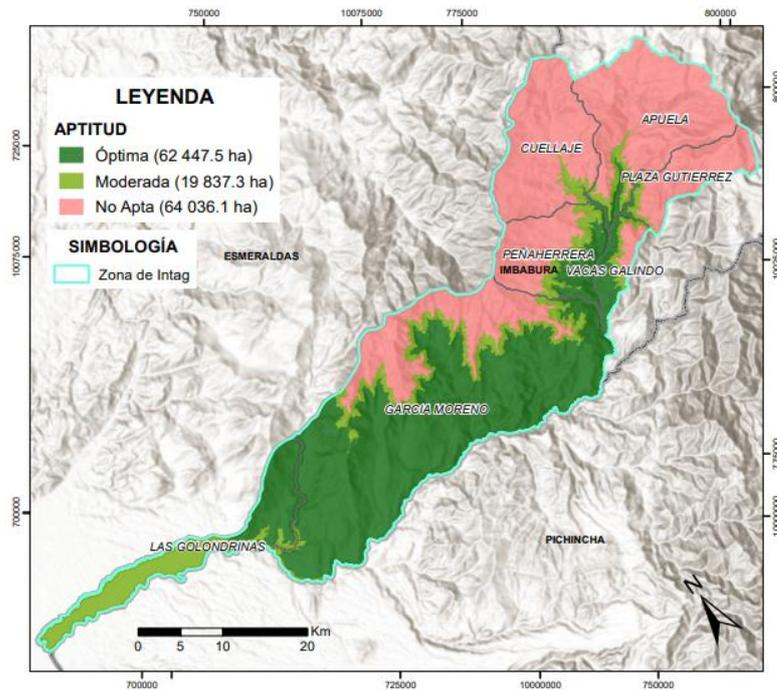
**4.2.2.1. Altitud** Con el DEM descargado se logró obtener un mapa hipsométrico de la zona de Intag, como se observa en la Figura 16, aquí se resalta que el punto más alto dentro de esta zona corresponde a 4894 msnm y el más bajo a 126 msnm.



**Figura 16.** Altitud en la Zona de Intag, 2022

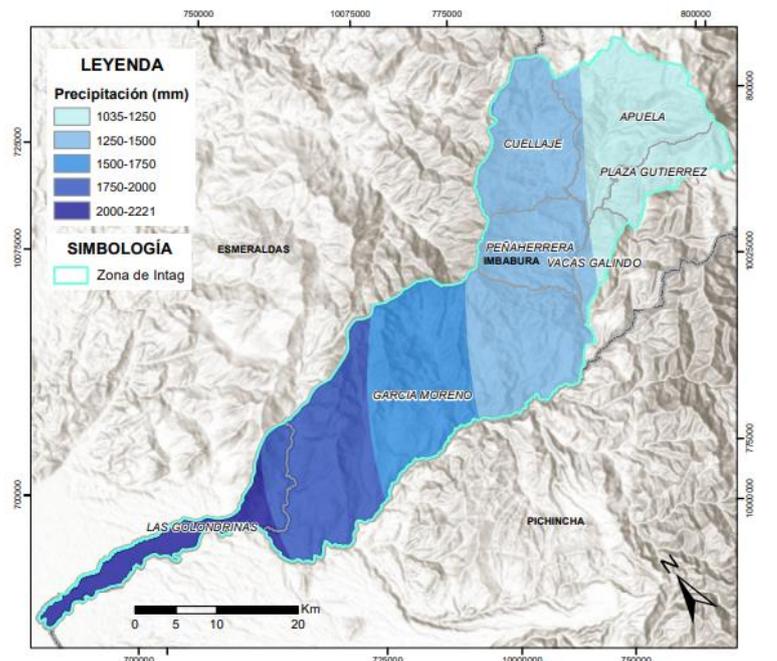
En la figura 17 se puede observar que la aptitud óptima con respecto a la altitud se encuentra al oeste de la zona de estudio abarcando un total de 62 447 ha (42.68%), al este se presentaron mayormente zonas no aptas cubriendo 64 036.1 ha

(43.76%) y por último la parte moderada con 19 837.3 ha, representada por un 13.56% del total del área.



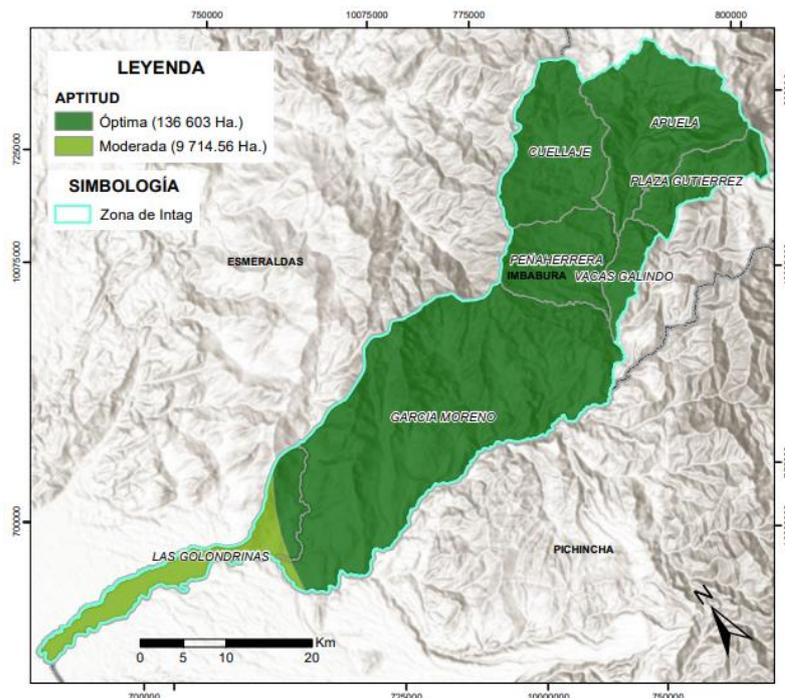
**Figura 17.** Aptitud de Altitud en la Zona de Intag, 2022

**4.2.2.2. Precipitación** Para obtener los valores de precipitación anual se proyectaron isoyetas en base a todo el periodo de 10 años de observación, de cada estación. Los resultados obténidos se plasmaron en un mapa de isoyetas (Figura 18), en cual se puede observar que el valor mínimo de precipitación en la zona es de 1 035 mm y mientras que el valor máximo es de 2 221mm.



**Figura 18.** Precipitación en la Zona de Intag, 2022

En la Figura 19 se muestra la aptitud de la precipitación en función de los requerimientos agroecológicos del cultivo de café (*Coffea arabica* L.), dando como resultado que un 93.3% es decir 136 603 ha repartidas en las parroquias de Apuela, Cuellaje, Plaza Gutierrez, Peñaherrera, Vacas Galindo y García Moreno, son óptimas, y un 6.7% es decir 9 714.56 ha poseen aptitud moderada, esto mayormente en la parroquia Las Golondrinas, donde incluso se sobrepasa los 2000 mm.



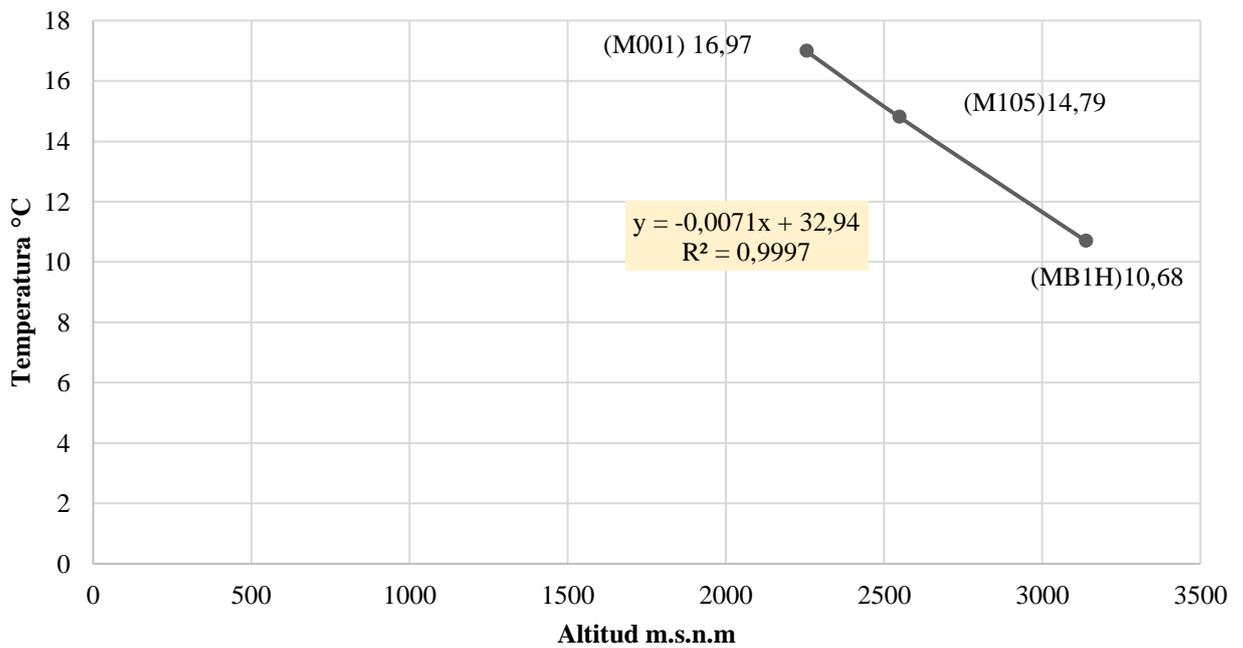
**Figura 19.** Aptitud de Precipitación en la Zona de Intag, 2022

**4.2.2.3. Temperatura** Se obtuvo el factor de correlación de la temperatura gracias a la aplicación de las fórmulas 3 y 4, donde se obtuvieron valores de T Det para cada estación con estos se calculó las T x,y las cuales fueron similares a las medias iniciales (Tabla 17), esto según Fries et al., (2012) comprueba la confiabilidad de la correlación.

**Tabla 16.** Temperaturas medias anuales de un período de 10 años, Zona de Intag

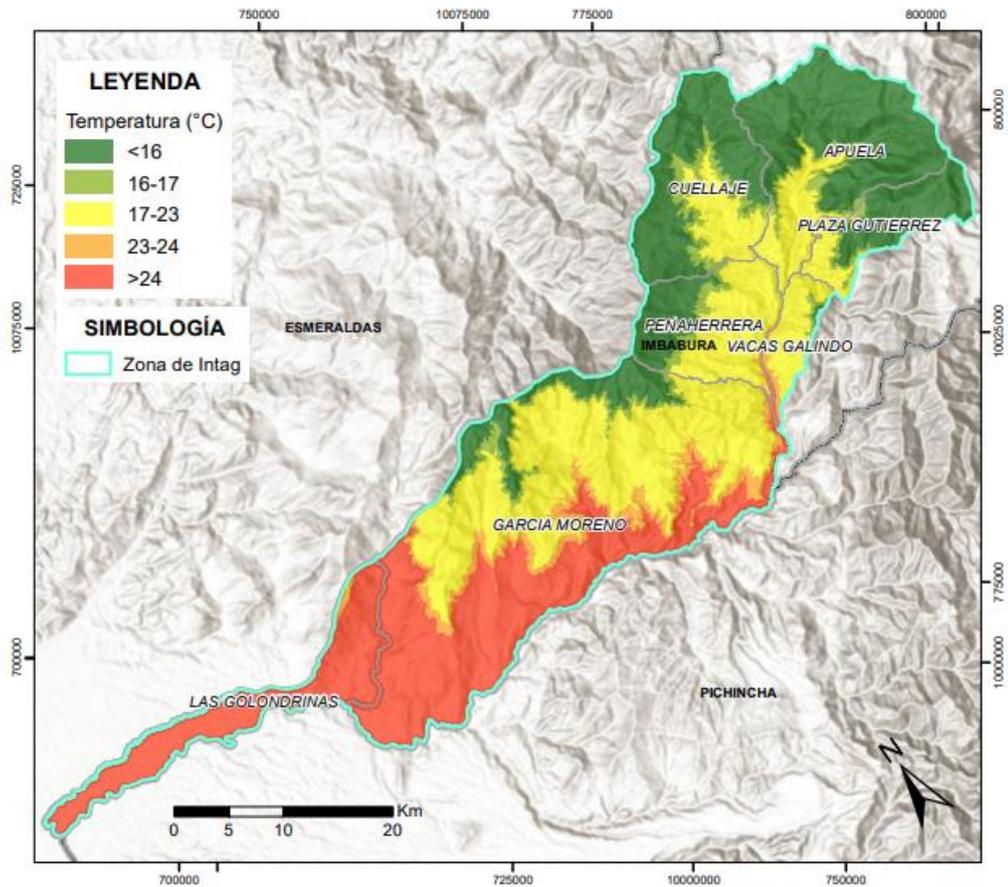
COD	Estación	Altitud_Z	Coord_X	Coord_Y	Medias	T Det	T x,y
M001	Inguincho	3140	788517	10028495	<b>10.68</b>	18.8	10.68
M105	Otavalo	2550	806122	10026927	<b>14.79</b>	18.7	14.79
MB1H	Ibarra-Inamhi	2256	819218	10036491	<b>16.97</b>	18.8	16.97

En la Figura 20 se observa el factor de correlación encontrado de las estaciones utilizadas en el estudio, donde se observa que existe una relación inversamente proporcional entre las variables, es decir a mayor altitud existe menor temperatura. Además de la ecuación se obtuvo un valor de  $R^2$  de 0.9997, el cual al acercarse a la unidad indicó que los datos se encuentran ajustados a la línea de regresión lineal, lo que indica una confiabilidad mayor (Fries et al., 2012).



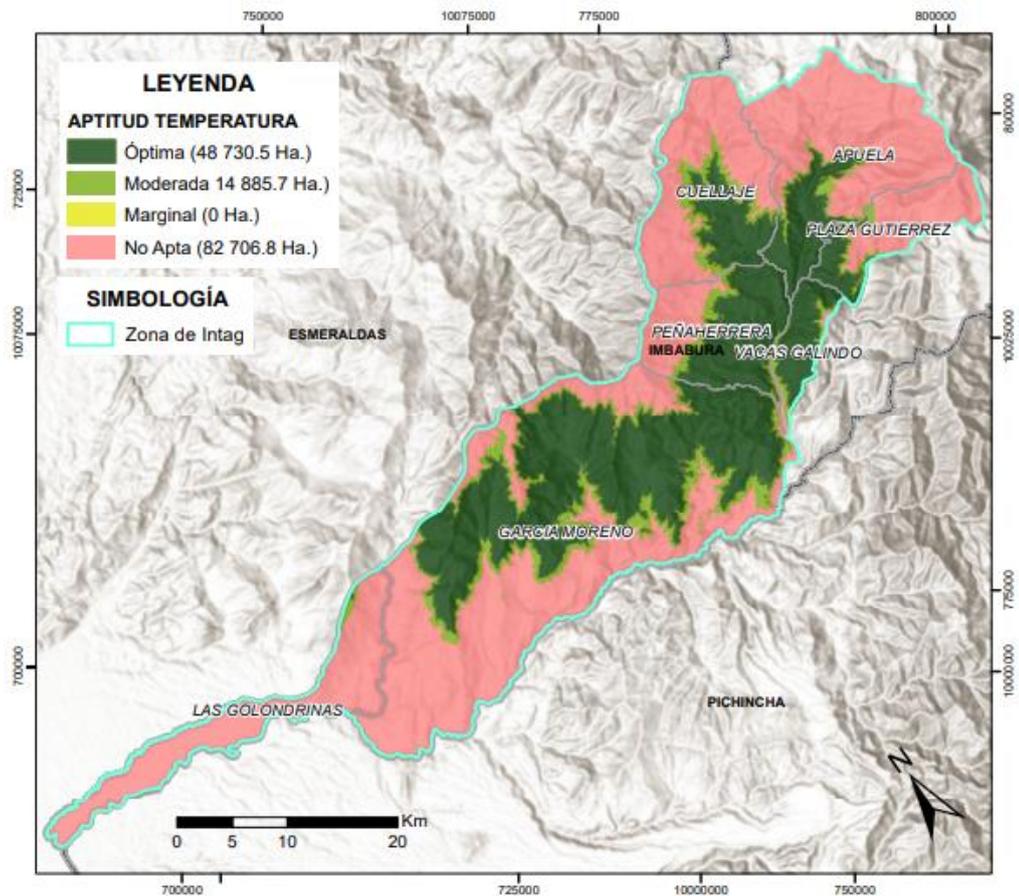
**Figura 20.** Factor de Correlación de Temperatura, Zona de Intag, 2022

La ecuación obtenida de la figura 16 se calculó en ArcGIS 10.8 utilizando la herramienta Raster Calculator, junto con el modelo de elevación previamente descargado se obtuvo el mapa de isotermas presente en la zona de Intag (Figura 21). En esta se observa que la zona de estudio presentó los valores de temperatura media anual más bajos menores a 16°C en la parte este del área y al oeste se encontraron las zonas con temperaturas más altas mayores a 24°C., específicamente en el sector de las Golondrinas y una parte de García Moreno.



**Figura 21.** Temperatura, Zona de Intag, 2022

En la figura 22 se observa la aptitud correspondiente para cada rango de temperatura encontrado, donde las zonas no aptas son las que abarcaron un área mayor, con un total de 87 706.8 ha (56.52%), seguidas de las zonas óptimas con 48 730.5 ha, representando un 33.30% y finalmente la zona que presentó menor extensión fue la moderada con 14 885.7 ha las cuales representan el 10.17% del área total.



**Figura 22.** Aptitud de temperatura, Zona de Intag, 2022

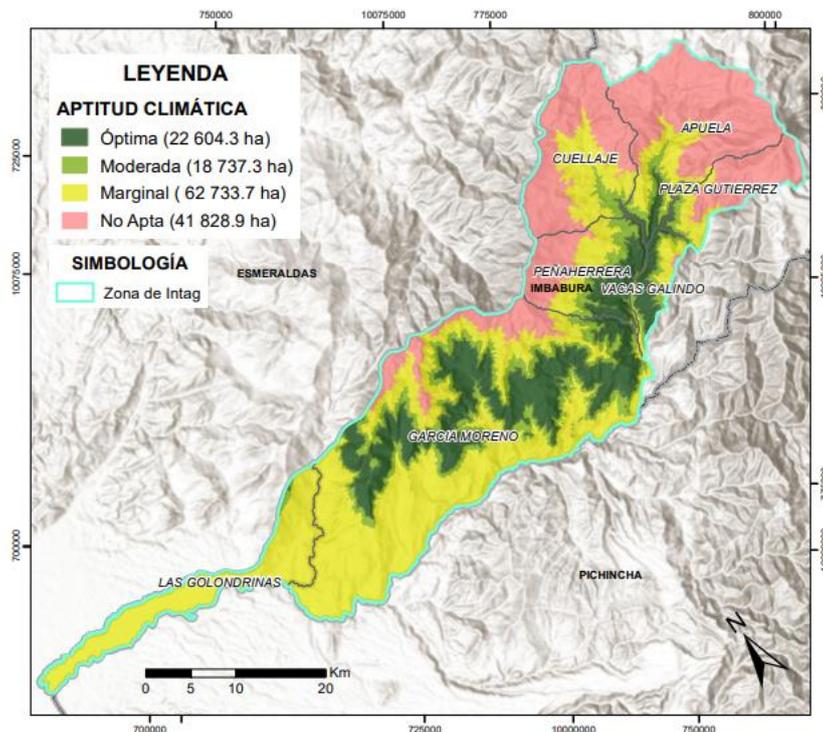
#### 4.2.2.4. Superposición de factores climáticos

Los resultados obtenidos del cruce de las distintas capas de los factores climáticos se pueden observar en la Tabla 18, aquí se muestra la valorización realizada según el rango correspondiente presentado en la Tabla 6. La aptitud que predominó de dicho cruce fue la marginal con un mayor número de polígonos que se encontraban entre rangos de 4 a 6, en este caso a diferencia de la zonificación edáfica, si se encontraron zonas no aptas ya que hubo valores cuya suma correspondía al rango de 0 a 3.

