



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**INSTITUTO DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y RECURSOS GENÉTICOS**

“**ECOGEOGRAFÍA DE LA AGROBIODIVERSIDAD DEL CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet.) EN EL ECUADOR**”

**Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en  
Biodiversidad y Recursos Genéticos**

**DIRECTOR:**

César Guillermo Tapia Bastidas. PhD.

**AUTOR:**

José Luis Vaca Muñoz

**IBARRA - ECUADOR**

**2021**

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

En calidad de Director del Trabajo de Investigación con el tema: **“ECOGEOGRAFÍA DE LA AGROBIODIVERSIDAD DEL CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet.) EN EL ECUADOR”**, de autoría de José Luis Vaca Muñoz, para obtener el Título de Magíster en Biodiversidad y Recursos Genéticos, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a su presentación y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 16 días del mes de julio del 2021

**Lo certifico**

(Firma)

César Guillermo Tapia Bastidas. PhD.

CI: 1707191662

**DIRECTOR DE TESIS**



**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, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1002430922		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Vaca Muñoz José Luis		
<b>DIRECCIÓN</b>	Av. El Retorno y Rio Patate (Ibarra – Ecuador)		
<b>EMAIL</b>	joseluisv05@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO</b>	062954083	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0993478538

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	<b>“ECOGEOGRAFÍA DE LA AGROBIODIVERSIDAD DEL CHOCHO (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.) EN EL ECUADOR”</b>
<b>AUTOR (ES):</b>	José Luis Vaca Muñoz
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	16/07/2021
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
<b>PROGRAMA</b>	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA</b>	Magíster en Biodiversidad y Recursos Genéticos mención: Recursos Fitogenéticos y Microorganismos Asociados.
<b>DIRECTOR / ASESOR</b>	César Guillermo Tapia Bastidas. PhD. / MSc. Doris Salomé Chalampunte Flores

## **2. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta 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 que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de julio del año 2021

### **EL AUTOR:**

José Luis Vaca Muñoz

CC: 1002430922

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** POSGRADO – UTN

**Fecha:** Ibarra, 22 de julio del 2021

José Luis Vaca Muñoz: “ECOGEOGRAFÍA DE LA AGROBIODIVERSIDAD DEL CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet.) EN EL ECUADOR” / Trabajo de Grado de Magister en Biodiversidad y Recursos Genéticos.

**DIRECTOR:** César Guillermo Tapia Bastidas. PhD.

El principal objetivo de esta investigación fue caracterizar la agrobiodiversidad ecogeográfica del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) como recurso biológico alimentario, a partir de las accesiones del Banco de Germoplasma del INIAP. Los objetivos específicos fueron: - Describir ecogeográficamente el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) como recurso biológico alimentario, a partir de las accesiones del Banco de Germoplasma del INIAP. - Determinar las zonas de conservación para el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) en el Ecuador, como recurso biológico alimentario. - Plantear estrategias de conservación en finca para el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) en el Ecuador, en las zonas prioritarias identificadas.

Fecha: Ibarra, 22 de julio del 2021

(Firma)

José Luis Vaca Muñoz

**AUTOR**

(Firma)

César Guillermo Tapia Bastidas. PhD.

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mi familia que son la base de mi vida, quienes han sabido guiarme a seguir adelante y crecer como persona.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. César Tapia (PhD), por el apoyo brindado, quien ha sabido direccionar con su amplio conocimiento y experiencia el desarrollo de la presente investigación.

A la Msc. Doris Chalampunte, quien con su asesoramiento y conocimiento ha contribuido con valiosos aportes a la presente investigación.

A la amistad formada con los compañeros del programa de maestría.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problema de la Investigación .....	1
1.2 Antecedentes .....	2
1.3 Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	4
1.4 Preguntas de investigación.....	4
1.5 Justificación .....	4
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>6</b>
<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>6</b>
2.1 Marco Teórico.....	6
2.1.1 <i>Origen y taxonomía del chocho</i> .....	6
2.1.1.1 Origen.. .....	6
2.1.1.2 Taxonomía .....	6
2.1.2 <i>Botánica</i> .....	7
2.1.2.1 Raíz.. .....	7
2.1.2.2 Tallo.....	8
2.1.2.3 Hojas.....	8
2.1.2.4 Flores. ....	9
2.1.2.5 Fruto.....	10
2.1.2.6 Semilla.....	10
2.1.3 <i>Usos e importancia económica</i> .....	11
2.1.4 <i>Caracterización ecogeográfica</i> .....	14
2.1.5 <i>Zonas de conservación</i> .....	15
2.2 Marco Legal .....	17

<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>18</b>
3.1 Descripción del área de estudio .....	18
3.2 Enfoque y tipo de investigación.....	19
3.3 Procedimiento de investigación .....	19
3.3.1 <i>Fase I: Determinación ecogeográfica del chocho en el Ecuador, como recurso biológico alimentario</i> .....	19
3.3.2 <i>Fase II: Determinar las zonas de conservación para el chocho en el Ecuador como recurso biológico alimentario</i> .....	23
3.3.3 <i>Fase III: Estrategias de conservación en finca para el cultivo del chocho en el Ecuador, como recurso biológico alimentario</i> .....	28
3.4 Consideraciones bioéticas.....	28
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>30</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
4.1 Determinación ecogeográfica del chocho.....	30
4.1.1 <i>Características bioclimáticas</i> .....	30
4.1.1.1 Precipitación.. .....	30
4.1.1.2 Temperatura.. .....	31
4.1.2 <i>Características geofísicas</i> .....	32
4.1.3 <i>Características edáficas</i> .....	34
4.1.4 <i>Análisis de conglomerados para variables ecogeográficas</i> .....	38
4.2 Determinación de las zonas de conservación.....	42
4.3 Estrategias de conservación en finca para el chocho en las zonas prioritarias identificadas .....	61
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación Taxonómica del Chocho.....	7
Tabla 2 Análisis Bromatológico del Chocho (amargo y desamargado).....	13
Tabla 3 Variables Bioclimáticas Seleccionadas para el Estudio. ....	21
Tabla 4 Variables Edáficas Seleccionadas para el Estudio .....	22
Tabla 5 Variables Geofísicas Seleccionadas para el Estudio .....	22
Tabla 6 Capas Criterio para Determinación de Zonas de Conservación del Chocho en el Ecuador.....	25
Tabla 7 Transformación de Capas-criterio con Base a las Preferencias.....	26
Tabla 8 Caracterización Ecogeográfica - Caracteres Cuantitativos Bioclimáticos de Precipitación .....	31
Tabla 9 Caracterización Ecogeográfica - Caracteres Cuantitativos Bioclimáticos de Temperatura.....	32
Tabla 10 Caracterización Ecogeográfica – Caracteres Cuantitativos Geofísicos.....	33
Tabla 11 Caracterización Ecogeográfica – Caracteres Cuantitativos Edáficos.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ramificaciones del tallo – tipo prominente y no prominente .....	8
Figura 2. Inflorescencia, eje central, ramificaciones .....	9
Figura 3. Flor del chocho.....	10
Figura 4. Semilla de chocho .....	11
Figura 5. Mapa de sitios de colectas del chocho ( <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.) en el Ecuador	18
Figura 6. Metodología para definir zonas de conservación del chocho .....	28
Figura 7. Variable bioclimática cualitativa, categorías de la velocidad del viento anual.....	33
Figura 8. Variable edáfica cualitativa, categorías de contenido de carbón orgánico en el suelo superficial.....	35
Figura 9. Variable edáfica cualitativa, categorías de pH en subsuelo .....	36
Figura 10. Variable edáfica cualitativa, categorías de pH en suelo superficial.....	37
Figura 11. Variable edáfica cualitativa, categorías de profundidad del suelo.....	37
Figura 12. Dendrograma conformado por 3 clusters mediante el método de Ward.....	38
Figura 13. Cluster Nro. 1 conformado por 65 accesiones. ....	39
Figura 14. Cluster Nro. 2 conformado por 98 accesiones. ....	40
Figura 15. Cluster Nro.3 conformado por 44 accesiones .....	41
Figura 16. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de diversidad ecogeográfica (mapa A izquierdo, mapa B derecho). ....	43
Figura 17. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de precipitación (mapa A izquierdo, mapa B derecho).....	44
Figura 18. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de carbón orgánico (mapa A izquierdo, mapa B derecho).....	45
Figura 19. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de pH (mapa A izquierdo, mapa B derecho).....	46
Figura 20. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de poblaciones de colectas (mapa A izquierdo, mapa B derecho).....	47
Figura 21. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de tamaño poblacional–habitantes (mapa A izquierdo, mapa B derecho). ....	49

Figura 22. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de distancia de áreas protegidas (mapa A izquierdo, mapa B derecho) .....	51
Figura 23. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de distancia a núcleos urbanos (mapa A izquierdo, mapa B derecho) .....	53
Figura 24. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de cercanía a vías principales (mapa A izquierdo, mapa B derecho) .....	54
Figura 25. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de uso del suelo (mpa A izquierdo, mapa B derecho).....	55
Figura 26. Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de riesgo de inundación (mapa A izquierdo, mapa B derecho) .....	56
Figura 27. Zonas Prioritarias para la conservación con base al criterio de riesgo volcánico (mapa A izquierdo, mapa B derecho).....	57
Figura 28. Zonas para la conservación de la diversidad del chocho .....	59

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
INSTITUTO DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y RECURSOS  
FITOGENÉTICOS MENCIÓN RECURSOS FITOGENÉTICOS Y  
MICROORGANISMOS ASOCIADOS

ECOGEOGRAFÍA DE LA AGROBIODIVERSIDAD DEL CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet.) EN EL ECUADOR

**Autor:** José Luis Vaca Muñoz

**Tutor:** Cesar Guillermo Tapia Bastidas

**Año:** 2021

**RESUMEN**

La gran diversidad de cultivos de la región Andina constituye una de las áreas con mayor variabilidad de especies, entre ellas el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.), sin embargo, la pérdida de la agrobiodiversidad conlleva la desaparición variedades cultivadas en la región. La presente investigación buscó determinar la distribución ecogeográfica de la agrobiodiversidad del chocho en el Ecuador, a partir de información de las accesiones conservadas en el Banco de Germoplasma del INIAP; se planteó tres objetivos específicos: 1) describir ecogeográficamente el chocho, 2) determinar las zonas de conservación para el chocho, y 3) plantear estrategias de conservación en finca. Se empleó la herramienta CAPFITOGEN, con Sistemas de Información Geográfica, la información ambiental fue analizada con 70 variables bioclimáticas, edáficas, geofísicas y la generación de mapas de zonas de conservación a través de la selección de 12 criterios (ecogeográficos, biológicos y demográficos). Según la caracterización ecogeográfica, el chocho se desarrolla en condiciones de radiación solar de 14342 MJ m<sup>-2</sup>, altitud promedio de 3053 m.s.n.m., precipitación anual media de 775.79 mm, temperatura anual media de 12.3°C, contenido de arena en suelo superficial de 56.16%, pH en subsuelo neutro de 7-7.5 con contenido muy bajo de carbón orgánico ≤ 1.2% y suelos moderadamente profundos de 51-100 cm/prof; las zonas óptimas de conservación se localizan en la parte sur de la provincia de Tungurahua, zona centro este de la provincia de Chimborazo y zona norte de la provincia de Loja. Finalmente una de las estrategias consideradas para la conservación en finca, es el establecimiento de bancos comunitarios de semillas en las zonas definidas, con la participación activa de los agricultores que asegurarán las reservas y disponibilidad de la semilla local, en fomento de la conservación, manejo y uso sostenible de la diversidad del chocho.

**Palabras clave:** Caracterización ecogeográfica, zonas de conservación, CAPFITOGEN, tarwi.

# **ECOGEOGRAFÍA DE LA AGROBIODIVERSIDAD DEL CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet.) EN EL ECUADOR**

**Author:** José Luis Vaca Muñoz  
**Tutor:** Cesar Guillermo Tapia Bastidas  
**Year:** 2021

## **ABSTRACT**

The great diversity of crops in the Andean region is one of the areas with the greatest variability of species, including the chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.), however, the loss of agro-biodiversity leads to the disappearance of varieties grown in the region. The present research seeks to determine the eco-geographic distribution of the agrobiodiversity of the chocho in Ecuador, based on information from the accessions conserved in the Germplasm Bank of the INIAP; three specific objectives were proposed: 1) to describe the chocho ecogeographically, 2) to determine the conservation areas for the chocho, and 3) to propose conservation strategies on the farm. The CAPFITOGEN tool was used, with Geographic Information Systems, the environmental information was analyzed with 70 bioclimatic, edaphic, geophysical variables and the generation of maps of conservation areas through the selection of 12 criteria (ecogeographic, biological and demographic). According to the ecogeographic characterization, the chocho develops in solar radiation conditions of 14342 MJ m<sup>-2</sup>, average altitude of 3053 meters above sea level, average annual precipitation of 775.79 mm, average annual temperature of 12.3°C, sand content in surface soil of 56.16%, pH in neutral subsoil of 7-7.5 with very low content of organic carbon ≤ 1.2% and moderately deep soils of 51-100 cm; the optimal conservation areas are located in the southern part of the province of Tungurahua, central east of the province of Chimborazo and northern area of the province of Loja. Finally, one of the strategies considered for conservation on the farm is the establishment of community seed banks in the defined areas, with the active participation of farmers who will ensure the reserves and availability of the local seed, in promoting the conservation, management and sustainable use of the diversity of the chocho.

**Keywords:** Ecogeographic characterization, conservation areas, CAPFITOGEN, tarwi.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Problema de la Investigación

La inmensa diversidad genética de cultivos encontrada en la región Andina, demuestra ser una de las áreas de mayor diversidad y variabilidad de muchas especies, no solo por la cantidad observada, sino por la gran acumulación de saberes sobre su cultivo, conservación, así como diversas formas de uso aplicadas en la cultura de esta región (Jacobsen y Mujica, 2006).

Las amenazas de deforestación y erosión de los suelos que ha venido enfrentando el Ecuador en el transcurso de los años, está ocasionando la pérdida de la biodiversidad Andina (Tapia et al., 2008), lo que conlleva a la desaparición de especies o variedades cultivadas en una región determinada, más aún en regiones agrícolas con mayor historia de cultivo, con diversidad cultural, o que constituyen centros de origen de especies o variantes de un cultivo (Casas y Parra, 2007). Esto sumado a las proyecciones de cambio climático en el Ecuador (variaciones de temperatura, pluviosidad) indudablemente incrementan la vulnerabilidad de los ecosistemas ricos en biodiversidad (Jiménez et al., 2012).

El chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) es la única especie americana del género *Lupinus*, que ha sido domesticada y cultivada como una leguminosa (Blanco, 1982), encontrándose en vías de extinción por la falta de información de las características de adaptación del cultivo y sus zonas de conservación, constituyendo una amenaza para la conservación de esta especie en el país, llegando a considerarse un cultivo olvidado y subutilizado (Peralta, 2016).

## 1.2 Antecedentes

El Ecuador es uno de los 17 países que alberga más de las dos terceras partes de la diversidad del planeta, y a pesar de ser el más pequeño en superficie entre los países mega diversos, posee el mayor número de especies de flora y fauna por kilómetro cuadrado (Astudillo y León, 2015).

La diversidad de plantas que actualmente se cultivan, fueron plantas silvestres cuyo potencial genético les ha permitido resistir factores abióticos cambiantes, que luego de un proceso de domesticación se han convertido en plantas que hoy se consume, las cuales ofrecen una variedad de servicios a las comunidades como la producción de alimentos sanos y nutritivos indispensables para su desarrollo (Parra-Quijano et al., 2015).

Los estudios de caracterización ecogeográfica han sido efectuados en ciertos cultivos, como la investigación realizada por Tapia et al., (2015), buscando la adaptación al estrés abiótico en maíz (*Zea mays* L.), utilizando la información de 1186 accesiones de la colección nacional del Ecuador, para determinar la amplia variabilidad ecogeográfica dentro y entre razas. Las accesiones en estudio fueron recolectadas en sitios con temperatura media estacional entre 8.7 y 22.9°C, temperatura anual oscilando entre 10.3 y 16.9°C, y en diciembre con una temperatura mínima entre 3.4 y 16.9°C, lo que permitió determinar que diez accesiones están potencialmente adaptadas a ambientes extremadamente fríos y 40 accesiones a condiciones secas y concluir que razas autóctonas cultivadas en condiciones limitantes, importantes en fitomejoramiento al estrés abiótico (Tapia et al., 2015)

De igual manera en el año 2018, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], la Fundación Heifer, el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador [MAG] y la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura [FAO], como parte del proyecto titulado “Incorporación del uso y conservación de la Agrobiodiversidad en las políticas públicas a través de las estrategias integradas e implementación *in situ*, en cuatro provincias alto andinas”, realizaron el estudio de las zonas para la conservación de diez cultivos nativos, mediante la definición y complicación de criterios geofísicos, climáticos y edáficos. (Tapia et al., 2018).

Como resultado del mencionado proyecto, se concluyó que la información ecogeográfica de los cultivos priorizados como: amaranto negro (*Amaranthus quitensis* Kunth.), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), maíz (*Zea mays* L.), capulí (*Prunus serotina* Ehrh.), melloco (*Ullucus tuberosus* Caldas.), oca (*Oxalis tuberosa* Molina.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.), maní (*Arachis hypogaea* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) y camote (*Ipomoea batatas* L.(Lam)), muestran varios rasgos de adaptación del germoplasma, definiendo las zonas óptimas de conservación para granos andinos en la provincia de Cotopaxi e Imbabura, para tubérculos en Cotopaxi, Bolívar y Chimborazo y para cultivos tropicales en Manabí, Zamora Chinchipe, Santa Elena y Morona Santiago, generando un insumos para la conservación de estas especies (Tapia et al., 2017).

Por otro lado, el Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca- (MAGAP, 2014, ahora MAG), presentó el estudio de la zonificación agroecológica económica del cultivo del chocho en el Ecuador continental, como una herramienta de análisis para la toma de decisiones en una adecuada planificación de la producción agrícola, ordenamiento territorial y mejoramiento de la productividad del cultivo concluyendo que el chocho presenta un área potencial para su producción y comercialización dentro de la Sierra ecuatoriana en algunos cantones de las provincias de Pichincha, Carchi, Imbabura, Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo.

### **1.3 Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1 *Objetivo General***

Caracterizar la agrobiodiversidad ecogeográfica del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) como recurso biológico alimentario, a partir de las accesiones del Banco de Germoplasma del INIAP.

### **1.3.2 *Objetivos Específicos***

- Describir ecogeográficamente el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.), como recurso biológico alimentario, a partir de las accesiones del Banco de Germoplasma del INIAP.
- Determinar las zonas de conservación para el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) en el Ecuador, como recurso biológico alimentario.
- Plantear estrategias de conservación en finca para el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) en el Ecuador, en las zonas prioritarias identificadas.

### **1.4 Preguntas de investigación**

- ¿Cuáles son las características ecogeográficas para el chocho en el Ecuador, generadas a partir de la información de las accesiones del Banco de Germoplasma del INIAP?
- ¿Cuáles son las zonas de conservación para el chocho en el Ecuador, definidas por las características ecogeográficas de las accesiones del Banco de Germoplasma del INIAP?
- ¿Cuáles son las estrategias de conservación para el chocho en el Ecuador, con base a las zonas de conservación determinadas?

### **1.5 Justificación**

La caracterización ecogeográfica de un cultivo contempla el análisis de toda la información ambiental del lugar donde crece un individuo o una población vegetal, encontrándose

directamente relacionada con los procesos de adaptación al entorno biótico o abiótico del ecosistema (Parra-Quijano et al., 2015).

Las zonas de conservación de agrobiodiversidad mantienen la diversidad de recursos genéticos del país, albergando gran parte de variedades locales que se han cultivado por varias generaciones, existiendo zonas identificadas como prioritarias para estudios de inventarios y conservación por su alta susceptibilidad a los peligros de erosión genética, causados por diversos factores como el reemplazo de materiales locales, políticas agropecuarias, presión poblacional, degradación ambiental, entre otros (Tapia et al., 2008).

En este sentido, la generación de información y el conocimiento de las características agroecológicas del chocho, permitirá entender la capacidad de adaptación de esta especie frente a diversos factores abióticos donde se desarrolla el cultivo, en búsqueda de nuevos nichos de conservación y uso sostenible, complementados con estrategias para su conservación en finca y de esta manera frenar la amenaza de esta especie, que ha sido considerada como olvidada o subutilizada en contribución a evitar su posible extinción.

La investigación forma parte de la línea de investigación de soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sustentable de la Universidad Técnica del Norte, que aportará al cumplimiento del tercer y sexto objetivo del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, establecido por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES, 2017), que está relacionado con “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”, y “Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural”.

De igual forma esta investigación aporta al fomento de la conservación y uso de los recursos fitogenéticos, establecidos en la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (LOASFAS, 2017), que de acuerdo al Artículo 17, busca identificar las áreas de agrobiodiversidad que fortalezcan la protección, conservación, manejo y uso sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, para garantizar la soberanía alimentaria.

## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco Teórico

##### 2.1.1 *Origen y taxonomía del chocho*

**2.1.1.1 Origen.** Según Tapia (2015) existe dos culturas antiguas que hace por lo menos cuatro mil años, fueron las que por primera vez llegaron a domesticar y utilizar en su alimentación dos especies de *Lupinus*: el *Lupinus luteos* en Egipto y el *Lupinus mutabilis* en Los Andes, siendo estas especies utilizadas con fines alimenticios. Por otro lado Jacobsen y Mujica (2006) coinciden con el centro de origen ubicado en la región Andina de Bolivia, Ecuador y Perú, ya que en ellas se encuentra la mayor variabilidad genética.

Este cultivo es conocido con diferentes nombres comunes, en el Ecuador y norte del Perú se lo conoce como chocho, al Sur de Perú y Bolivia se lo conoce como tarhui y en España es conocido como atramuz o lupino (Suca y Suca, 2015).

**2.1.1.2 Taxonomía.** En la Tabla 1 se observa la clasificación taxonómica del chocho.

**Tabla 1**

*Clasificación Taxonómica del Chocho*

<b>Taxonomía</b>	
Orden	Fabales
Suborden	Leguminosae
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Genisteae
Género	<i>Lupinus</i>
Especie	<i>mutabilis</i> Sweet.

