UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Zonificación Agroecológica del cultivo de mora (*Rubus spp*.) en la Parroquia Huambaló mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Datos edafoclimáticos

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Autor/a: Diego Geremias Cevallos Guano

Tutor/a: Ing. Edwin Leonardo Pallo Paredes

Cevallos - Ecuador

Enero – 2026

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diego Geremias Cevallos Guano con cédula de ciudadanía No 1850786789, declaro que los criterios emitidos en el trabajo de titulación, "**Zonificación Agroecológica del cultivo de mora (*Rubus spp.*) en la Parroquia Huambaló mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Datos edafoclimáticos**", así como también los contenidos presentados, ideas, análisis, síntesis de datos y conclusiones, son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor/a de este trabajo de Titulación

Cevallos, enero de 2026

.....

Diego Geremias Cevallos Guano

AUTOR(A)

Escaneado con CamScanner

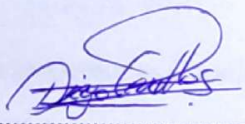
DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado "**Zonificación Agroecológica del cultivo de mora (*Rubus spp.*) en la Parroquia Huambaló mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Datos edafoclimáticos**" como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

Cevallos, enero de 2026



.....

Diego Geremias Cevallos Guano

AUTOR(A)

Escaneado con CamScanner

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado del Trabajo de Titulación, "**Zonificación agroecológica del cultivo de mora (*Rubus spp.*) en la parroquia Huambaló mediante sistemas de información geográfica (SIG) y datos edafoclimáticos**", de Cevallos Guano Diego Geremias, estudiante de la carrera de Agronomía, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de conformidad con el Reglamento para la Titulación de Grado para obtener el título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, una vez revisado y calificado

Cevallos, enero de 2026

REVISADO POR

.....

Ing. Mg. Edwin Leonardo Pallo Paredes

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN

Para constancia firman:

.....

Ing. Pomboza Tamaquiza Pedro Pablo, PhD.

PRESIDENTE

.....

Ing. Mg. Velástegui Espín Giovanny Patricio

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

.....

Ing. Espinoza Vaca Jorge Santiago, PhD

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

DEDICATORIA

A mis padres Christian Cevallos y Gladys Guano.

Diego Cevallos

AGRADECIMIENTO

A Dios quien permitió que todo esto sea posible, a mis padres Gladys y Christian que me apoyaron en cada momento, mis hermanos, a mis amigos con quienes compartí la carrera y a mi tutor, el Ing. Edwin Pallo quien fue mi guía y apoyo en la elaboración del proyecto final, una gran persona y docente, a la Universidad Técnica de Ambato en la cual aprendí y viví una bonita experiencia y a todos quienes estuvieron presentes en mi formación profesional.

Diego Cevallos

ÍNDICE GENERAL

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA ..... **ii**

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ..... **ii**

DERECHOS DE AUTOR ..... **iii**

TRIBUNAL DE GRADO ..... **iv**

DEDICATORIA ..... **v**

AGRADECIMIENTO ..... **vi**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xii**

ABSTRACT ..... **xiii**

1. INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO **3**

1.1 Marco conceptual 3

1.1.1 Zonificación agroecológica 3

1.1.2 Pendiente del suelo 3

1.1.3 Textura del suelo 4

1.1.4 Pedregosidad del suelo 6

1.1.5 Potencial hidrógeno del suelo 7

1.1.6 Altura o nivel hipsométrico 9

1.1.7 Temperatura 10

1.1.8 Precipitación 10

1.2 Antecedentes investigativos 11

1.3 Objetivos 13

1.3.1 Objetivo general 13

1.3.2 Objetivos específicos 14

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA 15

2.1 Ubicación del estudio 15

2.2 Equipos y materiales 16

2.2.1 Material investigativo 16

2.2.2 Herramientas y equipos 17

2.3 Tipo de investigación 17

2.4 Hipótesis 17

2.5 Población o muestra 17

2.6 Variables de recolección 18

2.6.1 Variables Climáticas 18

2.6.2 Variables edáficas 18

2.7 Recolección de la información 18

2.8 Procesamiento de la información 19

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 23

3.1 Requerimientos agroecológicos de la mora 23

3.2 Temperatura 24

3.3 Precipitación 25

3.4 Pendiente del suelo 26

3.5 Tipo de suelo 28

3.6 Pedregosidad del suelo 29
3.7 Potencial Hidrógeno del Suelo 30
3.8 Altura o nivel hipsométrico 32
3.9 Zonificación agroecológica 33
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 36
4.1 Conclusiones 36
4.2 Recomendaciones 37
CAPÍTULO V.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Pendiente de un suelo* 4

Tabla 2 *Tipo de textura del suelo* 5

Tabla 3 *Pedregosidad del suelo* 6

Tabla 4 *Potencial hidrógeno del suelo* 8

Tabla 5 *La influencia de la altura en la mora* 9

Tabla 6 *Requerimientos Edafoclimáticos de la mora* 23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Límites políticos de Huambaló* 16

Figura 2 *Flujograma del procesamiento de la información* 21

Figura 3 *Mapa temático de la temperatura de Huambaló* 24

Figura 4 *Mapa temático de la precipitación de Huambaló* 26

Figura 5 *Mapa temático de las pendientes de Huambaló* 27

Figura 6 *Mapa temático de los tipos de suelos de Huambaló* 28

Figura 7 *Mapa temático de la pedregosidad del suelo* 30

Figura 8 *Mapa temático del potencial hidrógeno del suelo* 31

Figura 9 *Mapa temático de la altura o nivel Hipsométrico* 32

Figura 10 *Mapa temático agroecológico de la mora* 34

RESUMEN EJECUTIVO

La zonificación agroecológica realizada en la parroquia Huambaló mediante sistemas de información geográfica determinó un notable potencial para la expansión del cultivo de mora, identificando un total de 1436.94 hectáreas con viabilidad productiva, desglosadas en 776.558 hectáreas (32.69%) de zonas óptimas y 660.38 hectáreas (27.80%) de zonas aptas. Estos resultados se sustentan en condiciones climáticas y edáficas altamente favorables, destacando que el 100% del territorio (2375.38 ha) cumple con el rango de precipitación óptima de 800 a 1100 mm anuales, mientras que el 41.06% de la superficie (973.53 ha) se sitúa en el rango térmico ideal de 12 a 14 °C, lo que favorece la calidad del fruto. En el ámbito edáfico, el 95.60% (2270.94 ha) presenta suelos de textura franco arenosa con drenaje adecuado, complementado por un 79.26% (1882.77 ha) con pH neutro (6.5-7.5) y un 80.52% (1912.59 ha) con mínima pedregosidad, factores que optimizan la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo radicular. No obstante, el estudio delimitó 259.71 hectáreas (10.93%) como zonas no aptas, debido a limitaciones críticas como pendientes superiores al 70% y temperaturas menores a 9 °C, consolidando esta investigación como una herramienta técnica esencial para la planificación territorial y la mitigación de riesgos de inversión en la región.

Palabras clave: ZONIFICACIÓN, AGROECOLÓGICA, TELEDETECCIÓN, SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

ABSTRACT.

The agroecological zoning carried out in the Huambaló parish using geographic information systems determined a significant potential for expanding blackberry cultivation, identifying a total of 1,436.94 hectares with productive viability, broken down into 776.558 hectares (32.69%) of optimal zones and 660.382 hectares (27.80%) of suitable zones. These results are based on highly favorable climatic and soil conditions, notably that 100% of the territory (2,375.38 ha) meets the optimal rainfall range of 800 to 1,100 mm annually, while 41.06% of the surface area (973.53 ha) is located within the ideal temperature range of 12 to 14 °C, which favors fruit quality. In terms of soil characteristics, 95.60% (2270.94 ha) of the area has sandy loam soils with adequate drainage, complemented by 79.26% (1882.77 ha) with a neutral pH (6.5-7.5) and 80.52% (1912.59 ha) with minimal stoniness. These factors optimize nutrient availability and root development. However, the study identified 259.71 hectares (10.93%) as unsuitable areas due to critical limitations such as slopes exceeding 70% and temperatures below 9 °C. This research solidifies its position as an essential technical tool for land-use planning and investment risk mitigation in the region.

Keywords: ZONING, AGROECOLOGY, REMOTE SENSING, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS.

1. INTRODUCCIÓN

La mora, forma parte de la familia Rosaceae, es esencial para la subsistencia de cerca de 12 000 familias de pequeños y medianos productores en Ecuador. Se cultiva en provincias como Tungurahua, donde se ubica la parroquia Huambaló. No obstante, la calidad de la fruta y su productividad limitan frecuentemente las oportunidades para optimizar los ingresos. La falta de conocimiento acerca del impacto que las zonas agroclimáticas tienen sobre el cultivo empeora esta situación, lo que hace resaltar la relevancia de seguir investigando para identificar los lugares más apropiados para su desarrollo (Sánchez et al., 2018).

Las condiciones climáticas de la zona y las propiedades del suelo están directamente relacionadas con el cultivo de mora. En el país, se distribuye en zonas agroclimáticas que oscilan entre los 2000 y los 2800 metros sobre el nivel del mar; sin embargo, para obtener producciones óptimas, la altitud adecuada es de entre 1800 y 2400 m.s.n.m. (Sánchez et al., 2018). Las condiciones del clima ideales varían de 11 °C y 18 °C (13 °C es la temperatura perfecta) y precipitaciones anuales de 1500 mm y 2500 mm. Asimismo, la mora tiene preferencia por suelos de textura franca, permeables y profundos, que contienen una cantidad elevada de materia orgánica y requieren muchos macronutrientes como el nitrógeno, el fósforo, el calcio y el magnesio. Es crucial tener en cuenta que las condiciones del medioambiente tienen un impacto directo sobre enfermedades y desarrollo, lo que repercute en el ciclo de producción y en la prevalencia de enfermedades (Sánchez et al., 2018; Herrera & Carmona, 2015).

La base económica de la parroquia Huambaló se sustenta en la actividad campesina. La mayor parte del territorio (98.61%) está constituido por áreas volcánicas (sistemas volcánicos y edificaciones estrato-volcánicas), las cuales son reconocibles por su capacidad de almacenar agua y su alta fertilidad, desde la perspectiva geológica. No obstante, el análisis de la fertilidad en Huambaló muestra que la mayor parte de los terrenos (98.87%) tienen poca fertilidad, lo cual requiere medidas agronómicas para incrementar su producción. La parroquia presenta una variedad de temperaturas. La mayoría del territorio está situada entre 10 °C y 14 °C,

en tanto que los intervalos de precipitación oscilan entre 500 y 1000 mm anuales. (GAD Parroquial Huambaló, 2025).

La zonificación agroecológica (ZAE) es una herramienta clave para planificar de manera adecuada la agricultura. En pocas palabras, permite identificar qué zonas son más aptas para un cultivo específico, tomando en cuenta las características del suelo y del clima. Para realizar este proceso se utilizan los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten analizar toda la información de forma integrada. Como señalan Salcedo y colaboradores (2025), los SIG se han convertido en herramientas muy sólidas porque permiten combinar y analizar grandes cantidades de datos georreferenciados. Gracias a esto, es posible generar modelos espaciales que ayudan a determinar qué tan adecuado es un terreno para el desarrollo de un cultivo. (Salcedo et al., 2025).

En este marco, la investigación tiene como objetivo llevar a cabo la ZAE del cultivo de mora en la parroquia Huambaló, utilizando variables climáticas (temperatura y precipitaciones) y edáficas (tipo de suelo, altura, potencial hidrógeno del suelo, pendiente del suelo y pedregosidad) a través de SIG, para elaborar mapas agroecológicos que muestren la aptitud del cultivo de mora en la parroquia Huambaló. Posteriormente, el área de estudio se clasifica en zonas óptimas, aptas, marginales y no aptas para la producción, en función de la combinación de los factores climáticos y edáficos. El mapa resultante permite visualizar la capacidad productiva del territorio y constituye una herramienta técnica que facilita la toma de decisiones para una planificación agrícola en el cultivo de la mora más sostenible y una mejor optimización de los recursos en Huambaló. (Suárez & Pineda, 2014).

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Marco conceptual

1.1.1 Zonificación agroecológica

La zonificación agroecológica (ZAE) se define como la sectorización de un territorio mediante la delimitación de áreas que presentan combinaciones similares de clima (temperatura, precipitaciones, entre otras) y características de suelo (tipo de suelo, altura, potencial hidrógeno del suelo, pendiente del suelo, pedregosidad, entre otras), lo que resulta en unidades geográficas relativamente homogéneas (Matajira et al.,2023).