**Tabla 17.** Valoración de la aptitud climática, Zona de Intag, 2022

Aptitud Precipitación	Aptitud Temperatura	Aptitud Altitud	Valor	Aptitud Climática
No Apta	No Apta	No Apta	0	No Apta
Óptimo	No Apta	No Apta	3	No Apta
Moderado	No Apta	Moderada	4	Marginal
Moderado	No Apta	Óptima	5	Marginal
Óptimo	Moderada	No Apta	5	Marginal
Óptimo	No Apta	Moderada	5	Marginal
Óptimo	No Apta	Óptima	6	Marginal
Óptimo	Óptima	No Apta	6	Marginal
Moderado	Moderada	Óptima	7	Moderada
Óptimo	Moderada	Óptima	8	Moderada
Óptimo	Óptima	Moderada	8	Moderada
Óptimo	Óptima	Óptima	9	Óptima

Como se puede observar en la figura 23 la disponibilidad climática para *Coffea arabica* L., que se encontró en mayor cantidad en la zona de Intag es la de tipo marginal con un total de 62 737.3 ha, lo que corresponde a un 43% del área, seguido se tiene a la aptitud no apta con 41 828.9 ha, correspondiente a un 28.67%, después está la óptima que abarca 22 604.3 ha (15.49%) y por último la parte moderada con 18 737.3 ha y un porcentaje de 12.84%.



**Figura 23.** Zonificación Climática de la Zona de Intag, 2022

Las zonas óptimas, según la aptitud climática, se localizaron en las parroquias de García Moreno, Apuela, Vacas Galindo, Plaza Gutiérrez y Peña Herrera. La zona de las Golondrinas obtuvo una aptitud climática marginal para el cultivo, esto puede ser por las altas temperaturas que esta zona presentó según la Figura 22, Encalada et al., (2016), mencionan en su estudio que un nivel alto de temperatura puede resultar en afectación en las medidas de altura, crecimiento de ramas y número de flores, por ello los autores recalcan la importancia de mantener el café bajo sombras, hecho que la mayoría de los agricultores de la zona de Intag cumplen según la encuesta realizada.

**Tabla 18.** Área y porcentajes de zonificación climática en la Zona de Intag, 2022

<b>Aptitud</b>	<b>Área ha</b>	<b>%</b>
Marginal	62733.7	43
Moderada	18737.3	12.84
No apta	41828.9	28.67
Óptima	22604.3	15.49
<b>Total</b>	<b>145904.1</b>	<b>100</b>

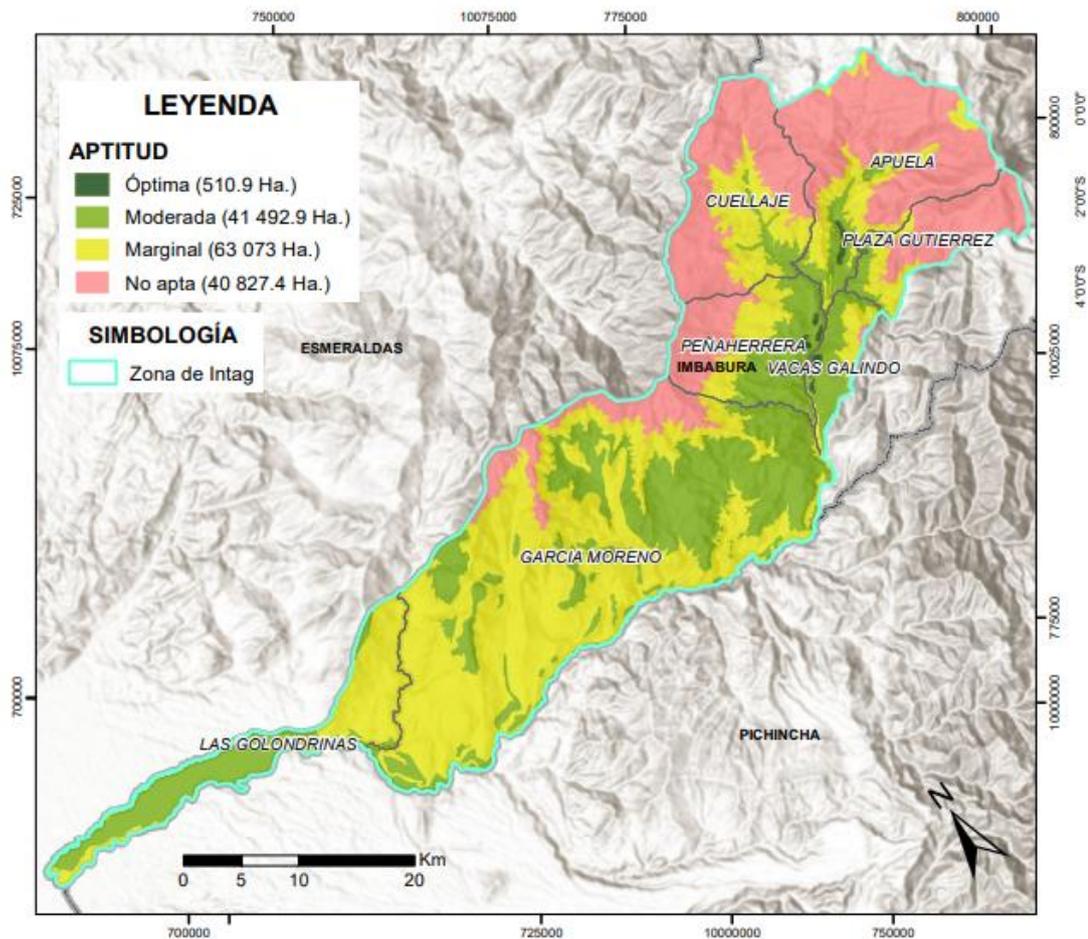
#### 4.4.3. Zonificación Agroecológica

Una vez efectuada la superposición y cruce de las zonificaciones edáfica y climática, se identificaron las zonas agroecológicas homogéneas, donde se determinó el tipo de aptitud de cada sector para la especie *Coffea arabica* L. (Tabla 20).

**Tabla 19.** Valoración agroecológica según el cruce de aptitudes

<b>Aptitud Edáfica</b>	<b>Aptitud Climática</b>	<b>Aptitud Agroecológica</b>
Marginal	No Apta	No Apta
Moderada	No Apta	No Apta
Marginal	Marginal	Marginal
Moderada	Marginal	Marginal
Marginal	Moderada	Marginal
Óptima	No Apta	Marginal
Marginal	Óptima	Marginal
Óptima	Marginal	Moderada
Moderada	Moderada	Moderada
Óptima	Moderada	Moderada
Moderada	Óptima	Moderada
Óptima	Óptima	Óptima

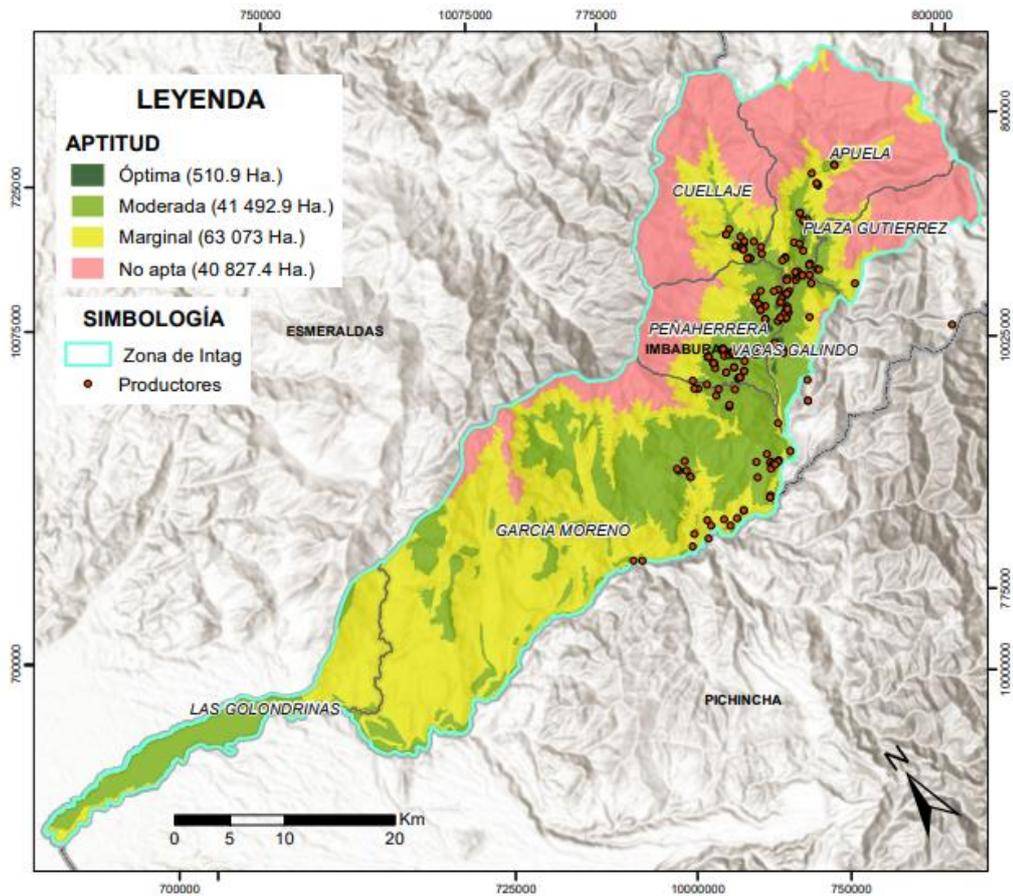
En la figura 24 se observa la disponibilidad agroecológica para *Coffea arabica* L., las zonas que se presentaron mayormente fueron las marginales con un total de 63 073 ha, representando un 43.23% de toda el área estudiada, seguido se encuentra la aptitud moderada con 41 492.9 ha, correspondiente a un 28.44%, después se tiene a la parte no apta, que abarca 40 827.4 ha (27.98%) y por último se encontró las zonas óptimas con 510.9 ha, la cual representa el 0.35% de toda la zona de Intag.



**Figura 24.** Zonificación Agroecológica Zona de Intag, 2022

Las zonas óptimas para el cultivo de *Coffea arabica* L., según los distintos factores agroecológicos analizados en el estudio, se encontraron dentro de las parroquias: Peña Herrera, Apuela y Vacas Galindo, cabe destacar que se presentó una aptitud mayormente marginal y moderada dentro de toda el área; sin embargo, se comprobó que la mayoría de los productores actuales se encontraron localizados

en las zonas moderadas y óptimas, así mismo se observa en la Figura 25 que no se encontraron productores en las zonas no aptas para la especie *Coffea arabica* L.



**Figura 25.** Zonificación Agroecológica con productores de *Coffea arabica* L.  
Zona de Intag, 2022

Como se puede observar en la tabla 22 se muestra el número de productores que existe actualmente por cada aptitud agroecológica encontrada en la zona de Intag donde se evidencia que existe y en la mayoría de los productores se encuentran en la zona moderada sin embargo en las zonas marginales existen un mayor número de productores que en las zonas óptimas.

**Tabla 20.** Área y porcentajes de zonificación agroecológica en la Zona de Intag, 2022

<b>Aptitud</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>	<b>N° Productores</b>
Marginal	63 073	43.23	26
Moderada	41 492.9	28.44	124
No apta	40 827.4	27.98	0
Óptima	510.9	0.35	15
Total	145904.1	100.0	165

### **4.3. Estrategias de Manejo Agroecológico para *Coffea arabica* L. en la Zona de Intag.**

En base al resultado obtenido de la zonificación agroecológica, así como mediante la información sobre las condiciones de salud de los cafetales, recopilada mediante las encuestas, se implementó estrategias de manejo agroecológico, mismas que faciliten una guía para desarrollar agroecosistemas que tomen ventaja de los efectos de la integración de la biodiversidad de plantas y animales, puesto que dicha integración aumenta las complejas interacciones y sinergismos y optimiza las funciones y procesos del agroecosistema tales como la regulación biótica de organismos perjudiciales, reciclado de nutrientes y la producción y acumulación de biomasa, permitiendo así al agroecosistema solventar su propio funcionamiento (Altieri, 2001).

#### **4.3.1. Estrategias de Manejo Agroecológico para la Zona Marginal de Intag**

Para los cultivos de los 26 productores que se encuentran en el área marginal, la cual se debe principalmente a factores climáticos como la pendiente o la temperatura, se recomienda aplicar las siguientes estrategias de manejo agroecológico:

**4.3.1.1. Implementación de Cercas Vivas:** con el fin de mejorar la ambientación de los cafetales, así como para evitar los vientos fuertes, es aconsejable sembrar especies que protejan los sistemas agroforestales, ya que según Altieri (2013), dependiendo de la composición vegetal, la altura, densidad del dosel,

numero de estratos, ubicación, etc., estas estructuras pueden interceptar los vientos dominantes y tener un efecto protector sobre la finca en cuestión.

**4.3.1.2. Incrementar la Diversidad de Árboles de Sombra:** la importancia de los árboles de sombra radica en que la existencia de vegetación boscosa constituye un elemento que protege de los cambios bruscos de temperatura, dado que la interacción planta-atmósfera modula el clima regional y la cobertura vegetal constituye un reservorio de carbono que atenúa el efecto invernadero, así como también contribuyen a mantener la fertilidad del suelo, reduciendo la erosión y aportando una buena cantidad de materia orgánica producida por la hojarasca (Monjardín et al., 2008).

**4.3.1.3. Implementación de Abonos Verdes:** Los abonos verdes son plantas con capacidad de adaptarse a diversos suelos y climas, de rápido crecimiento y alto poder de producción de material vegetativo. Estos se cultivan con el fin de proteger y recuperar el suelo ya que mejoran la fertilidad del suelo por dos vías: fijación de nitrógeno atmosférico en el suelo y por el aporte de material vegetativo, el cual se transforma en materia orgánica, mejorando la parte física, química y biológica del suelo (Kondo et al., 2013).

#### ***4.3.2 Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades***

El manejo integrado de plagas propuesto permitirá establecer un proceso de toma de decisiones sobre prácticas a usar, para toda el área de estudio, basado en observaciones sistemáticas y razonamiento ecológico sobre el cultivo, las plagas y el control natural, para mantener las pérdidas por plagas en niveles aceptables, con costos razonables y con un impacto negativo mínimo sobre el medio ambiente y la salud humana (Guharay, 2000).

**4.3.2.1. Estrategias de Control Biológico de la Broca (*Hypothenemus hampei* F.) con Hongos Entomopatógenos (*Beauveria bassiana*).** En la zona de Intag los cafetales se han visto afectados por la broca (*Hypothenemus hampei* F.) para lo cual, según lo descrito por Carmenza et al., (2013), si se desea ejercer un control que mantenga el equilibrio biológico es recomendable utilizar el hongo

*Beauveria bassiana* como una alternativa ambientalmente amigable para el control de la broca, para esto primero se deberá escoger primero las mejores cepas del hongo, para posteriormente ser inoculadas en los cafetos.

**4.3.2.2. Estrategias de Control Cultural de la Broca (*Hypothenemus hampei* F.) con Trampas Amarillas y Verdes.** Según Acacio (2013), el color de las trampas influye drásticamente en la efectividad de estas, por lo que en su estudio “Efecto del color de trampa en la captura de la broca del café (*Hypothenemus Hampei* Ferr.) en tres localidades de Tingo María” menciona que, respecto al color, las trampas que capturaron mayor número de brocas son las trampas amarillas y verdes, mientras que las rojas son menos eficientes. Cabe mencionar además que el autor sostiene que las trampas transparentes presentaron mejores resultados que las trampas de color.

**4.3.2.3 Estrategias de Control Biológico de la Roya (*Hemileia vastatrix*) mediante Fungicidas Cúpricos.** El uso de los fungicidas cúpricos (oxicloruro de cobre y los caldos minerales) considerados los más eficientes para el control de la roya, puesto que no alteran la biota del agroecosistema (Capucho et al., 2013; Melchor et al., 2018), estos penetran en el tejido de las hojas y tienen efectos curativos (McCook, 2009) atacan al hongo durante el crecimiento miceliar y la formación de pústulas (Duicela y Ponce, 2015) así como el uso de microorganismos como hongos y bacterias (Gómez-De La Cruz et al., 2017), con capacidad de sobrevivir a expensas del hongo (Boosalis, 1964) afectando las estructuras reproductivas del patógeno (Barros et al., 1999).

Para finalizar cabe destacar que las estrategias en conjunto con el resto de los resultados obtenidos fueron entregadas en las instalaciones de APCI, una de las asociaciones de caficultores de Intag, dónde se socializó con los representantes de dicha asociación y se resolvieron las inquietudes que ellos plantearon, además se dejó un folleto y un CD, con la investigación finalizada, como constancia del trabajo que se ha llevado a cabo en esta zona (Anexo 9).

## Capítulo V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

La mayoría de los caficultores no son conscientes aún de los efectos negativos que existen al realizar prácticas agrícolas convencionales en los cultivos de café (*Coffea arabica* L.) ya que en la zona de Intag únicamente un 59% de productores son de tipo orgánico, con una diferencia de tan solo 9 puntos porcentuales con el resto de los productores, por lo que se concluye que no existe una diferencia significativa en el tipo de manejo que se da a este cultivo.

El cultivo de café en la zona de estudio se presenta en un 93% como policultivos, ya que este no es considerado como una única fuente de ingresos, si no que más bien, es una actividad complementaria de producción del sector agrícola de la zona, razón por la cual los caficultores no dedican un mayor cuidado y dedicación a sus cafetales.

El área de estudio se encuentra cubierta en su mayoría por los órdenes inceptisol e inceptisol+etnisol y una pequeña parte por el de tipo entisol, estos suelos presentan niveles altos de materia orgánica y niveles de pH que van de los 5.2 a los 6.8, por lo que se los calificó como: neutros, cercanos a la neutralidad y ligeramente ácidos; los cuales corresponden a los rangos óptimos para *Coffea arabica* L. Además, presentan una gran variedad de macroinvertebrados donde se destacan los órdenes: himenóptera, coleóptera, haplotaxida y blattodea, los cuales muestran de igual manera una buena aptitud edáfica para el cultivo.