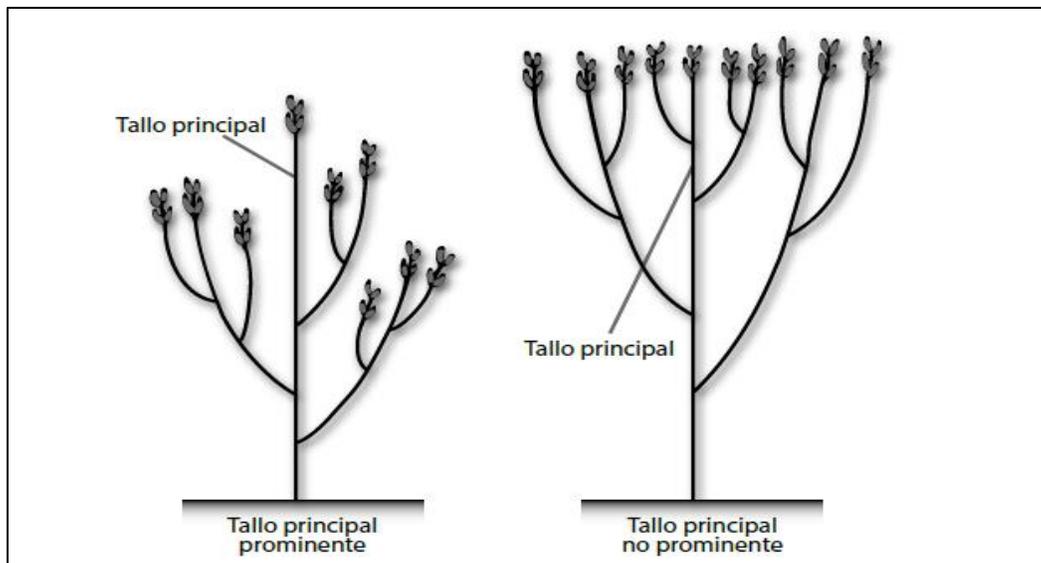
*Fuente:* Tapia (2015).

### **2.1.2 Botánica**

El chocho es una especie anual con características de crecimiento erecto cuya altura de la planta puede variar entre 0.8 hasta 2 metros. Presenta una amplia diversidad genética con variabilidad en su arquitectura (Jacobsen y Mujica, 2006), cuyas características específicas de morfología de la planta en cuanto a tallo, hojas, flores, fruto, semilla y raíz, se detallan a continuación:

**2.1.2.1 Raíz.** La raíz del chocho se caracteriza por ser bastante gruesa, pivotante, y por disponer de un gran número de nódulos nitrificantes por la simbiosis con la bacteria *Rhizobium lupini* (Tapia, 2015).

**2.1.2.2 Tallo.** El tallo tiene características leñosas, con un alto contenido de fibra y celulosa, la altura de la planta podría variar entre 0.5 a 2 metros (Mujica y Moscoso, 2018). Puede presentar un color variable de verde a gris-castaño, además se pueden encontrar plantas con variaciones en su estructura, desde casi sin ramificación hasta la presencia de gran cantidad de ramificaciones (Caicedo y Peralta, 2001). Según este tipo de ramificaciones, la planta puede considerarse de eje central predominante con ramas terminales, o de una ramificación desde la base con la inflorescencia a la misma altura (Blanco, 1982), como puede observarse en la Figura 1.

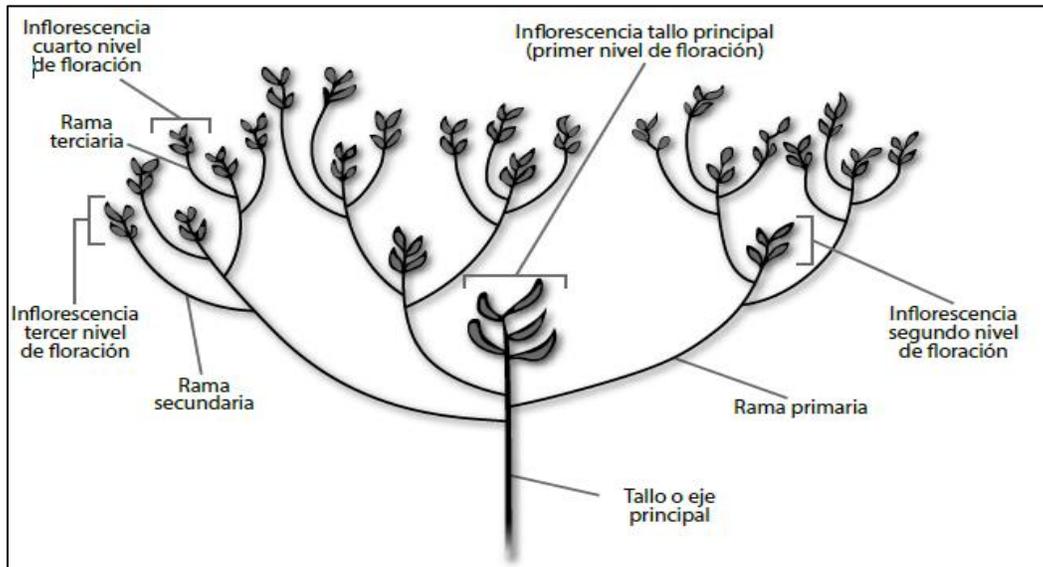


**Figura 1.** Ramificaciones del tallo – tipo prominente y no prominente

*Fuente:* Blanco (1982).

**2.1.2.3 Hojas.** Constituidas por láminas de tipo digitada con un gran número de folíolos de 5 a 12, son de forma oblonga con pequeñas hojas estipulares en la base del peciolo, ensanchados o elípticos hacia el extremo, con variaciones pubescentes o glabras (Tapia, 2015).

**2.1.2.4 Flores.** La inflorescencia del chocho es de racimo terminal, cuyas flores se disponen en verticilos, pudiendo encontrar en una inflorescencia más de sesenta flores (Caicedo y Peralta, 2001). Por lo general, la longitud del eje principal es mayor, disminuye de manera progresiva en las subsiguientes ramificaciones, sin embargo las ramas secundarias y terciarias pueden superar en tamaño (Cerrate y Camarena, 1981) (Figura 2).

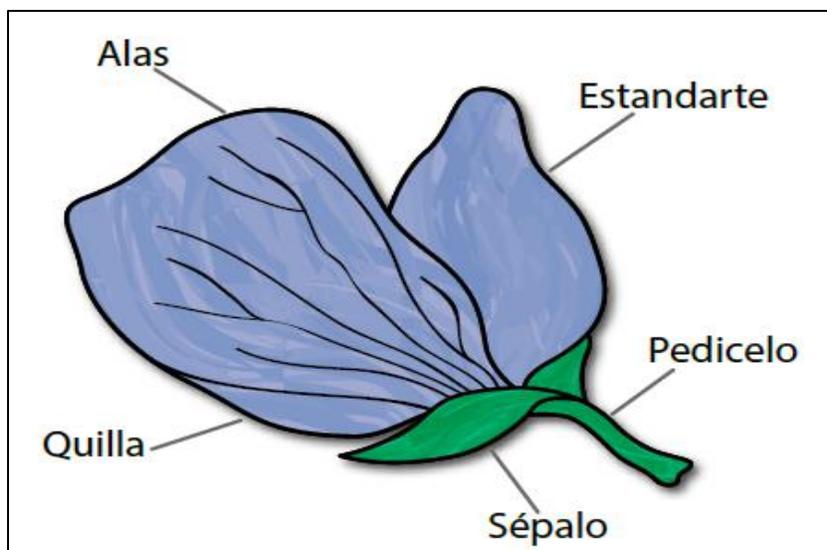


**Figura 2.** Inflorescencia, eje central, ramificaciones

*Fuente:* Cerrate y Camarena (1981).

Cada una de las flores mide alrededor de 1.2 cm de longitud con la forma típica de las Papiloneadas, consta de la corola de cinco pétalos, estandarte, quilla y alas (Tapia, 2015) (Figura 3).

La coloración de la flor puede tener variaciones desde el inicio de su formación hasta la maduración, desde azul claro hasta un intenso, siendo esta la particularidad el origen de su nombre científico *Lupinus mutabilis* Sweet., debido al cambio de su coloración (Cerrate y Camarena, 1981).



**Figura 3.** Flor del chocho

*Fuente:* Cerrate y Camarena (1981).

**2.1.2.5 Fruto.** El fruto es una legumbre con características de pubescencia que van desde una coloración verde oscuro en su estado tierno, hasta una coloración pajiza y de aspecto glabro cuando está maduro; la vaina tiene una forma elíptica y oblonga de 6 a 12 cm de longitud de 1.5 a 2.3 cm de ancho, pudiendo disponer de 1 a 8 semillas (Blanco, 1982).

**2.1.2.6 Semilla.** Las semillas dispuestas en la vaina, pueden presentar un tamaño variable de 4 a 15 mm (Tapia, 2015), presenta variación de colores blancos, marrones o negros, de formas redondeadas, elipsoidales o lenticulares; contienen alcaloide amargo y venenoso (lupina), que impide su consumo directo, siendo la parte aérea de la planta el lugar de síntesis del alcaloide, para luego ser trasladado a los frutos y semillas durante la maduración, sin embargo, su concentración disminuye con la edad de la hoja (Basantes, 2015) (Figura 4).



**Figura 4.** *Semilla de chocho*

*Fuente:* Garay (2015).

### **2.1.3 Usos e importancia económica**

El chocho es una leguminosa, de alta importancia agroecológica no solo para el Ecuador sino para el resto de la región Andina, por su relevancia que tiene su raíz para desarrollar procesos de simbiosis con bacterias nitrificantes como el *Rhizobium lupini*, así como también su empleo como abono verde mediante la incorporación de plantas florecidas al suelo, capaz de aportar por lo menos 400 kg de nitrógeno por ha (Garay, 2015). El tipo de raíz pivotante y gruesa penetra profundamente en el suelo, en mejora de su estructura y contenido de materia orgánica, además es una alternativa para la rotación de cultivos como los cereales, tubérculos, entre otros (Tapia, 2015).

Por otro lado, cultivo del chocho puede contribuir al manejo de plagas en el sistema de cultivo andino, sirviendo como barrera contra el gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax*), de igual manera por el contenido de alcaloides que contienen las semillas, puede ser utilizado como insecticida para el control de plagas como el cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz, que de cierta manera aporta a la reducir el uso de plaguicidas en la Sierra ecuatoriana (Basantes, 2015). Además el chocho al ser una especie

que se cultiva en tipos de suelo de baja fertilidad y en áreas con escasez de precipitaciones, se lo ha considerado como un cultivo marginal, representando una buena alternativa para la producción agrícola en suelos de origen volcánico (Suquilanda, 2012).

En cuanto a la parte socioeconómica, su importancia está relacionada con su contenido nutricional, por el elevado porcentaje de proteína que contiene el grano (50%) resaltando su alto contenido de lisina, grasa, vitaminas y minerales, motivo por el cual también se lo conoce como la soya Andina, nutrientes de suma importancia en la nutrición alimentaria en comparación con otras leguminosas (Mujica y Moscoso, 2018).

El ácido linoleico presente en el grano, más allá de constituir un aporte energético, tiene propiedades que lo hacen único e irremplazable en una de las etapas más críticas del desarrollo humano como es durante la gestación a nivel intrauterino y en los primeros meses de vida (Sánchez y Madrid).

En la Tabla 2 se puede observar el contenido nutricional del chocho.

**Tabla 2***Análisis Bromatológico del Chocho (amargo y desamargado)*

<b>Componente</b>	<b>Chocho amargo</b>	<b>Chocho desamargado</b>
Proteína (%)	47.80	54.05
Grasa (%)	18.90	21.22
Fibra (%)	11.07	10.37
Cenizas (%)	4.52	2.54
Humedad (%)	10.13	77.05
ELN (%)	17.62	11.82
Alcaloides (%)	3.26	0.03
Azúcares totales (%)	1.95	0.73
Azúcares reductores (%)	0.42	0.61
Almidón total (%)	4.34	2.88
K (%)	1.22	0.02
Mg (%)	0.24	0.07
Ca (%)	0.12	0.48
P (%)	0.60	0.43
Fe (ppm)	78.45	74.25
Zn (ppm)	42.84	63.21
Mn (ppm)	36.72	18.47
Cu (ppm)	12.65	7.99

**Fuente:** Allauca (2005).

El chocho es empleado dentro de la alimentación diaria de diferentes formas y en varias presentaciones de consumo como snacks, ceviches de chochos, harina. De igual manera, tiene muchos usos alternativos como: chocho germinado, carne vegetal, condimentos (chochos con ají), galletas, queso, leche, yogurt, entre otros (Villacrés et al., 2006).

#### **2.1.4 Caracterización ecogeográfica**

La caracterización ecogeográfica se refiere como el análisis de toda la información ambiental del sitio donde crece un individuo o una población vegetal, directamente relacionada con el proceso de adaptación al entorno biótico o abiótico en el cual se desarrolla una especie (Parra-Quijano et al., 2015).

El estudio ecogeográfico contempla el proceso de recopilación y síntesis de datos taxonómicos, geográficos y ecológicos, los resultados son de carácter predictivos y son utilizados como apoyo en la formulación de prioridades de colecta y/o conservación (Vargas, 2008).

Para caracterizar un conjunto de individuos, se debe asignar a cada una de ellos información correspondiente a variables de tipo bioclimáticas, geofísicas y edáficas del sitio donde fueron recolectados los materiales en estudio, por ende, uno de los insumos más importantes para la caracterización ecogeográfica son las coordenadas y la descripción del sitio donde fue recolectado el material, información registrada generalmente en los descriptores pasaporte (Parra-Quijano et al., 2015).

Los sistemas de información Geográfica (SIG) que han sido desarrollados, esto sumado a la disponibilidad de las capas de los datos ambientales facilitan la caracterización ecogeográfica de los recursos fitogenéticos, que pueden llevarse a cabo a través de dos formas (Parra-Quijano et al., 2008):

- a. La extracción de información ecogeográfica para cada individuo, empleando las coordenadas geográficas de los sitios de recolección.
- b. La caracterización de un territorio mediante el desarrollo de caracterización ecogeográfica del terreno (*Ecogeographical Land Characterization*), delimitando zonas con características ambientales similares (categorías), para posteriormente asignar a cada individuo una categoría con base al sitio de recolección (Parra-Quijano et al., 2008).

### 2.1.5 Zonas de conservación

Las zonas de conservación son áreas que permiten albergar una diversidad de materiales desarrollados localmente, sirviendo también como medios de enseñanza para que las personas aprecien y se empoderen de la riqueza de variedades tradicionales, como un factor importante para el medio ambiente y aprovechadas también para generar ingresos económicos en beneficio de la comunidad (Tapia et al., 2018)

Estudios biogeográficos han permitido identificar áreas prioritarias para la conservación de varias especies, como por ejemplo el estudio de la diversidad y patrones de distribución de *Passiflora* subgénero *Astrophea* (Passifloraceae) en Colombia, por medio de revisión de las colecciones de herbarios nacionales e internacionales, literatura científica y colectas de campo, analizados con mapas y criterios para cada especie de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-IUCN, lo que permitió determinar nichos de conservación en regiones de la Amazonía y Orinoquía, así como áreas con mayor riqueza en el centro occidente y nororiente del país (Aguirre et al., 2016).

La identificación de las áreas de conservación en finca, son importantes como depósitos de diversidad que sirven al mismo tiempo como parcelas de ensayos para que los agricultores conozcan y palpen el valor de las variedades relacionadas con las necesidades de sustento (Tapia, 2015), mediante la aplicación de criterios y prácticas que han sido utilizadas por generaciones y que van de la mano del conocimiento sobre su uso, permitiendo no solamente mantener y aprovechar su diversidad, sino también proteger el agroecosistema en búsqueda de mantener su equilibrio (Baena et al., 2003).

Por otro lado, los Sistemas de Información Geográfica-SIG, son herramientas aplicables para la definición de las áreas de conservación por los diferentes usos en el ámbito de los recursos fitogenéticos, que permiten efectuar una superposición de cultivos de mapas temáticos, con resultados de información variada sobre la tierra, su uso, etnias, etc., para conocer las variables determinantes sean estas económicas o sociales que se relacionan con la diversidad de los cultivos (Negri et al., 2010).

Los agricultores han conservado la agrobiodiversidad mediante el conocimiento que ha sido transmitido de generación en generación, a través de la obtención de semillas y propágulos vegetativos, así como su siembra continua; éste es un proceso dinámico, en el que se selecciona e introduce permanentemente variabilidad mediante el libre intercambio de materiales entre comunidades, lo cual ha conducido al desarrollo de las llamadas variedades locales, folclóricas, primitivas de agricultor, teniendo como ventajas, entre otras, la adaptación a ambientes marginales y a estrés, con una conservación vinculada a su utilización y con un proceso evolutivo en marcha, como respuesta a cambios ambientales y presiones de patógenos y plagas (Arias y Medina, 2009).

Bajo este contexto, el Ecuador a pesar de ser un país con una superficie pequeña (275830 km<sup>2</sup>), es un país que posee una configuración climatológica, fisiográfica y orográfica destacable, que dispone de una gran diversidad de recursos con singular potencial productivo, encontrándose localizado en el extremo occidental de América del Sur, entre 1° 30' N y 5° S de latitud y entre los 75° W y 81°W de longitud (Estrella et al., 1995).

De acuerdo a lo reportado por Caicedo y Peralta (2001) el cultivo del chocho puede desarrollarse entre los 2600 y 3400 metros sobre el nivel del mar (msnm), requiriendo precipitaciones de 300 a 600 mm anuales y condiciones agroecológicas secas y arenosas, con una temperatura entre 7 y 14°C, tolerando a ciertas condiciones intensas como granizo, nubosidad y sequía, con susceptibilidad a excesos de humedad mayor a 1000 mm al año, siendo los suelos apropiados para su desarrollo los arenosos y franco arenosos, adaptándose a un rango del pH del suelo entre 5.5 a 7.6.

Por otro lado MAGAP (2014) indica que el cultivo de chocho en el Ecuador se concentra en la región interandina, de manera especial en las provincias de Cotopaxi, cantones de Juan Montalvo y Aláquez; Chimborazo, cantones Palmira y Riobamba; cultivándolo de igual manera pero en menor proporción en otras zonas agroecológicas de a lo largo de la sierra ecuatoriana, como son Pichincha (Cayambe), Bolívar (Guaranda), Imbabura (Cotacachi), Tungurahua (Quero) y Carchi (Bolívar), siendo esta una referencia de la zonas donde se podría implementar estrategias de conservación del chocho.

## 2.2 Marco Legal

Esta investigación ha sido desarrollada con el fin de generar información que sirva de insumo para las diferentes instancias relacionadas con la conservación de la agrobiodiversidad, apegados a los instrumentos legales de regulación, como es el caso de la Constitución de la República del Ecuador expedida mediante Registro Oficial 449 del 2008, en su artículo 281, literal 6., sobre la soberanía alimentaria, dispone al estado ecuatoriano “la responsabilidad de promover la preservación y recuperación de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella; así como el uso, la conservación e intercambio libre de semillas”, por lo que el chocho al ser una especie de origen andino con características nutricionales de importancia para la alimentación, constituye una especie que forma parte de la cultura alimentaria del país, requiriendo fomentar su conservación.

Por otro lado la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (LOASFAS, 2017) expedida mediante Registro Oficial 10 del 2017, en su artículo 1, establece como objeto el “proteger, revitalizar, multiplicar y dinamizar la agrobiodiversidad referida a los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura”, así como en su artículo 5, hace referencia a “la protección, conservación, manejo y uso de la agrobiodiversidad, acompañada del fomento del desarrollo de investigación”, lo cual vincula al estudio realizado.

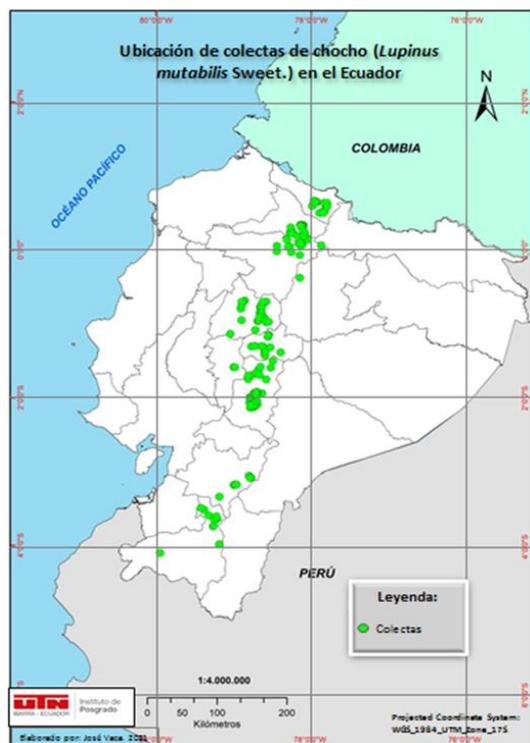
El Reglamento de aplicación de la LOASFAS expedida mediante decreto ejecutivo Nro. 1011 en Registro Oficial 194 de abril del 2020, en su artículo 7, sobre la agrobiodiversidad establece que “la Autoridad Agraria Nacional en este caso el Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] en coordinación con diferentes actores entre ellos los institutos públicos de Investigación y centros de educación superior, impulsarán la identificación de las zonas de agrobiodiversidad considerando la metodología establecida desde la selección de criterios, generación capas criterio y evaluación multicriterio”, por lo que esta investigación titulada Ecogeografía de la Agrobiodiversidad del Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.), mediante el empleo de la metodología establecida, cumple en contribuir con la generación de información en el marco de las disposiciones legales del Estado ecuatoriano.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Descripción del área de estudio

Para la realización de este estudio se utilizaron los datos pasaportes de 218 accesiones de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) cuyas colectas han sido realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] y conservadas en su Banco Nacional de Germoplasma. Las accesiones del chocho fueron recolectadas en un rango altitudinal entre 2185 msnm y 3750 msnm., en las provincias de Azuay, Bolívar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Pichincha, Tungurahua y en la región Amazónica en la provincia de Napo, lo que se puede observar en la Figura 5.