1.1.2 Pendiente del suelo

La pendiente es la medida de la inclinación de un terreno, la cual se establece técnicamente mediante la relación matemática entre el desnivel vertical que se debe superar y la distancia horizontal que se recorre sobre un plano. Geométricamente, este parámetro representa la tangente del ángulo vertical que se forma desde el plano horizontal hacia la superficie terrestre. Su expresión más frecuente es el porcentaje, calculado al multiplicar por cien la tangente de dicho ángulo; bajo esta lógica, una inclinación de 45° equivale a una pendiente del 100%. Asimismo, la pendiente puede cuantificarse directamente en grados, midiendo la amplitud del ángulo formado entre el terreno y el plano horizontal (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

La inclinación del terreno es un factor determinante en la aptitud agroecológica del cultivo de mora (*Rubus sp*.), ya que condiciona directamente la mecanización agrícola, el drenaje y la conservación del recurso suelo. Técnicamente, se establece como rango óptimo aquel que se sitúa entre el 0 % y el 25 % (pendientes planas a

medias), puesto que estas superficies favorecen un manejo agronómico eficiente y presentan un bajo riesgo de degradación hídrica. Por el contrario, los terrenos con pendientes que superan el 40 % se clasifican como marginales o no aptos, debido a que la fuerte inclinación acelera los procesos de erosión y dificulta el laboreo seguro. Si bien la planta posee una notable capacidad de adaptación que le permite desarrollarse en laderas de hasta un 45 %, los criterios técnicos de sostenibilidad suelen marcar el umbral del 40 % como una limitación crítica para prevenir la pérdida de nutrientes y garantizar la estabilidad de la producción a largo plazo (Matajira et al. 2023).

La Tabla 1 clasifica las pendientes en rangos específicos, permitiendo identificar desde relieves planos hasta abruptos para una adecuada planificación territorial.

Tabla 1
Pendiente de un suelo

Clase	Pendiente	Rango (%)	Descripción
1	Plana	0 a 2	Corresponden principalmente a relieves completamente planos.
2	Muy suave	2 a 5	Corresponden principalmente a relieves casi planos.
3	Suave	5 a 12	Corresponden principalmente a relieves ligeramente ondulados.
4	Media	12 a 25	Corresponden principalmente a relieves medianamente ondulados.
5	Media a fuerte	25 a 40	Corresponden principalmente a relieves medianamente a fuertemente disectados.
6	Fuerte	40 a 70	Corresponden principalmente a relieves fuertemente disectados.
7	Muy fuerte	70 a 100	Corresponden principalmente a relieves muy fuertemente disectados.
8	Escarpada	100 a 150	Corresponden principalmente a relieves escarpados.
9	Muy escarpada	150 a 200	Corresponden principalmente a relieves muy escarpados.
10	Abrupta	> 200	Corresponden principalmente a relieves abruptos.

(Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

1.1.3 Textura del suelo

La textura se define técnicamente como el contenido de partículas del suelo (arena, limo y arcilla) clasificadas de acuerdo con su tamaño y a la proporción relativa en la que estas se encuentran combinadas dentro de la masa edáfica. Este atributo es el factor fundamental para identificar el tipo de suelo, ya que permite su clasificación mediante el uso del triángulo de texturas en categorías específicas como arenosa, franca o arcillosa (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

La textura del suelo es un factor determinante para el éxito del cultivo de mora (*Rubus sp*.), siendo los suelos de textura franca los considerados ideales debido a su equilibrio físico-químico y su capacidad de retención de humedad. Específicamente, las clases franco arenosa, franco arcillo-arenosa y franca se categorizan como óptimas, ya que proporcionan una aireación adecuada y evitan los encharcamientos que podrían asfixiar las raíces. Por el contrario, los suelos con texturas extremas resultan desfavorables: las arenas se clasifican como no aptas porque se secan con rapidez y pierden nutrientes por lavado, mientras que las arcillas pesadas presentan limitaciones severas debido a su alta susceptibilidad a la compactación, drenaje deficiente y gran dificultad para el laboreo agrícola (Rodríguez & Villegas, 2015).

A continuación, la Tabla 2 detalla los rangos de composición requeridos para clasificar técnicamente cada tipo de textura del suelo.

Tabla 2
Tipo de textura del suelo

Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Arcillosa	< 45	< 40	≥ 40
Areno-arcillosa	≥ 45	—	≥ 35
Franco-arcillosa	20 – 45	—	27 – 40
Limo-arcillosa	—	≥ 40	≥ 40
Franco-limo-arcillosa	< 20	—	27 – 40
Franco-areno-arcillosa	≥ 45	< 28	20 – 35
Franca	< 52	28 – 50	7 – 27
Franco-limosa	—	50 – 80	12 – 27 *(o < 12)*
Limosa	—	≥ 80	< 12
Franco-arenosa	43 – 52	> 50 − (2 × arcilla)	< 7

Arenoso-franca	58 – 90	≥ 15 − (1.5 × arcilla)	—
Arenosa	≥ 85	≤ 15 − (1.5 × arcilla)	—

(Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

1.1.4 Pedregosidad del suelo

La pedregosidad de un suelo se define técnicamente como la presencia o ausencia de fragmentos gruesos en su superficie, cuya magnitud se describe y cuantifica mediante el porcentaje de cobertura que estos elementos ocupan. Este parámetro es un factor crítico de diagnóstico, ya que influye directamente en la capacidad del terreno para soportar actividades de construcción y condiciona la aptitud agrícola al interferir con el laboreo, la manejabilidad y la productividad del suelo (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

La pedregosidad constituye un factor limitante crítico para el cultivo de mora, ya que la presencia de fragmentos gruesos dificulta significativamente el laboreo agrícola y restringe el volumen de suelo que el sistema radicular de la planta puede explorar. Niveles elevados de fragmentos, particularmente aquellos que superan el 25 % de cobertura, crean barreras físicas que complican la mecanización y entorpecen la preparación del terreno, lo que deriva en una disminución de la manejabilidad y la productividad general.

Tabla 3
Pedregosidad del suelo

CATEGORÍA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Sin	S	No posee fragmentos gruesos *
Muy pocas	M	< 10% de fragmentos gruesos *
Poca	P	10 a 25% de fragmentos gruesos **
Frecuente	F	25 a 50% de fragmentos gruesos **
Abundantes	A	50 a 75% de fragmentos gruesos ***
Pedregoso o rocoso	R	> 75% de fragmentos gruesos ***

* No interfiere con el laboreo
** Existe interferencia con el laboreo
*** No es posible el laboreo

(Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

Debido a que la planta de mora prefiere suelos mullidos y profundos para maximizar la absorción de nutrientes y la retención de humedad, los terrenos pedregosos actúan como un soporte deficiente que no permite el anclaje óptimo del cultivo. En consecuencia, una pedregosidad excesiva no solo impone restricciones técnicas a las prácticas agronómicas, sino que compromete el rendimiento por hectárea al limitar la capacidad del suelo como soporte vital para el desarrollo fisiológico de la especie (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020). Las categorías técnicas de pedregosidad del suelo y su impacto directo en la viabilidad del laboreo agrícola según los estándares de zonificación se detallan en la tabla 3.

1.1.5 Potencial hidrógeno del suelo

El potencial de hidrógeno (pH) del suelo es la medida técnica de la concentración de iones de hidrógeno (H+), la cual define si el entorno edáfico es ácido, neutro o alcalino. Este parámetro se expresa en una escala logarítmica, lo que implica que el cambio de una sola unidad representa una variación de diez veces en la intensidad de la acidez o alcalinidad (GAD Parroquial Huambaló, 2025).

El pH es un factor determinante para el éxito del cultivo de la mora (*Rubus sp*), la cual requiere un rango ideal de entre 5,3 y 6,2 para su desarrollo óptimo. Si el suelo presenta un pH ácido (inferior a 5,5), pueden aparecer deficiencias de nutrientes clave como nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, además de riesgos por toxicidad de aluminio y manganeso que afectan la salud biológica del terreno. Por el contrario, en condiciones de alcalinidad (pH superior a 7,5), se produce un exceso de carbonatos que bloquea la solubilidad del fósforo y de diversos microelementos, lo que llega a inhibir el crecimiento de la planta y comprometer el rendimiento de la cosecha (Rodríguez & Villegas, 2015).

Para clasificar técnicamente el estado químico del terreno y orientar las prácticas de manejo, se utiliza una escala logarítmica que mide la intensidad de la acidez o alcalinidad en la masa edáfica. Esta categorización facilita la identificación de necesidades específicas, como la aplicación de cal para corregir la acidez o el uso de yeso en suelos con tendencia alcalina, asegurando que el entorno sea favorable para la asimilación de nutrientes. A continuación, se presenta la Tabla 4, que detalla los

rangos de pH, sus descripciones técnicas y las implicaciones para el desarrollo de la mayoría de los cultivos.

Tabla 4
Potencial hidrógeno del suelo

Categoría	Símbolo	Rango de pH	Definición / descripción
Muy ácido	Mac	0.0 a < 5.0	Condiciones desfavorables para los cultivos; posible toxicidad de Al y Mn; deficiencia de cationes divalentes intercambiables.
Ácido	Ac	5.0 a 5.5	Necesidad de encalar para la mayoría de los cultivos; deficiencia de P, Ca, K, N, Mg, Mo; exceso de Co, Cu, Fe, Mn, Zn. Suelos sin carbonato cálcico. Actividad microbiana escasa.
Medianamente ácido	MeAc	> 5.5 a 6.0	Baja solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg; algunos cultivos como las leguminosas requieren encalamiento.
Ligeramente ácido	Lac	> 6.0 a 6.5	Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
Prácticamente neutro	PN	> 6.5 a 7.5 (excepto 7)	Buena disponibilidad de Ca y Mg; moderada disponibilidad de P; baja disponibilidad de microelementos con excepción del Mo.
Neutro	N	7	Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
Ligeramente alcalino	LAl	> 7.5 a 8.0	Posible exceso de Ca, Mg y carbonatos; baja solubilidad del P y microelementos (excepto Mo). Posible necesidad de enmiendas como yeso. Inhibición del desarrollo de varios cultivos.
Medianamente alcalino	Mal	> 8.0 a 8.5	Posible exceso de sodio intercambiable; se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos; requerimiento de enmiendas para el tratamiento del suelo.
Alcalino	Al	> 8.5	Exceso de sodio intercambiable (PSI > 15%); se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Presencia de $MgCO_3$ si no hay sodio. Problemas de clorosis férrica por deficiencia de Fe.
Sin suelo	Sin	N/A	Se considera áreas de afloramientos rocosos.

(Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

1.1.6 Altura o nivel hipsométrico

La altura, referida frecuentemente en los estudios técnicos como altitud o nivel hipsométrico, se define como la elevación de un punto o zona geográfica medida en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (Sánchez et al., 2018).La altura es un factor determinante que regula el desarrollo fenológico y la calidad de la mora (*Rubus sp*.), estableciéndose un rango óptimo entre los 2600 y 3100 m.s.n.m. para alcanzar la máxima productividad. Cuando el cultivo se establece en niveles muy bajos (inferiores a los 2100 m.s.n.m.), se observa un acortamiento en los ciclos de producción (menos días de floración a cosecha) y una disminución en el contenido de sólidos solubles (°Brix), además de una mayor susceptibilidad al hongo *Peronospora*.

Tabla 5
La influencia de la altura en la mora

Rango de Altura (m.s.n.m.)	Categoría de Aptitud	Comportamiento y Productividad	Prevalencia de Enfermedades
Bajo (< 2100)	Marginal / Bajo	Ciclos de producción más cortos (menos días de floración a cosecha) Presenta menor contenido de sólidos solubles (grados Brix).	Mayor incidencia de *Peronospora*, aunque se reporta una mayor resistencia general a enfermedades en este piso.
Medio (2100 - 2500)	Moderada	Es un rango de transición con un equilibrio entre crecimiento vegetativo y calidad.	Mayor prevalencia de *Botrytis cinerea*.
Alto (2500 - 3100)	Óptima	Considerado el rango óptimo según la zonificación oficial (específicamente 2600-3100 m.s.n.m.).	Mayor incidencia de *Oídio*.
Límite Superior (> 3200)	No Apta	Se observa una disminución marcada en la calidad y el tamaño de los frutos.	Riesgo elevado de daños por heladas y frío extremo

(Sánchez et al., 2018).