Las zonas óptimas para la producción de *Coffea arabica* L. corresponden a 510.9 ha representado un total de 0.35% del área de estudio, estas se encuentran distribuidas principalmente en las parroquias de Apuela, Peñaherrea y Vacas Galindo, las áreas moderadas presentan 41 492.9 ha, correspondiente a un 28.44%, y están presente en todas las parroquias de Intag, ambas aptitudes representan condiciones favorables para la especie.

En el área de estudio se encuentra cubierta en su mayoría por una aptitud marginal, con un total de 63 073 ha, representando un 43.23% del área, esta se encontró principalmente en la parroquia de García Moreno, por otra parte, las zonas no aptas abarcaron un 40 827.4 ha (27.98%).

Para lograr un adecuado sistema agroforestal para el cultivo de *C. arabica* L. en las zonas con aptitud agroecológica marginal se proponen 3 estrategias, entre ellas están: la implementación de cercas vivas, incrementar la diversidad de árboles de sombra y la implementación de abonos verdes; con el fin de proteger a la especie de cambios bruscos de temperatura y de mejorar la fertilidad del suelo.

Para el manejo de plagas y enfermedades dentro de toda el área de estudio se plantearon 2 estrategias de control biológico, con las especies *Hypothenemus hampei* F. y *Hemileia vastatrix* y una de control cultural mediante trampas amarillas y verdes, estas estrategias además de mantener el número de pérdidas en niveles razonables tienen un impacto negativo mínimo sobre el medio ambiente.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda realizar un análisis extra de textura de tipos de suelo para confirmar la aptitud que este presenta en base a dicho parámetro físico.

Realizar un censo anual de todos los productores de café, para tener una línea base y un control real de los caficultores que existen en la zona de Intag.

Se recomienda también implementar investigaciones, que refuercen el presente estudio, relacionadas al tratamiento y reconversión de tierras menos favorables para el cultivo de *C. arabica* L. con el fin de promover una producción sostenible de dicho recurso en toda la zona de estudio.

## Referencias

- Abdel-Rahman E.M. Ahmed, F.B. (2008). The application of remote sensing techniques to sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid) production: a review of the literature. *International Journal of Remote Sensing* 29(13):3753-3767.
- Acacio, G., & Gil, J. (2012). Efecto Del Color De Trampa En La Captura De La Broca Del Café (*Hypothenemus Hampeiferr.*) En Tres Localidades De Tingo María. *Investigación y Amazonía*, 2(1-2), 27-34.
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en tabasco*, 11(1-2), 333-338.
- Alarcón Trujillo, V. F. (2021). Modelo SIG para la zonificación agroecológica de cultivos: estudio de caso cuenca hidrográfica del río Las Ceibas, Huila, Colombia.
- Alsina, M. L., & Utrilla, V. R. (2016). Efecto de variables edáficas y ambientales sobre la morfogénesis, producción de forraje y calidad nutricional de una pastura introducida y el pastizal natural en el sur de Santa Cruz. *Informes Científicos Técnicos-UNPA*, 8(3), 162-194.
- Altieri, M. A. (2001). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios. *Agroecología: El Camino Hacia Una Agricultura Sustentable*, 27-34. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/cap2-Altieri.pdf>
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático. *Agroecología*, 8(1), 7-20. [https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921/152421%0Afile:///C:/Users/PC/Downloads/182921-Texto del artículo-664981-1-10-20130923\(3\).pdf%0Afile:///C:/Users/PC/Downloads/182921-Texto del artículo-664981-1-10-20130923\(1\).pdf](https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921/152421%0Afile:///C:/Users/PC/Downloads/182921-Texto%20del%20articulo-664981-1-10-20130923(3).pdf%0Afile:///C:/Users/PC/Downloads/182921-Texto%20del%20articulo-664981-1-10-20130923(1).pdf)
- Alulima, M. (2012). Alternativas Agroecológicas para el manejo del café (*Coffea arabica* L.). Lima, 32.

- Aranda, D. F. C. (1995). Guías para la elaboración de estudios agroclimáticos de cultivos (propuesta normativa). *Tecnología y ciencias del agua*, 10(1), 15-33.
- Arenas, A., & Armbrecht, I. (2018). Gremios y diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en tres usos del suelo de un paisaje cafetero del Cauca-Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(1), 48-57.
- Banco Central del Ecuador. (2021). Reporte de coyuntura sector agropecuario. Bce, 93, 46.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc202101.pdf>
- Baltazar, D. F., Morejón-García, M., Díaz-Pita, A., de Almeida, F. M., da Costa-Neta, J. F., & Gonçalves, V. (2020). Caracterización agroclimática de la provincia Uigé, Angola en función del desarrollo del Café Robusta. *Cultivos Tropicales*, 41(1).
- Baxendale, C.A, Buzai, G. D, Cacace, G., Caloni, N., Deluca, V., Flores, P., Díaz, M., Humacata, L.M., Juárez, A., Libman, M., Linares, S., Lucero, P.I., Marcos, M., Matteucci, S.D., Miraglia, M., Ramírez, L., Rivarola - Benítez, M & Villanueva, M. (2015). Sistemas de Información Geográfica en la investigación científica actual. Argentina, 1ra edición. Ediciones UNGS. 280p. [https://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2018/03/668\\_SIG-Actual\\_FINAL\\_web.pdf](https://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2018/03/668_SIG-Actual_FINAL_web.pdf).
- Bayés, R. (1969). Socialización y aprendizaje. *Anuario de Psicología/The UB Journal of Psychology*, 1(1), 105–116.  
<https://doi.org/10.1344/anuario.any.volum.numero>
- Bustamante, J., Casanova, A., Numa, R., & Monterrey, C. (2004). Estimación temprana del potencial de rendimiento en café (*Coffea arabica* L.) var. Bramón I. *Bioagro*, 16(1), 3-8.
- Carrera-Villacrés, D. V., Guevara-García, P. V., Tamayo-Bacacela, L. C., Balarezo-Aguilar, A. L., Narváez-Rivera, C. A., & Morocho-López, D. R.

(2016). Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media. *Idesia*, 34(3), 81–90. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300010>

Casal, J., & Mateu, E. (2003). *Tipos de muestreo*. 3–7.

Castro, M. (2018). Estudio Sobre La Repelencia Y La Atracción En La Broca Del Café Como Herramienta Para El Manejo Agroecológico En Los Cafetales Colombianos. 1–180. [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/9724/1/CastroAna\\_2018\\_CafeHerramientaAgroecologicoCafetalesColombianos.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/9724/1/CastroAna_2018_CafeHerramientaAgroecologicoCafetalesColombianos.pdf)

Castro Pincay, C., & Barrenzueta Unda, S. (2020). Aspectos sociales y económicos: Caso productores de café en la provincia El oro. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), 71–75.

CEDEX. (2004). CHAC, Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas. Madrid. España

CIAT/TSBF-LAC. (2011). Protocolo de Muestreo para la Macrofauna del Suelo. [https://suelosandinos.files.wordpress.com/2015/09/ciat-tsbf-lac-procedimiento\\_muestreo-macrofauna\\_suelo-jun-2011.pdf](https://suelosandinos.files.wordpress.com/2015/09/ciat-tsbf-lac-procedimiento_muestreo-macrofauna_suelo-jun-2011.pdf)

Córdoba-Ariza, G., Rincón-Palau, K., & González-Trujillo, J. D. (2020). Variación espaciotemporal de macroinvertebrados acuáticos en la Lindosa, Guayana colombiana. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 452-465.

Córdova, A. J., Tristán, V. V., Castillo, W. E. S., De Jesús Aguirre Bortoni, M. J., & Cabrera, D. R. (2004). Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. *Investigaciones Geograficas*, 53, 58–74.

- Criollo Escobar, H., Lagos Burbano, T. C., Bacca Ibarra, T., & Muñoz Belalcazar, J. A. (2016). Caracterización de los sistemas productivos de café en Nariño, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1), 105–113. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n1.2016.260>
- Dávila, G. D. L. C. C., Rendón, J. A. S., & de León Lima, D. P. (2022). Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo. *Acta Botánica Cubana*, 221.
- Echeverría, D., Buitrago, L., Montes, F., Mejía, I., & Gonzáles, M. del P. (2005). Coffee for cardiologists. *Revista Colombiana de Cardiología*, 11(7), 375–365. issn: 0120 -5633
- Encalada Córdova, M., Soto Carreño, F., & Morales Guevara, D. (2016). Crecimiento de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.) con cuatro niveles de sombra en dos condiciones edafoclimáticas de Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 72-78.
- Espinosa-García, J. A., Uresti-Gil, J., Vélez-Izquierdo, A., Moctezuma-López, G., Urestio-Durán, D., Góngora-González, S. F., & Inurreta-Aguirre, H. D. (2016). Potential productivity and profitability of coffee (*Coffea arabica* L.) in Mexican tropic. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 2011–2024.  
<http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/133>
- Espinosa, K. (2019). Sistemas De Información Geográfica. *Sistemas De Información Geográfica*, 789–804. <https://doi.org/10.33262/cde.3>
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). (2017). Analyzing Soil Capability for Agriculture in the Living Atlas of the World. Consultado 25 jun. 2021. Disponible en <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/mapping>

- Estrella, J., Manosalvas, R., Mariaca, J., & Ribadeneira, M. (2005). *Biodiversidad y recursos genéticos: Una guía para su uso y acceso en el Ecuador*. <http://www.ecociencia.org/archivos/Biodiversidadyrecursosgeneticos-110922.pdf>
- Falasca, S. L., & Bernabé, M. A. (2009). Zonificación agroclimática de la moringa (*Moringa oleifera*) en Argentina para producir biodiesel y bietanol. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13(2).
- FAO. (1996). Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130, Roma Italia.
- FAO. (2018). Los 10 Elementos de la agroecología, guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles. L, 12. <http://www.fao.org/3/i9037es/i9037es.pdf>
- FAO. (2020). Datos sobre alimentación y agricultura. *FaoStat*. Cultivos. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Fernandez M. (2010). Diagnóstico de modelos agroclimáticos. Evaluación del riesgo agroclimático por sectores. Recuperado el 29 de mayo del 2021 de: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Uso+de+Modelos+agroclim%C3%A1ticos.pdf/9f53a23d-9afa-4fda-aad3-5fe407c6cfea>
- Fernández Vergara, D. M., & Huamaní Moreno, M. E. (2021). Zonificación agroecológica como un sistema de información geográfica para el desarrollo de cultivos sostenibles: una revisión de la literatura científica.
- Figuroa, E., Pérez, F., & Godínez, L. (2016). La producción y el consumo del café. In Ecorfan. [www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain)
- Fontela, J. L. (2017). Guía para diseñar encuestas. *Herramienta 10: El logro del equilibrio en las Macrofinanzas*, 327-336.
- Fries, A., Rollenbeck, R., Nauß, T., Peters, T., & Bendix, J. (2012). Near surface air humidity in a megadiverse Andean Mountain ecosystem of southern

- Ecuador and its regionalization. *Agricultural and Forest Meteorology*, 152, 17-30.
- Garcia, M., Zurita, A., Stechuner, R., Roa, D., & Jacobsen, S. (2020). La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su relacion con características agroclimaticas: Una perspectiva colombiana. *Chilean Journal of Agricultural Research*.
- Gliessman-Stephen, R. (2002). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible.
- González González, H. A., & Hernández Santana, J. R. (2016). Zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L. en el municipio Atoyac de Álvarez, Guerrero, México. *Investigaciones Geograficas*, 2016(90), 105–118. <https://doi.org/10.14350/rig.49329>
- Gotteland, Martín, & de Pablo V, Saturnino. (2007). SOME TRUES CONCERNING COFFEE. *Revista chilena de nutrición*, 34(2), 105-115. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000200002>
- Granados Ramírez, R., Reyna Trujillo, T., Soria Ruíz, J., & Fernández Ordóñez, Y. (2004). Aptitud agroclimática en la mesa central de Guanajuato, México. *Investigaciones geográficas*, 1(54), 24-35.
- Guharay (2000). Manejo integrado de plagas del café. (n.d.).
- Guerrero Flores, D., & Samamé Saboya, F. E. (2020). Zonificación de áreas potenciales para el desarrollo de Cultivos de *Coffea arábica* L. en la provincia de Moyobamba, San Martín-2020.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. *Sixth Edition. McGraw Hill*. 634pp.
- Huerta, E., Rodríguez-Olán, J., Evia-Castillo, I., Montejo-Meneses, E., Cruz-Mondragón, M. D. L., & García-Hernández, R. (2008). Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana*, 26(2), 171-181.

- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Quito (Ecuador).  
Estación Experimental Santa Catalina. (1974). Como tomar muestras de suelo para su análisis químico.
- Jiménez Córdova, A., Vargas Tristán, V., Salinas Castillo, W. E., Aguirre Bortoni, M. D. J., & Rodríguez Cabrera, D. (2014). Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. *Investigaciones geográficas*, (53), 58-74.
- Kondo, S., Ramos, H., Nuñez, M., Gómez, S., Campos, J., Diaz, M., & Bolaños, L. (2011). Abonos verdes con leguminosas. Proyecto Para El Apoyo a Pequeños Agricultores En La Zona Oriental (PROPA-ORIENTE), 4. [https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable\\_11.pdf](https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_11.pdf)
- MAGAP. (2014). ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA ECONÓMICA DEL DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea spp.*) EN EL ECUADOR CONTINENTAL A ESCALA 1:250 000. 1–10. [http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/zonificaciones/cafe\\_2014.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/zonificaciones/cafe_2014.pdf)
- Mantuano, W. P., Ganchozo, B. I., Landan, A. C., & Ortega, J. G. (2022). Principales Enfermedades Causantes de la Pérdida de Rendimientos de los cultivos de Café Árabe (*Coffea arabica* L.) en la zona Sur de Manabí, Ecuador. UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166, 6(2), 117-134.
- Manson, R. H., Ortiz- Hernandez, V., Gallina, S., & Mehlreter, K. (2008). *Agroecosistemas Cafetaleros*. 20, 315.
- Mendoza Báez Escuela, M. R., Panamericana, A., & Honduras, Z. (2020). Estudio de factibilidad para el establecimiento de una exportadora de café robusta en Orellana, Ecuador, para su comercialización en Alemania.
- Mercado, L., Villarreyna Acuña, R. A., Cerda Bustillos, R., Jarquín Palacios, D. A., Echeverría, J., Loboguerrero, A. M., ... & Lizarazo, M. (2017). Promoviendo prácticas Agrícolas Climáticamente Inteligentes para enfrentar los efectos del cambio y la variabilidad climática en Trifinio.

- Mora, E. M. (2000). *Algunas consideraciones sobre muestreo Some considerations on sampling*. 41(1), 31–46.
- Muñoz Benalcázar, J. A., Burbano R., P. Y., Valencia A., A. L., & Lagos-Burbano, T. C. (2021). Componentes de rendimiento en *Coffea arabica* L. En tres zonas altitudinales del sur de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), 51–62. <https://doi.org/10.22490/21456453.4350>
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A., & Rendón, J. (2012). a Comparison of Interpolation Methods for Creating Noise Maps in Urban Environments. *Ing. USBMed*, 3(1), 2027–5846.
- Nemogá, G., Rojas, D., Vallejo, F. (2009). *Guía práctica para el acceso a los recursos biológicos, los recursos genéticos y/o sus productos derivados y el componente intangible*. Digiprint Editores E.U.
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. Á. (2004). Estrategia para manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología*, 1, 37–48.
- OIC. (2021). Panorama general del informe de la OIC sobre desarrollo cafetero 2020. 22. <https://www.ico.org/documents/cy2020-21/ed-2358c-overview-cdr-2020.pdf>
- Olaya, V. (2009). Sistemas de Información Geográfica libres y geodatos libres como elementos de desarrollo. “Sistemas de Información Geográfica.” Cuadernos Internacionales de Tecnología Para El Desarrollo Humano., VIII, 1–6.  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/7584/08\\_TIG\\_05\\_victor.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/7584/08_TIG_05_victor.pdf)
- ONU. (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica naciones unidas 1992*.
- ONU. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Osorio, LL. (2015). Denominaciones de origen en productos primarios: caso café. (Tesis de Pregrado, Universidad Andina Simón Bolívar)

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology*, 35(1), 227-232.
- Parada-Molina, P. C., Barradas-Miranda, V. L., Ortiz Ceballos, G., Cervantes-Pérez, J., & Cerdán Cabrera, C. R. (2022). Climatic suitability for *Coffea arabica* L. front to climate events extreme: Tree cover importance. *Scientia Agropecuaria*, 13(1), 53–62.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.005>
- Pengue, W. (2009). La economía ecológica y el desarrollo en América Latina. *Vertientes Del Pensamiento Agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones*, 53(9), 125–156.
- Pineda Jaimes, N. B., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., & Plata Rocha, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes: *Una aproximación a los procesos de deforestación. Investigaciones geográficas*, (69), 33-52.
- Pineda Santos, A., Dayana, L., Hernández, S., & Eduardo, J. (2014). Revista Ingeniería Agrícola. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4, 28–32.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>
- Porta Casanellas, J., & López-Acevedo Reguerín, M. (2005). *Agenda de campo de suelos: Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente* (No. 631.47). Mundi-Prensa.
- Puchulu, M. E., & Fernández, D. S. (2014). Características y distribución espacial de los suelos de la provincia de Tucumán. *Geología de Tucumán*, 1-17.
- Ramírez, R. G., Trujillo, T. R., Ruí, J. S., & Ordóñez, Y. F. (2004). Aptitud agroclimática en la Mesa Central de Guanajuato, México. *Investigaciones Geograficas*, 54(Mx), 24–35.
- Reglamento Al Código Orgánico Del Ambiente [RCOA]. Decreto Ejecutivo 752. 12 de junio del 2019. (Ecuador).