**Figura 5.** Mapa de sitios de colectas del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) en el Ecuador

### **3.2 Enfoque y tipo de investigación**

El enfoque de esta investigación fue de tipo mixto, en vista que para la caracterización ecogeográfica y la definición de las zonas de conservación de la colección del chocho, se analizaron criterios cualitativos en función de las preferencias (alta, media, baja, no deseable) y criterios cuantitativos mediante la asignación de valores (cuartiles) a los criterios determinados, lo que permitió analizar y plantear estrategias de conservación del chocho con base a los resultados obtenidos.

### **3.3 Procedimiento de investigación**

La presente investigación se realizó en tres fases:

#### ***3.3.1 Fase I: Determinación ecogeográfica del chocho en el Ecuador, como recurso biológico alimentario***

La base de datos de la colección del chocho se ingresó en el programa CAPFITOGEN versión 2.0, el cual posee diferentes herramientas, con amplia capacidad de cálculo estadístico y potencia gráfica, permitiendo integrar sistemas de información geográfica [SIG] y análisis multivariado (Parra-Quijano et al., 2015).

La base de datos fue depurada accesoión por accesoión, además, se homogenizó la información al formato establecido por el programa CAPFITOGEN, se emplearon las siguientes herramientas:

***1. Test Table.***- Herramienta por medio de la cual se verificó que la tabla de información, donde se registraron los datos de las accesiones de chocho, cumplió con todas las condiciones para el procesamiento con el resto de herramientas.

**2. Geoqual.-** Herramienta que permitió realizar la evaluación de la calidad de los datos en cuanto a la descripción de cada una de las localidades, con información de los puntos de georeferenciación de las accesiones en estudio (coordenadas latitud y longitud) registradas en la base.

**3. Selec Var.-** Herramienta que permitió analizar estadísticamente los datos generados, mediante los estadísticos de correlación, componentes principales y random forest, clasificando las variables bioclimáticas, edáficas y geofísicas de relevancia para el estudio. Estas estadísticas se detallan a continuación:

- a) El análisis de correlación bivariado (BCA), o determinación de la correlación por cada par de variables del conjunto inicialmente considerado; se estableció las variables que aportaban información idéntica o muy similar para dejar una sola de ellas como representante de las demás y no introducir redundancia en el proceso.
- b) El análisis de componentes principales (PCA), usando transformaciones ortogonales, consiguiendo crear nuevas variables a partir de la información aportada por las variables originales; cabe recalcar que los componentes principales (nuevas variables) no son correlacionadas linealmente.
- c) El análisis de Random Forest (RF) que es una metodología de clasificación, que además de producir clasificaciones (agrupamientos) con alta precisión dentro de ambientes caracterizados por complejas interacciones entre variables, determinó la importancia de las variables que intervienen en la clasificación.

Del resultado de estos análisis se definieron un total 70 variables, distribuidas en los componentes bioclimáticos (48), edáficos (18) y geofísicos (4) que se detallan en la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 respectivamente.

**Tabla 3***Variables Bioclimáticas Seleccionadas para el Estudio.*

<b>Nro. variables seleccionadas</b>	<b>Variables Bioclimáticas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Fuente</b>
48	Temperatura promedio anual, promedio del cuarto más cálido (3 meses más cálidos), promedio del cuarto más frío (3 meses más fríos), promedio del cuarto más húmedo (3 meses más lluviosos), promedio del cuarto más seco (3 meses más secos)	°C	WorldClim
	Rango promedio de temperaturas diurnas, rango de temperatura anual (BIOCLIM5-BIOCLIM6)	°C	
	Isotermalidad (BIOCLIM2/BIOCLIM7)(*100), estacionalidad de temperatura (Desviación estándar*100), presión de vapor anual	-	
	Temperatura máxima de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, octubre, noviembre, diciembre	°C	
	Temperatura mínima de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, octubre, noviembre, diciembre	°C	
	Precipitación anual, precipitación promedio de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, octubre, noviembre, diciembre	mm	
	Precipitación del mes más húmedo, mes más seco	mm	
	Precipitación del cuarto más cálido (3 meses más cálidos), cuarto más húmedo (3 meses más lluviosos), cuarto más seco (3 meses más secos), cuarto más frío (3 meses más fríos)	mm	
Estacionalidad en la precipitación (coeficiente de variación)	mm		

*Fuente:* Parra-Quijano (2015).

**Tabla 4***Variables Edáficas Seleccionadas para el Estudio*

<b>Nro. variables seleccionadas</b>	<b>Variables Edáficas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Fuente</b>
18	Profundidad referencia de la unidad de suelo	m	MAG
	pH en suelo superficial en solución suelo-agua, pH en subsuelo en solución suelo-agua	-log(H <sup>+</sup> )	
	Salinidad en suelo superficial, salinidad en subsuelo	dS/m	
	Carbonato de calcio en suelo superficial, contenido de arena en suelo superficial, contenido de limo en suelo superficial, contenido de arcilla en suelo superficial, contenido de carbón orgánico en suelo superficial, contenido de arena en suelo superficial	% peso	
	Contenido de arcilla en subsuelo, contenido de carbón orgánico en subsuelo, contenido de arena en subsuelo, contenido de limo en subsuelo	% peso	
	Contenido de grava en suelo superficial, contenido de grava en subsuelo	% vol	
	Capacidad de intercambio catiónico de arcilla en suelo superficial	cmol/kg	

*Fuente:* Parra-Quijano (2015).**Tabla 5***Variables Geofísicas Seleccionadas para el Estudio*

<b>Nro. variables seleccionadas</b>	<b>Variables Geofísicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Fuente</b>
4	Elevación. Metros sobre el nivel del mar	m	Shuttle Radar Mission
	Pendiente de la superficie de terreno	°	
	Velocidad del viento anual	km/h	
	Radiación solar anual	MJ m <sup>-2</sup>	

*Fuente:* Parra-Quijano (2015).

**4. EcoGeo.-** Herramienta que permitió realizar un análisis de toda la información ambiental del sitio donde crece el cultivo en estudio, directamente relacionada con el proceso de adaptación al entorno abiótico, asignando a cada uno de los sitios de recolección (georeferenciados) la información de las variables bioclimáticas, edáficas y geofísicas, con el empleo de la representación de celdas de 5 x 5 km (Parra-Quijano, 2015).

La información de los criterios geofísicos, climáticos y edáficos fueron tomados de las bases de datos disponibles a nivel internacional y nacional como: WorldClim, Shuttle Radar Topography Mission y del Ministerio de Agricultura y Ganadería, respectivamente (Tapia et al., 2018).

La información generada fue analizada con el estadístico Infostat versión 2018. En variables cuantitativas se realizó un análisis de medidas de resumen (promedio, valor mínimo, máximo, coeficiente de variación y desviación estándar; para variables cualitativas se trabajó con tablas de frecuencia.

Se realizó el análisis multivariado utilizando análisis de conglomerados, para lo cual se empleó el método de agrupamiento de Ward y las distancias de Gower (Gower, 1971), como resultado se obtuvo un dendrograma que indica el grado de asociación que presentan las accesiones respecto a las condiciones agroclimáticas donde se desarrolla el cultivo.

### ***3.3.2 Fase II: Determinar las zonas de conservación para el chocho en el Ecuador como recurso biológico alimentario***

Para determinar las zonas de conservación, se definió celdas de 5 km x 5 km como áreas con la mayor diversidad del chocho; la selección de criterios, generación de capas-criterio y la evaluación multicriterio, con base en la metodología empleada por Tapia (2015) detallada a continuación:

- a) ***Selección de Criterios.-*** Los criterios que se tomaron en cuenta para priorizar las zonas de conservación del chocho fueron:

- ✓ Ecogeográficos: Diversidad ecogeográfica, precipitación, carbón orgánico y pH de suelo.
- ✓ Biológicos: Abundancia de poblaciones de chocho y tamaño poblacional.
- ✓ Demográficos: Distancia de áreas protegidas, distancia a núcleos urbanos, cercanía a vías principales, usos de suelo, riesgo de inundaciones y riesgo volcánico.

b) ***Generación de capas criterio.***- Las capas-criterio generadas se crearon con el empleo de las capas de información disponibles, detalladas en la Tabla 6. A continuación, los valores de cada capa criterio se transformaron en rangos de preferencia a escala de 0 a 100, considerando los valores positivos a los mayores o cercanos a 100 y valores negativos a los menores o cercanos a 0. Para el caso de los criterios cualitativos la transformación se lo realizó de manera directa (0 - 100), mientras que para los criterios cuantitativos la transformación se la realizó mediante la aplicación de cuartiles, estas valoraciones se detallan en la Tabla 7.

**Tabla 6***Capas Criterio para Determinación de Zonas de Conservación del Chocho en el Ecuador*

<b>Nro.</b>	<b>Criterios seleccionados y códigos</b>	<b>Capa original</b>	<b>Tipo</b>
1	Diversidad Ecogeográfica (DECOQUAL)	Distancias Ecogeográficas	Ráster (5 km x 5 km)
2	Precipitación (PRECQUAL)	Precipitación anual de los sitios colectados	Vectorial (puntos)
3	Carbón orgánico (CARBORQUAL)	Carbón orgánico de los sitios de colecta	Vectorial (puntos)
4	pH suelo (pHQUAL)	pH se suelo de los sitios de colecta	Vectorial (puntos)
5	Abundancia de poblaciones (ABPOBQUAL)	Número de accesiones colectadas	Vectorial (puntos)
6	Tamaño poblacional (TAMQUAL)	Número de habitantes por parroquia	Vectorial (polígono)
7	Distancia a áreas protegidas (DISTPROTGQUAL)	Áreas protegidas	Vectorial (polígono)
8	Distancia a núcleos urbanos (DISTURBQUAL)	Zonas urbanas	Vectorial (polígono)
9	Cercanía a vías principales (CERVIAQUAL)	Vías principales	Vectorial (polígono)
10	Uso de suelo (USUELQUAL)	Uso de suelo	Vectorial (polígono)
11	Riesgo de inundaciones (RINUNQUAL)	Áreas de riesgo a inundaciones	Vectorial (polígono)
12	Riesgo volcánico (RIVOLQUAL)	Áreas de riesgo volcánico	Vectorial (polígono)

**Tabla 7***Transformación de Capas-criterio con Base a las Preferencias*

Nro.	Criterio	Información Criterio	Transformación	
			Valores	Preferencia
1	Diversidad Ecogeográfica	7.94 - 10.58	100	Alta
		5.30 - 7.93	66	Media
		2.65 - 5.29	33	Baja
		0 - 2.64	0	No deseable
2	Precipitación (mm)	500 - 700	100	Alta
		400 - 500 y 700 - 900	66	Media
		300 - 400 y 900 - 1000	33	Baja
		< 300 y > 1000	0	No deseable
3	Carbón Orgánico	> 4%	100	Alta
		2 - 4 %	66	Media
		1- 2 %	33	Baja
		< 1%	0	No deseable
4	pH de Suelo	6.5 - 8.0	100	Alta
		6.0-6.5 y 8.0-8.5	66	Media
		5.5-6.0 y 8.5 -9.0	33	Baja
		< 5.5 y > 9.0	0	No deseable
5	Abundancia de Poblaciones (Colectas)	> 7	100	Alta
		5 - 7	66	Media
		3 - 4	33	Baja
		1 - 2	0	No deseable
6	Tamaño Poblacional (Número de habitantes)	929 - 2467	100	Alta
		2468 - 4802	66	Media
		4803 - 9196	33	Baja
		9197 - 100759	0	No deseable
7	Distancia a Áreas Protegidas (km)	0 - 3	100	Alta
		3 - 10	66	Media
		10 - 20	33	Baja
		> 20	0	No deseable
8	Distancia a Núcleos Urbanos (km)	> 15	100	Alta
		10 - 15	66	Media
		5 - 10	33	Baja
		0 - 5	0	No deseable
9	Cercanía a Vías Principales (km)	> 10	100	Alta
		5 - 10	66	Media
		1 - 5	33	Baja
		0 - 1	0	No deseable

<b>10</b>	Uso de Suelo	Cultivos	100	Alta
		Pastizal	66	Media
		Zonas de vegetación	33	Baja
		Bosque natural	0	No deseable
<b>11</b>	Riesgo de Inundaciones	Sin riesgo	100	Alta
		Baja	66	Media
		Media	33	Baja
		Alta	0	No deseable
<b>12</b>	Riesgo Volcánico	Sin riesgo	100	Alta
		Baja	66	Media
		Media	33	Baja
		Alta	0	No deseable

- c) **Evaluación multicriterio.**- Con la definición de los criterios y las preferencias en sus diferentes niveles, se procedió a realizar la evaluación de las celdas con base a los 12 criterios. Para esto se empleó el método de la suma ponderada, mediante la fórmula empleada por Tapia (2015):  $M = \sum_{i=1}^n A_i W_i$

Siendo:  $A_i$  = La capa del criterio

$W_i$  = El peso de cada criterio

$n$  = La cantidad de los criterios considerados.

Considerando que todos los criterios son equivalentes en importancia, se estableció igualdad de peso para cada uno de los criterios seleccionados. En la Figura 6 se demuestra el esquema de proceso metodológico para la determinación de las zonas de conservación.

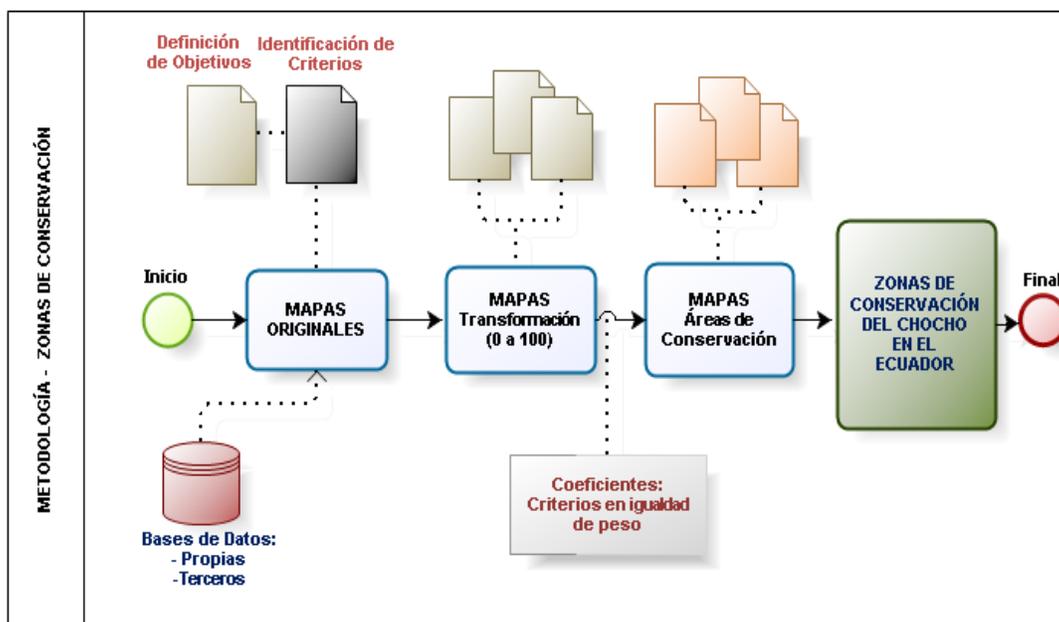


Figura 6. Metodología para definir zonas de conservación del chocho

### 3.3.3 Fase III: Estrategias de conservación en finca para el cultivo del chocho en la Ecuador, como recurso biológico alimentario

Con la información que se generó en la fase II, se plantearon estrategias de conservación para el chocho, las cuales están alineadas al Título II “De la Agrobiodiversidad en lo relativo a los recursos fitogenéticos para la alimentación y la Agricultura” establecido en la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (LOASFAS, 2017), en lo referente al fomento y promoción de la conservación y uso de los recursos fitogenéticos para la alimentación y agricultura, producción de semilla de calidad y fomento de agricultura sustentable.

### 3.4 Consideraciones bioéticas

Para la realización de la presente investigación, en aplicación de los principios de autonomía, beneficio, no maleficencia y justicia, de la información dispuesta por el Banco

de Germoplasma del INIAP, se procesaron y analizaron los datos de manera ética para caracterizar ecogeográficamente, identificar las zonas de conservación y plantear estrategias de conservación del chocho, lo que ha permitido generar información en beneficio de los recursos fitogenéticos, a favor de contribuir a la soberanía y seguridad alimentaria del Ecuador.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Determinación ecogeográfica del chocho

Luego de realizar el análisis estadístico de las variables climáticas, edáficas y geofísicas seleccionadas, a continuación se detallan los resultados de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las variables priorizadas de las 218 accesiones de chocho colectadas en el Ecuador.

##### 4.1.1 *Características bioclimáticas*

**4.1.1.1 Precipitación.** Se identificó que a nivel de características de precipitación, la colección nacional de chocho presenta una media de 38.28 mm de la estacionalidad en la precipitación, con un mínimo de 15 mm y un máximo de 101 mm, coeficiente de variación del 29.01%, lo que se puede observar en la Tabla 8.

Para la precipitación anual se tiene una media de 775.79 mm con un mínimo de 524 mm y un máximo de 1768 mm (Tabla 8), estos valores indican que los rangos de precipitaciones anuales en los sitios de recolección de las accesiones de chocho, disponen de suficiente humedad para el desarrollo del cultivo; comparado con lo expuesto por Huaraca (2011) menciona que el cultivo de chocho no requiere de mayores precipitaciones para su ciclo, siendo el requerimiento de aproximadamente 300 mm, estas plantas disponen de mecanismos que les permiten tolerar y resistir épocas de sequía, siendo una ventaja para su desarrollo frente al cambio climático (Basantes, 2015).

La precipitación del cuarto más húmedo tiene una media de 290.11 mm, con un mínimo de 179 mm y un máximo de 953 mm. La precipitación del cuarto más frío tiene una media de 111.94 mm, con un mínimo de 44 mm y un máximo de 831 mm. La precipitación del cuarto más seco tiene una media de 100.88 mm, con un mínimo de 14 mm y un máximo de

268 mm. La precipitación media de octubre tiene una media de 72.02 mm, con un mínimo de 29 y un máximo de 108 mm (Tabla 8) este representa el más bajo de las precipitaciones, a tomarlo en cuenta para cuando el cultivo demanda de mayor cantidad de agua que es la etapa de floración y fructificación (Caicedo y Peralta, 2000).

**Tabla 8**

*Caracterización Ecogeográfica - Caracteres Cuantitativos Bioclimáticos de Precipitación*

<b>Variables Bioclimáticas (precipitación)</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Precipitación anual (mm)	775.79	175.99	22.68	524	1768
Precipitación promedio de octubre (mm)	72.02	16.42	22.8	29	108
Precipitación del cuarto más húmedo (mm)	290.11	81.98	28.26	179	953
Estacionalidad en la precipitación (mm)	38.28	11.1	29.01	15	101
Precipitación del cuarto más seco (mm)	100.88	35.74	35.43	14	268
Precipitación del cuarto más frío (mm)	111.94	68.51	61.21	44	831

**4.1.1.2 Temperatura.** El rango de temperatura anual presenta una media 12.3°C, con un mínimo de 10°C y un máximo de 16.1°C, coeficiente de variación de 10.48%, estando dentro del rango de temperatura recomendado para el cultivo siendo este de 7 a 14°C de acuerdo a lo mencionado por Peralta et al. (2014), lo que se puede observar en la Tabla 9.

Las temperaturas máximas de noviembre, febrero y julio, presentan una media de 17.53°C, 16.92°C y 16.14°C, con un mínimo de 11.3°C, 10.5°C y 9.5°C, un máximo de 24°C, 22.7°C y 24.1°C. Las temperaturas mínimas de febrero y marzo presentan una media de 6.41°C y 6.59°C, con un mínimo de 1.6°C y 1.8°C, máximo de 12.1°C y 12.1°C. Por otro lado las temperaturas promedio anual y del cuarto más húmedo, presentan una media de 11.48°C y 11.61°C, con un mínimo de 6.1°C y 6.1°C, máximo de 17.4°C y 17.1°C (Tabla 9). Estos datos de temperatura permiten deducir que el chocho está desarrollándose adecuadamente a temperaturas superiores a los 0°C, lo que disminuye a posibles daños

causados por heladas, sin dejar de lado que las heladas por temperaturas menores a 0°C, podrían afectar tanto en la etapa de crecimiento como en desarrollo (Peralta et al., 2014).

**Tabla 9**

*Caracterización Ecogeográfica - Caracteres Cuantitativos Bioclimáticos de Temperatura*

<b>Variables Bioclimáticas (temperatura)</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Rango de temperatura anual (°C)	12.3	1.29	10.48	10	16.1
Temperatura máxima de noviembre (°C)	17.53	2.76	15.74	11.3	24
Temperatura máxima de febrero (°C)	16.92	2.77	16.4	10.5	22.7
Temperatura máxima de julio (°C)	16.14	2.91	18.02	9.5	24.1
Temperatura promedio anual (°C)	11.48	2.43	21.17	6.1	17.4
Temperatura promedio del cuarto más húmedo (°C)	11.61	2.46	21.18	6.1	17.1
Temperatura mínima de marzo (°C)	6.59	2.21	33.55	1.8	12.1
Temperatura mínima de febrero (°C)	6.41	2.28	35.63	1.6	12.1

#### **4.1.2 Características geofísicas**

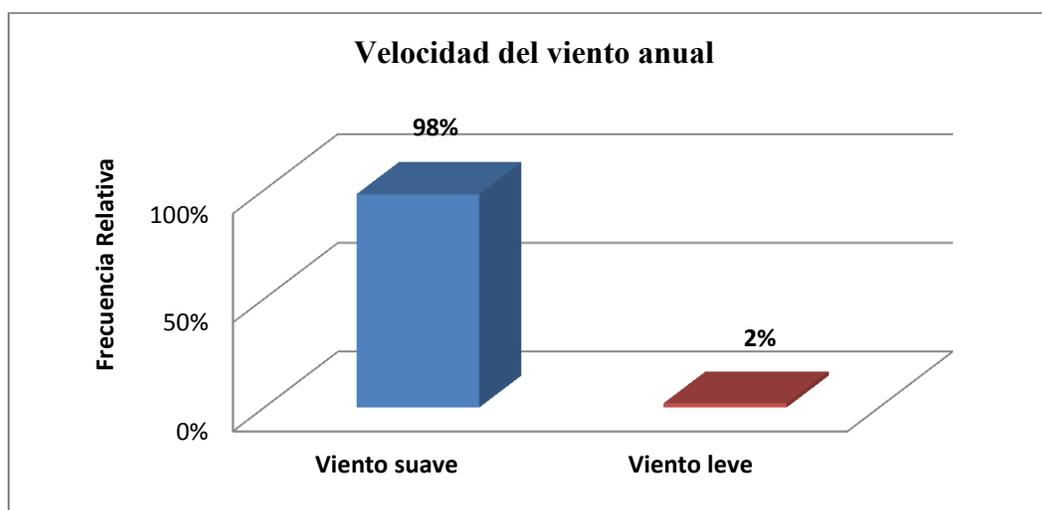
Dentro de las variables geofísicas, se observa una altitud media de 3053.02 msnm, con un mínimo de 2002 msnm y un máximo de 3928 msnm (Tabla 10), estos rangos de altitud corroboran lo expuesto por Jacobsen y Mujica (2006) quienes mencionan que las condiciones de altitud para el del cultivo de chocho están comprendidas en un rango entre 2000-3850 msnm, rangos dentro de los cuales se distribuye el chocho a nivel del país.