Por el contrario, si la elevación es muy alta (superior a los 3200 m.s.n.m.), el terreno se clasifica como no apto debido a una reducción marcada en el tamaño y calidad del fruto, junto con un alto riesgo de daños por heladas y frío extremo que comprometen la vida de la planta. En altitudes intermedias, el cultivo encuentra un

punto de transición donde, a pesar de mantener un equilibrio en el crecimiento, suele enfrentar una mayor prevalencia de *Botrytis cinerea* (Sánchez et al., 2018). En la Tabla 5, se describe técnicamente la influencia de la altura en el comportamiento del cultivo.

1.1.7 Temperatura

La temperatura se define técnicamente como una magnitud física que expresa el grado o nivel de calor presente en los cuerpos o en el ambiente (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

La temperatura actúa como un regulador fisiológico determinante para el desarrollo y la calidad de la mora (Rubus sp.), estableciéndose un rango óptimo entre los 12 °C y 14 °C, con un valor ideal de 13 °C. Este nivel térmico moderado permite un desarrollo fenológico pausado que favorece una mayor acumulación de sólidos solubles (grados Brix) y una acidez equilibrada en el fruto, características esenciales para su competitividad comercial e industrial. Por el contrario, la exposición a temperaturas superiores a los 30 °C durante períodos prolongados genera estrés térmico, reduciendo la fotosíntesis y provocando el aborto de flores. En el extremo opuesto, temperaturas inferiores a los 9 °C o 10 °C se clasifican como no aptas, ya que pueden causar la muerte de tejidos vegetales y brotes, comprometiendo seriamente el rendimiento y la estabilidad de la plantación (Matajira et al. 2023).

1.1.8 Precipitación

La precipitación es una variable climática fundamental que se define técnicamente por el volumen y la distribución de las lluvias en un territorio durante un periodo determinado (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

La precipitación constituye un factor climático crítico que influye directamente en la productividad y el comportamiento fenológico de la mora (*Rubus sp*). Se considera que el rango óptimo de lluvias para un desarrollo saludable y eficiente oscila entre los 800 y 1100 mm anuales, una cantidad que permite el crecimiento vigoroso de la planta sin los riesgos asociados al exceso de humedad, el cual puede comprometer la sanidad del cultivo y la calidad del fruto (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020). Aunque la especie muestra adaptabilidad en entornos con regímenes de hasta

2500 mm, los criterios técnicos de zonificación advierten que volúmenes superiores pueden favorecer la proliferación de enfermedades. Por el contrario, en territorios donde la pluviosidad es deficiente o menor a los 800 mm, se vuelve imperativa la adopción de sistemas de riego tecnificado para compensar la falta de agua y garantizar que el arbusto alcance su máximo potencial productivo (Sánchez, et al. 2018).

1.2 Antecedentes investigativos

En el estudio de Sánchez, et al. (2018), con el título "Efecto del piso altitudinal sobre la calidad de la mora (*Rubus sp*) en la región interandina del Ecuador y Caracterización de la Variabilidad Fenotípica de Mora en Tres Zonas Productoras de la Provincia Bolívar, Ecuador", se analizó la influencia de tres pisos altitudinales: bajo (<2100 m.s.n.m.), medio (2100–2500 m.s.n.m.) y alto (2500–3000 m.s.n.m.) sobre el desarrollo fenológico, la productividad, la calidad del fruto y la sanidad del cultivo, con el propósito de identificar materiales con características deseables de resistencia a factores bióticos, abióticos y aptos para el consumo en fresco y la agroindustria; para ello se aplicó una zonificación agroecológica y un análisis de varianza con prueba de Tukey al 5 %, evidenciándose que la altitud incide de manera significativa en el comportamiento del cultivo, ya que las plantas del piso bajo desarrollaron mayor número de tallos terciarios (5,13) y hojas (17,27) que las del piso alto (3,33 tallos y 13,10 hojas). En cuanto al ciclo de floración–cosecha más corto en el piso bajo (74,27 días), frente al piso alto (78 días), lo que incrementa la frecuencia productiva anual, aunque con menores sólidos solubles en el piso bajo (8,22 °Brix) en comparación con el piso alto (10,003 °Brix), manteniéndose todas las zonas dentro de estándares comerciales aceptables; además, la incidencia de enfermedades varió según la altitud, con mayor presencia de oídio en la zona alta (8,10 %), *Botrytis* en la zona media (12,73 %) y *Peronospora* en la zona baja (8,80 %), concluyéndose que el piso altitudinal inferior ofrece condiciones más favorables para una mayor productividad y resistencia general del cultivo, reduciendo potencialmente la necesidad de aplicaciones fitosanitarias.

En el estudio de Jinés, L., Eitzinger, A. (2021), con título "Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de mora", en donde propone determinar las áreas adecuadas mediante el análisis de variables como pendiente, temperatura,

precipitación y características del suelo empleando herramientas SIG para integrar capas temáticas mediante geoprocesamiento, se encontró que la combinación de factores edafoclimáticos reduce drásticamente las áreas favorables; por ejemplo, a nivel nacional en Ecuador, la categoría óptima para el cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) en condiciones naturales se limita a solo 6465 ha, una superficie mínima comparada con las 7737295 ha categorizadas como no aptas. En regiones específicas como la provincia de Tungurahua, esta restricción es evidente al contar con apenas 799 ha de aptitud óptima, supeditadas al cumplimiento riguroso de parámetros como pendientes del 12% al 25%, precipitaciones de 800mm a 1000 mm y temperaturas entre 12 °C y 14 °C.

Los autores Matajira, et al. (2023), en su investigación titulada "Desarrollo de un modelo espacial de aptitud del suelo para el cultivo de Mora (*Rubus sp*) en el municipio de Piedecuesta, Santander; utilizando el software QGIS" con el objetivo de desarrollar por medio de los SIG, un modelo espacial de aptitud del suelo y áreas potenciales para el cultivo de mora al establecer recomendaciones técnicas para la priorización del mismo en zonas específicas en base a la identificación de variables climáticas y edáficas. La aptitud se determinó mediante un análisis ráster de valoración multicriterio donde se asignó un peso porcentual a cada componente (climático, edáfico). Se elaboraron mapas de componentes edáfico, climático para integrar los factores que influyen en la aptitud del suelo. Como resultados se encontró que la altitud ideal para la mora es generalmente entre 1800 a 2400 metros, con una temperatura oscilante entre 16 y 18 °C. La mora muestra adaptación a pendientes de alrededor de 45°. Los suelos más propicios son de textura franco, con buena aireación, ricos en materia orgánica, profundos, y con demanda de nutrientes como nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio. Se llegó a la conclusión de que la implementación de SIG fue útil para reconocer factores esenciales y formar sugerencias técnicas bien fundamentadas.

En la investigación de Nieto et al. (2024) titulada "Gestión sostenible del territorio: análisis y zonificación agroecológica en una región rural del Ecuador", los autores se plantearon como objetivo generar un registro actualizado del uso y la cobertura del suelo en la parroquia rural La Victoria, en la provincia del Guayas. El estudio se desarrolló mediante una metodología dividida en tres fases: investigación, levantamiento de información y procesamiento; que combinó trabajo de campo,

análisis de imágenes satelitales Landsat 8 y herramientas geomáticas dentro de un entorno SIG para clasificar y delimitar diferentes tipos de cobertura como zonas antrópicas, vegetación, cuerpos de agua y suelo desnudo. Sus resultados permitieron elaborar mapas temáticos que evidenciaron que aproximadamente el 30 % del área corresponde a uso agrícola, el 40 % a zonas antrópicas, el 13 % a bosque seco, el 2 % a cuerpos de agua y el 15 % a áreas dedicadas a minería a cielo abierto, aportando información clave para la planificación territorial sostenible y la gestión racional de los recursos locales.

La investigación de Jaramillo, L. (2021), titulada "Zonificación Agroecológica del Cultivo de Café (*Coffea arabica* L.) en la Provincia de Loja bajo Escenarios de Cambio Climático", determinó las Zonas de Aptitud Agroecológica (ZAA) integrando requerimientos de altitud (600-2000 m.s.n.m.), pendiente (menor al 40%), precipitación (800-1800 mm/año), temperatura (16-24 °C) y variables edáficas como profundidad mayor a 40 cm y pH entre 5.5 y 6.5. Los resultados mostraron que en el escenario base (1981-2010), las áreas aptas cubrían el 27,86 % del territorio provincial (308283,52 ha), pero al proyectar el análisis al periodo 2011-2040 utilizando (SIG), estas superficies se redujeron notablemente al 23,41 % en el escenario de las trayectorias de concentración representativas (RCP) 4.5 y al 23,20 % en el RCP 8.5. Esta contracción territorial evidenció que 49375,80 ha perdieron su aptitud bajo el escenario RCP 4.5 y 51865,72 ha lo hicieron bajo el RCP 8.5, aunque paralelamente se identificaron pequeñas áreas nuevas con potencial (145 ha y 233,66 ha respectivamente) que no se registraron en el escenario histórico. Estos hallazgos confirman que el cambio climático altera drásticamente la distribución espacial del cultivo, lo que reafirma la importancia de realizar análisis integrales que consideren la interacción de múltiples factores climáticos, geomorfológicos y geopedológicos para garantizar una planificación territorial y gestión del suelo rural sostenible.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Realizar la Zonificación Agroecológica del cultivo de Mora en la Parroquia Huambaló, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y variables climáticas, edáficas y topográficas.

1.3.2 Objetivos específicos

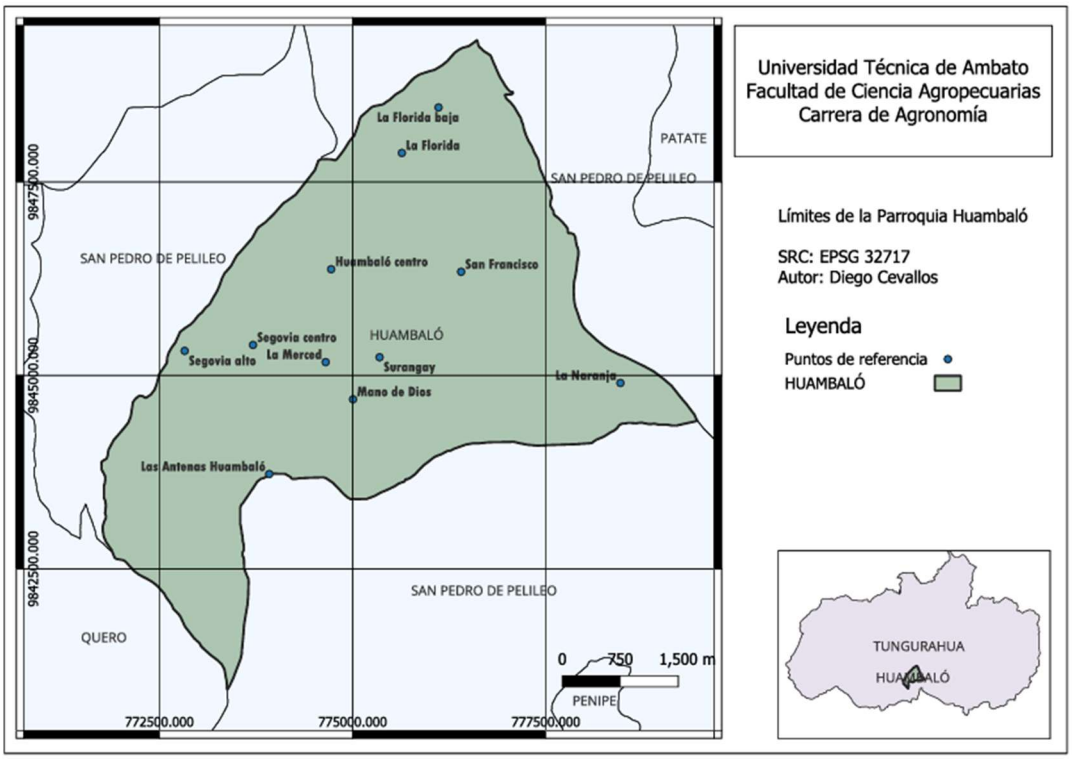
- Integrar variables climáticas, edáficas y topográficas mediante SIG para elaborar mapas de aptitud agroecológica del cultivo de mora en la parroquia Huambaló.
- Clasificar la parroquia de Huambaló en zonas de aptitud óptima, apta, marginal, no apta y no aplicable para el cultivo de mora, basándose en el análisis de las variables edáficas, topográficas y climáticas.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del estudio

La parroquia Huambaló está ubicada en el cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, Ecuador. La parroquia tiene una superficie de 2375.38 hectáreas, con una altitud promedio de 2600 m.s.n.m. Limita geográficamente al Norte con la Parroquia Bolívar y la parroquia matriz de Pelileo, al Sur con la Parroquia Cotaló, al Este con la Parroquia Bolívar y al Oeste con la Parroquia Bolívar y el cantón Quero. La parroquia Huambaló posee cualidades físicas y ambientales que son clave para el estudio del territorio y la producción. En relación con el clima, la temperatura promedio se encuentra entre 12 °C y 14 °C, representando el 50,04 % del total del área (1188,62 ha). Las áreas más frías, con temperaturas de 10 °C a 12 °C (1082,96 ha), se sitúan en las regiones de mayor elevación al sur y suroeste. Por otro lado, las áreas más cálidas, que oscilan entre 14 °C y 16 °C (103,81 ha), se hallan en el noreste, donde la altitud es inferior. Desde un punto de vista geomorfológico, el 98,61 % del área corresponde a la región fisiográfica del Sistema Volcánico, compuesta por estructuras de tipo estrato-volcán y formas relacionadas, con un 96,62 % de sus suelos perteneciendo a la formación geológica de tipo Volcánicos Estos terrenos, que provienen de erupciones volcánicas, son conocidos por su excelente fertilidad y su notable capacidad para retener el agua, lo que beneficia la agricultura en la región. En lo que respecta al relieve, el 71,60 % del territorio muestra inclinaciones moderadas (12–25 %), rasgo característico de los paisajes de la cordillera de los Andes. Por último, el uso del suelo refleja un fuerte enfoque agropecuario, con un 83,69 % del área (1987,94 ha) dedicado a prácticas agrícolas y ganaderas, las cuales, junto a la reconocida industria del mueble, forman los principales pilares económicos y productivos de la parroquia (GAD Parroquial Huambaló, 2025).