- Rendón Pareja, S., Artunduaga Lemus, F., Ramírez Pisco, R., Quiroz Gamboa, J. A., & Leiva Rojas, E. I. (2011). Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), 5793-5802.
- Rivadeneira, G. P., Cartagena Ayala, Y. E., & Cuesta Subía, H. X. (2010). Zonificación agroecológica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la Sierra ecuatoriana. Recuperado el 29 de mayo del 2021 de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3213>
- Rivera, N. A., Mendoza, G. G., Martínez, J. F., & Servin, C. C. (2010). Evaluación multicriterio y aptitud agroclimática del cultivo de caña de azúcar en la región de Huasteca (México). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 144-154.
- Robusta, C., & Silva, D. F. B. (2020). Caracterización agroclimática de la provincia Uigé, Angola en función del desarrollo del Café Robusta. *Cultivos Tropicales*, 41(1).
- Rojo Jiménez, E., & Pérez Urria Carril, E. (2014). Café I (*G. Coffea*). *REDUCA Biología*, 7(2), 113–132.
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflor Moropotente Nicaragua, 1993-2011.
- Salgado-García S, Palma-López DJ, Zavala J, Lagunes-Espinoza LC, Ortiz-García CF, Castelán-Estrada M, Guerrero-Peña A, Aranda-Ibáñez EM, Moreno Cáliz E, Rincón-Ramírez JA. 2018. Lotificación del campo cañero: una metodología para iniciar la agricultura de precisión en ingenios de México. *Interciencia* 35(3):183-190.
- Salvatore, M., Kassam, A., Gutiérrez, A. C., Bloise, M., & Marinelli, M. (2010). Metodología de Evaluación de Aptitud de Tierras. Bioenergía y Seguridad Alimentaria" BEFS" El análisis de BEFS para el Perú. Roma: FAO. <http://www.fao.org/3/i1708s/i1708s02.pdf>

- Sánchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2019). Sector Cafetero Ecuatoriano: Panorama general. Universidad Técnica de Ambato, Observator, 1–4. <https://bit.ly/37xwJH6>
- Sanjurjo, Liliana (2012). Socializar experiencias de formación en prácticas profesionales: un modo de desarrollo profesional. *Praxis Educativa (Arg)*, XVI (1),22-32. [fecha de Consulta 30 de junio de 2021]. ISSN: 0328-9702. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=153124649003>
- Santé I, Crecente R. 2005. Evaluación de métodos para la obtención de mapas continuos de aptitud para usos agroforestales. *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* 5:40-68
- Santistevan Méndez, M., Julca Otiniano, A., Borjas Ventura, R., & Tuesta Hidalgo, O. (2014). *Caracterización De Fincas Cafetaleras En La Localidad De Jipijapa (Manabí, Ecuador)*. *Ecología Aplicada*, 13(1–2), 187. <https://doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.469>
- Saona Garófalo, K., E. (2021). Estudio de la producción y comercialización del cultivo de café (*Coffea spp.*) en el Ecuador, en los últimos veinte años. [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9302/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000141.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Sarría, F. (2006). Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Murcia, departamento de Geografía. *Sistemas de Información Geográfica*, 239. <https://bit.ly/3sPPZI1>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. 84. <http://www.planificacion.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\_0K.compressed1.pdf

Suárez Salazar, J. C., Rodríguez Burgos, E., & Duran Bautista, E. H. (2015). Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo de grano en los atributos sensoriales de café (*Coffea arabica* L.) en taza. *Acta agronómica*, 64(4), 342-348.

Suárez Venero, G. M., Avendaño Arrazate, C. H., Hernández Ramos, M. A., Rodríguez Larramendi, L. A., Estrada de los Santos, P., & Salas Marina, M. Á. (2021). Zonificación edafoclimática del cultivo de cacao en el estado Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(4), 629-641.

Suicela Guambi, L., Farfán Talledo, D., & García Ávila, E. (2016). Calidad organoléptica del café (*Coffea arabica* L.) en las zonas centro y sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Española de Estudios Agro sociales y Pesqueros*, 20(244), 15-34.

Trebejo Varillas, I., Alarcón Velazco, Constantino Cruzado Cuzquen, L., & Quevedo, K. (2013). *Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de café, granadilla y palto en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco*. 96 p.

Ticona, W. 2011. Estudio de cambio de uso de suelo y escenarios de cambio climático en los municipios de Somoto y Macuelizo. En: presentación en la 3a. Feria Mesoamericana de postgrados mexicanos de calidad, 29-30 septiembre 2011, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua. CONACYT y CONICYT. Disponible en: [http://www.conacyt.gob.mx/Becas/feria/Documents/3aUso\\_suelo\\_municipios\\_Somoto\\_Macuelizo.pdf](http://www.conacyt.gob.mx/Becas/feria/Documents/3aUso_suelo_municipios_Somoto_Macuelizo.pdf)

Toledo, M. (2012). Diferencias entre cuestionario y encuesta. *Universidad virtual de salud Manuel Fajardo*, 1-5.

Velásquez, R. (2016). *Guía de variedades de café, Guatemala*. ANACAFE.

Villano Obregón, A. (2021). “Producción de Café (*Coffea arabica* L.): Experiencias en el centro poblado San Juan de Ubiriki Chanchamayo – Perene”. [Trabajo de Titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Wu X, Gent Z, & Zhao Q. (2018). Non-Parametric Statistics. En Ji-Qian Fang (Edits), Hanbook of Medical Statistics (pp. 183-214). China: World Scientific Publishing.

Lipa Quisbel, G. H., & Goyzueta Hanco, Y. (2018). Zonificación y modelamiento agroecológico para el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) utilizando la tecnología de SIG y teledetección en el CIP Tambopata – Sandia – Puno. Universidad Nacional Del Altiplano, Facultad De Ciencias Agrarias, Escuela Profesional De Ingeniería Agronómica

## Anexos



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**FICAYA**

### Evaluación de las Características Agroecológicas del recurso biológico café (*Coffea arabica* L.) en la zona de Intag, cantón Cotacachi.

Estimado(a) Señor(a) este cuestionario tiene como finalidad conocer sobre la producción agroecológica del recurso café, la información recopilada será confidencial y sólo será utilizada con fines académicos en la investigación de los señores Rodríguez Narváez Ricky Gustavo Y Sánchez Oña Juan Carlos, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables de la Universidad Técnica del Norte, agradecemos su colaboración al responder las siguientes preguntas:

<b>1.- Género del responsable de la parcela:</b> Hombre ( ) Mujer ( ) (colocar códigos) 1 Mujer 2 Hombre	
<b>2.- Edad del responsable de la parcela (años)</b> _____	
<b>3.- Nivel de instrucción del responsable de la parcela</b> Completa (X) Incompleta ( )	Ninguno ( ) Primaria ( ) Secundaria ( ) Técnico ( ) Universitario ( )
<b>4.- Número de personas que trabajan en la finca:</b> _____	
<b>5.- Número de hectáreas en propiedad o posesión</b> _____	
<b>6.- El terreno que dedica a la producción de café es:</b> Propio ( ) Arrendado ( ) Al partir ( ) Otro _____	
<b>7.- Cuál es el ingreso económico que genera de su finca:</b> Mensual ( ) Bimestral ( ) Semestral ( ) Anual ( ) ¿En Cantidad? 200 a 250 USD ( ) 250 a 400 USD ( ) 400 a 1000 USD ( ) más de 1000 USD ( )	
<b>8.- Ud en su hogar cuenta con servicios básico como:</b> Luz eléctrica ( ) Agua potable ( ) Internet ( ) Teléfono ( ) Alcantarillado ( )	
<b>9.- Área de cultivos de Café (Ha):</b> _____ ha	
<b>10. Qué variedades de café <i>Coffea arabica</i> cultiva:</b> Caturra rojo ( ) Caturra amarillo ( ) Borbón rojo ( ) Borbón amarillo ( ) Típica nacional ( ) Típica mejorado ( ) Otro: _____	
<b>11.- Cual es el rendimiento anual de su cultivo de café (t/ha):</b> _____	
<b>12.- Cual fue le precio de venta de café pergamino en la última cosecha</b> _____ USD x qq	
<b>13.- Existen otras especies o cultivos asociados en sus parcelas de café:</b> Si ( ) No ( ) Plátano ( ) Guaba ( ) Yuca ( ) Aliso ( ) Morocho ( ) Frutales ( ) Cuales _____	
<b>14.- Qué sistema de riego aplica en sus cultivos:</b> Riego por Goteo ( ) Exudación ( ) Aspersión ( ) Lluvia natural ( ) Otro: _____	

Anexo 1. Modelo de Encuesta Parte 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**FICAYA**

**15.- Qué tipo de abono usa Ud como medio de fertilización del café:**  
 Orgánico ( ) Fertilizante químico ( ) Mezcla ( )  
 Bokashi ( ) Compost ( ) Humus ( ) Biol ( ) Úrea ( )  
 Triple 15 ( ) 18-46-0 ( ) Nitrofoska ( ) Otro: .....

**16.- Para producir café de calidad usted usa:**

Semilla Certificada	Si ( )	No ( )
Fertilizantes	Si ( )	No ( )
Insecticidas	Si ( )	No ( )
Almácigos	Si ( )	No ( )
Compost	Si ( )	No ( )
Funguicidas	Si ( )	No ( )
Plantas Injertadas	Si ( )	No ( )

Otro: .....

**17.- ¿Tiene producción de animales junto a su cultivo de café? Si ( ) No ( )**  
 Cerdos ( ) Gallinas ( ) Cuyes ( ) Vacas ( ) Tilapias ( )  
 Otro: .....

**18.- La calidad de su producto lo define por:**  
 Tamaño ( ) Color ( ) Forma ( ) Presentación ( )  
 Calidad de tasa ( )% : \_\_\_\_\_  
 Otro: .....

**19.- Donde vende preferentemente su producto: (que marque las dos principales), (principal y secundaria)**  
 Chacra ( ) Mercado Local ( ) Mercado Mayorista ( ) Mercado Internacional ( ) Otros \_\_\_\_\_

**20.- La producción de café sostiene los gastos de su familia. Si ( ) No ( )**  
**O los compensa con actividades provenientes de:**  
 Trabajos adicionales ( ) Empleo ( ) Otros cultivos ( )  
 Cual explique \_\_\_\_\_

**21.- Recibe capacitación en producción agrícola: Si ( ) No ( )**  
**De quien recibe capacitación:**  
 Ministerio Agricultura ( ) ONG ( ) AACRI ( ) APCI ( ) ECASEEF ( )  
 Otro: .....

**22.- En que temas de producción agrícola ha recibido capacitación:**

Almácigos	Si ( )	No ( )
Fertilización	Si ( )	No ( )
Control de plagas y enfermedades	Si ( )	No ( )
Comercialización	Si ( )	No ( )
Cosecha y Beneficio	Si ( )	No ( )
Producción de Compost	Si ( )	No ( )

Otro: .....

**Anexo 2. Modelo de Encuesta - Parte 2**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
FICAYA

**23.- En que temas de producción agrícola sustentable le han capacitado: (múltiple)**  
Elaboración de Biol ( ) Rotación de Cultivos ( )  
Manejo Agroecológico ( ) Sistemas de Riego Eficientes ( )  
Producción de Compost ( ) Prevención de la Erosión de Suelos ( )  
Otro: \_\_\_\_\_

**24.- Su cultivo de café al momento cuenta con sombra para su producción? indique cual**  
Alta ( ) Media ( ) Baja ( ) Sin Sombra ( )

**25.- Su cultivo de café, ha sido afectado por el ataque de plagas y enfermedades como Roya y Broca?**  
Roya ( ) Broca ( ) Ambos ( ) Ninguno ( )

**26.- ¿Cómo previene y controla los problemas de roya y broca en su café:**  
Control biológico ( ) Control trampas ( ) Control cultural ( )  
Control químico ( ) No realiza controles ( )  
Cuales productos: \_\_\_\_\_

**27.- Indique la frecuencia con la que aplica las siguientes variables en sus cultivos**  
**Fertilizantes Químicos**  
1 vez al año ( ) 2 veces al año ( ) 3 o más veces al año ( ) Cual \_\_\_\_\_  
**Fertilizantes Orgánicos**  
1 vez al año ( ) 2 veces al año ( ) 3 o más veces al año ( ) Cual \_\_\_\_\_  
**Plaguicidas**  
1 vez al año ( ) 2 veces al año ( ) 3 o más veces al año ( ) Cual \_\_\_\_\_

Tipología del Encuestado

**Datos generales:**

Apellidos / Nombres: \_\_\_\_\_

Dirección: Parroquia \_\_\_\_\_ Comunidad \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre Encuestador.....



**Anexo 4.** Toma de Encuestas a Caficultores



*Anexo 5. Muestreo de Suelo*



**Anexo 6. Muestreo de Macroinvertebrados**

Unidad taxonómica	Individuos Total	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	peso seco (gr)	Abundancia	Biomasa
Hormigas	260	60	90	110	N/A	277.33	N/A
Coleópteros (adultos)	10	6	0	4	0.23	10.67	0.25
Coleópteros (larvas)	28	7	9	12	0.97	29.87	1.03
Blattodeas	30	30	0	0	0.02	32.00	0.02
Diplopodos	12	0	12	0	0.35	12.80	0.37
Lombrices - no pigmentadas	66	28	23	15	0.25	70.40	0.27
Lepidóptera	5	1	0	4	0.55	5.33	0.59
Grillidae (grilos)	2	2	0	0	0.31	2.13	0.33
Isopodos	3	3	0	0	0.03	3.20	0.03

**Anexo 7.** Tabla de Macroinvertebrados presentes en suelos de la Zona de Intag



**Anexo 8.** Socialización de Resultados

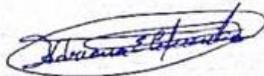
Intag 13 de noviembre del 2022

### CERTIFICADO

Yo, Adriana Cifuentes en calidad de representante de la Asociación de Caficultores "APCI" de la Zona de Intag CERTIFICO que he recibido los documentos de socialización de resultados del trabajo de titulación, que lleva por tema: **Evaluación de las Características Agroecológicas del Recurso biológico café (*Coffea arabica* L.) en la Zona de Intag, Cantón Cotacachi** a cargo de los estudiantes Riki Rodríguez y Juan Carlos Sánchez, pertenecientes a la Universidad Técnica del Norte, Carrera en Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Así mismo expreso mis agradecimientos tanto a los estudiantes como a la institución por habernos tomado en cuenta para esta investigación la cual nos será de gran ayuda para el futuro.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados en hacer uso del presente como creyeran pertinente.

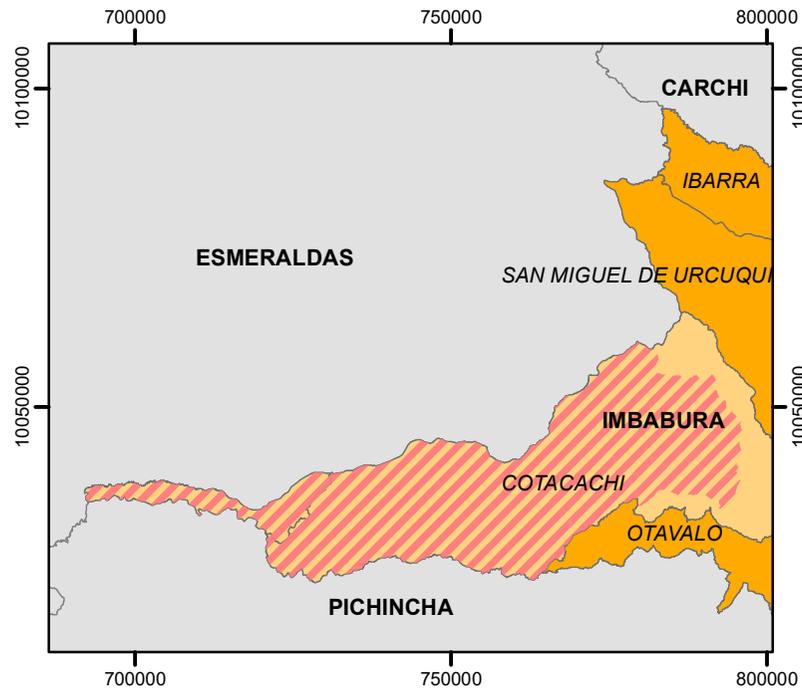
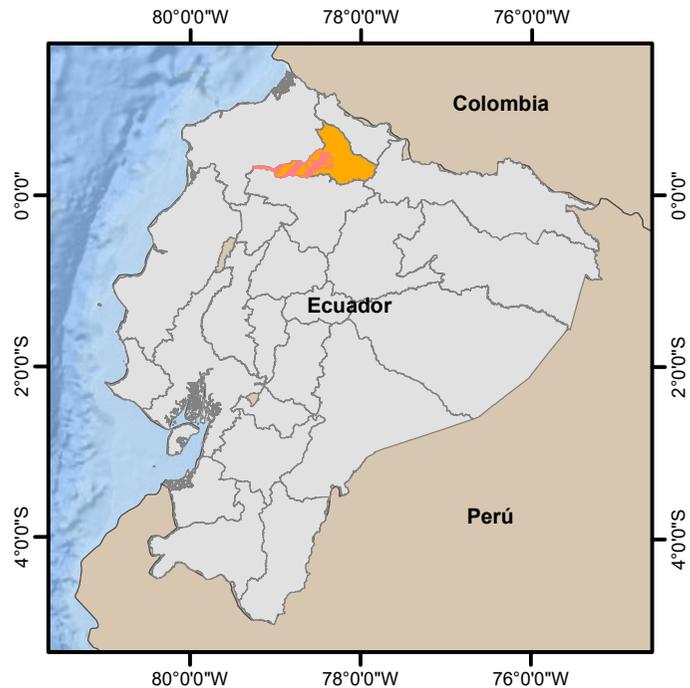
Atentamente,



Sra. Adriana Cifuentes

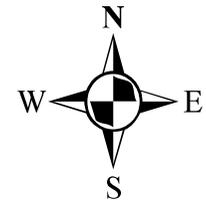
Representante de APCI – Intag

**Anexo 9.** Certificado de socialización de resultados, APCI, Intag, 2022

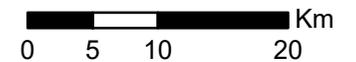


## MAPA DE UBICACIÓN ZONA DE INTAG, COTACACHI

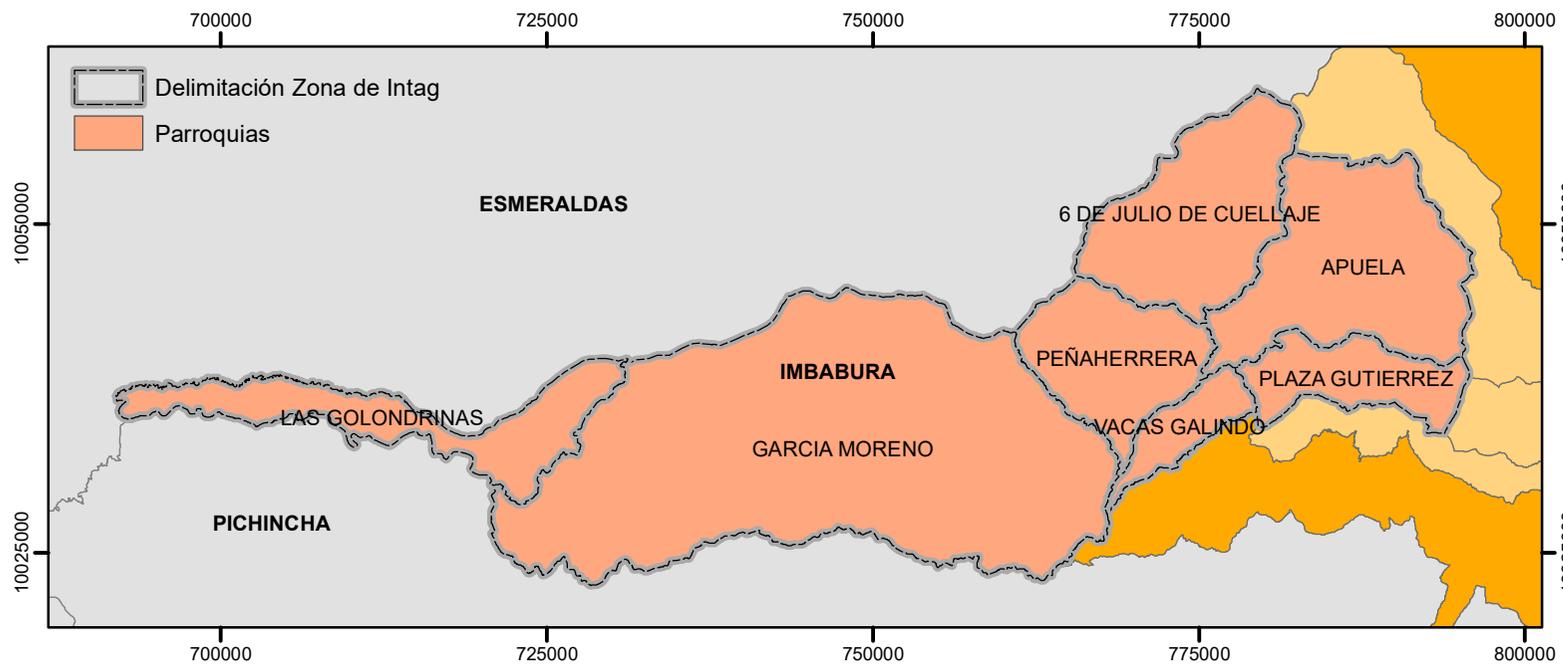
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES



PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR



Escala de impresión:  
1: 500.000

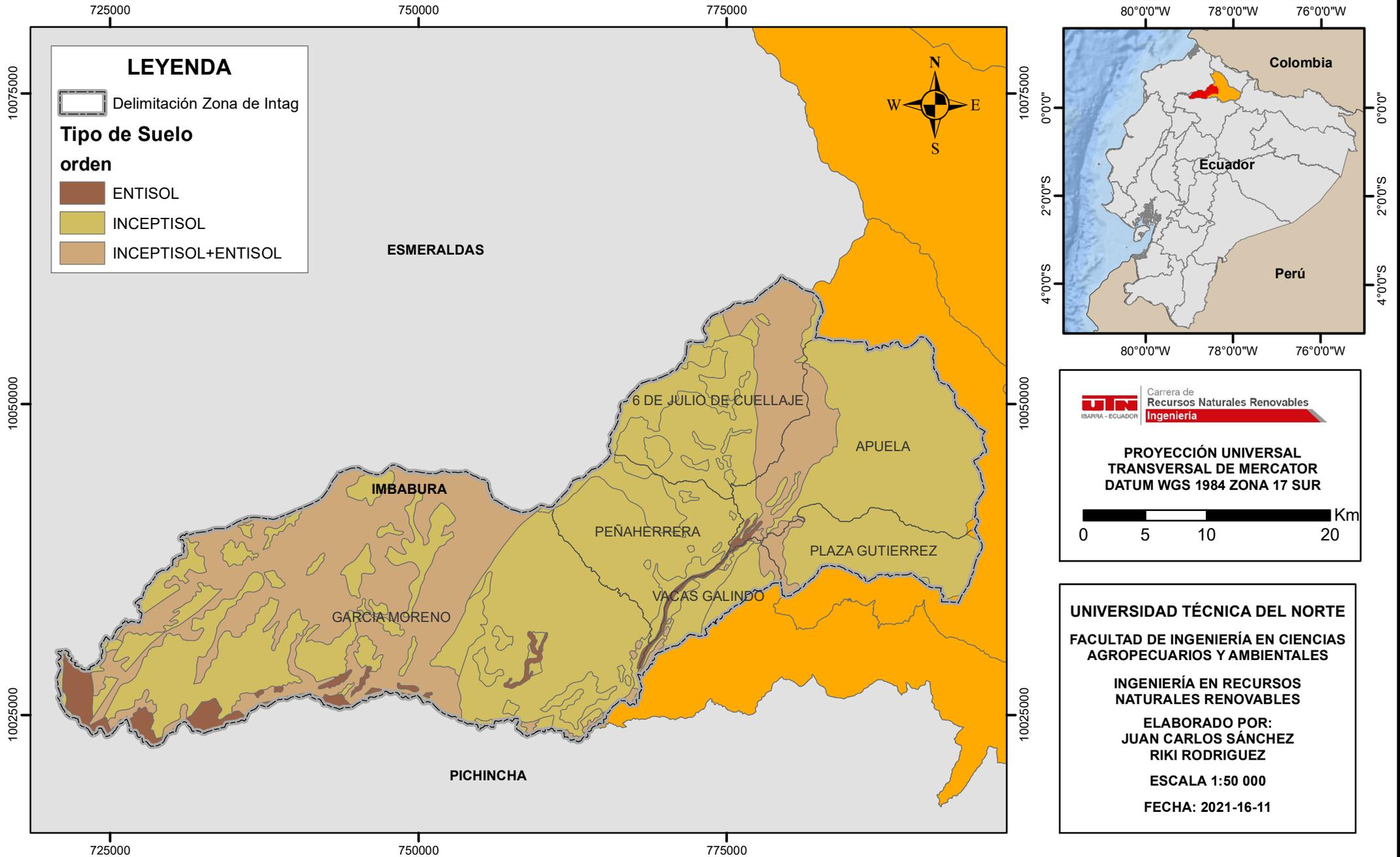


**Elaborado por:**  
Juan Carlos Sánchez  
Riki Rodríguez

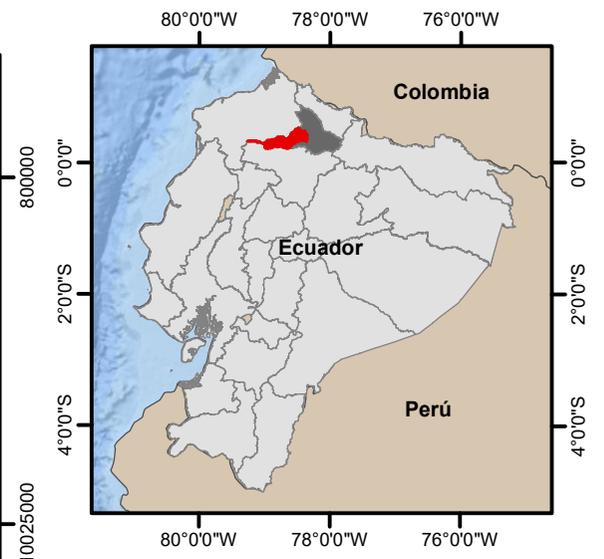
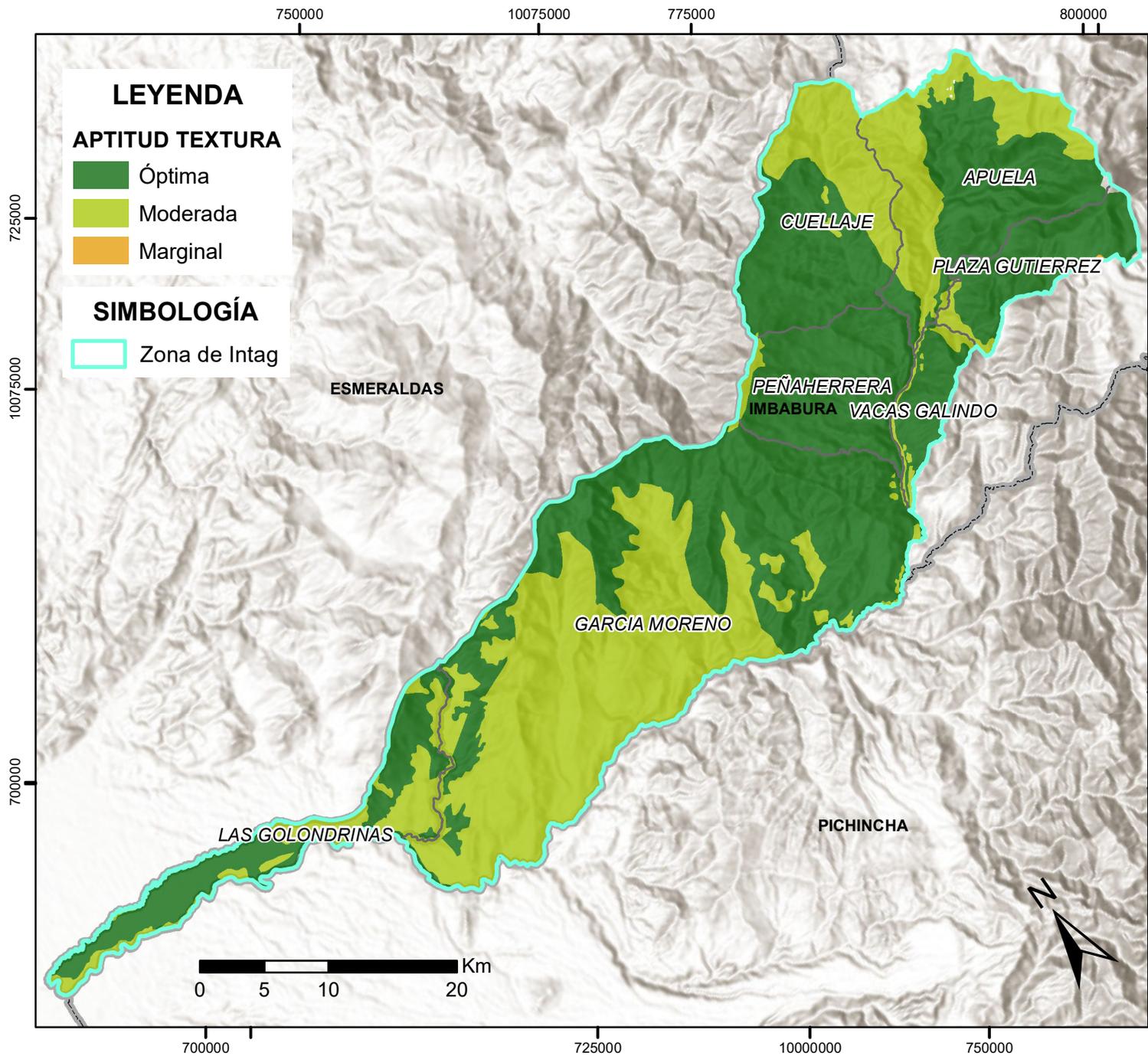
**Fuente de información:**  
SNI, 2018

**Fecha de elaboración:**  
27 Junio 2021

# TIPOS DE SUELO - ZONA DE INTAG, COTACACHI



# APTITUD TEXTURA ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

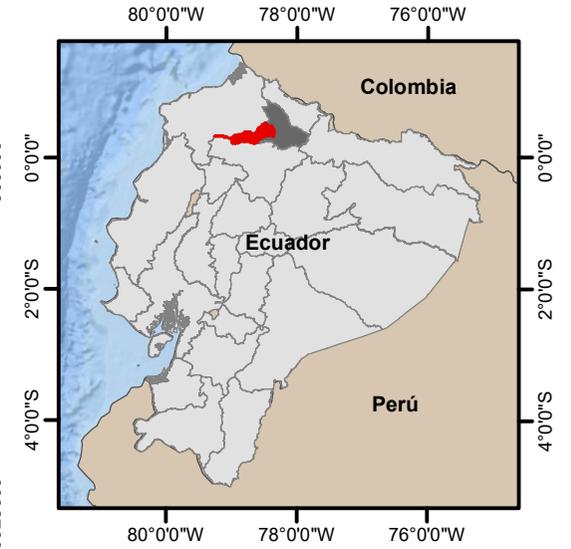
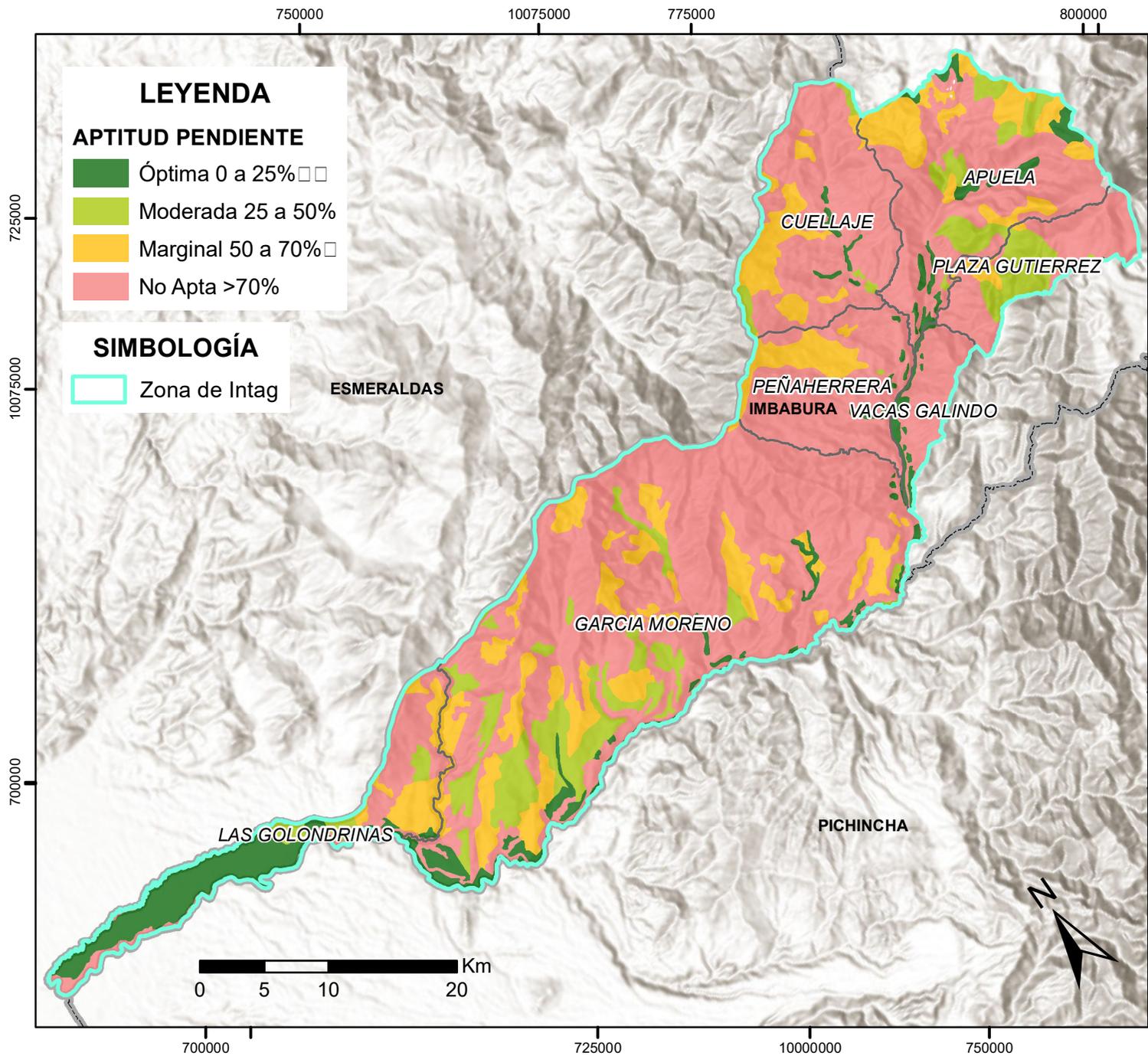
ELABORADO POR:  
JUAN CARLOS SÁNCHEZ  
RIKI RODRIGUEZ

ESCALA 1:450 000

FUENTE:  
INHAMI, 2018

FECHA: 2022-19-06

# APTITUD PENDIENTE ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

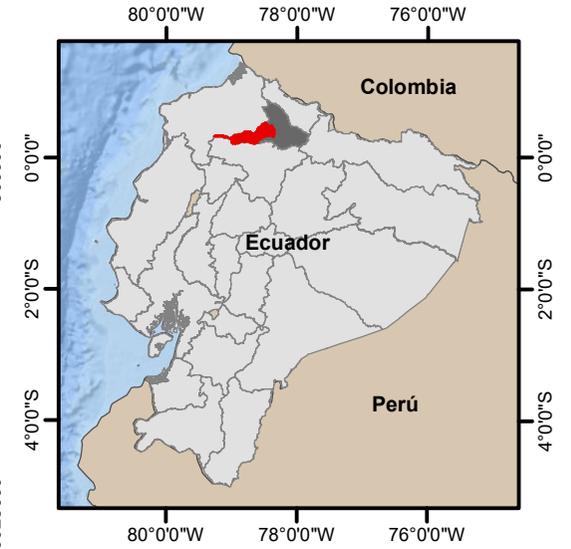
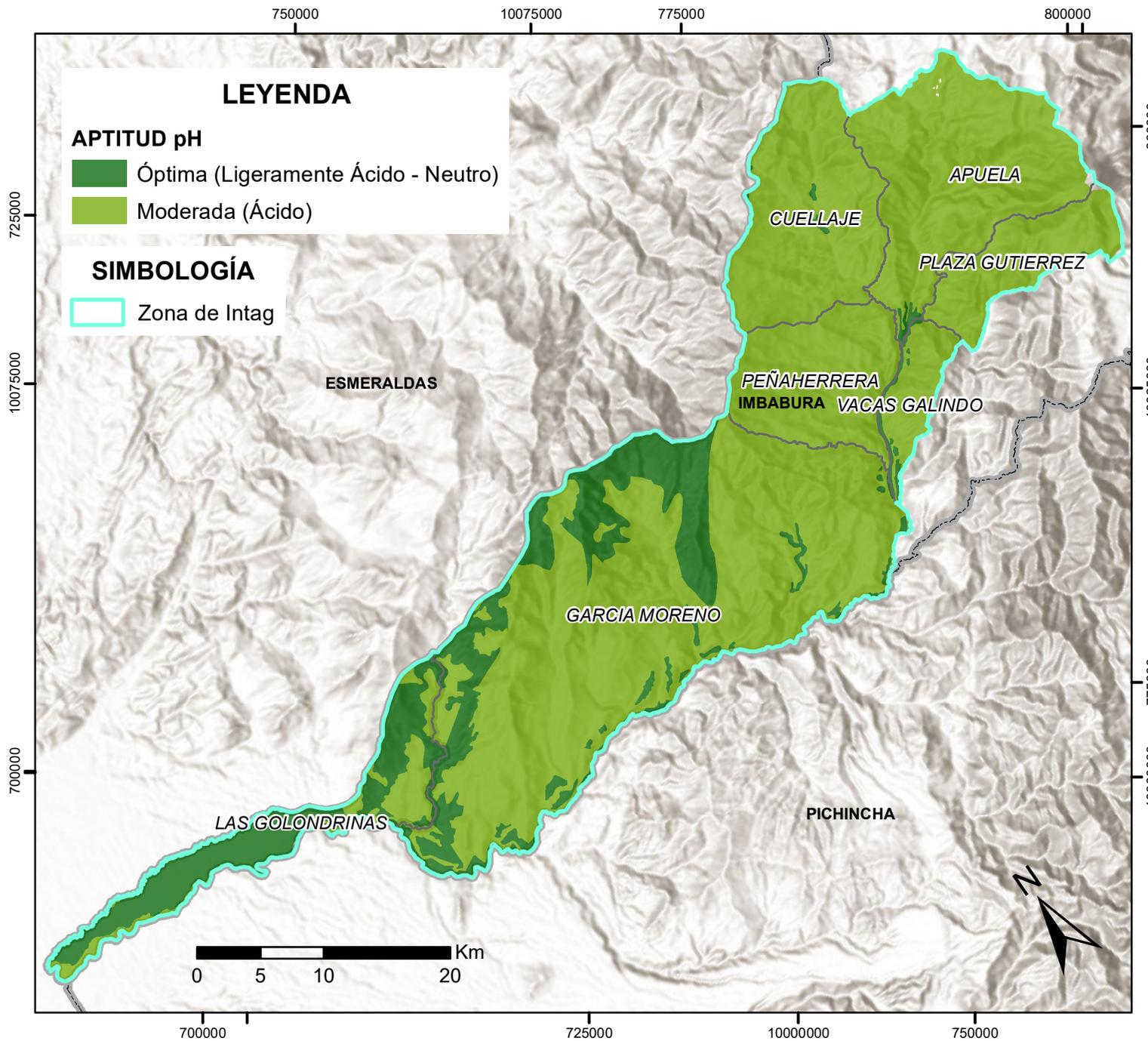
ELABORADO POR:  
**JUAN CARLOS SÁNCHEZ**  
**RIKI RODRIGUEZ**