Referente a la pendiente se presenta una media de 2.85°, con una mínima de 0.5° y una máxima de 7.6°, coeficiente de variación de 43.25%, que indica una dispersión alta de esta variable, como consecuencia de la variabilidad topográfica predominante en la región sierra del Ecuador. En cuanto a la radiación se tiene una media de 14342.84 MJ m<sup>-2</sup>, con un mínimo de 12794.25 MJ m<sup>-2</sup> y un máximo de 16194.58 MJ m<sup>-2</sup> (Tabla 10).

**Tabla 10***Caracterización Ecogeográfica – Caracteres Cuantitativos Geofísicos*

<b>Variables Geofísicas</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Radiación anual (MJ m <sup>-2</sup> )	14342.84	724.97	5.05	12794.25	16194.58
Altitud (m)	3053.02	410.71	13.45	2002	3928
Pendiente (°)	2.85	1.23	43.25	0.5	7.6

La variable geofísica cualitativa de velocidad del viento anual, indica que el 98% (214) de las accesiones de chocho están presentes en agroecosistemas ubicados en zonas bajo la presencia de vientos suaves (entre 7 a 12 km/h) y el restante en zonas bajo presencia de vientos leves (entre 13 a 18 km/h) (Figura 7), rangos bajos que permiten que las plantas se desarrollen si mayores inconvenientes de volcamiento, en consideración de la estructura leñosa del tallo (Mujica y Moscoso, 2018) y su raíz gruesa y pivotante que mantienen su estabilidad; además los efectos positivos de presencia de estos vientos se pueden relacionar con el transporte de polen y la diseminación de semillas (Golberg, 2010).

**Figura 7.** Variable bioclimática cualitativa, categorías de la velocidad del viento anual

### 4.1.3 Características edáficas

Dentro de las variables edáficas en cuanto al contenido de arena en el subsuelo, se observa una media de 52.95%, con un mínimo de 43% y un máximo de 70%. En el contenido de arena en suelo superficial se tiene una media de 56.16% con un mínimo de 40% y un máximo de 69% (Tabla 11). Estos porcentajes se relacionan a lo mencionado por García y Schalatter (2012) quienes indican que los suelos estudiados de la región interandina tienen un mayor contenido de arena.

Por otro lado, Jacobsen y Mujica (2006) indican que los suelos que requiere el cultivo del chocho son francos y franco arenosos, lo que estaría representándose en los porcentajes medios del contenido de arena en el subsuelo y en el suelo superficial descritos anteriormente. El contenido de grava en suelo superficial tiene una media de 1.58%, con un mínimo de 0% y un máximo de 28%.

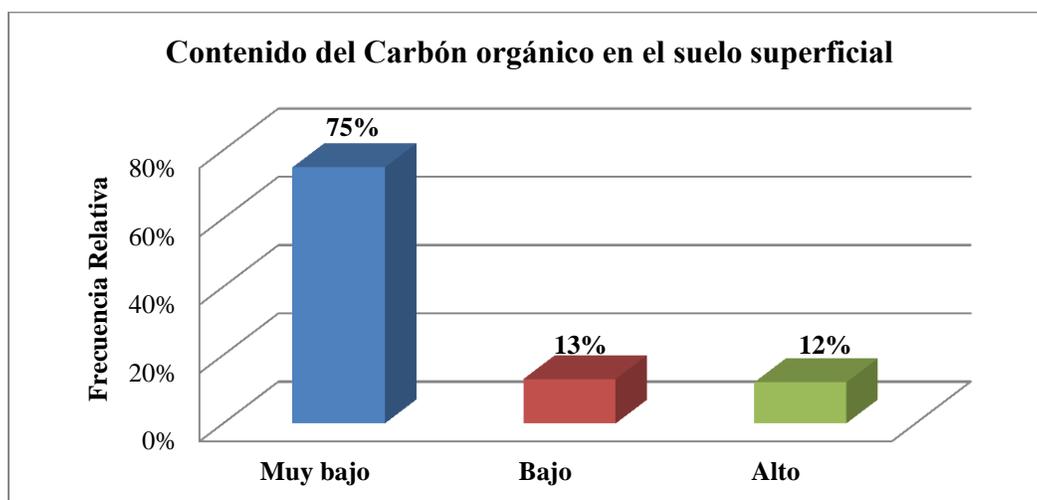
**Tabla 11**

*Caracterización Ecogeográfica – Caracteres Cuantitativos Edáficos*

<b>Variables Edáficas</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Contenido de arena en suelo superficial (%peso)	56.16	6.46	11.5	40	69
Contenido de arena en subsuelo (% peso)	52.95	6.95	13.13	43	70
Contenido de grava en suelo superficial (% vol)	1.58	4.66	295.59	0	28

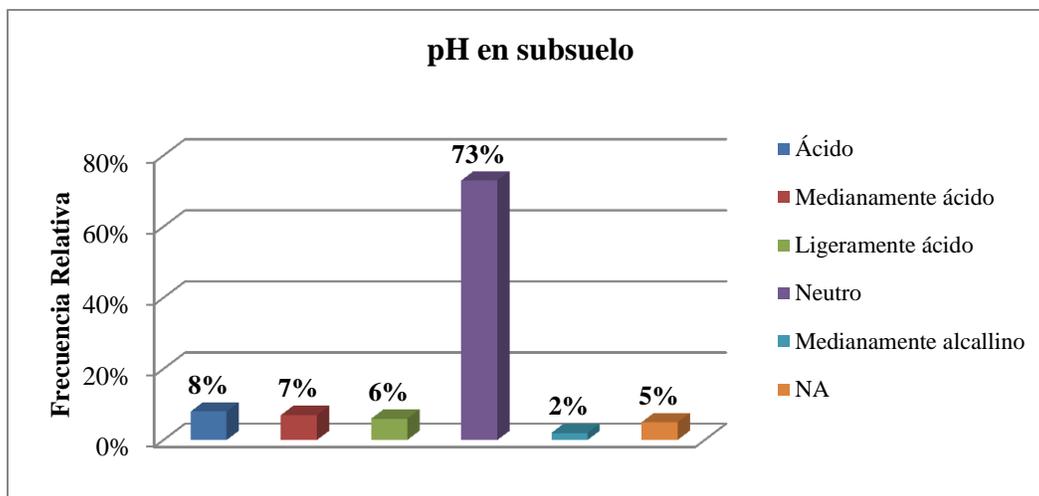
Respecto al contenido de Carbón orgánico en el suelo superficial, el 75 % (163) de las accesiones de chocho están ubicadas en zonas con muy bajo contenido ( $\leq 1,2\%$ ), el 13% (28) de accesiones están ubicadas en un contenido bajo (1.3% a 2.8%), mientras que el 12% (27) de accesiones se encuentran en zonas con un alto contenido de carbón orgánico; lo que se puede visualizar en la Figura 8. Esto permite determinar que la mayoría de las accesiones se están desarrollando en suelos con bajo contenido de carbón orgánico (materia orgánica)

en concordancia con lo expuesto por Basantes (2015) que indica que el chocho se adapta bien a suelos pobres y marginales, con pocas posibilidades productivas.



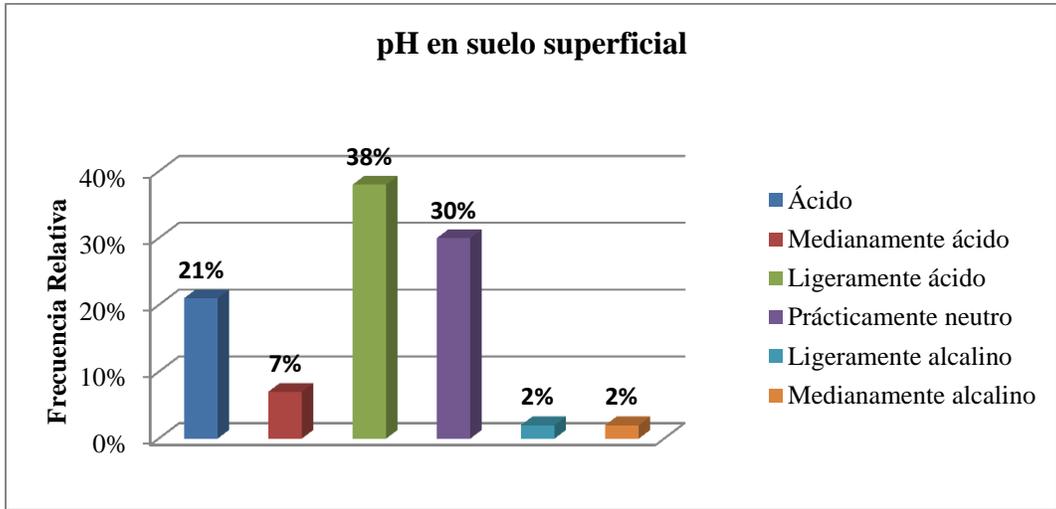
**Figura 8.** Variable edáfica cualitativa, categorías de contenido de carbón orgánico en el suelo superficial.

La variable de pH en subsuelo, presenta el 73% (159) de accesiones de chocho ubicadas en zonas con pH neutro (de 7 a 7.5), el 8% (17) de accesiones en pH ácido (de 5 a 5.5), el 7% (15) de accesiones en pH medianamente ácido (de 5.5 a 6), el 6% (12) de accesiones en pH ligeramente ácido (de 6 a 6.5), el 2% (4) de accesiones en pH medianamente alcalino (de 8 a 8.5), mientras que el 5% (11) de accesiones no se dispuso de esta información; lo que se puede visualizar en la Figura 9. Estos resultados coinciden con lo indicado por Caicedo y Peralta (2001) quienes exponen que el cultivo del chocho se adapta bien a suelos con pH de 5.5 a 7.6, teniendo de esta manera que la mayor parte de las accesiones de chocho en estudio, están desarrollándose en un pH neutro.



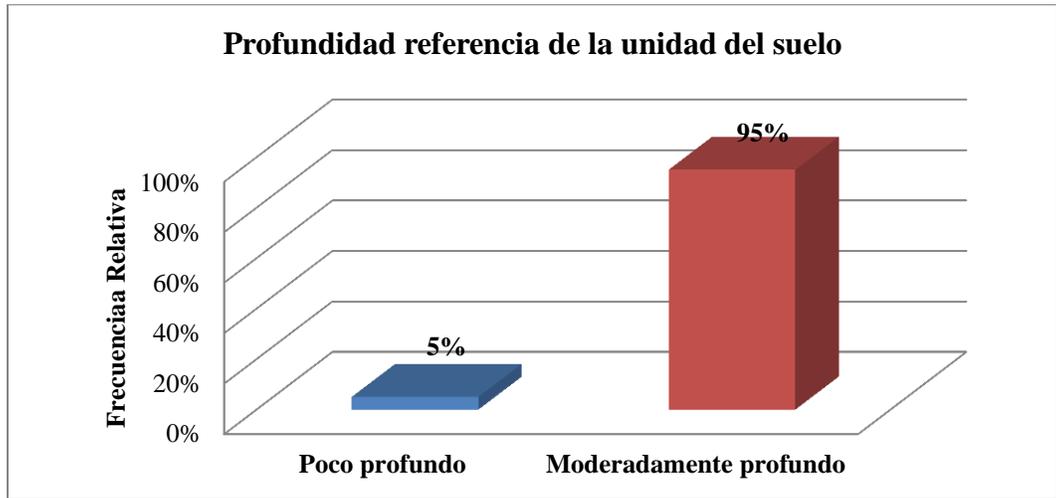
**Figura 9.** Variable edáfica cualitativa, categorías de pH en subsuelo

La variable edáfica de pH en suelo superficial, presenta como resultado que el 38% (83) de accesiones de chocho se ubican en zonas con pH ligeramente ácido (de 6 a 6.5), el 30% (65) de accesiones en pH prácticamente neutro (de 6.5 a 7), el 21% (46) de accesiones en pH ácido (de 5 a 5.5), el 7% (16) de accesiones en pH medianamente ácido (de 5.5 a 6), el 2% (4) de accesiones en pH ligeramente alcalino (de 7.5 a 8) y el 2% (4) de accesiones en pH medianamente alcalino (de 8 a 8.5); lo que se puede visualizar en la Figura 10. De igual manera en suelo superficial se observa que las accesiones de chocho se mantienen dentro del rango de pH recomendado para su desarrollo, considerando para este caso, que la mayor parte de accesiones se están desarrollando en un pH ligeramente ácido.



**Figura 10.** Variable edáfica cualitativa, categorías de pH en suelo superficial.

La variable edáfica de la profundidad referencia de la unidad del suelo, indica como resultado el 95% (207) de accesiones de chocho ubicadas en zonas de suelos moderadamente profundos (51 a 100 cm), mientras que el 5 % (11) de accesiones se ubican en suelos pocos profundos (21 a 50 cm); lo que se puede visualizar en la Figura 11.



**Figura 11.** Variable edáfica cualitativa, categorías de profundidad del suelo.

#### 4.1.4 Análisis de conglomerados para variables ecogeográficas

El análisis de conglomerados definió la conformación de tres grupos o clusters, con un coeficiente de correlación cofenética de 0.70, valor que refleja una buena agrupación (Figura 12).

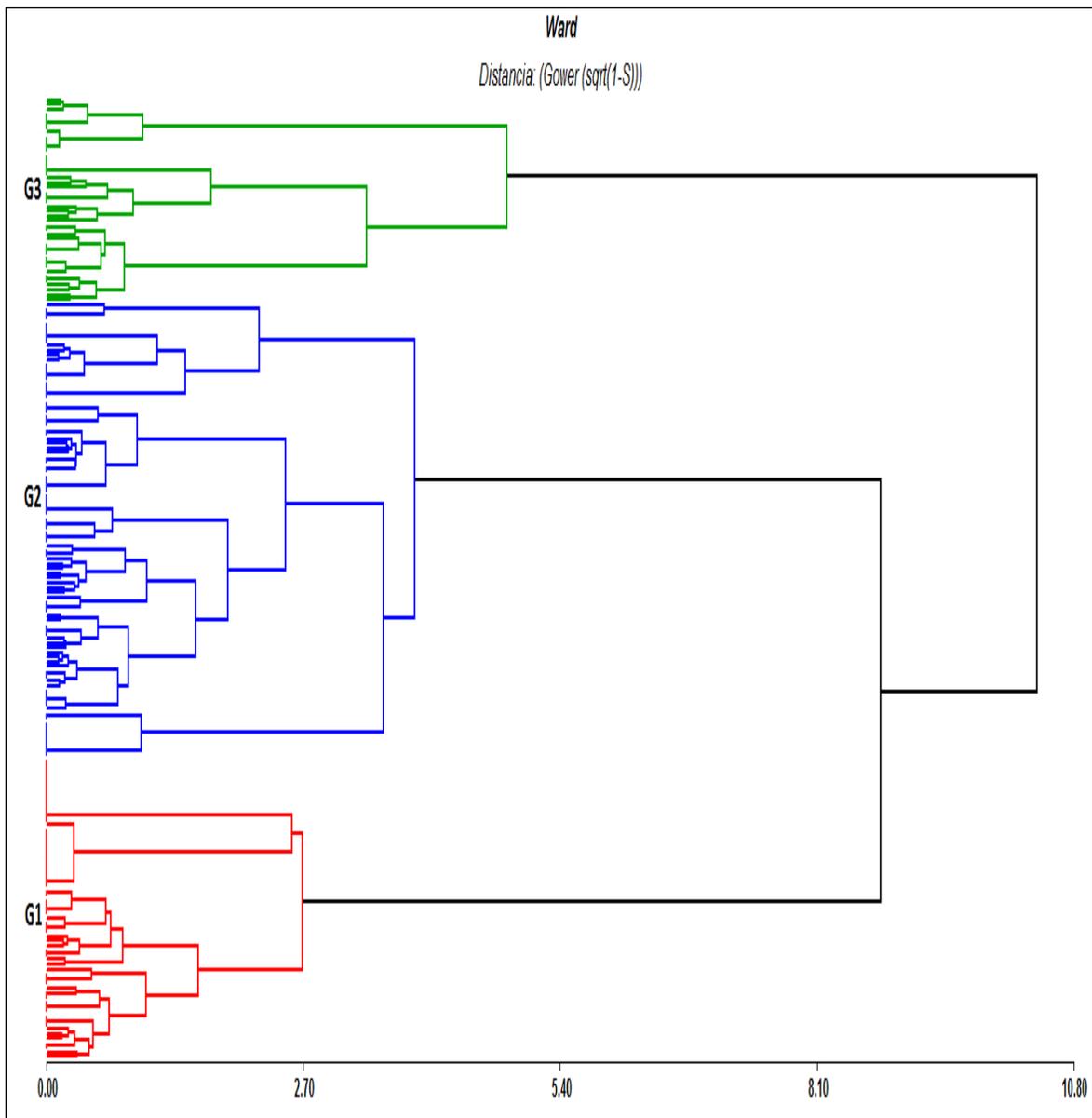
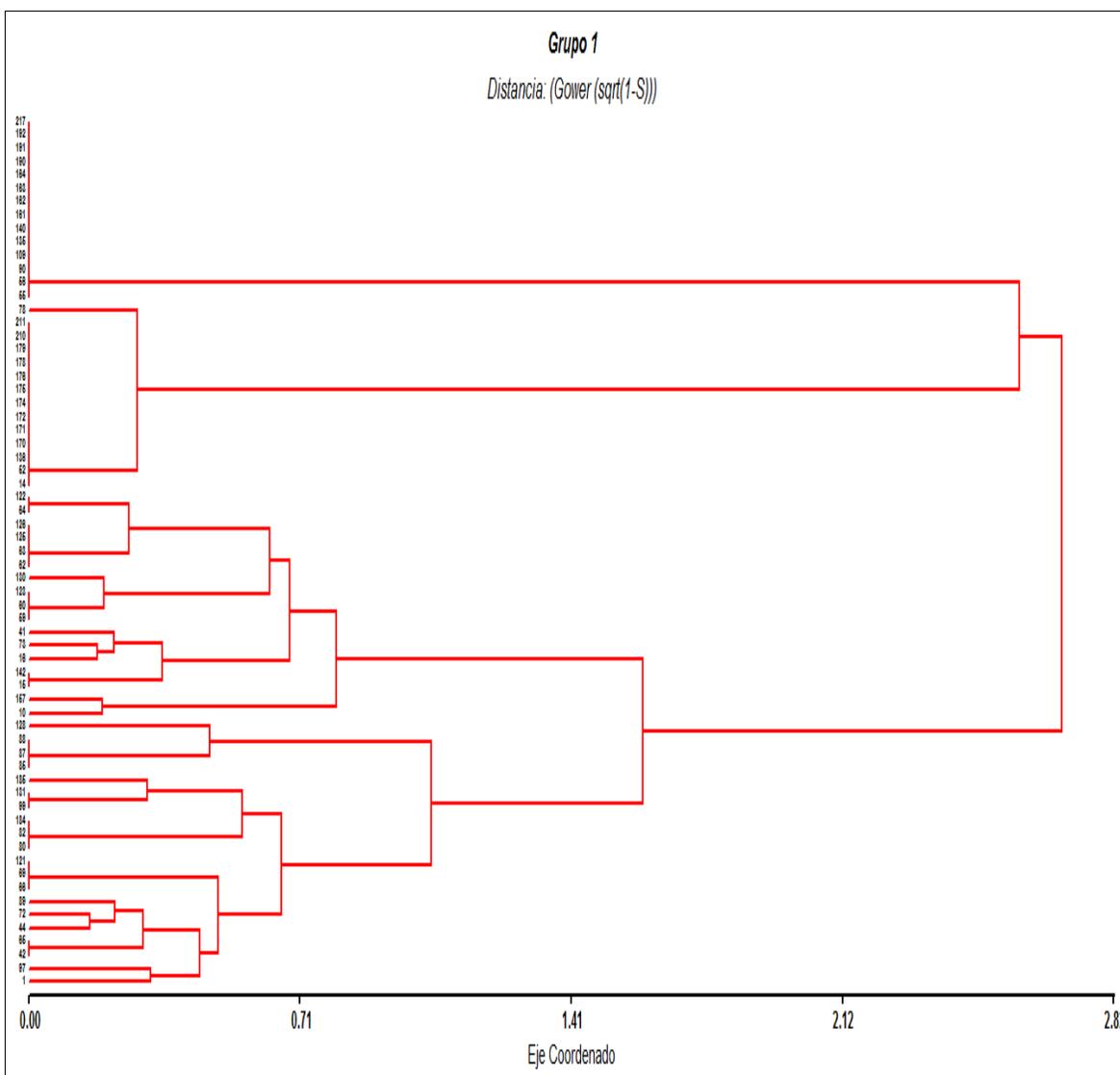