Figura 1
Límites políticos de Huambaló



Fuente: www.geoportaligm.gob.ec

2.2 Equipos y materiales

2.2.1 Material investigativo

Se recopiló información cartográfica de fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias incluyeron información oficial proveniente del GAD Parroquial de Huambaló (2024), del Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM; 2020) y del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018). Por otro lado, se consideraron fuentes secundarias complementarias para respaldar y verificar la consistencia de los datos, especialmente en lo referente a criterios de aptitud agroecológica y documentación técnica.

2.2.2 Herramientas y equipos

- Computador con software SIG (QGIS)
- GPS
- Mapas base

2.3 Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo descriptiva, con enfoque cuantitativo, ya que se utilizarán datos geoespaciales y climáticos para clasificar y delimitar zonas según su aptitud.

2.4 Hipótesis

- Hipótesis nula (H_0): La Zonificación Agroecológica para el cultivo de mora no permite disponer de información oportuna para la toma de decisiones y la gestión adecuada del cultivo.

.- Hipótesis alternativa (H_1): La Zonificación Agroecológica para el cultivo de mora permite disponer de información oportuna para la toma de decisiones y la gestión adecuada del cultivo.

2.5 Población o muestra

La elección de la Parroquia Huambaló, para llevar a cabo la ZAE del cultivo de mora (*Rubus sp*.) se sustenta en el importante cambio productivo, en el cual sobresale la falta de sostenibilidad agrícola por el escaso análisis de los factores que limitan la producción en la parroquia. Históricamente, la comunidad ha dependido de la papa, maíz y el tomate de árbol; sin embargo, ahora se enfrenta a una fuerte disminución de la rentabilidad por la especulación de precios en los mercados, la sobreproducción y principalmente los periodos extensos en la cosecha de estos. Por esta razón, los agricultores han optado por reemplazarlos con mora como opción económica. No obstante, esta veloz expansión se ha realizado de forma empírica, sin haber analizado antes si las condiciones edafoclimáticas (altitud, temperatura, pendiente y tipo de suelo) de los terrenos satisfacen las exigencias agroecológicas

ideales para la mora. Esto supone un peligro de ineficiencia en términos productivos y una utilización incorrecta del suelo.

2.6 Variables de recolección

2.6.1 Variables Climáticas

Las variables climáticas, específicamente la temperatura media anual y la precipitación anual, constituyen factores determinantes para el desarrollo del cultivo de mora (*Rubus sp*.), ya que regulan sus procesos fisiológicos y productivos. Esta información fue obtenida a partir de fuentes oficiales y confiables, principalmente del Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM, 2020) y del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018), cuyos registros permiten caracterizar el régimen térmico y pluviométrico de la parroquia Huambaló. Estos datos fueron empleados como insumos fundamentales para la elaboración de los mapas climáticos utilizados en la zonificación agroecológica..

2.6.2 Variables edáficas

Las variables edáficas, como la pendiente, la pedregosidad, pH del suelo, la altura y el tipo de suelo (textura), influyen de manera directa en el drenaje, la capacidad de retención de humedad, el riesgo de erosión y, en general, en el manejo del suelo para fines agrícolas. En esta investigación, la información correspondiente a estas variables fue obtenida del Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM, 2020), cuyas bases cartográficas permitieron caracterizar las condiciones físicas del terreno en la parroquia Huambaló y emplearlas como insumo para la evaluación de la aptitud agroecológica del cultivo de mora.

2.7 Recolección de la información

La recolección de datos se centró a la obtención de información espacial digital compatible con Sistemas de Información Geográfica, específicamente en formato de capas vectoriales (SHAPE), las cuales representan objetos geográficos mediante geometrías (puntos, líneas y polígonos) asociadas a atributos descriptivos que permiten su análisis espacial en QGIS. Se recopilaron siete capas vectoriales temáticas fundamentales para el estudio: temperatura, precipitación, altitud, pendiente,

pedregosidad, pH del suelo y tipo de suelo, las cuales constituyeron la base para la evaluación de la aptitud agroecológica del cultivo de mora, complementadas con información científica que define los requerimientos agroclimáticos de la mora. Estas capas temáticas fueron obtenidas principalmente del Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM, 2020) a través de su servicio de entidades web (Web Feature Service, WFS), una especificación abierta del Open Geospatial Consortium (OGC) que permite acceder y descargar entidades geográficas con su geometría y atributos asociados directamente desde la web, garantizando así la interoperabilidad de los datos, su trazabilidad institucional y su fiabilidad para análisis geoespaciales. El uso de repositorios oficiales permitió asegurar la calidad, consistencia y validez técnica de la información empleada en el desarrollo de la zonificación agroecológica (IGM, 2024).

2.8 Procesamiento de la información

El flujograma que se muestra en la figura 2 describe el procedimiento metodológico seguido para obtener la zonificación agroecológica del cultivo de mora a partir de la integración de información edáfica y climática en un entorno de Sistemas de Información Geográfica (QGIS).

En la fase inicial, se procede con la integración de las bases de datos edáficas, climáticas y el mapa político de Huambaló dentro del entorno del software QGIS. Este paso comprende la importación de las capas temáticas de pendiente, tipo de suelo, altura, pH del suelo, temperatura y precipitación. Una vez incorporadas al proyecto, se realiza una verificación técnica de su Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC), asegurando la consistencia espacial y la alineación precisa de todas las variables sobre la superficie de estudio.

Como etapa final de esta preparación, es imperativo realizar un proceso de recorte (cortar) de todas las capas temáticas, utilizando la capa de límites políticos administrativos de la parroquia Huambaló como "capa máscara", se extrae exclusivamente la información geográfica contenida dentro de este perímetro. Esta acción permite descartar datos excedentes, optimizar el procesamiento informático y garantizar que el análisis de aptitud agroecológica se ciña estrictamente a la realidad territorial de la zona de interés.

Paralelamente, se elabora la tabla de requerimientos agroecológicos de la mora, la cual define los rangos de aptitud en óptimo, apto, marginal y no apto para cada variable climática y edáfica. Esta tabla se construye a partir de literatura científica y constituye el criterio técnico para la reclasificación posterior de las capas temáticas.

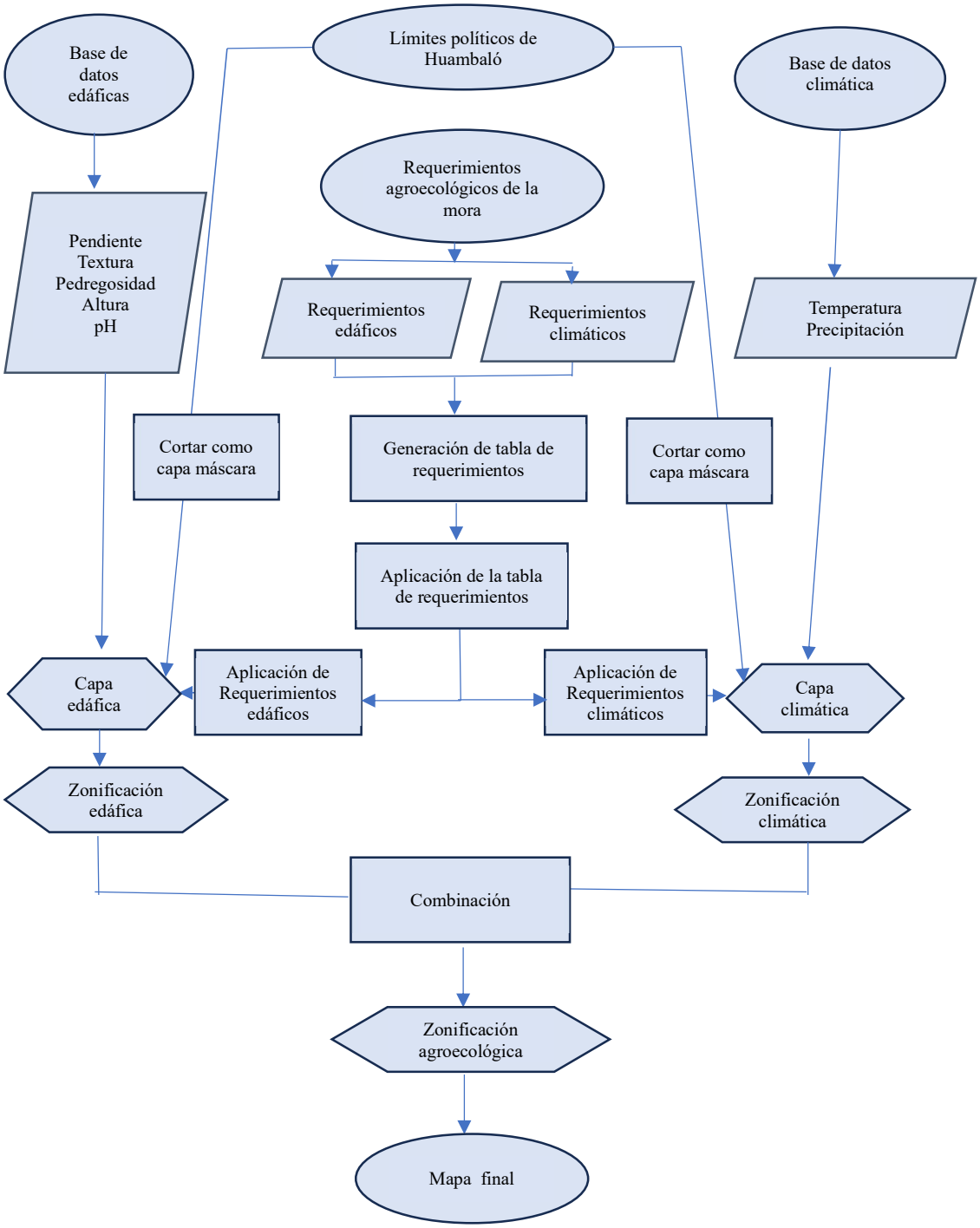
Para elaborar la tabla de requerimientos agroecológicos de la mora se utilizó categorías técnicas para clasificar el territorio según su capacidad natural para sostener el cultivo de manera eficiente. La categoría óptima se asigna a las áreas donde las condiciones naturales de suelo, relieve y clima presentan las mejores características para el establecimiento y éxito de la especie. La clase apta (frecuentemente asociada a terrenos aptos con limitaciones leves) se refiere a zonas con restricciones ligeras que pueden ser mejoradas mediante prácticas de manejo agronómico adecuadas. Por el contrario, las zonas marginales poseen limitaciones importantes en sus factores edáficos o climáticos, lo que impide un desarrollo normal del cultivo bajo condiciones estrictamente naturales. La categoría no apta identifica terrenos con limitaciones muy severas donde el cultivo no es viable de forma natural; no obstante, esto no impide su producción si existe una intervención humana significativa para alterar dichas condiciones, como enmiendas de suelo, riego o nivelación del terreno. Finalmente, la etiqueta no aplicable se emplea para superficies que no se consideran suelo cultivable dentro del análisis, tales como centros poblados, infraestructuras, afloramientos rocosos o cuerpos de agua.