ESCALA 1:450 000

FUENTE:  
**INHAMI, 2018**

FECHA: 2022-19-06

# APTITUD pH ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES

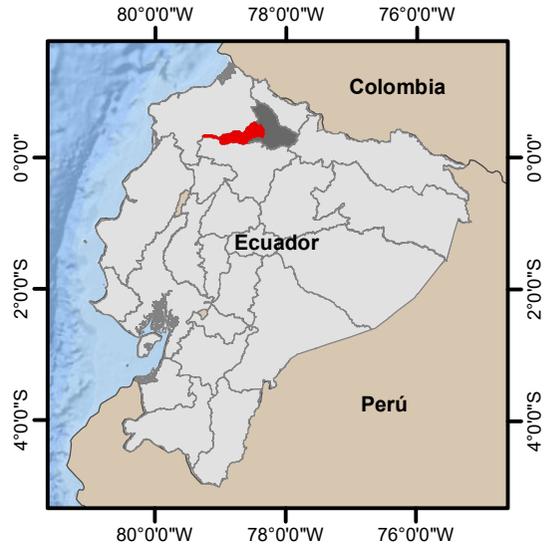
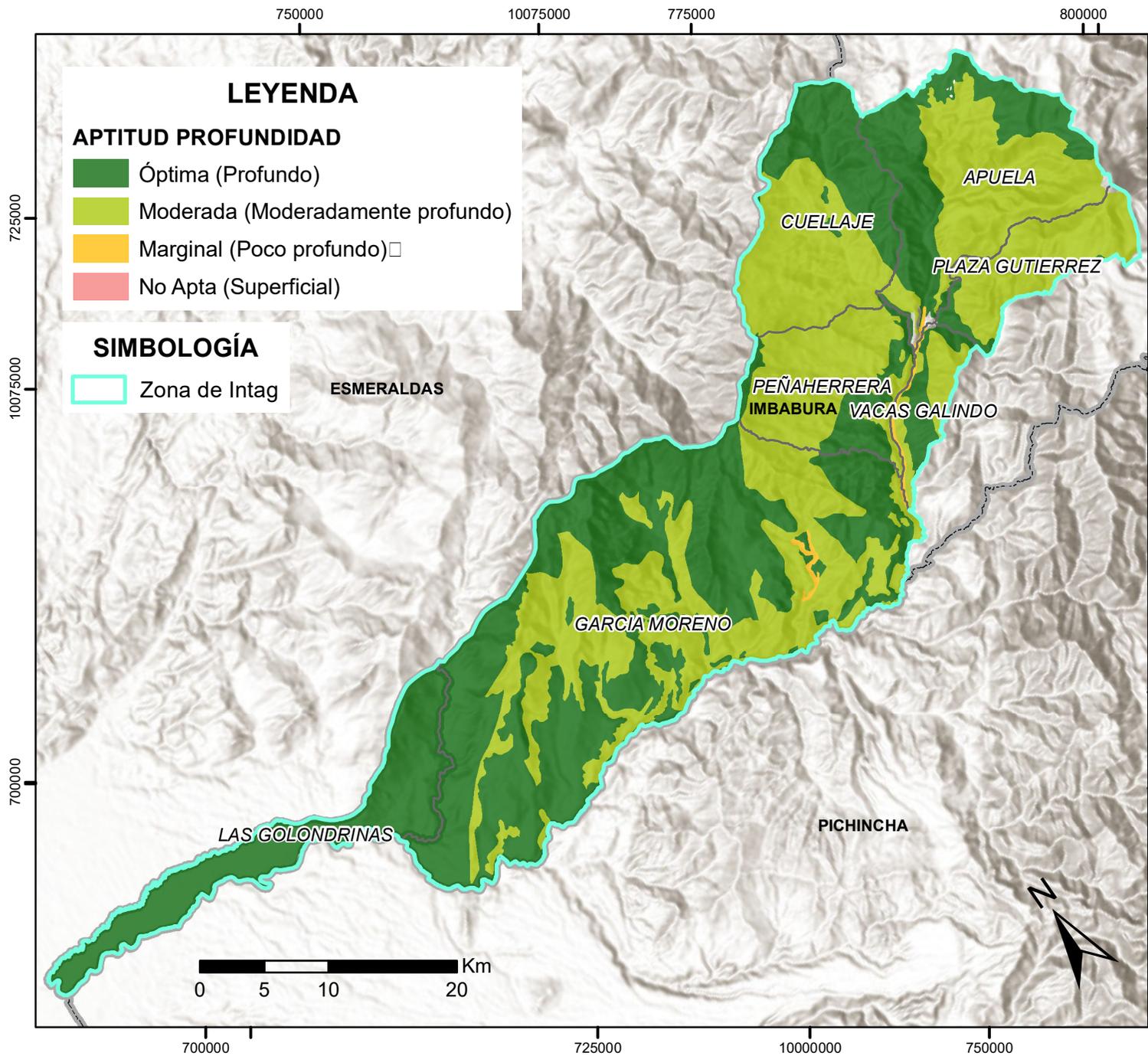
ELABORADO POR:  
JUAN CARLOS SÁNCHEZ  
RIKI RODRIGUEZ

ESCALA 1:450 000

FUENTE:  
INHAMI, 2018

FECHA: 2022-19-06

# APTITUD PROFUNDIDAD ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ELABORADO POR:**

**JUAN CARLOS SÁNCHEZ**

**RIKI RODRIGUEZ**

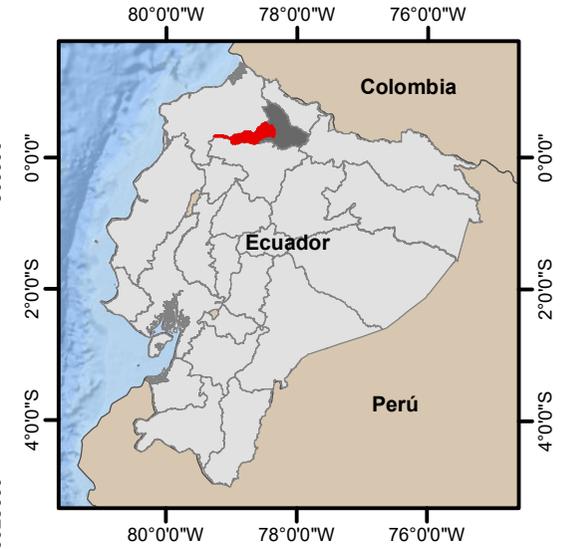
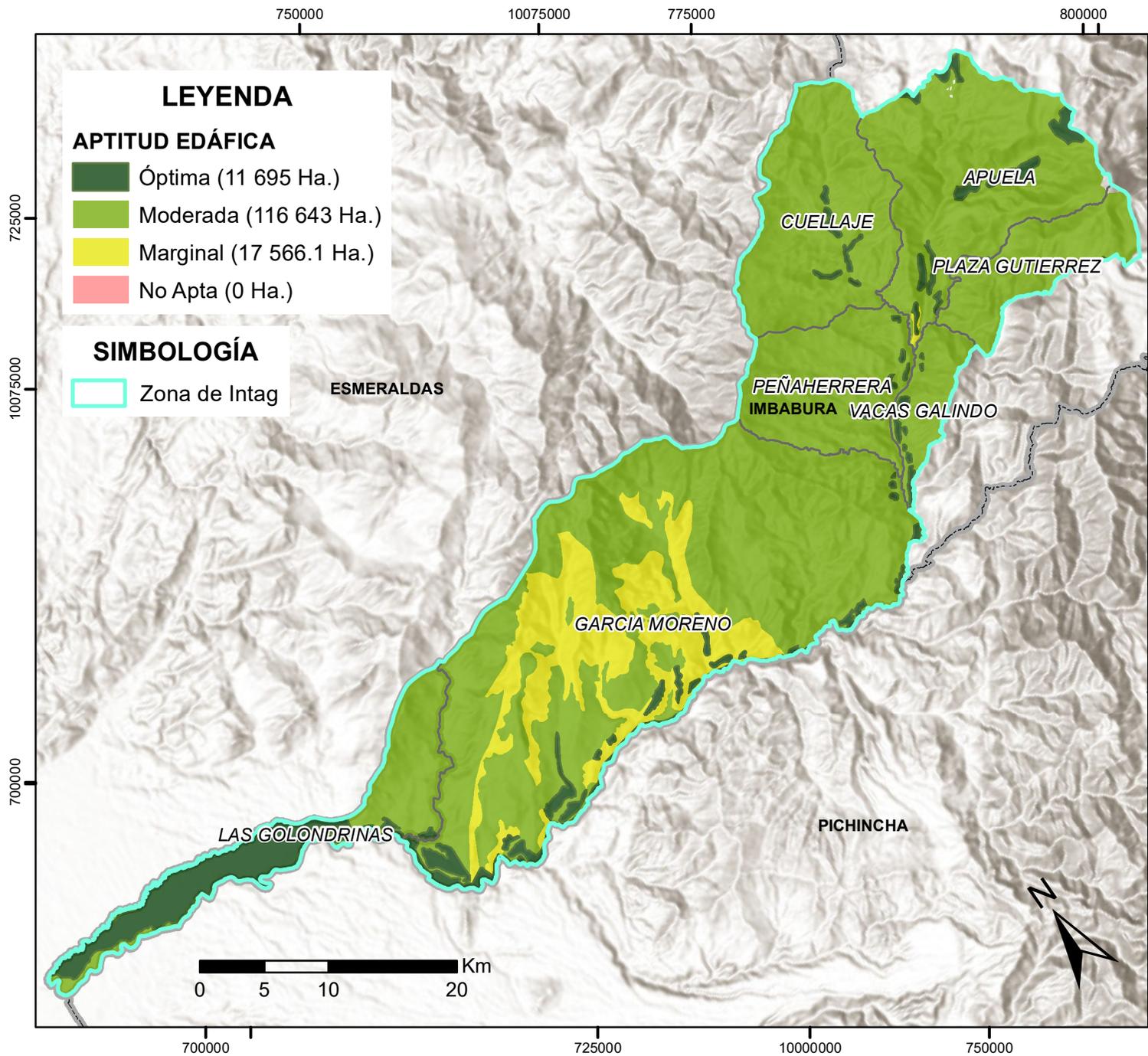
**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:**

**INHAMI, 2018**

**FECHA: 2022-19-06**

# ZONIFICACIÓN EDÁFICA ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES

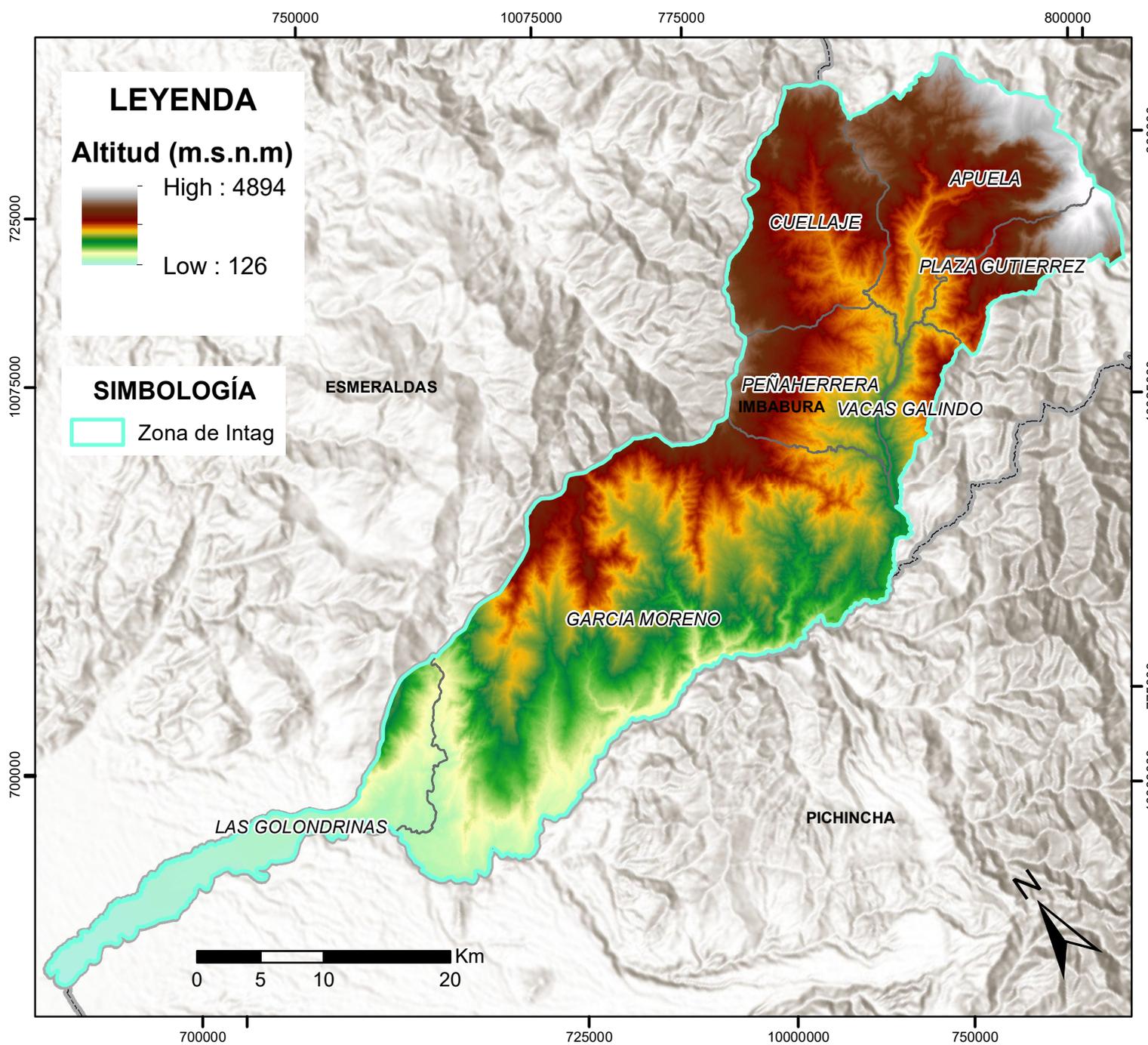
ELABORADO POR:  
JUAN CARLOS SÁNCHEZ  
RIKI RODRIGUEZ

ESCALA 1:450 000

FUENTE:  
SNI, 2018

FECHA: 2022-19-06

# ALTITUD ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR**

**DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ELABORADO POR:**

**JUAN CARLOS SÁNCHEZ**

**RIKI RODRIGUEZ**

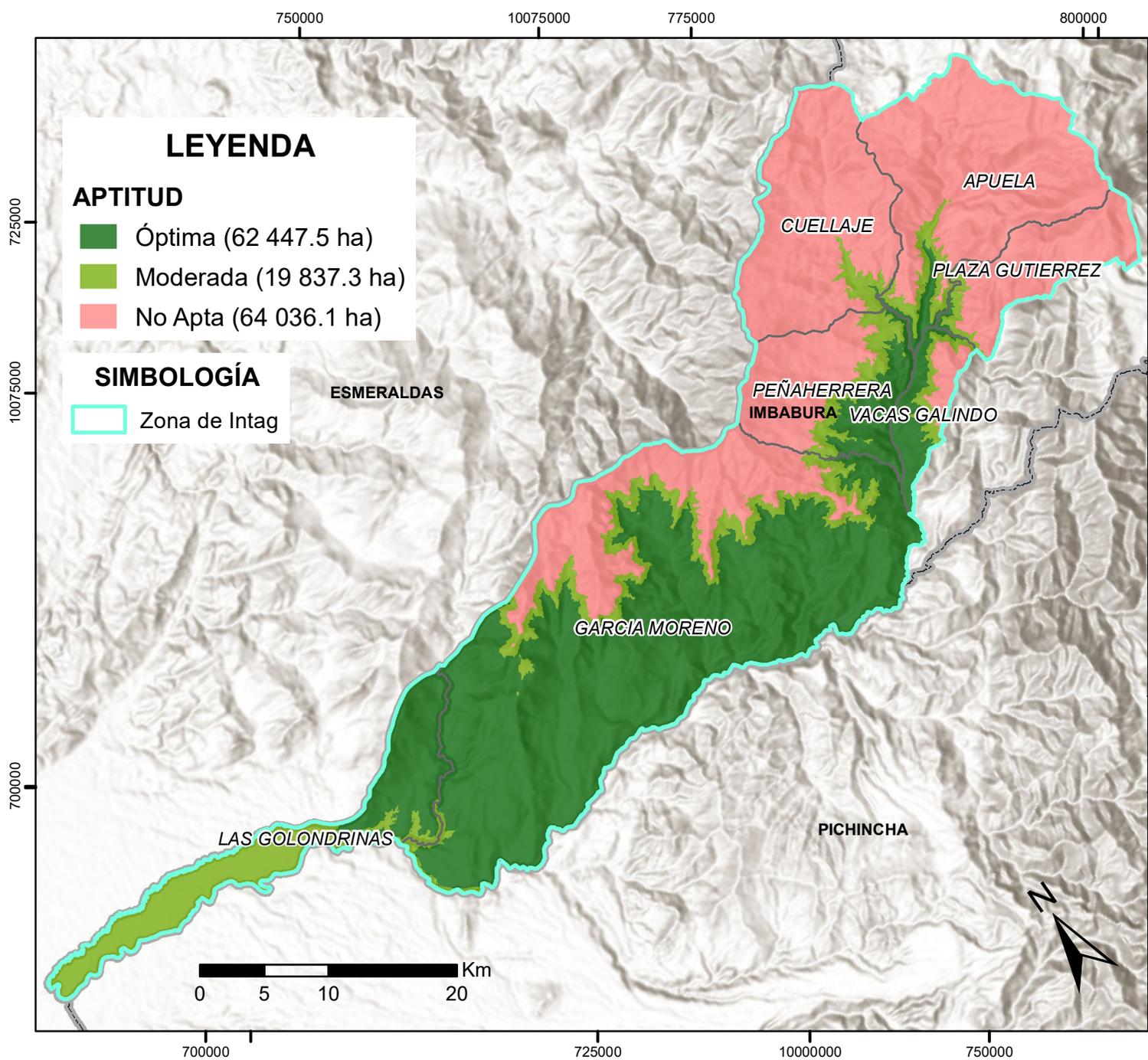
**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:**