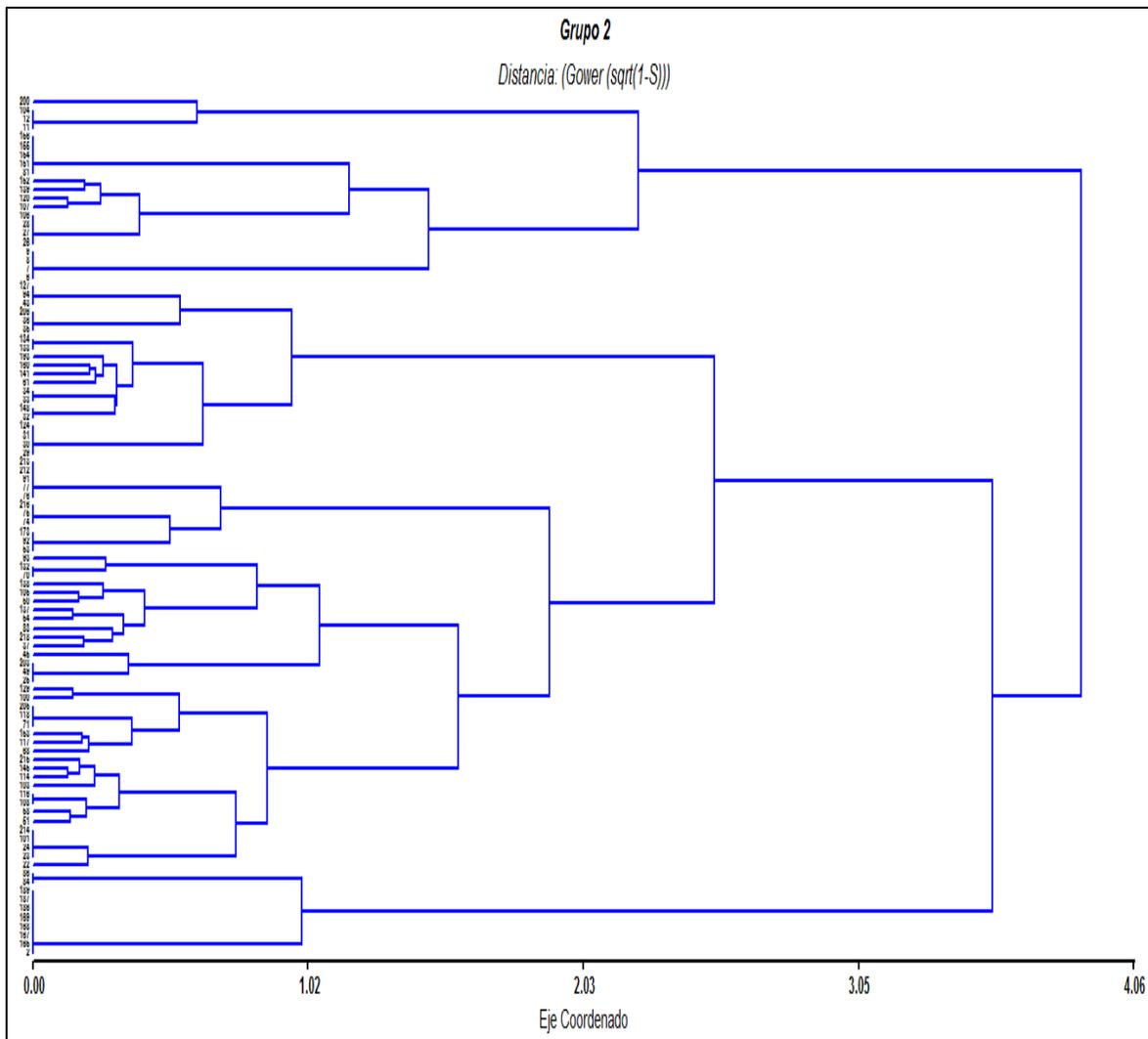
Figura 12. Dendrograma conformado por 3 clusters mediante el método de Ward.

El grupo 1 está integrado por 65 accesiones de chocho (Figura 13). Este grupo se caracteriza porque las accesiones se desarrollan en condiciones de pH de suelo superficial prácticamente neutro de 6.5 a 7, pH en subsuelo neutro de 7 a 7.5, además de presentar un contenido de carbón orgánico en suelo superficial muy bajo ( $\leq 1.2\%$ ), con una profundidad de suelo moderadamente profundo de 51 a 100, presencia de vientos anuales con velocidad suave (7-12 km/h) y leve (13-18 km/h), temperatura promedio anual de 10.8°C y precipitación anual promedio de 702 mm.



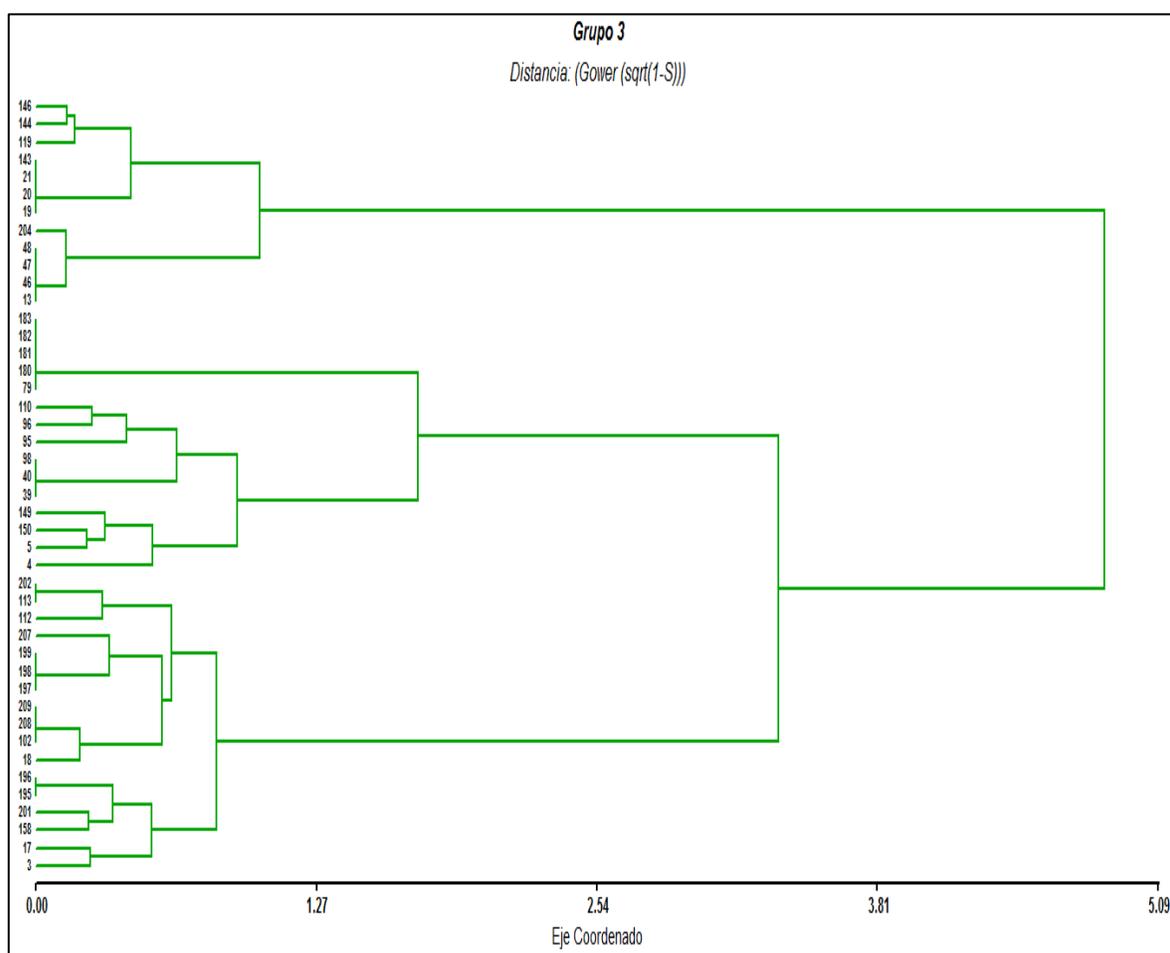
**Figura 13.** Cluster Nro. 1 conformado por 65 accesiones.

El grupo 2 está integrado por 98 accesiones de chocho (Figura 14), Este grupo se caracteriza por que las accesiones se desarrollan en condiciones de pH de suelo superficial en las categorías ácido (5-5.5), medianamente ácido (5.5-6), ligeramente ácido (6-6.5) y ligeramente alcalino, (7.5-8), pH en subsuelo de categorías neutro (7-7.5) y medianamente alcalino (8-8.5), contenido de carbón orgánico en suelo superficial muy bajo ( $\leq 1.2\%$ ), profundidad de suelo moderadamente profundo (51-100 cm), presencia de viento anual de velocidad suave (7-12 km/h), temperatura promedio anual de 11.8°C y precipitación anual promedio de 767.2 mm.



**Figura 14.** Cluster Nro. 2 conformado por 98 accesiones.

El grupo 3, está integrado por 44 accesiones (Figura 15), Este grupo se caracteriza porque las accesiones se desarrollan en condiciones de pH de suelo superficial en las categorías ácido (5-5.5), medianamente ácido (5.5-6) y prácticamente neutro (6.5-7), pH en subsuelo en las categorías ácido (5-5.5), medianamente ácido (5.5-6) y ligeramente ácido (6-6.5), contenido de carbón orgánico en suelo superficial bajo (1.3-2.8%) y alto (4.7-7.8%), profundidad de suelo moderadamente profundo (51-100 cm), presencia de viento anual con velocidades suaves (7-12 km/h), leves (13-18 km/h), temperatura promedio anual de 11.3°C y precipitación anual promedio de 848 mm.



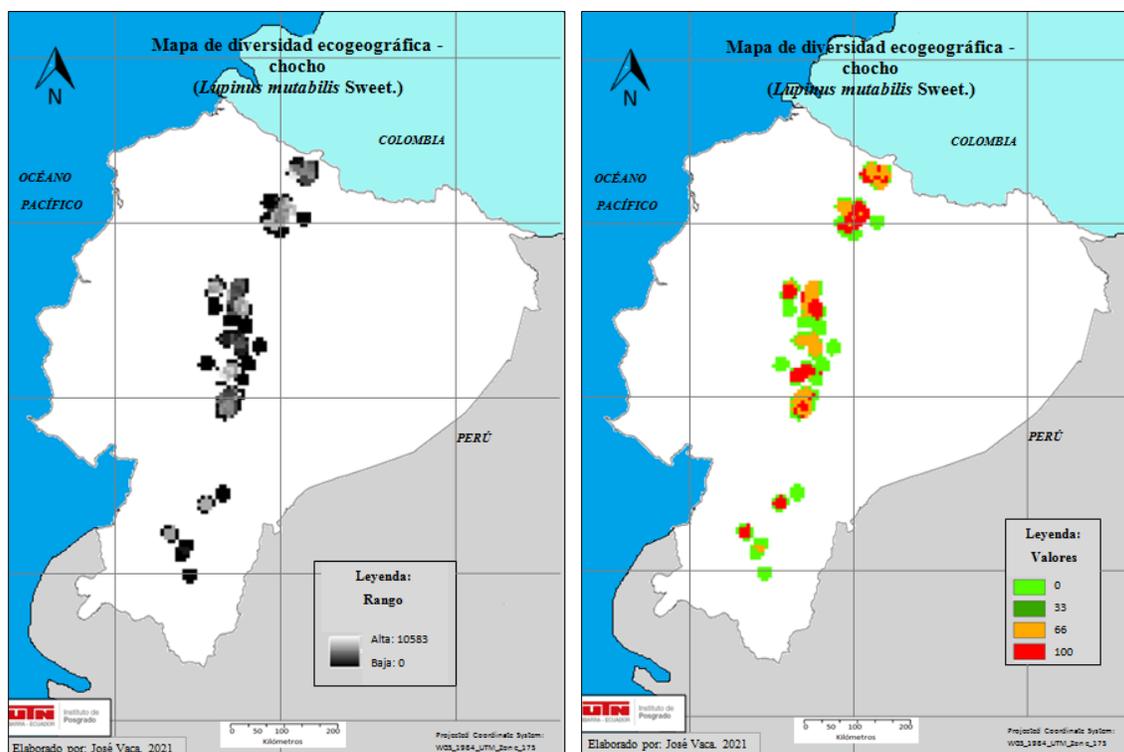
**Figura 15.** Cluster Nro.3 conformado por 44 accesiones

## 4.2 Determinación de las zonas de conservación

Considerando la igualdad de peso de los 12 criterios seleccionados, se han generado las Figuras 16 al 27, a ser detalladas a continuación las cuales incluyen mapas con los valores originales de cada criterio (mapa A) y otro que corresponde a los valores que fueron transformados a la escala de 0-100 (Mapa B) para una mejor interpretación. A partir de estos mapas generados, se pudo obtener el mapa de las áreas óptimas para la conservación de la diversidad del chocho por cada uno de los criterios evaluados.

Con respecto al criterio de la diversidad ecogeográfica, en la Figura 16 (mapa A y B) se observa como resultado los sitios de mayor diversidad ecogeográfica del chocho con rangos de preferencia alta de 7.94 a 10.58, ubicados en las provincias del Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Azuay y Loja, en estos sitios convergen la diferentes características ecogeográficas que adecuan el medio para el desarrollo y adaptación del cultivo del chocho, midiendo las diferencias que ocurren entre los escenarios adaptativos de donde provienen dichas accesiones, o en otras palabras los sitios de recolección (Parra-Quijano et al., 2015).

La preferencia media de 5.30 a 7.93 se ubica en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, mientras que la preferencia baja de 2.65 a 5.29 se ubica solamente en la provincia de Chimborazo, finalmente la preferencia no deseable de 0 a 2.64 se ubica en zonas de las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Azuay, Bolívar y Loja, localidades específicas que no han alcanzado la suficiente diversidad ecogeográfica para el chocho (Figura 16).

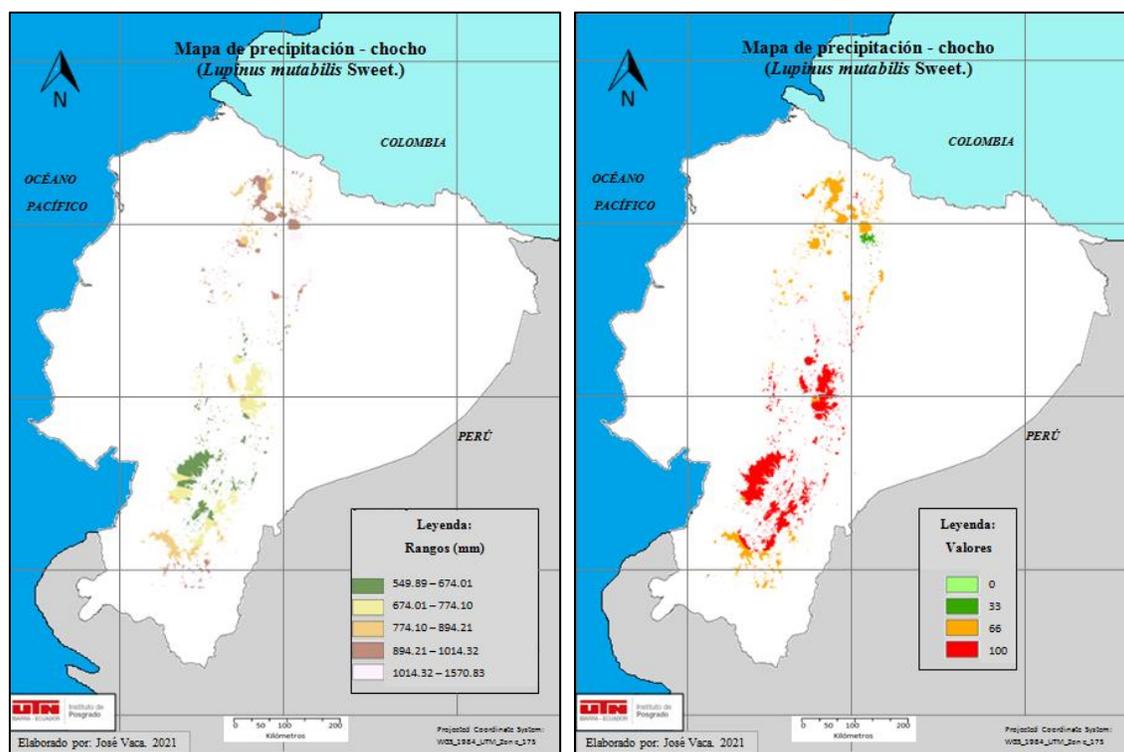


**Figura 16.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de diversidad ecogeográfica (mapa A izquierdo, mapa B derecho).

Referente al criterio de la precipitación, en la Figura 17 (mapa A y B), se puede observar como resultado que los sitios con mayor puntaje para la precipitación se encuentran ubicados en las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja con las preferencias altas de 500-700 mm de precipitación, presentes en estas zonas aunque el cultivo del chocho no demanda de mayores precipitaciones para su desarrollo, requiriendo de un mínimo de 450 mm durante el periodo vegetativo, mientras que especies de más largo periodo de crecimiento requieren 600 a 700 mm (Tapia, 2015).

Por otro lado los sitios con preferencia media de 400 a 500 mm y 700 a 900 mm se encuentran ubicados en las provincias de Imbabura, Pichincha, Napo, Loja y Cotopaxi, mientras que la preferencia baja de 300 a 400 mm y 900 a 1000 mm se ubica en la zona limítrofe entre las provincias de Pichincha-Napo y una pequeña zona en la parte noroeste de Loja, finalmente la zonas con preferencia no deseable de < 300 y > 1000 mm se ubican en

la parte centro oeste de la provincia de Cotopaxi, que representan las de menor puntaje por no disponer de precipitaciones ideales para el cultivo del chocho (Figura 17).

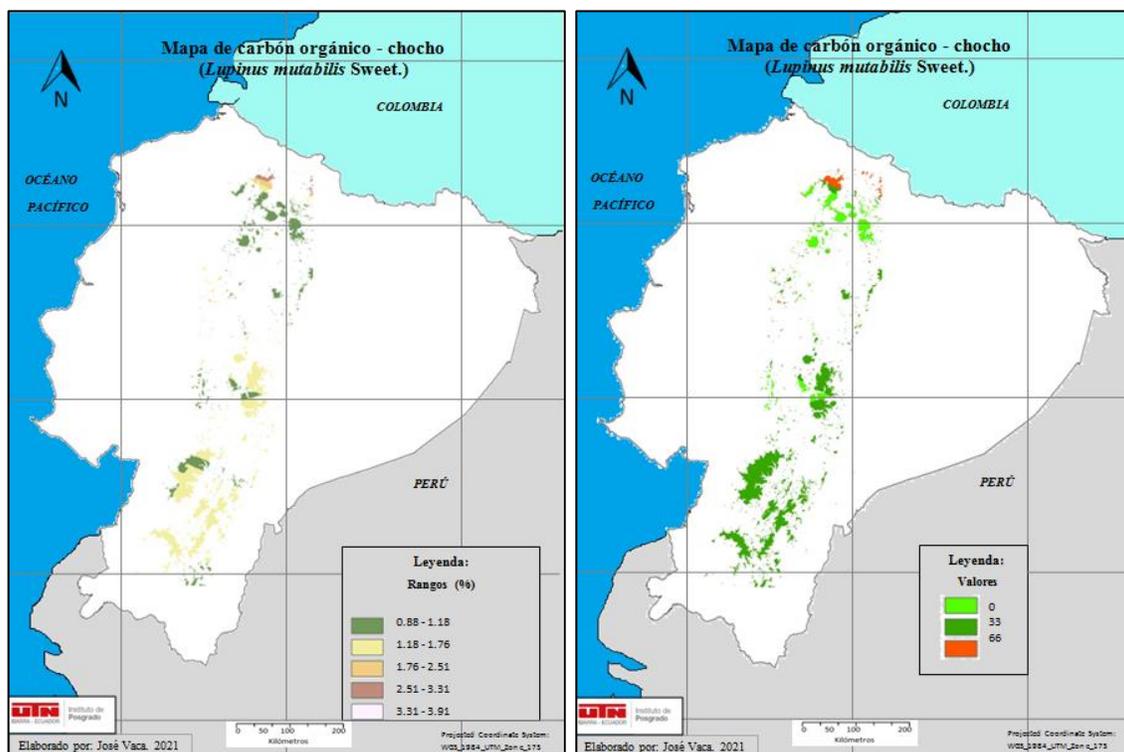


**Figura 17.** Zonas prioritarias para la conservación con base al briterio de precipitación (mapa A izquierdo, mapa B derecho)

Referente al criterio de Carbón Orgánico, en la Figura 18 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor puntaje para Carbón Orgánico se encuentran en las provincias de Imbabura, Carchi y parte de Cotopaxi con las preferencias medias presentadas de 2 a 4%, representados por las características propias de suelos andinos que son desarrollados sobre cenizas volcánicas, que ocupan más del 30% del territorio nacional aptos para el desarrollo de la actividad agrícola (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-FLACSO et al., 2008) como factor determinante para la conservación de la agrobiodiversidad.

Por otro lado sitios con rangos de 1 a 2% de Carbón Orgánico (preferencias bajas) se ubican en zonas de las provincias de Pichincha, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja,

mientras que los sitios de preferencia no deseable representados con < 1% de Carbón Orgánico se ubicaron en zonas de Imbabura, Pichincha y Chimborazo, este resultado puede ser como consecuencia de la problemática existente de erosión de los suelos agrícolas en laderas de la sierra ecuatoriana (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] y Corporación Andina de Fomento [CAF], 2006), (Figura 18).