A continuación, se procede a la aplicación de los requerimientos edáficos y climáticos sobre las capas correspondientes. En QGIS, este proceso se realiza mediante la herramienta de reclasificación y mediante el uso del campo de atributos, asignando a cada entidad geográfica una categoría de aptitud (óptimo, apto, marginal, no apto o no aplicable) según el rango en el que se encuentre el valor de la variable respecto a la tabla de requerimientos.

Una vez clasificadas las capas edáficas (pendiente, altura, pedregosidad, pH del suelo y tipo de suelo) y climáticas (temperatura y precipitación), se generan las zonificaciones parciales edáfica y climática. Estas representan espacialmente la aptitud del territorio según cada grupo de variables de forma independiente.

Figura 2

Flujograma del procesamiento de la información



Posteriormente, se realiza la combinación de ambas zonificaciones mediante una superposición espacial, integrando las capas edáficas y climática a través de la

herramienta (unión), lo que permite generar una nueva capa que contiene simultáneamente la información de todas las variables analizadas.

Sobre esta capa integrada se aplica un criterio de ponderación, según lo establecido en la tabla de requerimientos agroecológicos de la mora, con el fin de obtener un índice de aptitud global que sintetiza el efecto conjunto de las variables ambientales sobre el cultivo.

Finalmente, este índice se traduce en una zonificación agroecológica final, clasificando el territorio en zonas óptimas, aptas, marginales, no aptas y no aplicables, y se elabora el mapa final de zonificación agroecológica, el cual se diseña en el módulo de composición cartográfica de QGIS, incorporando los elementos gráficos necesarios (título, escala, norte, leyenda, fuentes y sistema de coordenadas) para su presentación e interpretación.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Requerimientos agroecológicos de la mora

Para facilitar la interpretación de los resultados de la ZAE, la Tabla 6 resume los requerimientos climáticos y edáficos óptimos del cultivo de la mora (*Rubus sp*.). Esta información resulta fundamental, ya que define los rangos de condiciones climáticas y edáficas que favorecen su desarrollo y producción, y establece los límites a partir de los cuales el cultivo presenta restricciones. De esta manera, permite comparar las condiciones específicas de la parroquia Huambaló con las exigencias del cultivo y, con ello, identificar las áreas que presentan mayor potencial productivo dentro del territorio de estudio.

Tabla 6
Requerimientos Edafoclimáticos de la mora

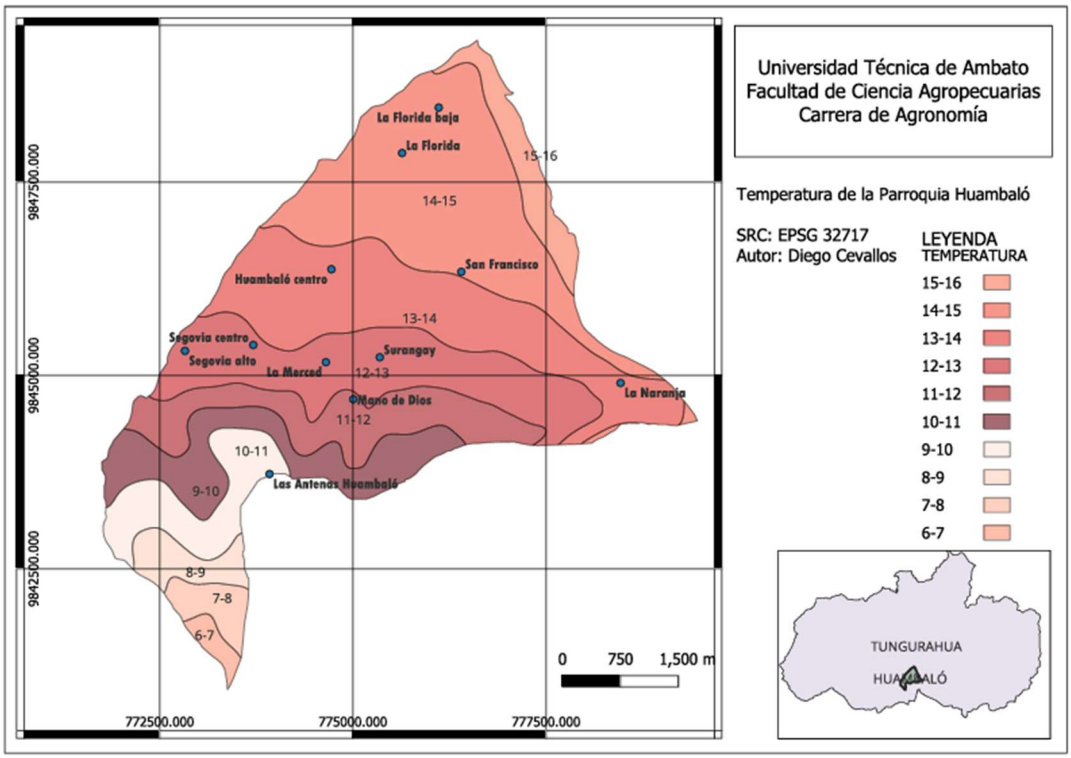
	Óptimo	Apto	Marginal	No apto
Temperatura (°C)	12 - 14	10-12 y 14-16	9-10 y 16-18	<9 y >18
Precipitación (mm)	800 - 1100	600-800 y 1100-1500	400-600 y 1500-2500	<400 y >2500
Pendiente (%)	0 - 25	25 - 40	40-70	>70
Tipo de Suelo	Franco Arenoso	Franco limoso, arcilloso	Limoso, arcillo-limoso	Arena y arcilla pesada
Pedregosidad (%)	<25	25-50%	50-70	>70
pH del suelo	5.5-7	4.5-5.5 y 7.5-8	8-8.5	<4.5 y >8.5
Altitud (m.s.n.m.)	2600-3100	2000-2600 y 3100-3200	1600-2000	<1600 y >3200

(Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Sánchez, et al. 2018;)

3.2 Temperatura

La Figura 3 presenta el análisis espacial de la temperatura en la parroquia Huambaló. Esta capa cartográfica, que se muestra a través de polígonos, resume cómo está distribuida la temperatura media del aire en el área de estudio y muestra un patrón térmico limitado entre 6 y 16 °C. Es fundamental conocer estos rangos, pues constituyen una de las variables climáticas más importantes para la ZAE.

Figura 3
Mapa temático de la temperatura de Huambaló



Fuente: www.geoportaligm.gob.ec

Según GAD Parroquial Huambaló, (2025), la distribución de la temperatura media anual en la parroquia de Huambaló, se estructura en rangos que abarcan desde los 10 °C hasta los 16 °C. Específicamente, el territorio se divide en áreas con 12 °C−14 °C y zonas más frías con 10 °C−12 °C. Esta distribución climática resulta altamente favorable para el desarrollo del cultivo, considerando que la mora de castilla demanda una temperatura promedio óptima de 13 °C (Rodríguez & Villegas, 2015). Este valor se posiciona estratégicamente en el núcleo de la categoría de aptitud agroclimática óptima (12 °C−14 °C) establecida en la Tabla 6. La influencia de este

nivel térmico es determinante para la calidad final del producto; mientras que climas más cálidos aceleran el metabolismo y acortan los ciclos de cosecha, un ambiente cercano a los 13 °C permite un desarrollo fenológico más pausado que favorece una mayor acumulación de sólidos solubles (°Brix) y una acidez equilibrada, factores esenciales para la competitividad en mercados de fruta fresca e industria. Además, esta temperatura funciona como un regulador fisiológico vital, pues mantiene a la planta fuera de los umbrales de estrés térmico superiores a los 30 °C que provocan el aborto de flores y reducen la fotosíntesis y la protege de los riesgos de muerte de tejidos asociados a fríos extremos, garantizando así la estabilidad productiva de la mora (Sánchez et al., 2018).

Las áreas adyacentes, tanto las más frías (10−12 °C) como las ligeramente más cálidas (14−16 °C), se clasifican dentro de la categoría marginal para el cultivo, lo cual, junto con la evidencia de que las temperaturas menores a 9 °C se consideran no aptas, asegura que la mayor extensión de Huambaló posee la aptitud térmica de óptimo o apto, aunque las temperaturas tan bajas como 6 °C sugeridas por la figura 3, clasificarían esas zonas como no aptas para la producción de mora (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

3.3 Precipitación

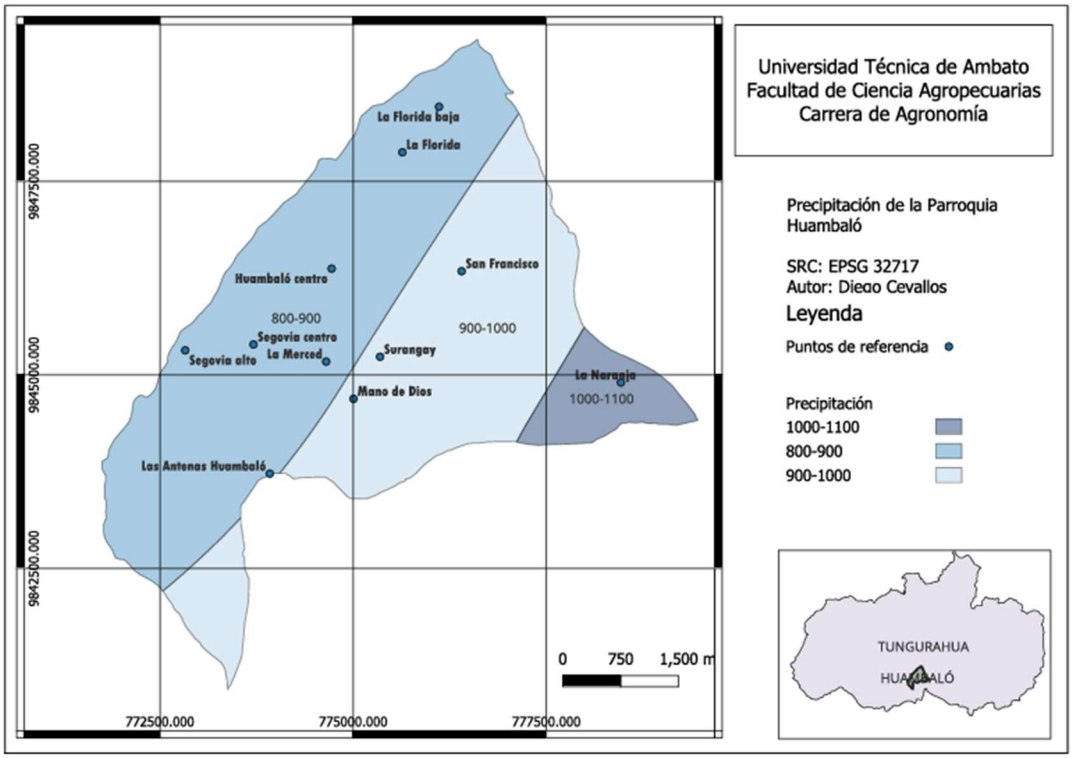
La caracterización pluviométrica de la parroquia Huambaló (Figura 4) revela una distribución anual escalonada en tres rangos principales (800 mm-900 mm, 900 mm-1000 mm y 1000 mm-1100 mm), lo cual guarda una estrecha relación con las exigencias hídricas de la mora (*Rubus spp*.). Al contrastar estos resultados con los parámetros técnicos de la tabla 6, se observa que el 100% del área de estudio se sitúa dentro de la zona de aptitud óptima.

La influencia de este régimen de precipitaciones es decisiva para el ciclo productivo. Un rango de 800 a 1100 mm anuales garantiza las condiciones ideales para el llenado del fruto, influyendo directamente en el calibre y la jugosidad, atributos comerciales clave para el agricultor de Huambaló. Al mantenerse por debajo del umbral de los 1100 mm, el riesgo de saturación hídrica disminuye, lo que previene la asfixia radicular y, fundamentalmente, reduce la presión de enfermedades fúngicas como la pudrición gris (*Botrytis cinerea*) y el mildeo velloso (*Peronospora sparsa*),

las cuales proliferan en ambientes con exceso de humedad y pueden diezmar la producción (Sánchez et al., 2018).