**OPEN TOPOGRAPHY, 2022**

**FECHA: 2022-19-06**

# ALTITUD ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



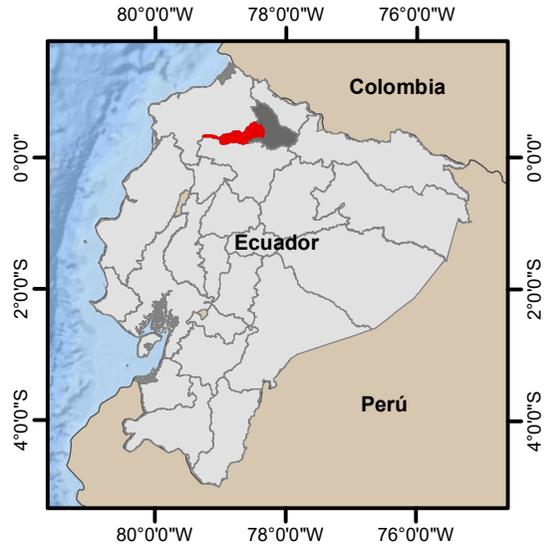
**LEYENDA**

**APTITUD**

- Óptima (62 447.5 ha)
- Moderada (19 837.3 ha)
- No Apta (64 036.1 ha)

**SIMBOLOGÍA**

- Zona de Intag






**PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIOS Y AMBIENTALES  
INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**

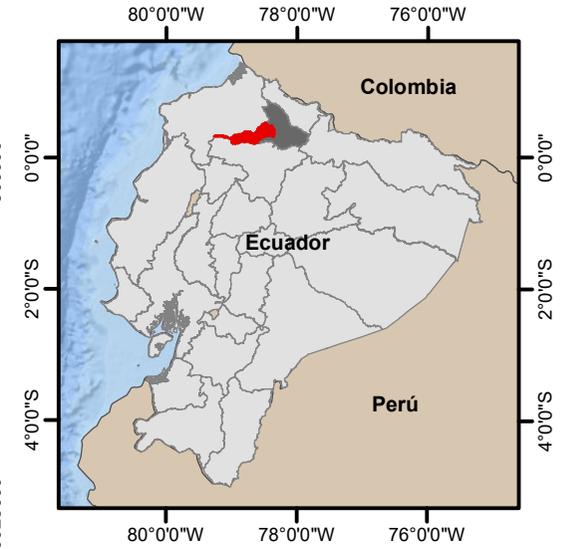
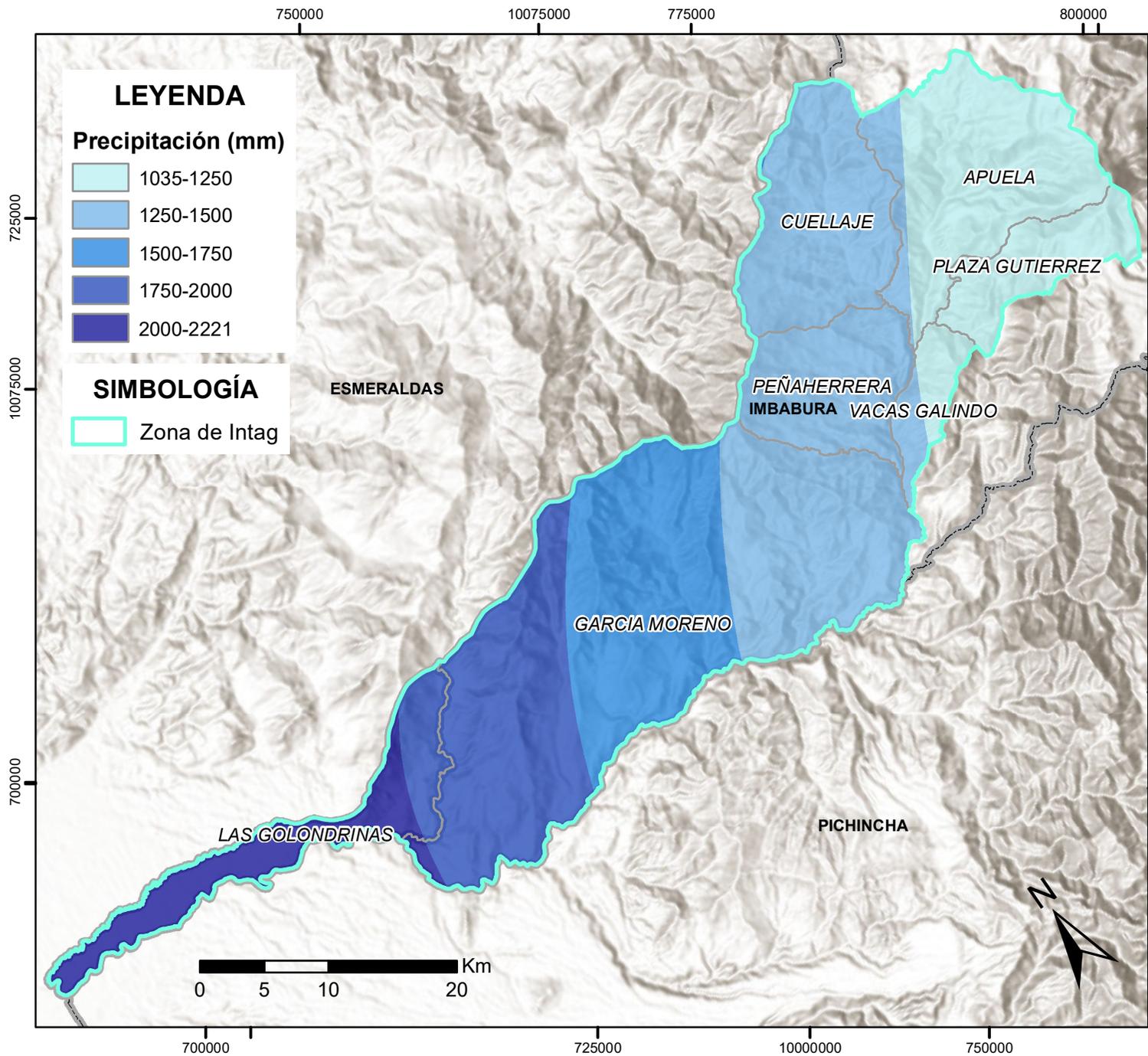
**ELABORADO POR:  
JUAN CARLOS SÁNCHEZ  
RIKI RODRIGUEZ**

**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:  
OPEN TOPOGRAPHY, 2022**

**FECHA: 2022-19-06**

# PRECIPITACIÓN ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



**PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

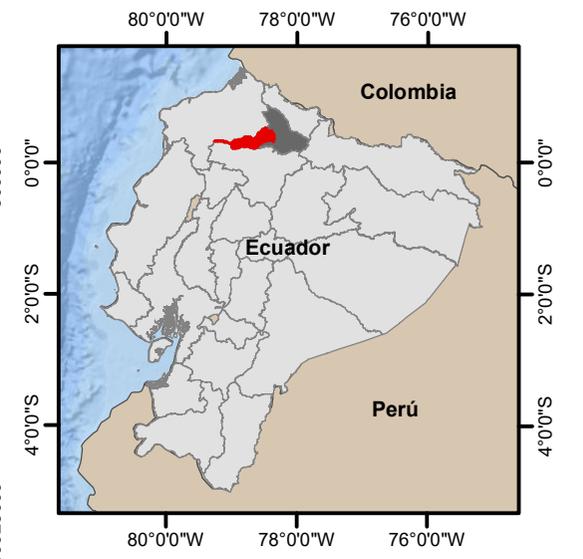
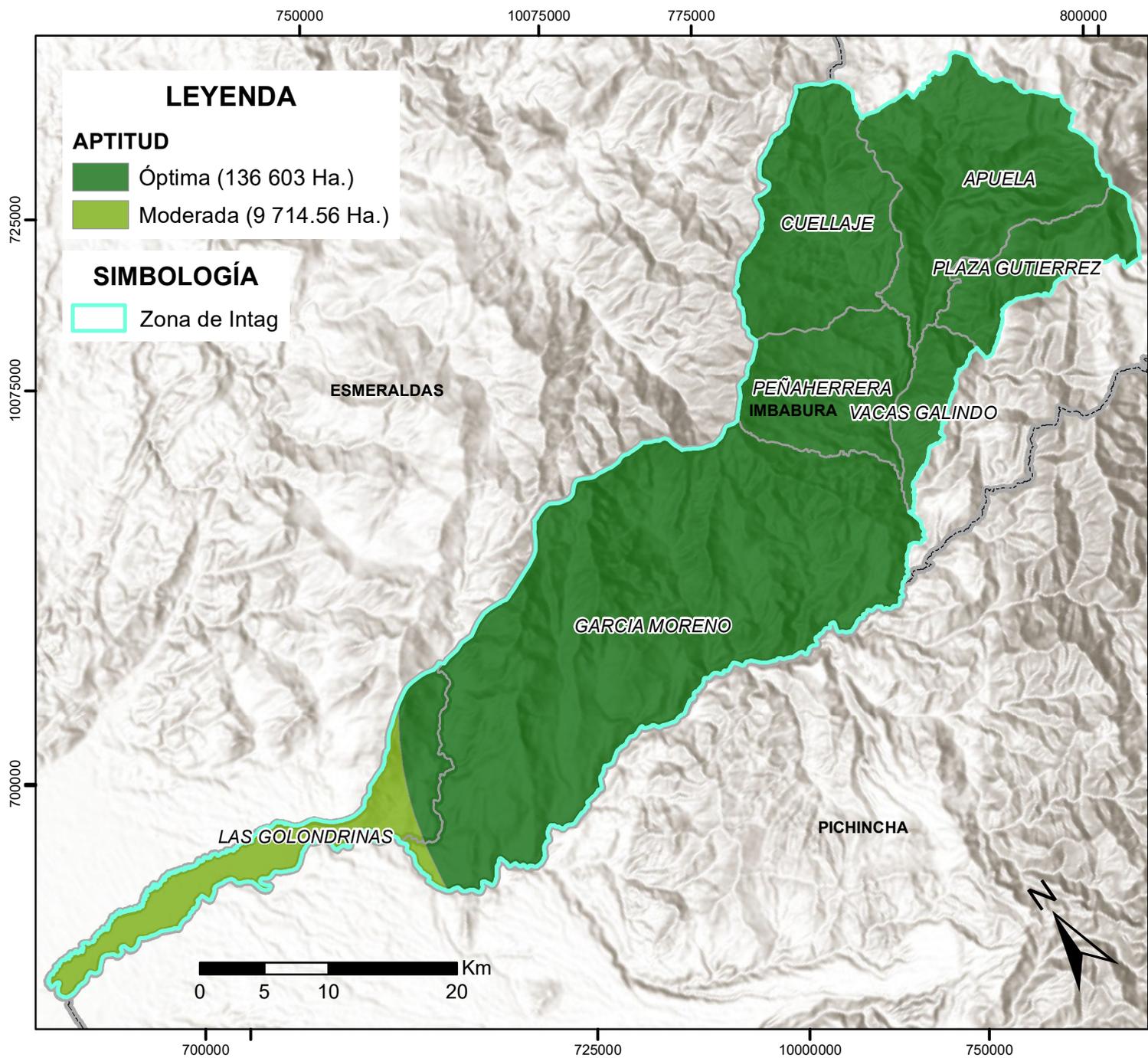
**ELABORADO POR:**  
**JUAN CARLOS SÁNCHEZ**  
**RIKI RODRIGUEZ**

**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:**  
**INHAMI, 2018**

**FECHA: 2022-19-06**

# APTITUD PRECIPITACIÓN ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



**PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**

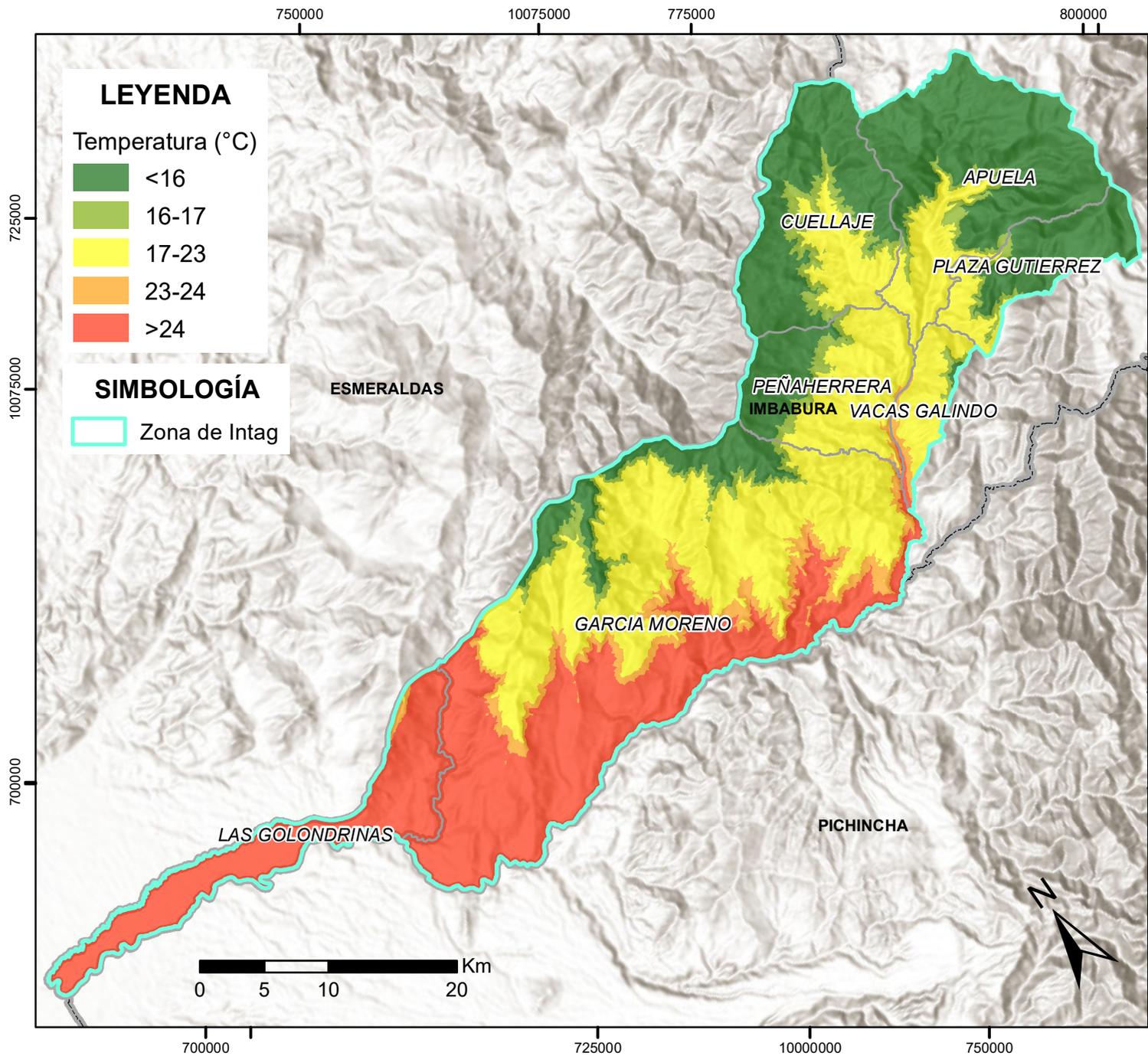
**ELABORADO POR:**  
**JUAN CARLOS SÁNCHEZ**  
**RIKI RODRIGUEZ**

**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:**  
**INHAMI, 2018**

**FECHA: 2022-19-06**

# TEMPERATURA ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



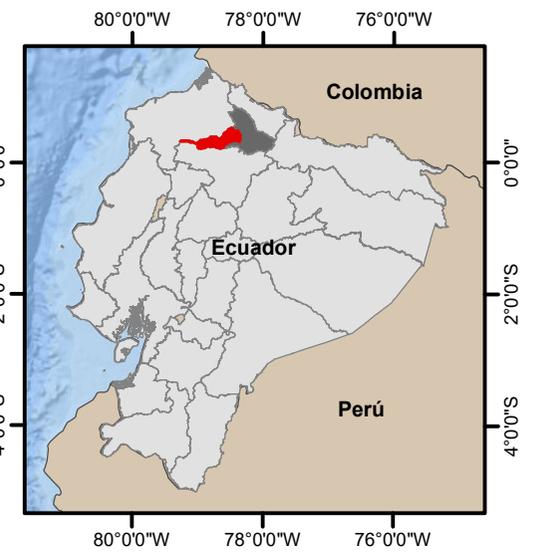
## LEYENDA

Temperatura (°C)