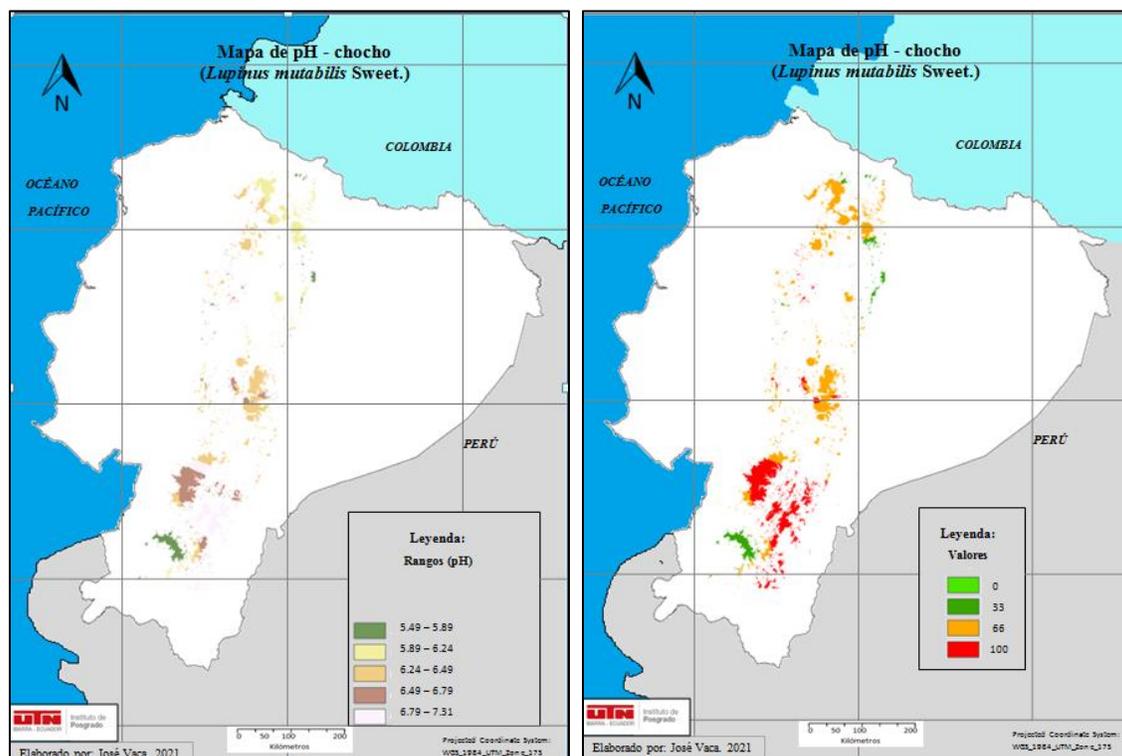


**Figura 18.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de carbón orgánico (mapa A izquierdo, mapa B derecho)

Referente al criterio de pH del suelo, en la Figura 19 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor puntaje para pH se encuentran en las provincias de Loja, Azuay, Cañar y Chimborazo con preferencias altas de rangos de pH de 6.5 a 8, que forma parte de la recomendación para el cultivo del chocho, siendo este del rango comprendido entre 5.5 a 7 (Peralta et al., 2014).

Los sitios ubicados con preferencias medias en rangos de pH de 6.0-6.5 y 8.0-8.5, se localizan en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja,

seguidamente se ubican los sitios con preferencia baja en rangos de 5.5-6.0 y 8.5-9.0 en las provincias de Loja, Napo, Carchi e Imbabura, mientras que los de menor puntaje con preferencia no deseable se ubican en zonas de las provincias de Cotopaxi y Bolívar debido a la presencia de pH comprendido en rangos de  $< 5.5$  y  $> 9.0$  siendo estos valores demasiado ácidos y demasiado alcalinos para el desarrollo del cultivo (Figura 19).

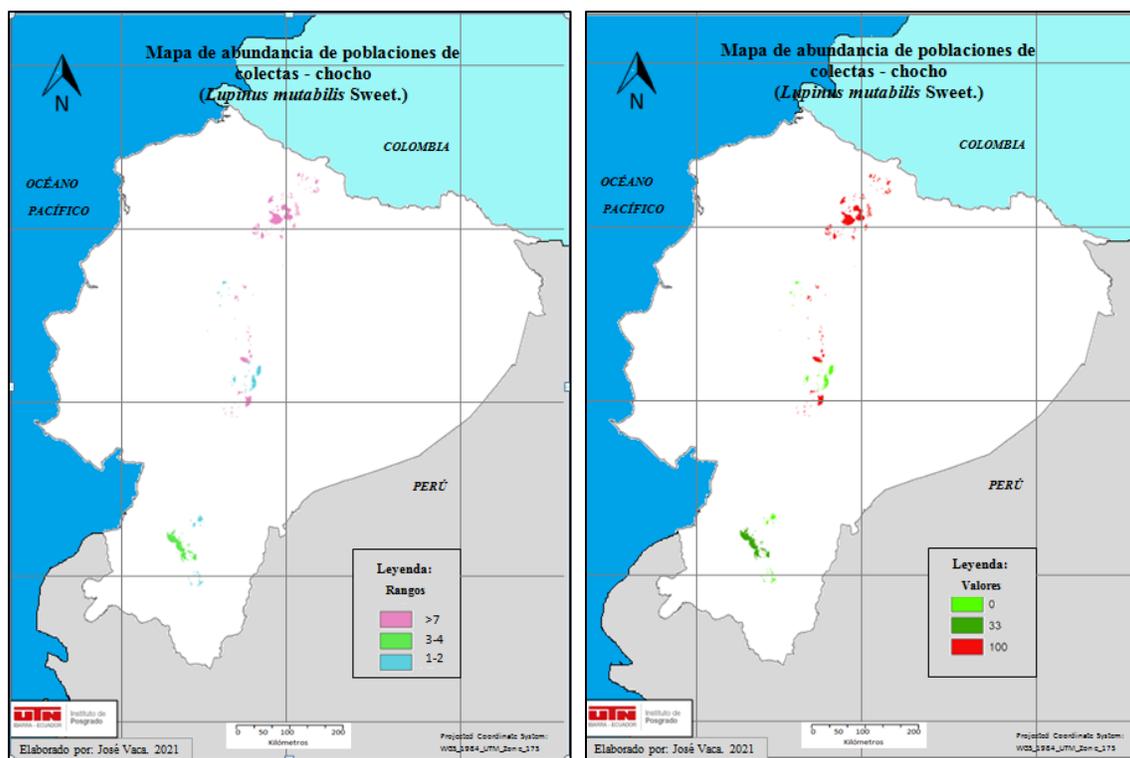


**Figura 19.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de pH (mapa A izquierdo, mapa B derecho)

Referente al criterio de poblaciones de las colectas, en la Figura 20 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor abundancia de colectas de preferencia alta, se encuentran en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, representando en conjunto en estas provincias el 86% del total de las accesiones en estudio, con la importancia que tienen las grandes poblaciones de colectas para facilitar su incremento y la sobrevivencia para mantener la diversidad genética indefinidamente (tamaño poblacional efectivo) (Baena et al., 2003, p), además estas

provincias forman parte de la zonificación de los centros de producción de chocho identificados por Caicedo y Peralta (2000).

Por otro lado, los sitios de preferencia baja se ubican en la provincia de Loja, mientras que los sitios de preferencia no deseable se ubican en zonas de las provincias de Azuay, Cotopaxi, Chimborazo y Napo por tener una menor representación de colectas (Figura 20).



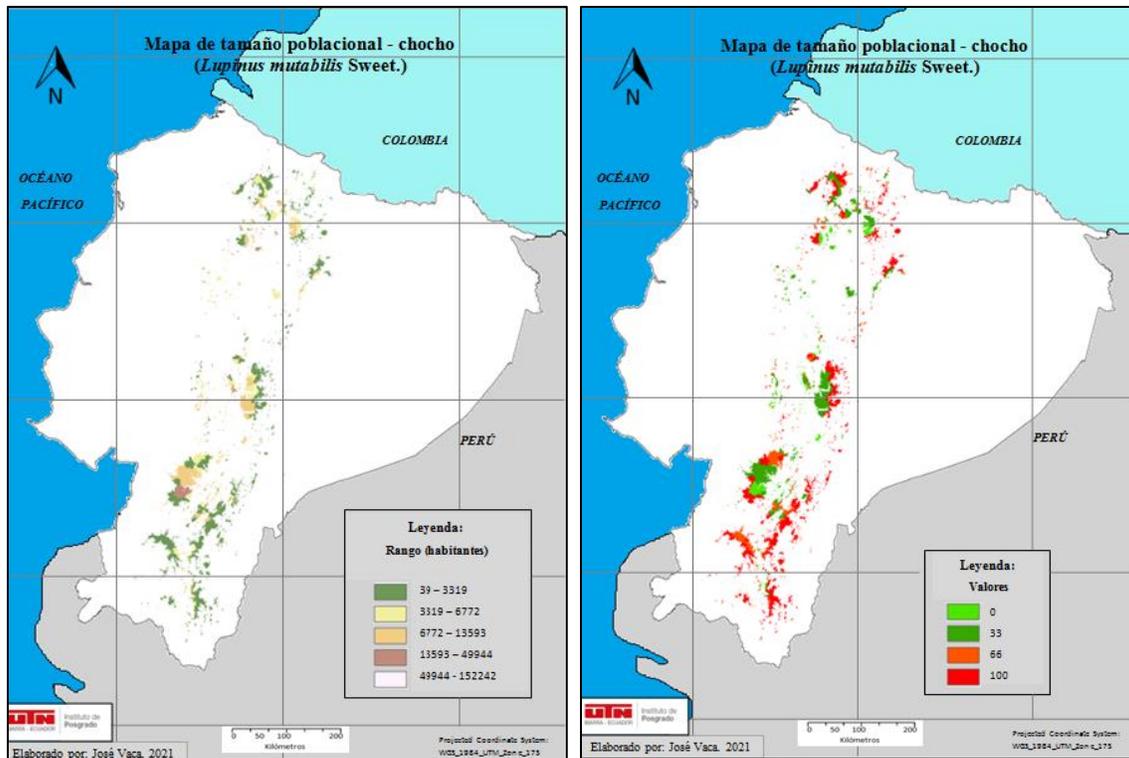
**Figura 20.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de poblaciones de colectas (mapa A izquierdo, mapa B derecho)

Referente al criterio del tamaño poblacional de habitantes, en la Figura 21 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor puntaje para tamaño poblacional, se encuentran en las provincias de: Imbabura dentro del cantón Otavalo en las parroquias Quichinche, Eugenio Espejo, González Suárez, en el cantón Cotacachi en las parroquias Peñaherrera, Cuellaje, Apuela y en el cantón Urcuquí en las parroquias Cahuasquí y Buenos Aires.

Así mismo destaca la provincia de Pichincha dentro del cantón Quito en la parroquia Lloa y en el cantón Pedro Moncayo en la parroquia Tocachi; en la provincia de Chimborazo en el cantón Guano parroquia Santa Fe de Galán, en el cantón Penipe parroquias el Altar y Matus, en el cantón Riobamba parroquia Pungalá; en la provincia de Cañar en el cantón Cañar parroquia San Antonio, en el cantón Biblián parroquia Jerusalén; en la provincia de Azuay en el cantón Santa Isabel parroquia Shaglli, en el cantón Cuenca parroquia Chaucha, en el cantón San Fernando parroquia San Fernando, en el cantón Nabón parroquia las Nieves, en el cantón Sigsig parroquia Cuchil, en el cantón el Pan parroquia San Vicente (Figura 21)

En la provincia de Loja en el cantón Loja parroquias Gualal y Chuquiribamba, en el cantón Catamayo parroquia Guayquichuma, en el cantón Olmedo parroquia la Tingue, en el cantón Saraguro parroquia Urdaneta, en el cantón Quilanga parroquia Quilanga y en el cantón Gonzanamá parroquia Changaimina; en la provincia de Napo dentro del cantón el Chaco parroquia Linares, en el cantón Quijos parroquia Sumaco y en el cantón Archidona parroquia Cotundo, considerando la preferencia alta de 929 a 2467 habitantes, siendo el incremento del tamaño poblacional un factor de presión demográfica, que puede contribuir a la pérdida de la variabilidad genética de una especie cuando por cambios de hábitos alimenticios se sustituyen variedades locales por variedades modernas (Tapia et al., 2008), (Figura 21).

Los sitios de preferencia media de 2468 a 4802 habitantes se encuentran ubicados en zonas de las provincias de Imbabura, Cañar y Carchi, mientras que los sitios con preferencias bajas de 4803 a 9196 habitantes están ubicados en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Azuay, Loja y Napo; finalmente los sitios con el menor puntaje de preferencia no deseable de 9197 a 100759 habitantes se ubican en zonas de las provincias de Azuay, Chimborazo, Bolívar, Pichincha e Imbabura (Figura 21).



**Figura 21.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de tamaño poblacional–habitantes (mapa A izquierdo, mapa B derecho).

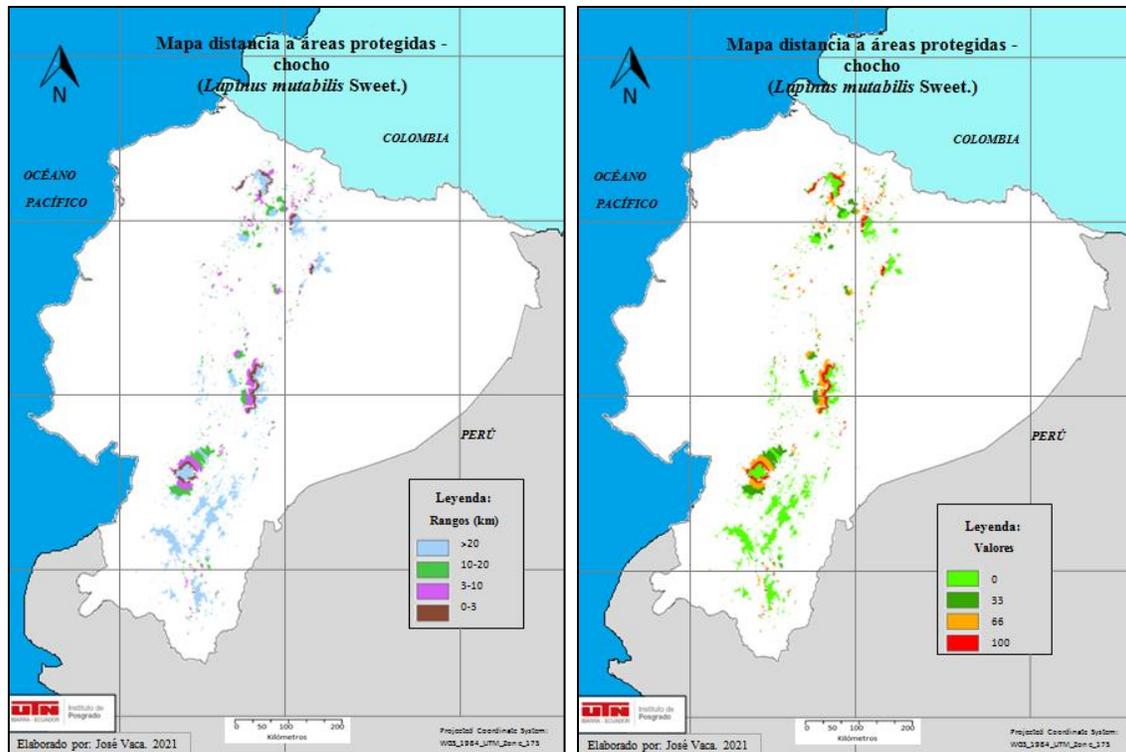
Referente al criterio de distancias de áreas protegidas, en la Figura 22 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor puntaje en distancia de áreas protegidas, se encuentran en las provincias de Azuay dentro del cantón Cuenca parroquia Sayausí y San Joaquín; en la provincia de Chimborazo en el cantón Guamote parroquia Cebadas, en el cantón Riobamba parroquias Pungalá y Quimiag, cantón Chambo parroquia Chambo, en el cantón Penipe parroquia La Candelaria; en la provincia de Imbabura en el cantón Cotacachi parroquias Peñaherrera, Cuellaje, Imantag, Quiroga y Plaza Gutiérrez.

En la provincia de Pichincha en el cantón Quito parroquia Calacalí, en el cantón Cayambe parroquias Ayora, Olmedo y Cayambe; en la provincia de Napo en el cantón Quijos parroquia Sumaco y en el cantón Archidona parroquia Cotundo, considerando la preferencia alta de 0 a 3 km, siendo estos sitios estratégicos al estar influenciadas por las zonas de áreas protegidas, que permiten conservar por tiempo indefinido la diversidad

biológica y otros recursos naturales, al igual que las características culturales asociadas a ellos (Baena et al., 2003).

En este sentido las áreas protegidas cerca de los sitios mencionados con mayor preferencia son el Parque Nacional Cajas y el Área Nacional de Recreación Quimsacocha en la Provincia de Azuay, en la provincia de Chimborazo el Parque Nacional Sangay, en la provincia de Imbabura la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, en la Provincia de Pichincha la Reserva Geobotánica Pululahua, finalmente en la provincia de Napo el Parque Nacional Sumaco, Reserva Ecológica Antisana y la Reserva Ecológica Cayambe Coca (Ministerio del Ambiente [MAE], 2015), áreas protegidas fundamentales para la conservación de plantas silvestres afines a las cultivadas.

Los sitios con preferencias medias a distancias de 3 a 10 km se ubican en las provincias de Chimborazo, Azuay e Imbabura, mientras que los sitios con preferencias bajas con distancias de 10 a 20 km se encuentran ubicados en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Cañar y Azuay. Finalmente los sitios con menor puntaje de preferencias no deseables > 20 km, se ubican en zonas de las provincias de Imbabura, Pichincha, Loja, Chimborazo, Cañar, Azuay y Napo.



**Figura 22.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de distancia de áreas protegidas (mapa A izquierdo, mapa B derecho)

Referente al criterio de distancias de núcleos urbanos, en la Figura 23 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor puntaje de distancia, se encuentran en las provincias de Loja en el cantón Loja parroquias Gualel, Santiago, Chuquiribamba, Yangana y Vilcabamba, en el cantón Saraguro parroquias Manu, San Pablo de Tenta, Urdaneta y el Paraíso de Celen, en el cantón Gonzanamá parroquias Gonzanamá y Changaimina, en el cantón Quilanga parroquia Quilanga, en el cantón Catamayo parroquia San Pedro de la Bendita.

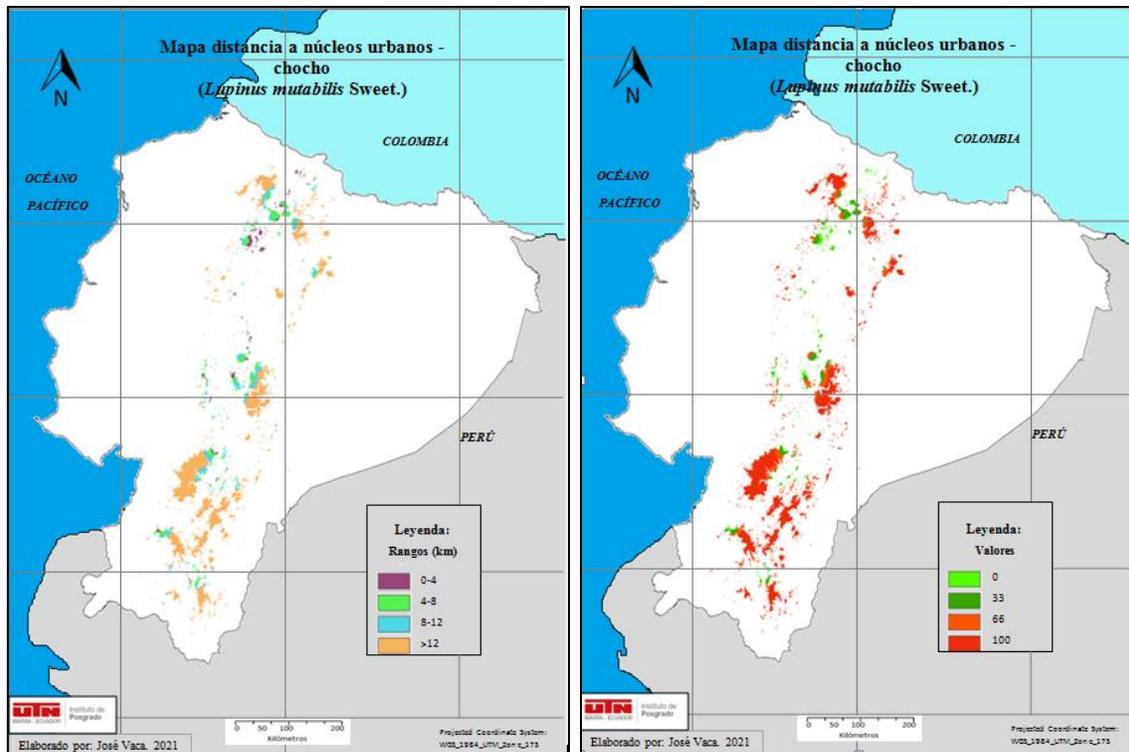
En la provincia de Azuay en el cantón Cuenca parroquias Sayausí, San Joaquín, Baños y Cumbe, en el cantón Santa Isabel parroquia Shaglli, en el cantón San Fernando parroquias San Fernando y Chumblín, en el cantón Nabón parroquias Nabón, Cochapata y las Nieves, en el cantón Girón parroquia Girón, en el cantón Sigsig parroquias Sigsig, Cuchil y Gima; en la provincia de Cañar en el cantón Cañar parroquias San Antonio, Honorato Vásquez y

Gualleturo, en el cantón Biblián parroquia Nazón; en la provincia de Chimborazo en el cantón Guamote parroquia Cebadas, en el cantón Riobamba parroquia Pungalá (Figura 23).

En la provincia de Cotopaxi en el cantón Sigchos parroquias Sigchos y Chugchilán, en el cantón Pujulí parroquia Zumbahua; en la Provincia de Tungurahua cantón Quero parroquia Yanayacu; en la provincia de Pichincha en el cantón Cayambe parroquias Cayambe, Olmedo y Ayora; en la provincia de Imbabura en el cantón Cotacachi parroquias Peñaherrera, Cuellaje e Imantag, en el cantón Urcuquí parroquias Buenos Aires y Cahuasquí, en el cantón Otavalo parroquias Quichinche y Selva Alegre (Figura 23).

En la provincia de Napo en el cantón Archidona parroquias Archidona y Cotundo, en el cantón Quijos parroquia Sumaco, en el cantón el Chaco parroquias Oyacachi y Linares considerando la preferencia alta >15 km, distancia muy importante para la conservación de los recursos fitogenéticos ya que los asentamientos urbanos pueden conllevar a la pérdida progresiva de la agrobiodiversidad por erosión genética (Tapia et al., 2008), estableciendo un sistema artificial y dinámico, que modifica los ciclos geoclimáticos, hidrológicos y ecológicos que afectan a los ecosistemas que les rodean y a sí mismos (Puente, 1996), (Figura 23).