Sin embargo, es imperativo analizar el umbral inferior de 800 mm identificado en la parroquia. Aunque técnicamente es "óptimo", se encuentra en el límite crítico para satisfacer la evapotranspiración del cultivo en épocas de temperaturas altas. Un déficit hídrico, incluso temporal, en las fases de floración y cuajado del fruto, provocaría el aborto de flores o la formación de frutos pequeños y deshidratados. Por lo tanto, la estrategia agrícola en Huambaló no debe confiarse únicamente a la pluviosidad natural; en las zonas de 800 mm, la implementación de sistemas de riego tecnificado (como el goteo) se vuelve una medida de adaptación necesaria para estabilizar la oferta hídrica y garantizar la sostenibilidad del rendimiento frente a la variabilidad climática actual (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

Figura 4
Mapa temático de la precipitación de Huambaló



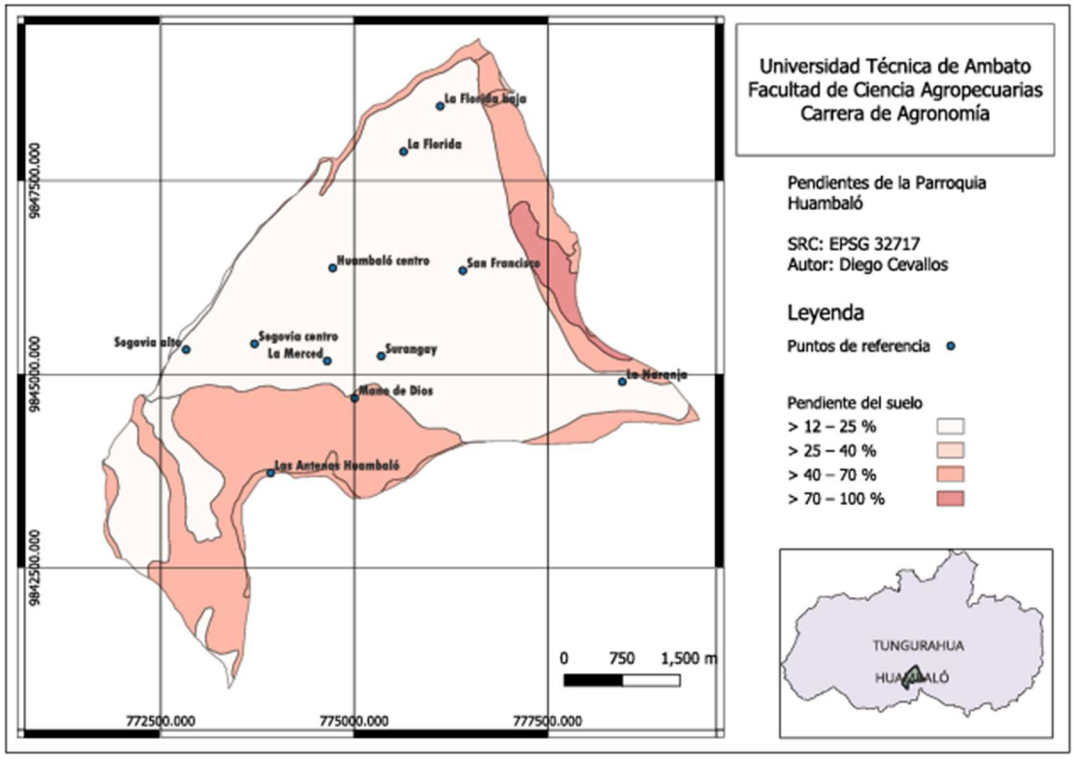
Fuente: www.geoportaligm.gob.ec

3.4 Pendiente del suelo

Siguiendo con la caracterización del área, el mapa temático de la Pendiente de Huambaló se muestra en la Figura 5. Este es un elemento clave para determinar la clasificación por riesgo y la idoneidad de uso del suelo. Esta capa, ilustrada con polígonos, divide el relieve en cuatro categorías esenciales: de 12 a 25%, de 25% a 40%, de 40% a 70% y de 70% a 100%. El análisis de la distribución espacial de estas pendientes es fundamental para establecer las restricciones a la mecanización agrícola y el peligro de erosión y deslizamientos, lo que posibilita sugerir o limitar usos concretos en el terreno.

Figura 5

Mapa temático de las pendientes de Huambaló



Fuente: www.geoportaligm.gob.ec

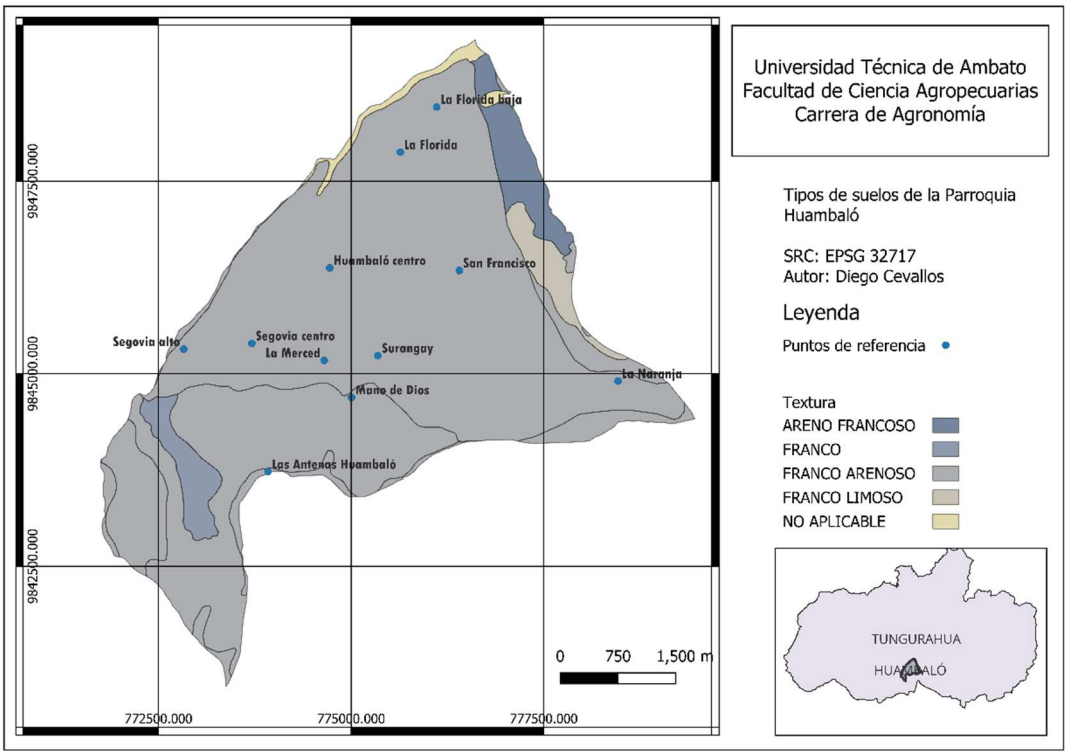
La caracterización de la pendiente de la Parroquia Huambaló, según el PDOT, revela que el territorio está ampliamente dominado por terrenos inclinados, con el 72.39 % (1719.48 ha) clasificado como pendiente óptima (que abarca el rango de >12% a 25 %), el 0.06 % (1.3 ha) como pendiente apta (en el rango de 25% a 40%), el 24.97% (593.1 ha) como marginal (en el rango de >40% a 70 %) y el 2.59 % (61.44 ha) a las zonas no aptas (en el rango de >70%). La mayor parte del área supera el 12% de inclinación, lo que implica que la agricultura en la parroquia requiere la

implementación de prácticas de manejo de suelos y técnicas de conservación, como la construcción de terrazas, especialmente en las extensas áreas de pendiente fuerte (>40 a 70%) para mitigar el alto riesgo de erosión hídrica y deslizamientos que prevalece en el territorio. Estos datos acentúan la necesidad de priorizar la gestión sostenible del suelo en la planificación territorial para garantizar la productividad a largo plazo (GAD Parroquial Huambaló, 2025).

3.5 Tipo de suelo

La Figura 6 presenta la capa temática del tipo de suelo en Huambaló, un factor edáfico determinante en la evaluación de la aptitud agrícola. Esta capa detalla la textura dominante del suelo, destacando que la mayor extensión territorial está clasificada como franco arenoso. Adicionalmente, se identifican y delimitan áreas con las texturas franco, areno franco y franco limoso.

Figura 6
Mapa temático de los tipos de suelos de Huambaló



Fuente: www.geoportaligm.gob.ec

La variabilidad textural resultante es fundamental para la zonificación, pues impacta directamente en la capacidad de retención de agua, drenaje y fertilidad, lo que permitirá establecer las restricciones y recomendaciones específicas para el manejo agronómico del cultivo de la mora.

El mapa temático de tipos de suelo encuentra una correlación directa con la caracterización oficial de la textura superficial del suelo, la cual es crucial para la aptitud agrícola del territorio. El PDOT de Huambaló establece que la vasta mayoría de la superficie parroquial está clasificada como franco arenoso, cubriendo 2270.94 hectáreas, lo que representa el 95.60% del área total. Esta clasificación principal es verificada por el predominio del polígono franco arenoso en esta investigación, siendo este tipo de suelo ideal por su buena aireación y drenaje. La gestión agrícola de la parroquia debe enfocarse prioritariamente en optimizar la fertilización y el riego para contrarrestar las limitaciones hídricas y nutritivas inherentes a la textura franco arenosa predominante, asegurando así la sostenibilidad de la producción (GAD Parroquial Huambaló, 2025).

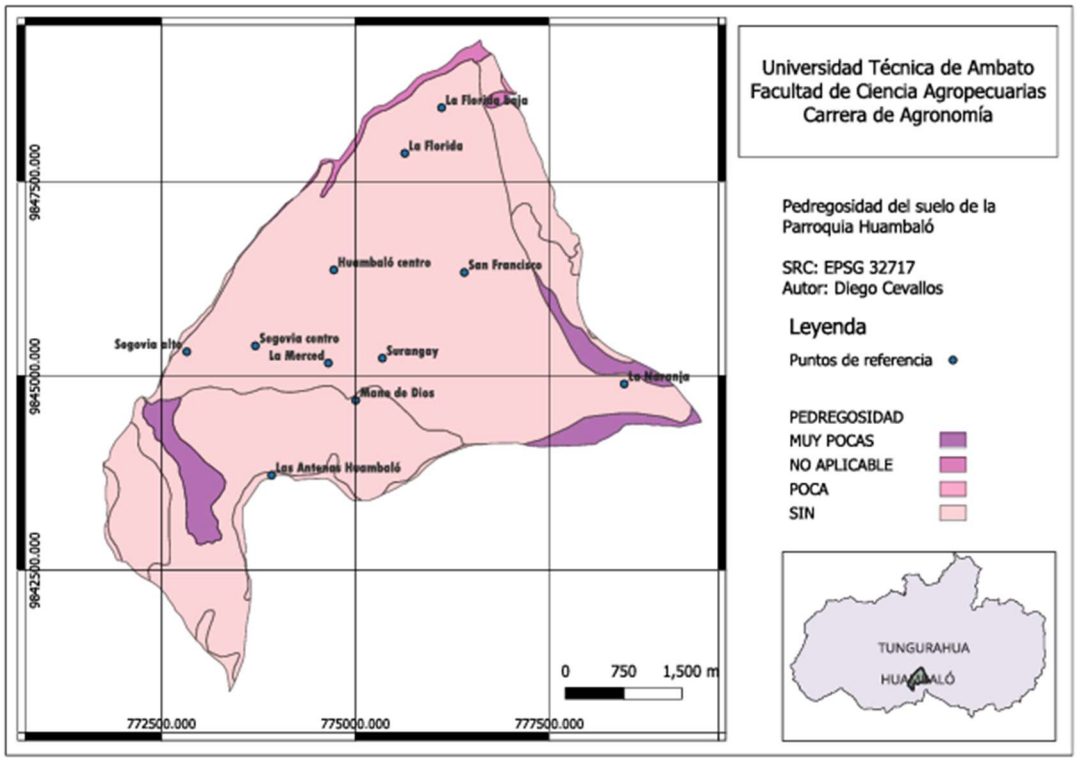
3.6 Pedregosidad del suelo

La figura 7 muestra la pedregosidad que tiene los suelos de Huambaló, representando los distintos niveles de presencia de fragmentos gruesos en la superficie del terreno y su incidencia potencial en el uso agrícola del suelo.