- <16
- 16-17
- 17-23
- 23-24
- >24

## SIMBOLOGÍA

- Zona de Intag






**PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**

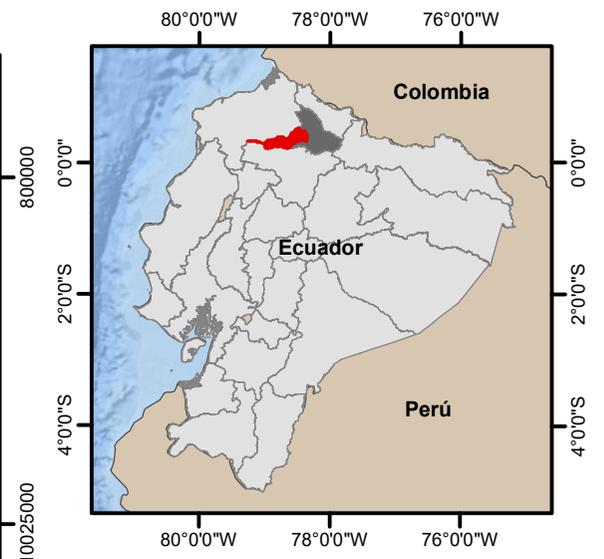
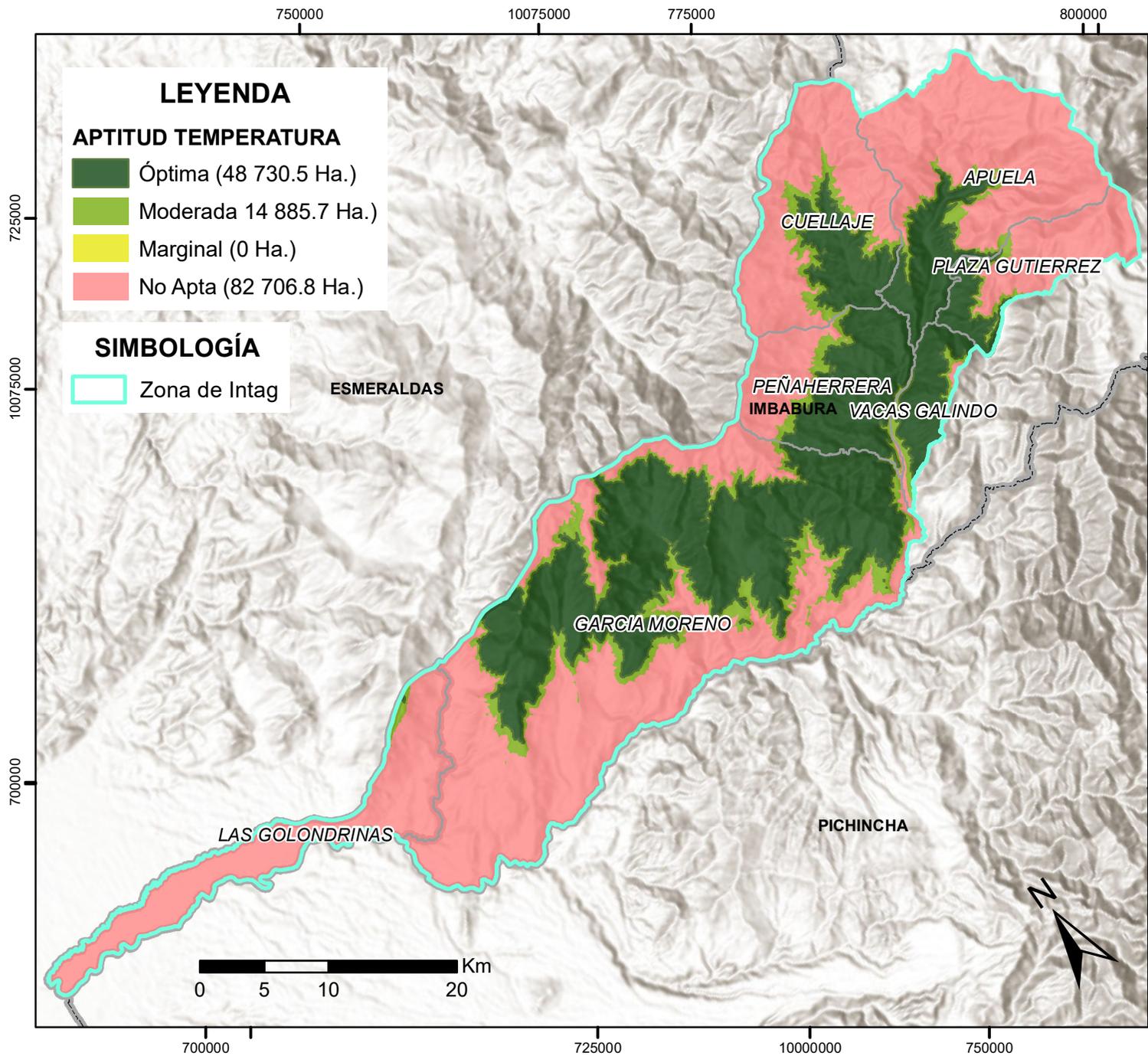
**ELABORADO POR:  
JUAN CARLOS SÁNCHEZ  
RIKI RODRIGUEZ**

**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:  
INHAMI, 2018**

**FECHA: 2022-19-06**

# APTITUD TEMPERATURA ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ELABORADO POR:**

**JUAN CARLOS SÁNCHEZ**

**RIKI RODRIGUEZ**

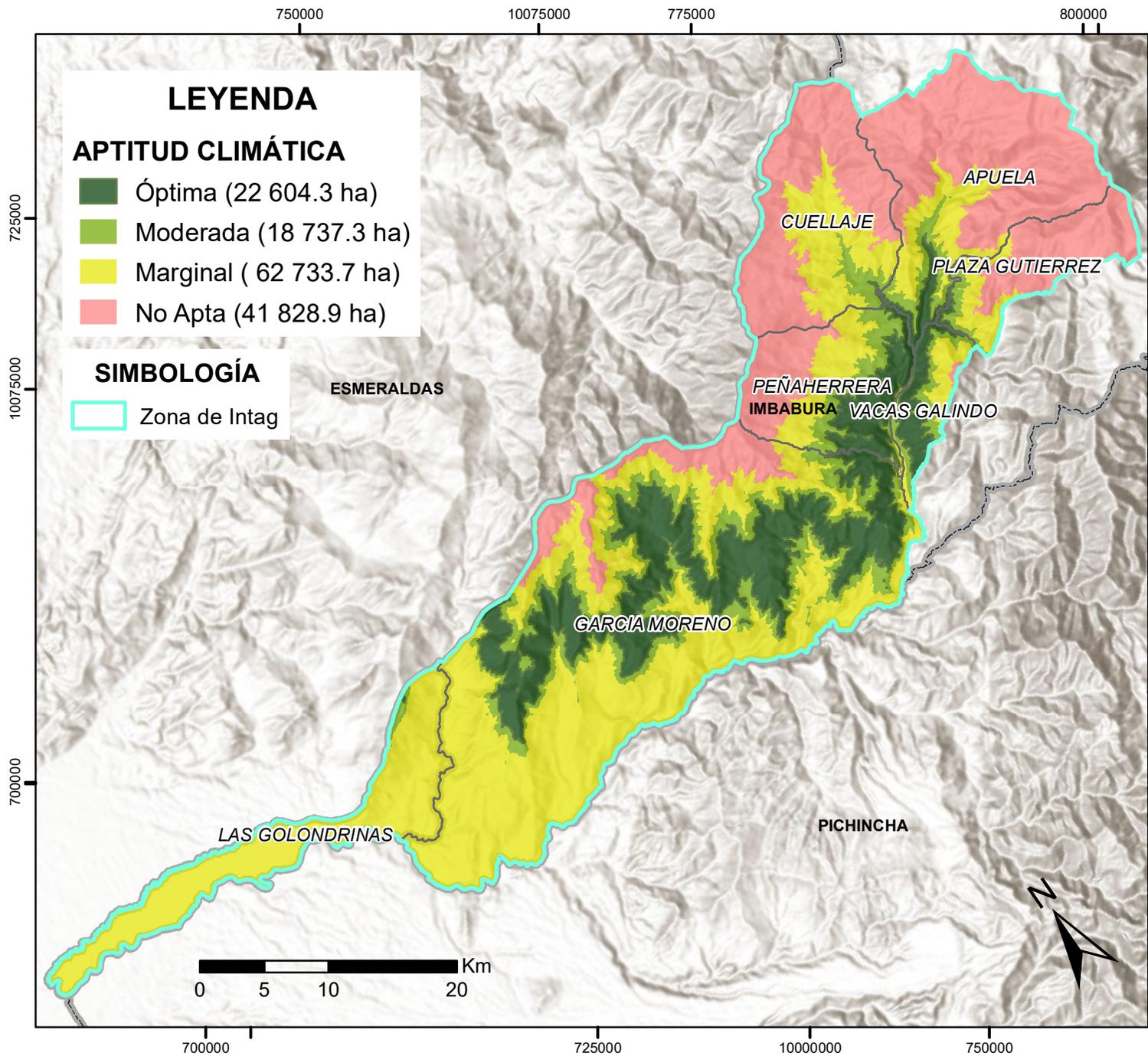
**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:**

**INHAMI, 2018**

**FECHA: 2022-19-06**

# ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



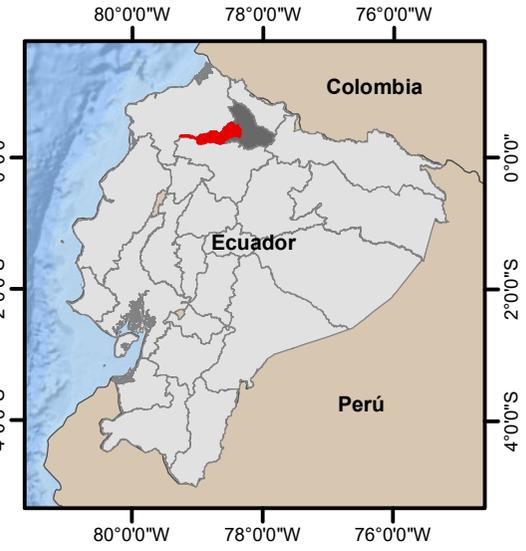
**LEYENDA**

**APTITUD CLIMÁTICA**

- Óptima (22 604.3 ha)
- Moderada (18 737.3 ha)
- Marginal ( 62 733.7 ha)
- No Apta (41 828.9 ha)

**SIMBOLOGÍA**

- Zona de Intag






**PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**

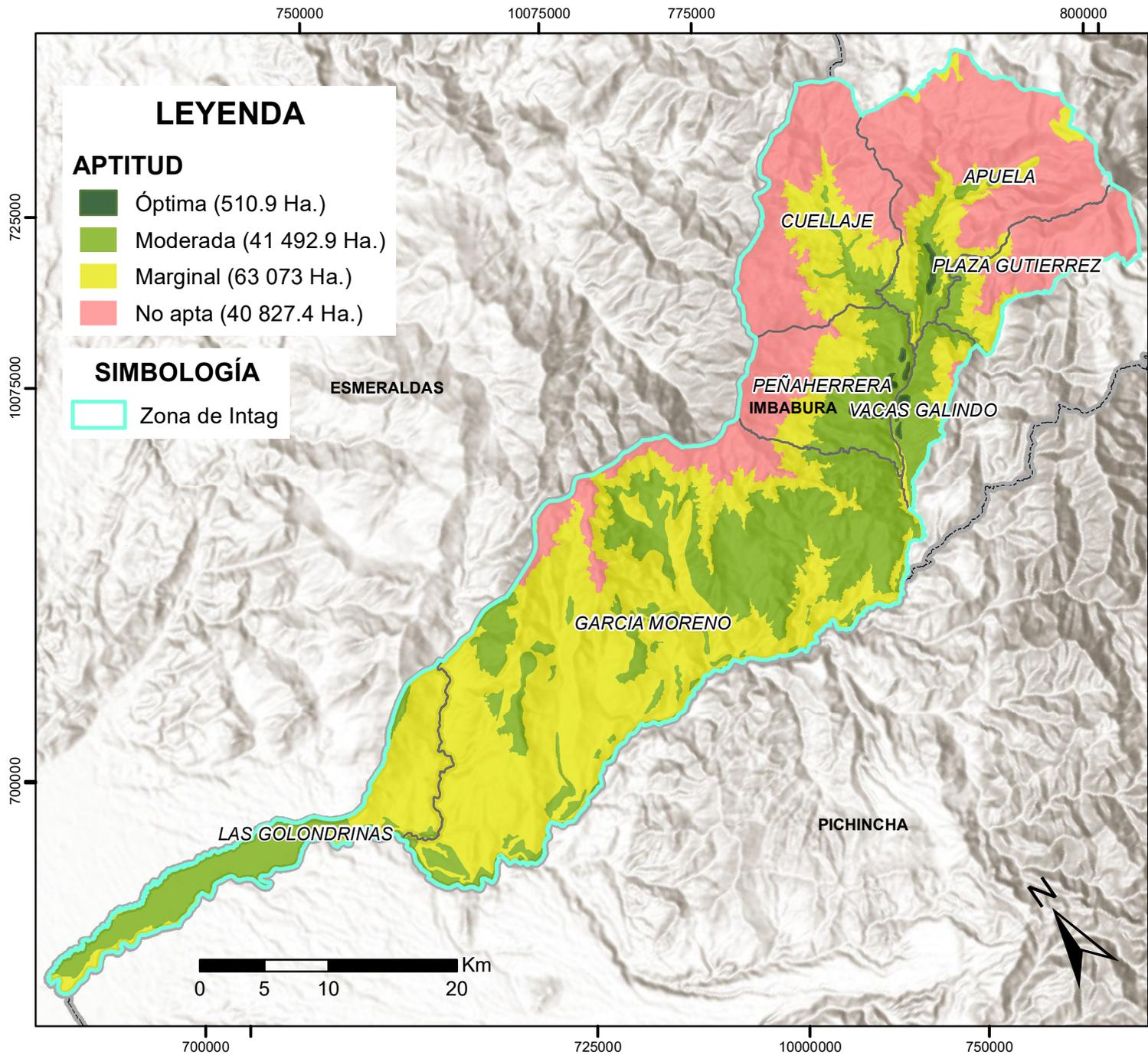
**ELABORADO POR:  
JUAN CARLOS SÁNCHEZ  
RIKI RODRIGUEZ**

**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:  
INHAMI, 2018**

**FECHA: 2022-19-06**

# ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



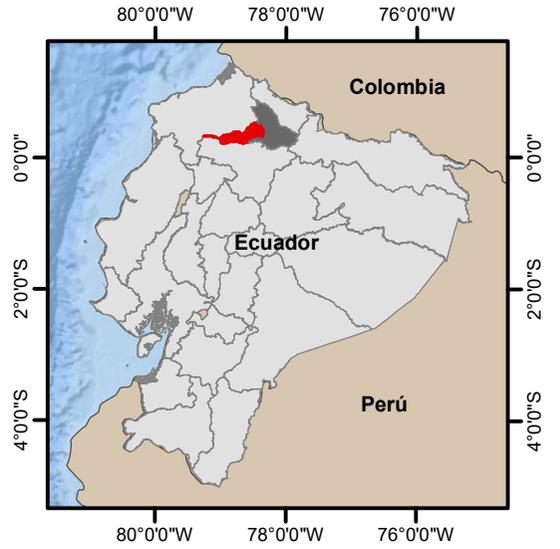
**LEYENDA**

**APTITUD**

- Óptima (510.9 Ha.)
- Moderada (41 492.9 Ha.)
- Marginal (63 073 Ha.)
- No apta (40 827.4 Ha.)

**SIMBOLOGÍA**

- Zona de Intag






**PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**

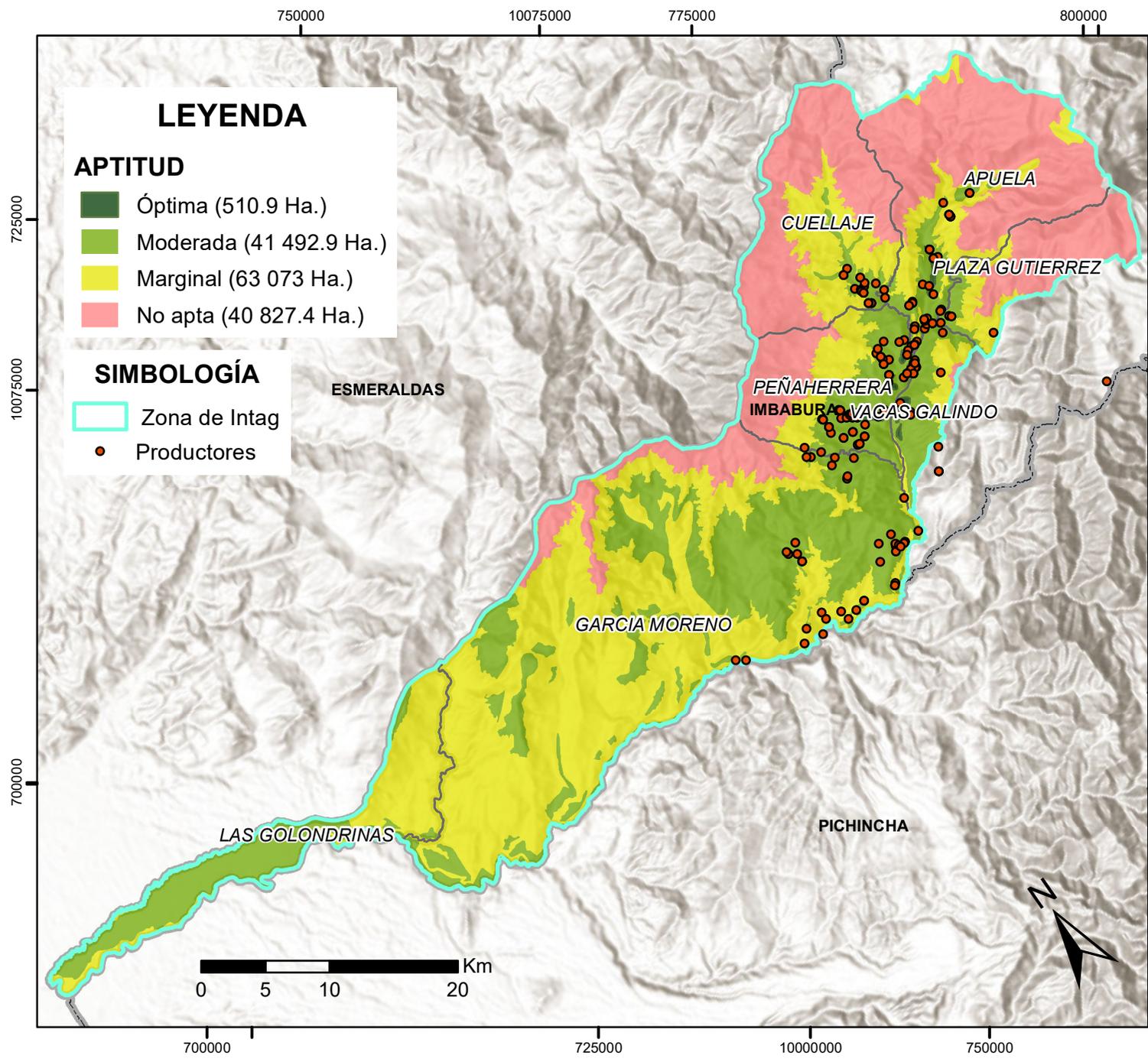
**ELABORADO POR:  
JUAN CARLOS SÁNCHEZ  
RIKI RODRIGUEZ**

**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:  
ELABORACIÓN PROPIA**

**FECHA: 2022-19-06**

# ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA ZONA DE INTAG, COTACACHI, 2022



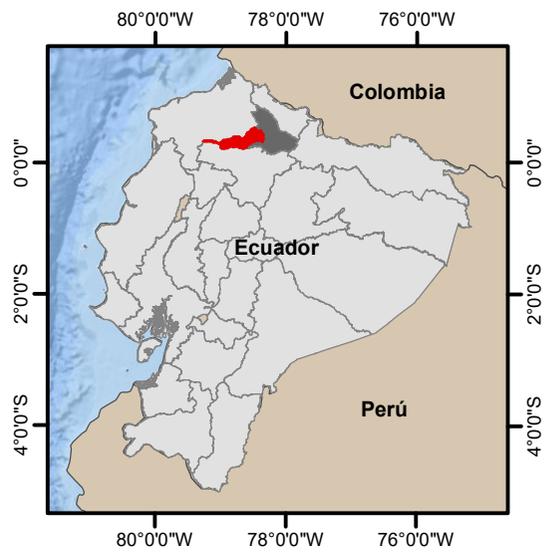
**LEYENDA**

**APTITUD**

- Óptima (510.9 Ha.)
- Moderada (41 492.9 Ha.)
- Marginal (63 073 Ha.)
- No apta (40 827.4 Ha.)

**SIMBOLOGÍA**

- Zona de Intag
- Productores



**PROYECCIÓN UNIVERSAL  
TRANSVERSAL DE MERCATOR  
DATUM WGS 1984 ZONA 17 SUR**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**

**ELABORADO POR:  
JUAN CARLOS SÁNCHEZ  
RIKI RODRIGUEZ**

**ESCALA 1:450 000**

**FUENTE:  
ELABORACIÓN PROPIA**

**FECHA: 2022-19-06**