Los sitios con preferencia media de 10 a 15 km están ubicados en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Tungurahua, Cañar, Azuay, Loja y Napo, mientras que los sitios con preferencia baja de 5 a 10 km están ubicados en la provincias de Imbabura, Pichincha Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja. Finalmente los sitios de menor puntaje de preferencia no deseable de 0 a 5 km, se ubican en zonas de las provincias de Imbabura, Pichincha, Carchi, Chimborazo y Cañar, por encontrarse demasiado cerca de los núcleos urbanos (Figura 23).



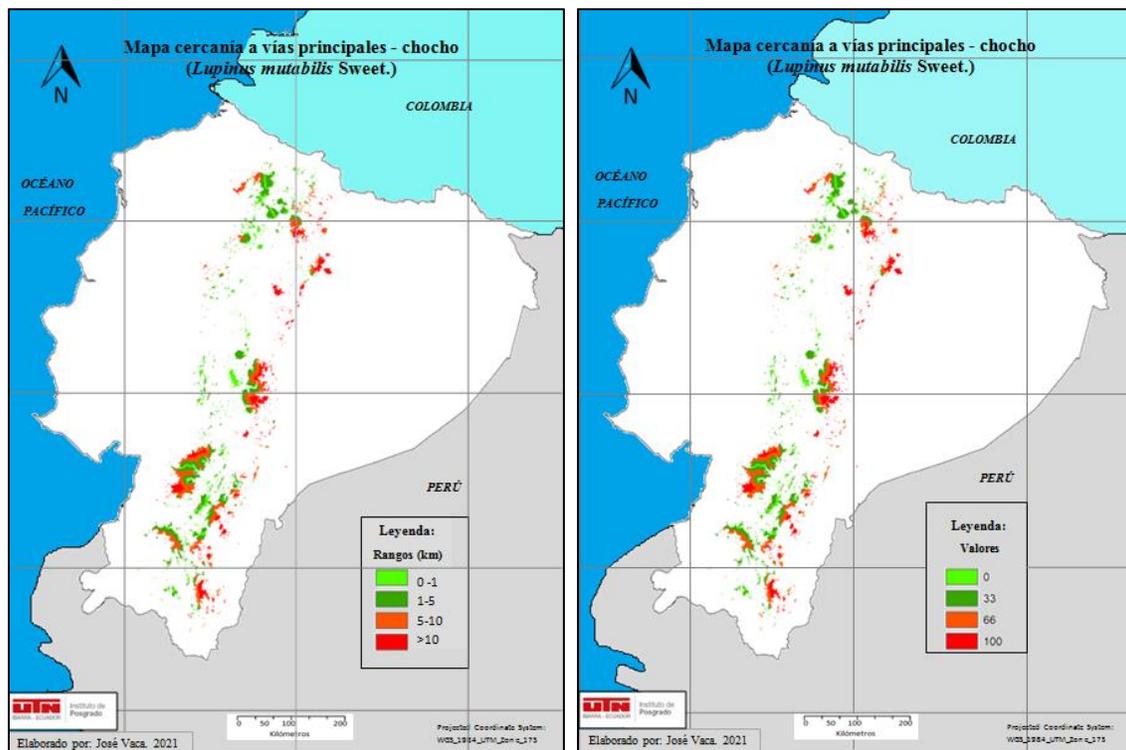
**Figura 23.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de distancia a núcleos urbanos (mapa A izquierdo, mapa B derecho)

Referente al criterio de cercanía a vías principales, en la Figura 24 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor puntaje de cercanía, se encuentran en las provincias de Loja en el cantón Loja parroquia Vilcabamba; en la provincia de Azuay en el cantón Cuenca parroquia Baños, en el cantón Santa Isabel parroquia Shaglli; en la provincia de Chimborazo en el cantón Alausí parroquia Achupallas, en el cantón Guamote parroquia Cebadas, en el cantón Chambo parroquia Chambo, en el cantón Penipe parroquia la Candelaria; en la provincia de Cañar en el cantón Cañar parroquias San Antonio y Gualleturo; en la provincia de Pichincha en el cantón Cayambe parroquia Cayambe; en la provincia de Imbabura en el cantón Cotacachi parroquia García Moreno.

En la provincia de Napo en el cantón Archidona parroquias Archidona y Cotundo, cantón Quijos parroquia Sumaco, en el cantón el Chaco parroquias Linares y Oyacachi, estos con la preferencia alta >10 km de cercanía a las vías principales. Estas parroquias están conformadas por vías de segundo y tercer orden que conectan a las cabeceras cantonales y zonas de producción con los caminos de la Red vial Nacional y caminos vecinales de un

reducido tráfico, además las aperturas de nuevas carreteras constituyen presiones que llevan a erosionar la diversidad presente *in situ* y en las fincas de los agricultores del país (Tapia et al., 2008), (Figura 24).

Los sitios que presentan preferencia media de 5 a 10 km, están ubicados en las provincias de Loja, Azuay, Cañar, Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Napo, mientras que los sitios de preferencia baja de 1 a 5 km están ubicados en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja. Finalmente los sitios de preferencia no deseable de 0 a 1 km están ubicados en las provincias de Loja, Azuay, Chimborazo, Tungurahua, Pichincha e Imbabura debido a su ubicación cercana a vías principales (Figura 24).

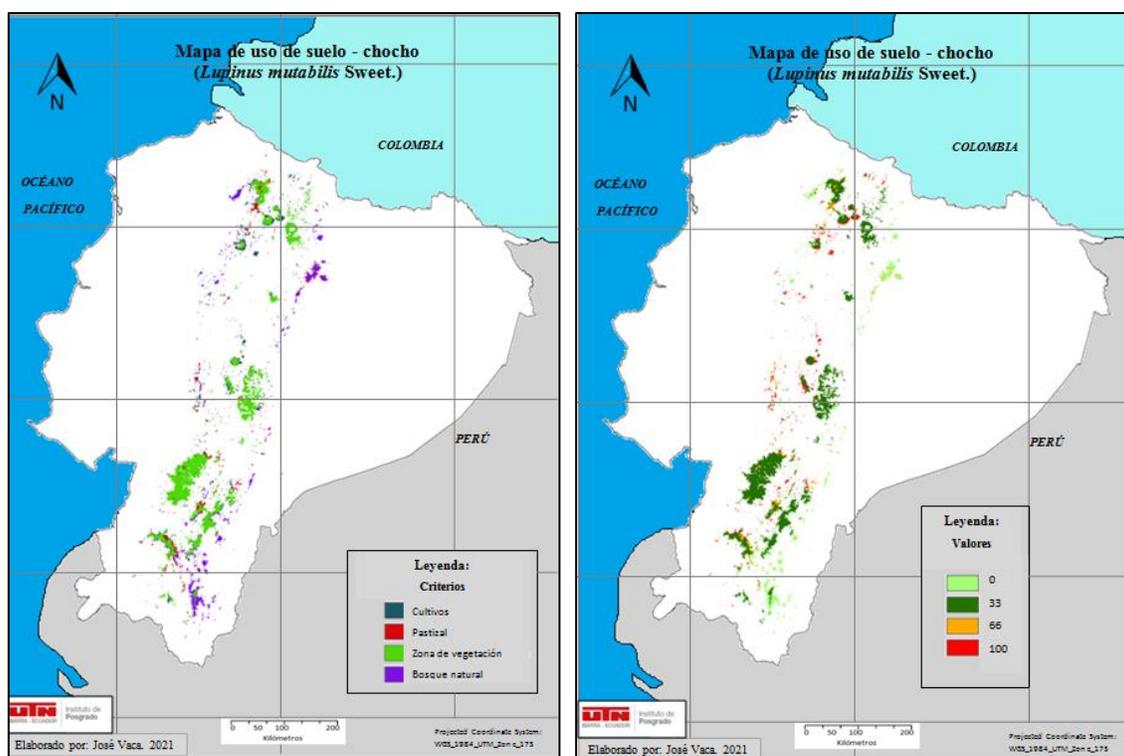


**Figura 24.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de cercanía a vías principales (mapa A izquierdo, mapa B derecho)

Referente al criterio de uso del suelo, en la Figura 25 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor puntaje destinados al uso de suelo, se encuentran en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Cotopaxi, Cañar y

Azuay con la preferencia alta de uso de suelo destinado para cultivos, teniendo en promedio para estas provincias el 13% de la superficie total destinada su uso de suelo para cultivos, mientras que el resto de provincias tiene un promedio menor, representadas con el 10% para este tipo de uso (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2019).

Los sitios de preferencia media de uso de suelo de pastizales, se ubican en las provincias de Imbabura, Bolívar, Azuay, Cañar y Loja, mientras que los sitios de preferencia baja de uso de suelo de zonas de vegetación se ubican en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja y Napo. Finalmente la preferencia no deseable de uso de suelo de bosque natural, se ubican en las provincias de Imbabura, Cotopaxi y Napo (Figura 25).

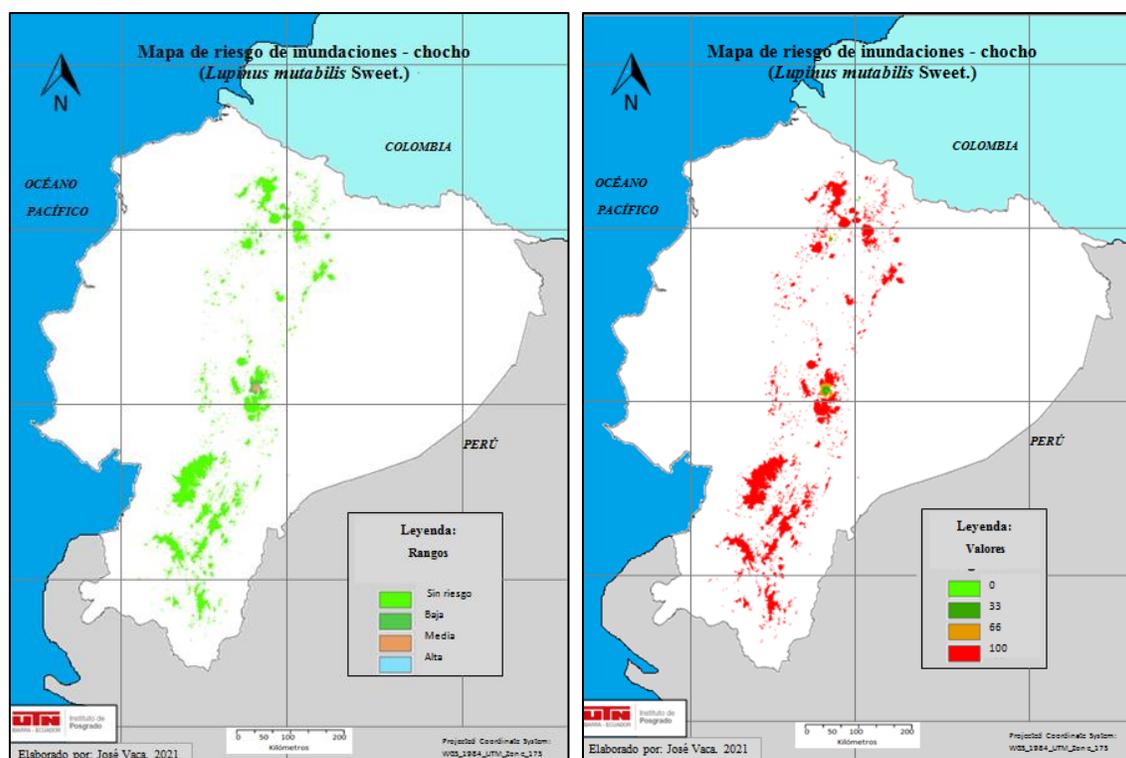


**Figura 25.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de uso del suelo (mpa A izquierdo, mapa B derecho)

Referente al criterio de riesgo de inundación, en la Figura 26 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor puntaje de riesgo de inundaciones se

encuentran en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja y Napo con la preferencia alta alcanzada sin riesgo, tomando en cuenta que para la conservación de recursos fitogenéticos estos sitios se encuentran ubicados en lugares elevados, garantizando un correcto drenaje durante las lluvias estacionales, que evitan el riesgo de inundaciones en caso de aumento del nivel del mar debido al calentamiento del planeta (FAO, 2013).

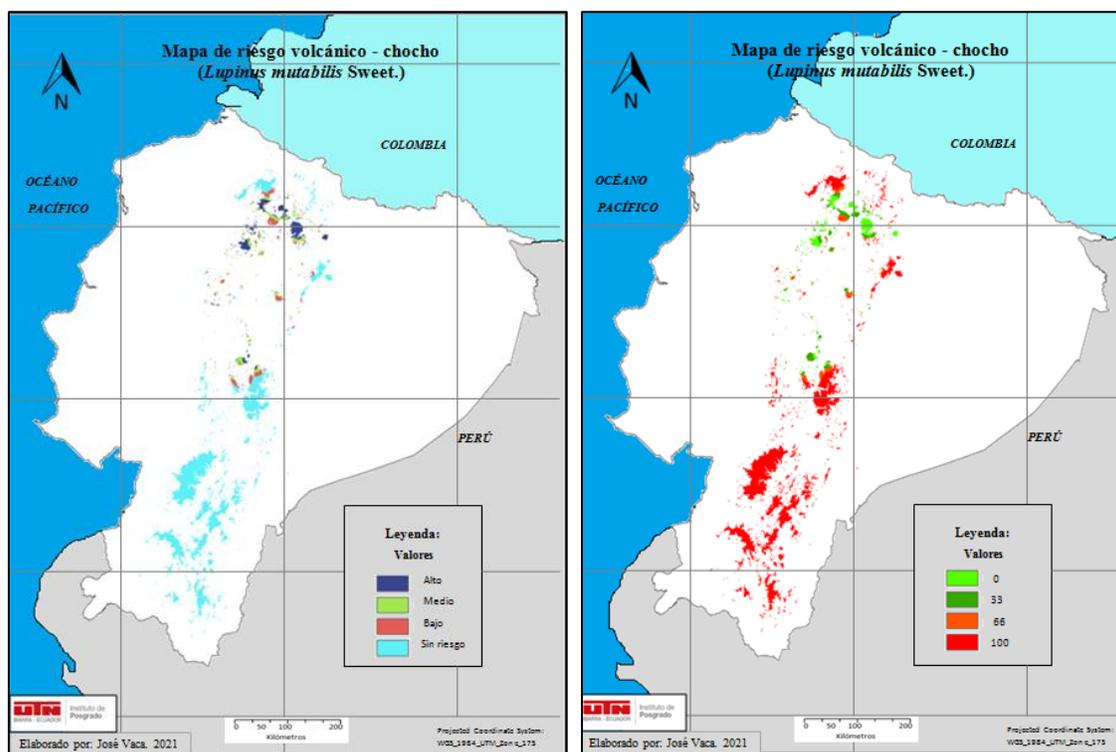
Los sitios de preferencia media se ubican en las provincias de Pichincha, Chimborazo y Cañar, mientras que los sitios de preferencia baja se ubican en las provincias de Chimborazo, Pichincha e Imbabura. Finalmente la preferencia no deseable se ubica en zonas de las provincias de Chimborazo e Imbabura (Figura 26).



**Figura 26.** Zonas prioritarias para la conservación con base al criterio de riesgo de inundación (mapa A izquierdo, mapa B derecho)

Con respecto al criterio de riesgo volcánico, en la Figura 27 (mapa A y B) se puede observar como resultado que los sitios con mayor riesgo volcánico se encuentran en las Provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay, Loja y Napo con preferencia alta sin riesgo, considerando la importancia de la evaluación de riesgos de ocurrencia de desastres naturales generados por volcanes, entre otros, como criterio primordial para garantizar la seguridad física de las colecciones (FAO, 2013).

Los sitios de preferencia media se ubican en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Napo, mientras que los sitios de preferencia baja se ubican en las provincias de Imbabura, Pichincha, Napo, Tungurahua y Chimborazo. Finalmente la preferencia no deseable se ubica en zonas de las provincias de Imbabura, Pichincha y Chimborazo (Figura 27).



**Figura 27.** Zonas Prioritarias para la conservación con base al criterio de riesgo volcánico (mapa A izquierdo, mapa B derecho).

Luego disponer de la información generada por cada una de las capas criterio analizadas, se ha determinado que las zonas de conservación de chocho están ubicadas en la zona sur de la provincia de Imbabura, zona norte de la provincia de Pichincha, zona centro-norte de la provincia de Chimborazo, zona limítrofe entre Tungurahua y Chimborazo y zona norte de Loja, con características ecogeográficas adecuadas para conservar a esta especie (Figura 28).

De estas zonas los lugares que obtuvieron mayor puntaje para ser consideradas como óptimas para la conservación del chocho se concentran en la zonas sur de Tungurahua en el cantón Quero parroquia Yanayacu, zona centro este de Chimborazo en el cantón Guamote parroquia Cebadas y zona norte de Loja en el cantón Saraguro parroquia Manu, lo cual se puede observar en la Figura 28. Esta información se corrobora con varias de las zonas expuestas por Caicedo y Peralta (2000) quienes indican que las zonas potenciales para el cultivo del chocho están ubicadas en los cantones de Tulcán-Ibarra (provincias de Carchi e Imbabura), Quito-Latacunga (provincias de Pichincha y Cotopaxi), Riobamba-Cañar (provincias de Chimborazo y Cañar), Cuenca-Loja (provincias de Azuay y Loja).

Por otro lado, los pueblos indígenas quichuas de la sierra, propiamente desde el sur de la provincia de Carchi hasta el norte de la provincia de Loja, mantienen culturalmente la forma de agricultura propia, considerada como la chackra andina, que se caracteriza por una alta agrobiodiversidad y un complejo sistema de semillas y adaptaciones varietales que se desarrollan en los diversos pisos agro-climáticos de la serranía (Gortaire, 2016), facilitando la evolución natural de los cultivos, en búsqueda de una alimentación sana para las comunidades (Tapia, 2006), constituyendo así un factor de gran importancia en las zonas determinadas de conservación del chocho (Figura 28).

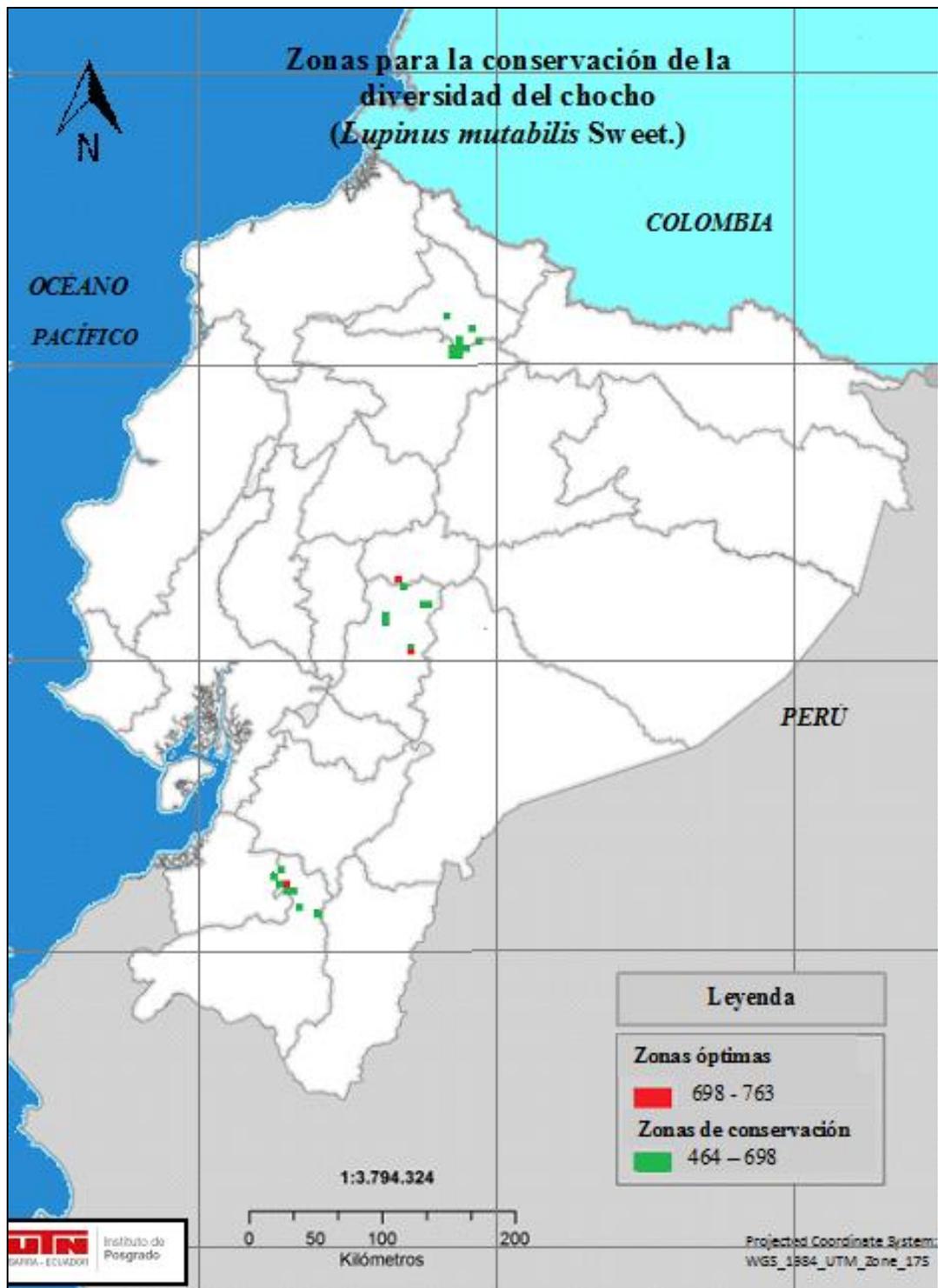


Figura 28. Zonas para la conservación de la diversidad del chocho

La zona sur de la provincia de Tungurahua, es considerada como zona óptima de conservación por la presencia de una alta diversidad ecogeográfica, precipitaciones adecuadas de preferencia alta a pesar de que el chocho no es muy exigente en cuando a la precipitación durante el desarrollo del cultivo, carbón orgánico (2-4%) y pH del suelo (6-6.5 y 8-8.5) de preferencias medias, abundancia de colectas con preferencia alta conteniendo 19 colectas que representa el 8.7% del total de colectas, tamaño poblacional de habitantes y distancia de áreas protegidas con preferencias medias, mientras que la distancia núcleos urbanos presentó una preferencia baja, cercanía a vías principales con preferencia baja, uso del suelo con preferencia alta, riesgo de inundaciones con preferencia alta y riesgo volcánico con preferencia baja.