Los resultados del análisis espacial que identifican 1912.59 ha con un rango de pedregosidad entre el 0 % (sin fragmentos) y menos del 10 % (muy poca) representan una condición de aptitud agroecológica óptima para el desarrollo de la mora (Rubus sp). Técnicamente, la nula o mínima presencia de fragmentos gruesos en la superficie y el perfil del suelo elimina las barreras físicas para el laboreo agrícola, facilitando significativamente la preparación del terreno y la manejabilidad del cultivo. Esta característica es fundamental para el desarrollo del sistema radicular de la mora, ya que permite un crecimiento y anclaje profundo sin los obstáculos que representarían niveles de pedregosidad superiores al 25 %, los cuales dificultan la mecanización y restringen el volumen de suelo explorado por la planta. Al ser un cultivo que prefiere suelos mullidos y profundos para maximizar la absorción de nutrientes y la retención de humedad, la disponibilidad de esta extensa área libre de piedras asegura que el suelo

no actúe como un factor limitante, sino como un soporte ideal que potencia la productividad y el rendimiento por hectárea en condiciones naturales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Figura 7
Mapa temático de la pedregosidad del suelo



Fuente: www.geoportaligm.gob.ec

3.7 Potencial Hidrógeno del Suelo

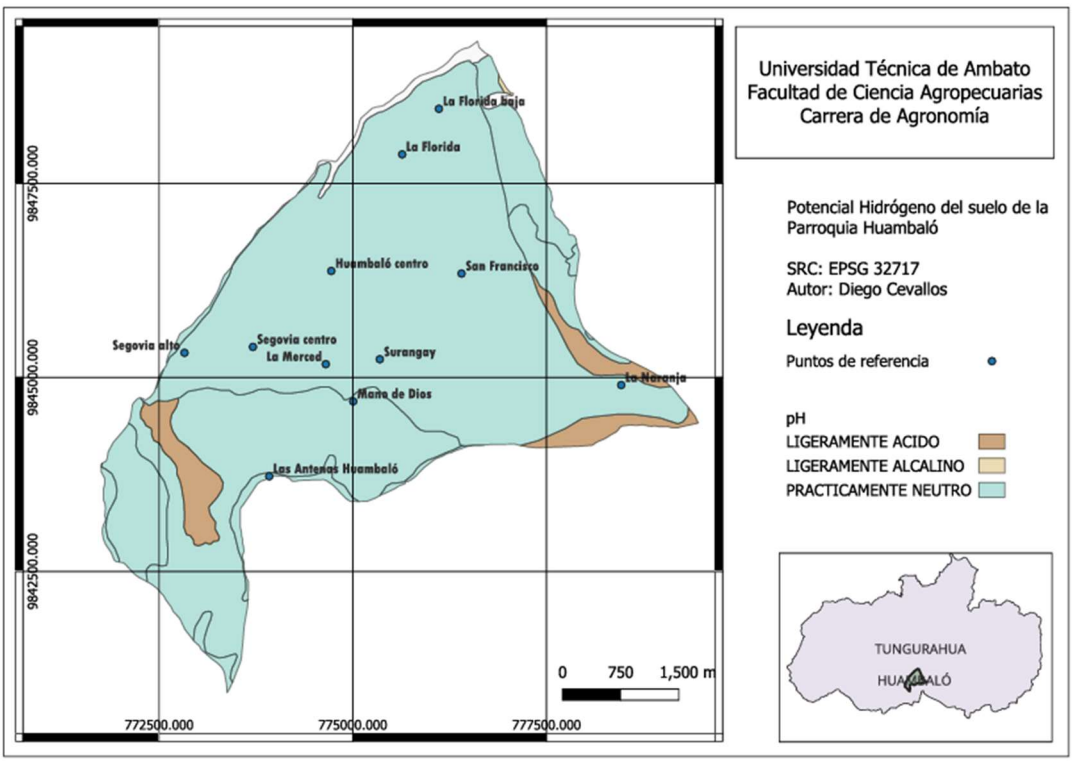
La Figura 8 ilustra la distribución del potencial de hidrógeno (pH) en el suelo de la parroquia Huambaló, un indicador crítico que mide la concentración de iones de hidrógeno para determinar la acidez o alcalinidad del terreno. Los resultados del análisis espacial revelan una condición mayoritariamente favorable para la actividad agrícola.

La distribución del potencial de hidrógeno (pH) en el territorio analizado revela una condición predominantemente favorable para la productividad de la mora (Rubus sp), con la gran mayoría de la superficie situada en rangos de aptitud destacada. El análisis espacial arroja que 1882.77 ha poseen un pH prácticamente neutro (6.5-7.5) y

29.815 ha un pH ligeramente ácido (6.0-6.5), categorías que, según los requerimientos técnicos del (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020), se clasifican como de aptitud agroecológica óptima. En estas áreas, se garantiza una buena disponibilidad de calcio (Ca) y magnesio (Mg), así como una solubilidad moderada de fósforo (P), condiciones edáficas esenciales para un desarrollo fisiológico vigoroso y una fructificación de calidad competitiva para el mercado. No obstante, las 492.61 ha con pH ligeramente alcalino (7.5-8.0) se sitúan en una categoría de aptitud moderada, lo que implica limitaciones ligeras debido a un posible exceso de carbonatos y una baja solubilidad de microelementos que podrían requerir enmiendas como el yeso para no comprometer los rendimientos. En conjunto, la alta prevalencia de suelos en el rango neutro y ligeramente ácido refuerza el potencial de la zona para sostener una producción estable de mora, siempre que se apliquen prácticas de manejo adecuadas para optimizar la asimilación de nutrientes en los sectores con tendencia a la alcalinidad (Mena, 2012).

Figura 8

Mapa temático del potencial hidrógeno del suelo

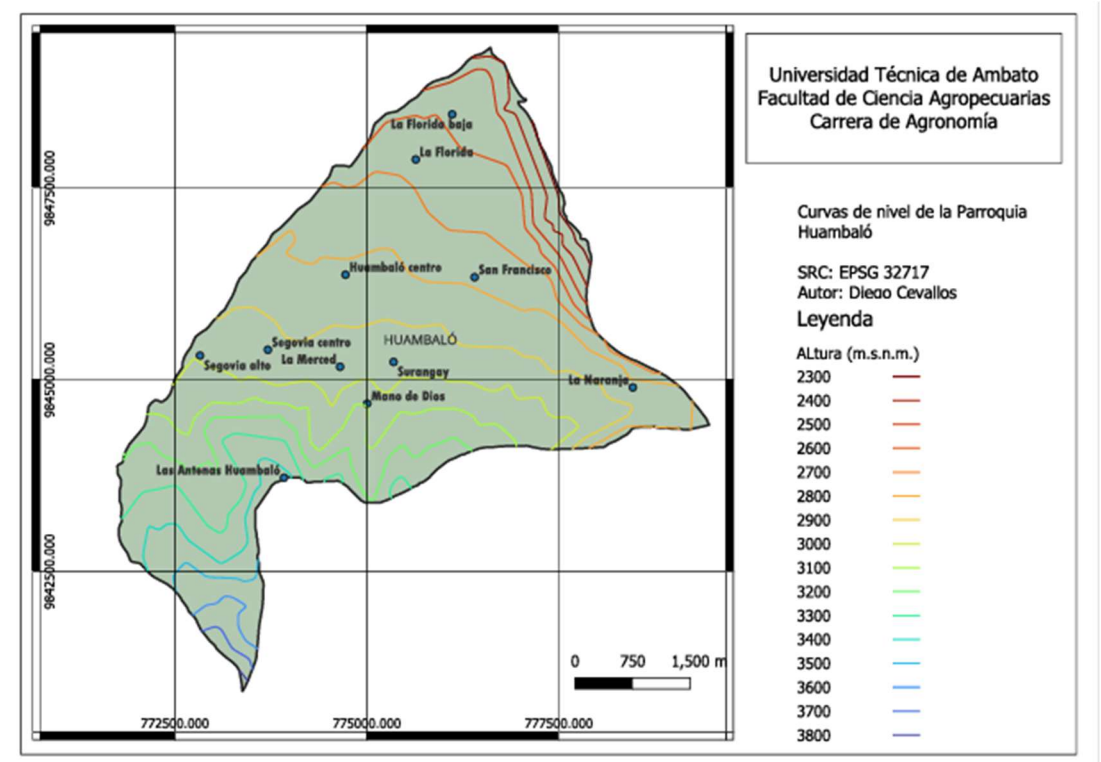


Fuente: www.geoportaligm.gob.ec

3.8 Altura o nivel hipsométrico

La Figura 9 presenta el mapa de altura o nivel hipsométrico de la zona de estudio, el cual detalla la distribución del relieve en un rango que oscila entre los 2300 m.s.n.m. y los 3800 m.s.n.m. Este componente es una variable fundamental en la zonificación agroecológica, ya que la altitud actúa como un factor determinante que regula la temperatura y la humedad, estableciendo los límites biológicos para el desarrollo de los cultivos.

Figura 9
Mapa temático de la altura o nivel Hipsométrico



Fuente: www.geoportaligm.gob.ec

En cuanto a la influencia de la altura en la mora (*Rubus sp*), el Ministerio de Agricultura y Ganaderia (2020), establece que el rango óptimo para su producción se sitúa entre los 2600 y 3100 m.s.n.m.. Elevaciones superiores a los 3200 m.s.n.m. se clasifican como no aptas, ya que el frío extremo y el riesgo de heladas comprometen la fisiología de la planta y la calidad del fruto. Por el contrario, en altitudes bajas (inferiores a los 2100 m.s.n.m.), se observa un acortamiento de los ciclos de

producción (menos días desde la floración a la cosecha), pero con una reducción significativa en el contenido de sólidos solubles (°Brix), lo que afecta su valor comercial e industrial. Asimismo, la altitud condiciona la prevalencia de enfermedades: mientras que el *Oídio* es más frecuente en zonas altas, la *Botrytis cinerea* predomina en niveles medios y la *Peronospora* en pisos bajos (Sánchez et al., 2018).

3.9 Zonificación agroecológica

En la Figura 10 se muestra la zonificación de aptitud agroecológica para la mora, y representa la conclusión del estudio. Este es el resultado directo de la integración espacial de todas las variables climáticas y edáficas. El mapa final que se detalla a continuación clasifica el territorio de acuerdo con su aptitud: óptimo, apto, marginal, no apto, y no aplicable. Se nota la presencia de dos grandes zonas que contienen las categorías óptimas y aptas, lo que señala el alto potencial productivo de la mora. Al mismo tiempo, se establece una zona no apta por la presencia simultánea de factores limitantes severos, como temperaturas bajas (<9 °C) y pendientes muy pronunciadas (>70%) o su combinación, lo que limita el empleo sostenible en términos agrícolas en esos sectores.