Otra de las zonas óptimas de conservación está ubicada en la parte centro este de la provincia de Chimborazo, considerada así por la alta diversidad ecogeográfica como son los parámetros de precipitación, carbón orgánico con preferencia media y pH del suelo con preferencia alta, abundancia de colectas con preferencias altas considerando que en esta provincia se registraron 75 colectas (34% del total), tamaño poblacional de habitantes con preferencia alta, distancia de áreas protegidas y distancia de núcleos urbanos con preferencias altas, cercanía a vías principales y riesgo a inundaciones con preferencias altas y finalmente el riesgo volcánico con preferencia alta.

De igual manera la zona óptima de conservación ubicada en la parte norte de la provincia de Loja, presentó una diversidad ecogeográfica alta integrada por precipitaciones de preferencias altas, carbón orgánico de preferencia media y pH del suelo de preferencia alta, abundancia de colectas de preferencia media, tamaño poblacional de habitantes de preferencia alta, distancia de áreas protegidas de preferencia no deseable siendo la más baja de las preferencias en esta provincia, distancia de núcleos urbanos y cercanía a vías principales de preferencias altas y uso del suelo de preferencia media.

### 4.3 Estrategias de conservación en finca para el chocho en las zonas prioritarias identificadas

La ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (LOASFAS, 2017) del Ecuador, tiene dentro de sus fines la protección, conservación, manejo y uso de la Agrobiodiversidad, así como el uso, conservación y libre intercambio de semilla nativa y tradicional; de igual manera, dentro de los lineamientos de política pública se establece la elaboración de estrategias para definir las zonas agroecológicas óptimas para la producción de semillas de calidad, siendo parte de los deberes del Estado ecuatoriano el garantizar la conservación de la Agrobiodiversidad en sus distintos niveles: agroecosistemas, especies y recursos genéticos, así como establecer mecanismos para fomentar, regenerar, conservar, cuidar, mejorar y multiplicar *in situ* y *ex situ* la Agrobiodiversidad, las semillas nativas y campesinas, y los conocimientos y saberes vinculados.

En este sentido, una vez determinado las zonas óptimas de conservación para el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) en el Ecuador, se identificó la zona sur de la provincia de Tungurahua, zona centro este de la provincia de Chimborazo y zona norte de la provincia de Loja las de mayor relevancia por sus características ecogeográficas; a continuación se plantean posibles estrategias de conservación del chocho que pudieren ser implementadas:

**a) Bancos comunitarios de semillas:** Se debería establecer bancos comunitarios de semillas en cada uno de los sitios priorizados, estos bancos tienen la finalidad de preservar la semillas para uso local, mediante la restauración, revitalización, fortalecimiento y mejora de los sistemas locales de semillas, los cuales por lo general se encuentran administrados por agricultores hombres y mujeres de la zona que manejan cultivos principales, y cultivos menores y de especies olvidadas o subutilizadas (Vernooy et al., 2018).

El enfoque de conservación de las variedades de los cultivos locales es una de las funciones más importantes de estos bancos, debiendo considerar que la mayoría son establecidos para detener la pérdida acelerada de variedades locales y reconstruir la diversidad de cultivos locales mediante el rescate y la rehabilitación (Vernooy et al., 2016).

**b) Ferias de intercambio de semillas nativas:** que permitirán restablecer los sistemas informales de distribución de semillas por medio de la participación de los agricultores, de tal manera que al existir riesgos por desastres naturales o incidencias del cambio climático, se pueda garantizar la restauración de la diversidad perdida o de ser el caso incrementar la diversidad presente (Hermann et al., 2009), además de determinar la variabilidad genética de la zona geográfica específica.

La información generada en estas ferias de semillas serán de gran importancia para identificar a los agricultores con mayor aptitud en mantener la variabilidad nativa, los cuales pueden servir como ejemplo dentro de la comunidad para replicar las experiencias en beneficio de todos (Monteros et al., 2018).

**c) Restitución de germoplasma en fincas agrobiodiversas:** por medio del establecimiento de Centros de Bioconocimiento y Desarrollo Agrario-CBDA en las zonas identificadas para la conservación del chocho. Los CBDA constituyen escenarios de conservación de la agrobiodiversidad que permitirán realizar múltiples acciones entre ellos la restitución del material vegetativo, así como también la obtención de semillas, días de campo, investigación, capacitación, entre otras, que incluyen además los conocimientos tradicionales y la participación de las comunidades ancestrales, instituciones locales, academia y técnicos de cooperación internacional (Paredes et al., 2014).

En definitiva el CBDA busca la conservación de la agrobiodiversidad para mitigar el cambio climático y valorar los derechos de los agricultores, fortaleciendo la seguridad y soberanía alimentaria en las áreas de influencia donde se encuentran ubicados (Monteros et al., 2018).

**d) Valor agregado:** El uso del chocho mediante el uso y valor agregado, con el enfoque de conservación de este cultivo, mediante el incentivo de la comercialización y consumo, para lo cual se puede establecer la estructuración de microempresas conformadas por redes de productores de la zona que promuevan esta iniciativa, con lo cual se revalorizará al chocho dentro y fuera de las comunidades (Carrera, 2012), siendo importante considerar el equipamiento necesario y adecuado, que garantice una producción de calidad durante todo el proceso del cultivo hasta su procesamiento mediante el empleo de buenas prácticas

agrícolas que consiste en la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción en forma benévola, de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios inocuos y saludables (FAO, 2004).

De manera específica la implementación de plantas piloto para el procesamiento del chocho permitirá facilitar y reducir los costos en la obtención de un grano de calidad para el consumo, complementándose con la difusión a través de diferentes medios de comunicación sobre nuevas formas de consumo o de manera directa por medio de talleres activos de participación en las zonas de influencia del cultivo, para una posterior promoción de la comercialización del chocho transformado, que logre formar parte de la alimentación diaria de la gente (Mazón, 2018).

**e) Fomentar la implementación de ferias de comercialización a nivel local:** de tal manera que la comunidad pueda ofrecer sus productos directamente a los consumidores, polarizando directamente la intermediación que de una u otra forma desvaloriza la producción que afecta a la comunidad y que de manera transversal sensibilice a las familias consumidoras en el afecto hacia la agricultura familiar y campesina mediante el consumo y compra de productos a favor de la producción agroecológica (Gortaire, 2016), además de poder compartir una diversidad de conocimientos culturales.

Adicionalmente se puede complementar con el uso de sellos de garantía de productos agrodiversos, que forman parte de los sistemas participativos de garantías-SGP, constituyendo una opción para la creación de mecanismos de certificación alternativos, a manera de un sello de calidad a nivel local para la producción, sea esta agroecológica u orgánica, accesible para los productores de la zona, fomentando el fortalecimiento de la comunidad, protección ambiental y el apoyo a las economías locales (CEPAL, 2016), de tal manera que los productores tengan un respaldo de calidad que brinde a los consumidores la certeza de adquirir productos confiables identificados por su distintivo y con esto incentivar la producción del cultivo de chocho y conservación.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio han llevado a obtener las siguientes conclusiones:

1. La caracterización ecogeográfica permitió determinar las variables representativas para la adaptación del chocho, las características geofísicas como la radiación solar y la altitud media, las características bioclimáticas como la precipitación anual y la temperatura anual media, así como las características edáficas como el contenido de arena y pH del suelo, las que determinan la distribución del chocho a nivel de la sierra ecuatoriana.

2. Se determinó que el 75 % de las colectas analizadas se desarrollan en suelos superficiales con contenido muy bajo de carbón orgánico ( $\leq 1.2\%$ ), esto representa una característica de relevancia en fitomejoramiento, para la obtención de variedades mejoradas adaptables a suelos con estas características, como consecuencias del cambio climático.

3. Por otro lado el 73% de las colectas de chocho se desarrollan a un pH en subsuelo de características neutras, en contraste con el 2% que se desarrollan a un pH medianamente alcalino (8 a 8.5), mientras que el 95% de las colectas se desarrollan en suelos moderadamente profundos en el rango de 51 a 100 cm de profundidad, característica propia de los suelos andinos por la presencia de un mayor contenido de arena.

4. De los tres grupos identificados en el análisis de conglomerados, el grupo uno se diferencia de los demás por desarrollarse en suelos con pH neutro y prácticamente neutro, mientras que el grupo tres difiere del resto por desarrollarse en suelos con carbón orgánico bajo y alto, con características de suelo con muy profundas.

5. Las zonas óptimas definidas para la conservación del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.), se ubicaron en la parte sur de la provincia de Tungurahua, zona centro este de la provincia de Chimborazo y zona norte de la provincia de Loja, como resultado de la integración de los diferentes criterios y variables ecogeográficas ideales para su adaptación.

6. Las estrategias de conservación planteadas para el chocho permitirán fomentar su conservación, mediante el establecimiento de bancos comunitarios, ferias de intercambio de semillas, establecimiento de centros de Bioconocimiento y Desarrollo Agrario-CBDA hasta

el uso del chocho mediante el empleo de valor agregado, que fortalecerán la producción en uso de prácticas sostenibles, revalorizando al cultivo dentro y fuera de las comunidades

## RECOMENDACIONES

- Implementar en las zonas óptimas de conservación del chocho, las estrategias de conservación planteadas, iniciando con el establecimiento de Bancos comunitarios de semillas para restituir y mantener la diversidad local, en contribución de la seguridad y soberanía alimentaria del Ecuador.
- Realizar estudios de traslape de información genética del chocho con mapas ecogeográficos, que permitan complementar la información de la diversidad del cultivo en el país, con miras a identificar materiales potenciales para fitomejoramiento local.
- Realizar estudios de caracterización ecogeográfica en cultivos que no dispongan de esta información, enfocándose en cultivos nativos o que formen parte de la cultura alimentaria del Ecuador, generando de esta manera información valiosa para el fomento de su conservación.
- Difundir la información generada en esta investigación, en contribución del fomento de la conservación de los recursos fitogenéticos como aporte a lo establecido en la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable.

## REFERENCIAS

- Aguirre, A., Bonilla, M. y Caetano, C. (2016). Evaluación de la diversidad y patrones de distribución de *Passiflora* subgénero *Astrophea* (Passifloraceae) en Colombia. Un reto para la investigación taxonómica, florística y de conservación de las especies. *Revista Acta Agronómica* 65(4), 422-430.  
<http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n4.51444>
- Allauca, V. (2005). *Desarrollo de la Tecnología de Elaboración de Chocho (Lupinus mutabilis Sweet.) Germinado Fresco, para aumentar el valor nutritivo del grano.* [Tesis Doctoral, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1424>
- Arias, M. y Medina, C. (2009). Conservación de recursos genéticos de la agrobiodiversidad como apoyo al desarrollo de sistemas de producción sostenibles. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(1), 33-42.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol10\\_num1\\_art:126](https://doi.org/10.21930/rcta.vol10_num1_art:126)
- Astudillo, F. y León, J. (2015). *Agenda Nacional Ambiental: En defensa de la madre tierra y los territorios.* Asamblea Nacional Ambiental.  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55274.pdf>
- Baena, M., Jaramillo, J. y Montoya, J. (2003). *Material de apoyo a la capacitación en conservación in situ de la diversidad vegetal en áreas protegidas y en fincas.* Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.  
[https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/\\_migrated/uploads/tx\\_news/Material\\_de\\_apoyo\\_a\\_la\\_capacitaci%C3%B3n\\_en\\_conservaci%C3%B3n\\_In\\_Situ\\_de\\_la\\_diversidad\\_vegetal\\_en\\_areas\\_protegidas\\_y\\_en\\_fincas\\_905.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Material_de_apoyo_a_la_capacitaci%C3%B3n_en_conservaci%C3%B3n_In_Situ_de_la_diversidad_vegetal_en_areas_protegidas_y_en_fincas_905.pdf)
- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador.* Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10163>

- Blanco, O. (1982). Genetic variability of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). In: R Gross and ES Bunting (editors). *Agricultural and Nutritional Aspects of Lupines*. GTZ, Eschborn, Germany. 33-49.
- Blanco, O. (1982). Mejoramiento del tarwi por menor contenido de alcaloides [Congreso]. *III Congreso Internacional de Cultivos Andinos. IBTA – CIID*. La Paz, Bolivia.
- Caicedo, C. y Peralta, E. (2000). *Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en Ecuador* (Boletín técnico No. 89). Programa Nacional de Leguminosas, Estación Experimental Santa Catalina, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/441>
- Caicedo, C. y Peralta, E. (2001). *El Cultivo del Chocho (Lupinus mutabilis Sweet): Fitonutrición, enfermedades y plagas en el Ecuador* (Boletín técnico No. 103). Programa Nacional de Leguminosas, Estación Experimental Santa Catalina, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/444>
- Carrera, H. (2012). La conservación y uso de la Agrobiodiversidad, un valioso aporte a la seguridad alimentaria de las comunidades indígenas de Cotacachi. *Urku Yaku Wachariy* (7-16). Abya-Yala.
- Casas, A. y Parra, F. (2007). Agrobiodiversidad Parientes silvestres y cultura. *Revista de Agroecología-Leisa*, 23(2), 5-8.  
<https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol23n2.pdf>
- Cerrate, A. y Camarena, F. (1981). *Cultivo del tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)*. Universidad Agraria La Molina.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2016). *Encadenamientos productivos y circuitos cortos: innovaciones en esquemas de producción y comercialización para la agricultura familiar. Análisis de la experiencia internacional y latinoamericana*. CEPAL.  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40688/1/S1600739\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40688/1/S1600739_es.pdf)

- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Asamblea Constituyente de Montecristi. Registro Oficial 449 del 20 de Octubre del 2008.  
<http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/823>
- Estrella, J., Muñoz, L., Tapia, C., Mazón, N. y Velásquez, J. (1995). *Informe Nacional para la Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogenéticos*.  
<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/PGR/SoW1/americas/ECUADOR.pdf>
- Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales [FLACSO]., Ministerio del Ambiente [MAE). y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2008). *Geo Ecuador 2008 Informe sobre el estado del medio ambiente*. Ecuador.  
<http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEO%20Ecuador%202008.pdf>
- Garay, O. (2015). *Manual Técnico. El Tarwi Alternativa para la Lucha Contra la Desnutrición Infantil*. Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. Perú.  
<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/731>
- García, L. y Schalatter, J. (2012). Caracterización de suelos a los largo de una gradiente altitudinal en Ecuador. *Revista Brasileira de Ciências Agrícolas*, 7(3), 456-464.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1190/119024529014.pdf>
- Golberg, A. (2010). El viento y la vida de las plantas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 42 (1), 221-243. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382837646017.pdf>
- Gortaire, R. (2016). Agroecología en el Ecuador. Proceso histórico, logros y desafíos. *Revista Antropología cuadernos de Investigación*, (7), 12-38.  
<https://doi.org/10.26807/ant.v0i17.85>
- Gower, J. (1971). A General Coefficient of Similarity and Some of Its Properties. *Biometrics*, 27(4), 857-871. <https://doi.org/10.2307/2528823>
- Hermann, M., Amaya, K., Latournerie, L. y Castiñeiras, L. (Eds.). (2009). *¿Cómo conservan los agricultores sus semillas en el trópico húmedo de Cuba, México y*

*Perú? Experiencias de un proyecto de investigación en sistemas informales de semillas de chile, frijoles y maíz.* Bioversity International.

<https://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/como-conservan-los-agricultores-sus-semillas-en-el-tropico-humedo-de-cuba-mexico-y-peru-experienc/>

Huaraca, H. (Ed.). (2011). *Manejo Integrado del Cultivo del Chocho. Módulos de capacitación para capacitadores.* Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2717>

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2019). *Estadísticas Agropecuarias. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria.*  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

Jacobsen, S. y Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. En M. Moraes, B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev (Eds.), *Botánica Económica de los Andes Centrales* (458-482). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Jiménez, S., Castro, L., Yépez, J. y Wittmer, C. (2012). *Impacto del Cambio Climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador.* Fundación Carollina-CeALCI.  
<https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2014/08/AI66.pdf>

Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable [LOASFAS]. (2017). Registro Oficial No. 10 del 08 de junio del 2017. Ecuador.

Mazón, N. (2018, Octubre 29). El chocho o tarwi como recurso genético de la región andina [Seminar online]. En G. Mercado (Ed.). *Memoria Foro Virtual Los caminos del tarwi y la integración andina: Bolivia, Perú y Ecuador.*  
<https://www.researchgate.net/publication/329842526>

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP]. (2014). *Zonificación agroecológica económica del cultivo de chocho (Lupinos mutabilis) en Ecuador continental.* Coordinación General del Sistema de Información Nacional.  
[http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/zonificaciones/chocho\\_2014.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/zonificaciones/chocho_2014.pdf)

- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2015). *Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador*. <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/mapa>.
- Monteros-Altamirano, A., Tacán, M., Peña, G., Tapia, C., Paredes, N. y Lima, L. (2018). *Guía para el manejo de los recursos fitogenéticos en Ecuador. Protocolos* (Publicación miscelánea No. 432). Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos, Estación Experimental Santa Catalina, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4889>
- Mujica, A. y Moscoso, G. (2018). La planta del tarwi. En A. Zavaleta (Comp.), *Lupinus mutabilis (tarwi). Leguminosa andina con gran potencial industrial* (11-40). Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
<https://fondoeditorial.unmsm.edu.pe/index.php/fondoeditorial/catalog/download/216/199/900-1?inline=1>
- Negri, V., Castellini, G. y Tiranti, B. (2010). Landraces are structured populations and should be maintained on farm. *Proceedings of the 18th Eucarpia genetic resources section meeting in press*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2004). *Las Buenas Prácticas Agrícolas*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/3/ai010s/ai010s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. Roma. <http://www.fao.org/3/i3704s/i3704s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. y Corporación Andina de Fomento [CAF]. (2006). *Ecuador Nota de Análisis Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural*.  
<http://www.fao.org/3/ak168s/ak168s00.pdf>
- Paredes, N., Tapia, C., Monteros, A., Tacán, M., Naranjo, E., Lima, L.,... Borja, E. (2014). *Centro de Bioconocimiento y Desarrollo Agrario (CBDA)* (Publicación miscelánea

No. 417). Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2724>

Parra-Quijano, M., Draper, D., Torres, E. y Iriando, JM. (2008). Ecogeographical representativeness in crop wild relative *ex situ* collections. In Maxted, N. Ford-Lloyd, BV. Kell, SP. Iriando, JM. Dullo, ME y Turok, J. (Eds.), *Crop wild relative conservation and use*. CAB International, Wallingfor, 249-273.

Parra-Quijano, M., Torres, E., Iriando, JM., y López, F. (2015). *Herramientas CAPFITOGEN para la conservación y utilización de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, Versión 2.0*.

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A. y Rodríguez, D. (2014). *Manual Agrícola de granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción* (Publicación Miscelánea No. 69). Programa de Leguminosas y granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2418>

Peralta, E. (2016). *El Chocho en Ecuador “Estado del Arte”*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3938>

Puente, S. (1996). Vulnerabilidad urbana y desarrollo sustentable. En J. Calva, B. Palomino y J. Navarro (Coords.), *Sustentabilidad y desarrollo ambiental* (61-70).

Reglamento a la Ley Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (2020). Decreto ejecutivo 1011. Registro oficial 194 del 30 de abril del 2020.

Sánchez, R. y Madrid, J. (2004). Enciclopedia de la Nutrición. Espasa Calpe, S.A.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES]. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida. Quito-Ecuador.

[https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf)

Suca, G. y Suca, C. (2015). Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 18(2), 55-71.

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/11791>

Suquilanda, M. (2012). Producción Orgánica de cultivos andinos (Manual Técnico). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf)

Tapia, C. (2015). *Identificación de áreas prioritarias para la Conservación de razas de maíz en la Sierra del Ecuador*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid-España]. Repositorio Archivo digital UPM. <http://oa.upm.es/35522/>

Tapia, C., Rosales, O. y Suárez-Duque, D. (2018). *Zonas para la conservación de diez cultivos nativos*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP [INIAP], Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5169>

Tapia, C., Zambrano, E. y Monteros, Á. (2008). *Informe nacional sobre el estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2711>

Tapia, M. (2015). *El Tarwi Lupino Andino - Tarwi, Tauri o Chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. Fondo Ítalo Peruano.

<http://fadvamerica.org/wp-content/uploads/2017/04/TARWI-espanol.pdf>

Tapia, M. (2006). Lineamientos generales de la Conservación *in situ*. En Estrada, R., Roldán, A., y Medina, T. (Eds.). *Conservación In situ de los Recursos Fitogenéticos* (pp. 21-26). Unidad de Medios y Comunicación Técnica – INIEA.

- Vargas, D. (2008). *Caracterización Ecogeográfica y etnobotánica, y Distribución geográfica de Solanum lycopersicum var. cerasiforme (Solanaceae) en el Occidente de México*. [Tesis doctoral, Universidad de Guadalajara. Jalisco. México]. Repositorio Dspace.  
<http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4525>
- Vernooy, R., Shrestha, P., Sthapit, B. y Ramírez, M. (2016). *Bancos Comunitarios de semillas: Orígenes, Evolución y Perspectivas*. Bioversity International.  
[https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/BANCOS\\_COMUNITARIOS\\_DE\\_SEMILLAS\\_Vernooy.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/BANCOS_COMUNITARIOS_DE_SEMILLAS_Vernooy.pdf)
- Vernooy, R., Sthapit, B. y Bessette, G. (2018). *Bancos comunitarios de semillas: concepto y práctica. Manual para el facilitador*. Bioversity International.  
[https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/Bancos\\_Vernooy\\_2018.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/Bancos_Vernooy_2018.pdf)
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L. y Segovia, G. (2006). *Usos alternativos del chocho* (Boletín Divulgativo No. 333). Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos, Estación Experimental Santa Catalina, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/298>