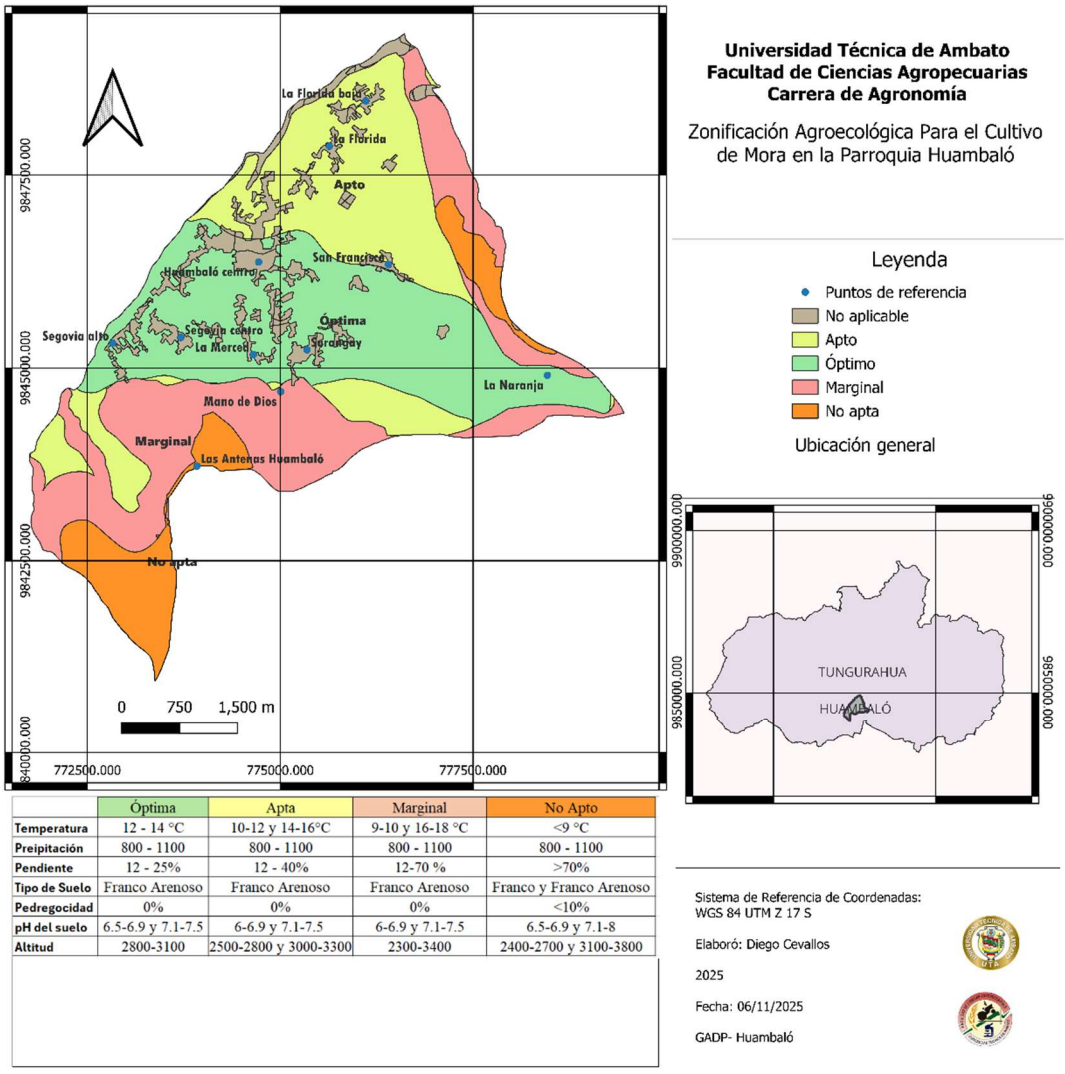
La zonificación agroecológica de la mora (*Rubus sp*.) en la parroquia Huambaló revela un territorio con un notable potencial productivo, fundamentado en una combinación altamente favorable de datos climáticos y edafológicos. El análisis climático destaca que el 41.06 % del área parroquial (973.53 ha) se sitúa en el rango térmico óptimo de 12 a 14 °C, con una temperatura media ideal de 13 °C que favorece la acumulación de sólidos solubles y una maduración equilibrada del fruto (Sánchez et al., 2018). En cuanto a la precipitación, el estudio identifica que el 100 % (2375.38 ha) del territorio recibe entre de 800 a 1100 mm, condición óptima para evitar excesos de humedad que comprometan la sanidad del cultivo (Sánchez et al., 2018).

La altitud promedio de 2600 m.s.n.m. de la parroquia se ubica precisamente en el inicio del rango de mayor productividad, establecido entre los 2600 y 3100 m.s.n.m. No obstante, la pendiente actúa como un factor determinante y limitante: el 72.39 % (1719.48 ha) del suelo presenta inclinaciones medias de 12 a 25 %, consideradas manejables para la producción; sin embargo, las áreas con pendientes superiores al 70

%, combinadas con temperaturas inferiores a los 9 °C, delimitan el 10.93% (259.71 ha) clasificadas como "no apto" debido al alto riesgo de erosión hídrica y las dificultades para el laboreo agrícola (Sánchez et al., 2018).

Figura 10

Mapa temático agroecológico de la mora



	Óptima	Apta	Marginal	No Apto
Temperatura	12 - 14 °C	10-12 y 14-16°C	9-10 y 16-18 °C	<9 °C
Preipitación	800 - 1100	800 - 1100	800 - 1100	800 - 1100
Pendiente	12 - 25%	12 - 40%	12-70 %	>70%
Tipo de Suelo	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco y Franco Arenoso
Pedregocidad	0%	0%	0%	<10%
pH del suelo	6.5-6.9 y 7.1-7.5	6-6.9 y 7.1-7.5	6-6.9 y 7.1-7.5	6.5-6.9 y 7.1-8
Altitud	2800-3100	2500-2800 y 3000-3300	2300-3400	2400-2700 y 3100-3800

Fuente: www.geoportaligm.gob.ec

Las propiedades físicas del suelo en Huambaló refuerzan su aptitud para la mora. El 95.60 % de la superficie (2270.94 ha) está compuesta por un tipo de suelo franco arenoso, que ofrece una excelente aireación y drenaje natural, cualidades esenciales para el sistema radicular de la especie, a pesar de que su fertilidad natural suele ser baja. A esto se suma una pedregosidad ideal, donde el 80.52% (1912.59 ha) presentan entre 0 % (sin fragmentos) y menos del 10 % (muy poca) de piedras, que

disminuye las barreras físicas para el crecimiento profundo de las raíces y facilitando la mecanización (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Finalmente, el estado químico del suelo es óptimo para la disponibilidad de nutrientes. El análisis espacial determinó que el 79.26% (1882.77 ha) poseen un pH prácticamente neutro (6.5 a 7.5) y el 1.26% (29.81 ha) un pH ligeramente ácido (6.0 a 6.5), categorías que garantizan una alta solubilidad de fósforo y buena disponibilidad de calcio y magnesio. Gracias a la integración de todos estos factores, la zonificación final identifica el 32.69% (776.58 ha) como zonas óptimas y el 27.80% (660.38 ha) como zonas aptas, consolidando un total del 60.49% (1436.94 ha) con potencial para una expansión agrícola sostenible y competitiva en la parroquia, el 28.19% (669.67 ha) como zona marginal, el 10.93% (259.71 ha) como zona no apta para la mora y 0.38 % (9.06 ha) como zona no aplicable. (Franco G. & Grando M., 2010; GAD Parroquial Huambaló, 2025).

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La Zonificación Agroecológica del cultivo de mora en la parroquia Huambaló permitió integrar de manera precisa las variables climáticas y biofísicas mediante SIG, lo que posibilitó diferenciar zonas con distinto nivel de aptitud productiva. Las áreas clasificadas como óptimo (776.558 ha) coinciden con sectores que presentan temperaturas entre 12-14 °C, precipitaciones dentro del rango 800 a 1100 mm, suelos franco arenosos, pendientes medias (12-25 %), suelos sin pedregosidad con pH prácticamente neutros (6.5-6.9 y 7.1-7.5), zonas entre los 2600 a 3100 m.s.n.m., condiciones que se ajustan estrechamente a los requerimientos agroecológicos de la mora (*Rubus sp*). Estos resultados demuestran que una parte importante del territorio posee un alto potencial para el establecimiento sostenible del cultivo.

El análisis espacial identificó que la pendiente y la temperatura son los principales factores determinantes que limitan la aptitud para el cultivo de mora en la parroquia, como las 259.71 hectáreas clasificadas como 'no apto'. Estas zonas presentan pendientes superiores al 70% y temperaturas medias inferiores a los 9 °C, condiciones que no solo imposibilitan el desarrollo fisiológico óptimo de la planta, sino que restringen severamente la operatividad agrícola. Por consiguiente, esta zonificación constituye una herramienta técnica esencial para la planificación territorial, permitiendo mitigar riesgos de inversión y orientar la expansión del cultivo hacia áreas de mayor sostenibilidad productiva.

El resultado del mapa final de zonificación se convierte en una herramienta técnica valiosa para la planificación agrícola. Gracias a la identificación precisa de las áreas óptimas (776.56 ha), aptas (660.38 ha), no aptas (259.71 ha), marginal (669.67

ha) y no aplicables (9.06 ha), es posible direccionar la expansión del cultivo hacia sectores con mayor potencial y evitar intervenciones en zonas con riesgos elevados. Esta información facilita la toma de decisiones, la asignación de recursos y el diseño de prácticas de manejo más adecuadas.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda establecer mecanismos de transferencia de tecnología y comunicación técnica, en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el GAD Parroquial de Huambaló. El objetivo es que los resultados de esta zonificación lleguen de manera efectiva a los productores locales, permitiéndoles fundamentar la expansión de sus cultivos y reducir el riesgo de pérdida de inversión por incompatibilidad edafoclimática.

Sobre las clasificaciones obtenidas en la ZAE. se sugiere el diseño e implementación de planes de manejo diferenciados. Para las zonas de aptitud apta, se deben priorizar estrategias de fertilización correctiva y mejora de suelos; mientras que en las áreas de aptitud óptima, el enfoque debe centrarse en la optimización del recurso hídrico y la implementación de sistemas de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para potenciar el rendimiento.

Se recomienda replicar el modelo metodológico desarrollado en este estudio para otros rubros estratégicos de la zona (como el tomate de árbol o cultivos de ciclo corto). Esto permitirá consolidar un sistema de planificación agrícola integral en la Parroquia Huambaló, facilitando una transición ordenada hacia cultivos más resilientes y sostenibles frente a los retos fitosanitarios y el cambio climático.

CAPÍTULO V.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Herrera, R., & Carmona, V. (2015). Caracterización de los cultivos de mora de castilla (Rubus Glaucus Benth) con espinas, en dos fincas del municipio de Guática, Risaralda. Repositorio de La Universidad Tecnológica de Pereira; Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira. https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/79707faa-e05e-4e3c-80c2-c0c82b18e35b

GAD Parroquial Huambaló. (2025). Actualización del plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Huambaló. PDOT Archivos - GAD Huambaló. https://drive.google.com/file/d/1D5f_cILvwwlexsMEOJEmz5F5jOpsAc6P/view

IGM. (2024). MANUAL_GEOPORTAL_IGM_2024_v5.pdf. Geoportal IGM. https://www.geoportaligm.gob.ec/nextcloud/index.php/s/tnNiK3XTbji6MGK

Jinés, L., Eitzinger, A. (2021) Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de mora en el territorio del Valle del Cauca. Bogotá (Colombia): Editorial Universidad Nacional de Colombia; Palmira. (Colombia): Universidad Nacional de Colombia. Proyecto Incremento de la Competitividad Sostenible. 72 p. ISBN: 978-958-794-582-9

Jaramillo, L. (2021). Zonificación Agroecológica del Cultivo de Café (Coffea arabica L.) en la Provincia de Loja bajo escenarios de Cambio Climático. Espol.edu.ec. http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/55448

Matajira, G., Corredor, A., & Arenas, J. (2023). Desarrollo de un modelo espacial de aptitud del suelo para el cultivo de mora (Rubus glaucus) en el municipio de Piedecuesta, Santander; utilizando el software QGis. Unad.edu.co. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/59327

Mena, A. (2012). La producción de mora de las familias de las comunidades. Ups.edu.ec. https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4954

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). Mapa de Zonificación Agroecológica del cultivo de Mora de Castilla, escala 1:25.000, año 2020 - Datos Abiertos Ecuador. Datosabiertos.gob.ec. https://datosabiertos.gob.ec/dataset/mapa-de-zonificacion-agroecologica-del-cultivo-de-mora-de-castilla-escala-1-25-000-ano-2020/resource/c21d7b2a-1783-4ef7-8fc3-31874bfcc305

Nieto, C., Jiménez, M., Guamán, V., & Vélez, M. (2024). Gestión sostenible del territorio: análisis y zonificación agroecológica en una región rural del Ecuador. Ibero-American Journal of Education & Society Research, 4(S), 161–165. https://doi.org/10.56183/iberoeds.v4is.686

Rodríguez, C., & Villegas, B. (2015). Caracterización de los cultivos de mora de castilla (Rubus Glaucus Benth) con espinas, en dos fincas del municipio de Guática, Risaralda. Repositorio de La Universidad Tecnológica de Pereira; Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira. https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/79707faa-e05e-4e3c-80c2-c0c82b18e35b

Salcedo, A., Ramírez, M., Buccheri, M., Burgos, V., Cavagnaro, M., Ruiz, S., & Civit, B. (2025). Vista de Los SIG en la evaluación multidimensional de zonas productivas como herramienta robusta de decisión: Caso del ajo en Mendoza, Argentina. Revistaseug.ugr.es. https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/30996/29254

Sánchez, J., Villares, M., Niño, Z., & Ruilova, M. (2018). Efecto del piso altitudinal sobre la calidad de la mora (Rubus glaucus benth) en la región interandina del Ecuador. Idesia, ahead. https://doi.org/10.4067/s0718-34292018005000702

Sánchez, J., Villares, M., & Niño, Z. (2018). Caracterización de la variabilidad fenotípica de mora (rubus glaucus benth) en tres zonas productoras de la provincia bolívar ecuador. Revista de Investigación TALENTOS, 1, 514–524. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8551241.pdf

Suárez, J., & Pineda, L. (2014). Elaboración de un SIG orientado en la zonificación agroecológica de los cultivos. In INGENIERÍA AGRÍCOLA. https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262041005.pdf