



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Gynoxys* sp EN EL PÁRAMO  
DEL ÁREA PROTEGIDA ICHUBAMBA YASEPAN, BAJO UN  
MODELO DE MÁXIMA ENTROPÍA EN ESCENARIOS DE  
CAMBIO CLIMÁTICO.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO FORESTAL**

**AUTOR:**

**MARIO HERNÁN LÓPEZ SANANAY**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Gynoxys* sp EN EL PÁRAMO  
DEL ÁREA PROTEGIDA ICHUBAMBA YASEPAN, BAJO UN  
MODELO DE MÁXIMA ENTROPÍA EN ESCENARIOS DE  
CAMBIO CLIMÁTICO.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO FORESTAL**

**AUTOR:** MARIO HERNÁN LÓPEZ SANANAY

**DIRECTORA:** ING. NORMA XIMENA LARA VÁSCONEZ. MSc

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Mario Hernán López Sananay

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Mario Hernán López Sananay, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de junio de 2024



**Mario Hernán López Sananay**

**C.I: 065005279-8**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Gynoxys* sp EN EL PÁRAMO DEL ÁREA PROTEGIDA ICHUBAMBA YASEPAN, BAJO UN MODELO DE MÁXIMA ENTROPÍA EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO**, realizado por el señor: **MARIO HERNÁN LÓPEZ SANANAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Danny Daniel Castillo Vizuet <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2024-06-04
Ing. Norma Ximena Lara Vásconez. MSc <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2024-06-04
Ing. Paula Alejandra Abdo Peralta. MSc <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2024-06-04

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
RESUMEN .....	xii
SUMMARY / ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 <i>Objetivo General</i> .....	2
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Hipótesis.....	3
1.4.1 <i>Nula</i> .....	3
1.4.2 <i>Alternante</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Ecosistema de páramo .....	4
2.2 Condiciones ambientales de los paramos.....	4
2.2.1 <i>Precipitación</i> .....	4
2.2.2 <i>Temperatura</i> .....	5
2.2.3 <i>Suelo de paramo</i> .....	5

2.3	<b>Tipos de paramos en Ecuador</b> .....	5
2.3.1	<i>Paramo pajonal</i> .....	6
2.3.2	<i>Paramo desértico o superpáramo</i> .....	6
2.4	<b>Flora del páramo</b> .....	6
2.4.1	<i>Plantas como indicadores de las condiciones del paramo</i> .....	6
2.4.2	<i>Importancia ecológica y biodiversidad del páramo</i> .....	7
2.4.3	<i>Geografía de los páramos y su vulnerabilidad a los cambios climáticos</i> .....	8
2.4.4	<i>Funciones y servicios ecosistémicos proporcionados por los páramos</i> .....	8
2.5	<b>Cambio climático y su impacto en los ecosistemas</b> .....	8
2.6	<b>Área protegida</b> .....	9
2.6.1	<i>Importancia de las áreas protegidas</i> .....	9
2.6.2	<i>Objetivos y categorías de áreas protegidas</i> .....	10
2.6.3	<i>Funciones y beneficios de las áreas protegidas</i> .....	10
2.7	<b>Gynoxys sp</b> .....	10
2.7.1	<i>Características taxonómicas</i> .....	10
2.7.2	<i>Hábitat y distribución actual</i> .....	11
2.7.3	<i>Importancia ecológica y valor de conservación</i> .....	11
2.8	<b>Diversidad de especies</b> .....	11
2.8.1	<i>Distribución potencial de una especie</i> .....	11
2.8.2	<i>Factores que influyen en la distribución de una especie</i> .....	11
2.8.3	<i>Métodos utilizados para modelar la distribución potencial</i> .....	12
2.8.4	<i>Aplicaciones de la modelación de distribución potencial</i> .....	12
2.9	<b>Nicho ecológico</b> .....	12
2.9.1	<i>Factores bióticos y abióticos que influyen en el nicho ecológico de una especie</i> .....	12
2.9.2	<i>Relación entre el nicho ecológico y la distribución de una especie</i> .....	12
2.9.3	<i>Métodos utilizados para evaluar el nicho ecológico de una especie</i> .....	13
2.10	<b>Modelo de máxima entropía</b> .....	13
2.10.1	<i>Aplicación del modelo de máxima entropía</i> .....	13
2.10.2	<i>Ventajas y limitaciones del modelo de máxima entropía</i> .....	13

2.11	Modelos de distribución de especies.....	13
2.12	Aplicación de modelos de MaxEnt .....	14

### CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1	Caracterización del lugar .....	15
3.1.1	<i>Localización del área protegida Ichubamba Yasepan</i> .....	15
3.1.2	<i>Ubicación geográfica</i> .....	15
3.2	Materiales y equipos.....	15
3.2.1	<i>Materiales y equipos de campo</i> .....	15
3.2.2	<i>Materiales y equipos de oficina e informáticos</i> .....	15
3.3	Metodología .....	15
3.3.1	<i>Obtención de datos de la Gynoxys sp</i> .....	16
3.3.2	<i>Investigación de artículos científicos de alto impacto</i> .....	16
3.3.3	<i>Variables que permitan saber la idoneidad de la especie</i> .....	16
3.3.4	<i>Datos de variables bioclimáticas</i> .....	19
3.3.5	<i>Datos de variables edáficas</i> .....	19
3.3.6	<i>Datos de variables de cobertura y topografía</i> .....	20
3.3.7	<i>Funcionamiento del MaxEnt versión 3.4.1</i> .....	20

### CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	22
4.1	Geolocalización de <i>Gynoxys sp</i> .....	22
5.	DISCUSIÓN.....	29
6.	CONCLUSIONES.....	31
7.	RECOMENDACIONES.....	33

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Características taxonómicas .....	10
<b>Tabla 3-1:</b> Ubicación geográfica del área protegida Ichubamba Yasepan.....	15
<b>Tabla 3-2:</b> Variables por grupo temático usadas en el estudio.....	17
<b>Tabla 4-1:</b> Longitud de los transectos lineales Aumentar los km de las rutas .....	22
<b>Tabla 4-2:</b> Estimaciones relativas de las variables ambientales.....	24
<b>Tabla 4-3:</b> Estimaciones relativas para 2040 de las variables ambiente .....	28

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 4-1:</b> Mapa de los transectos lineales.....	23
<b>Ilustración 4-2:</b> Resultados del Jackknife.....	25
<b>Ilustración 4-3:</b> Tasa de omisión y el área predicha en función del umbral para <i>Gynoxys</i> sp...	26
<b>Ilustración 4-4:</b> Curva operacional ROC y el AUC.....	26
<b>Ilustración 4-5:</b> Mapa de Idoneidad de <i>Gynoxys</i> sp.....	27
<b>Ilustración 4-6:</b> Mapa de idoneidad futuro de <i>Gynoxys</i> sp. ....	29

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ENTRADA AL AREA PROTEGIDA ICHUBAMBA YASEPAM.

**ANEXO B:** INDICACIONES PREVENTIVAS PARA LA TRAYECTORIA DE LOS  
TRANSECTOS LINEALES.

**ANEXO C:** RECORRIDO DE LAS RUTAS DE LOS TRANSECTOS LINEALES

**ANEXO D:** AVISTAMIENTO DEL GENERO *Gynoxys* sp

**ANEXO E:** TOMA DE DATOS

## RESUMEN

El calentamiento global y el cambio de uso de suelo amenazan la diversidad florística y alteran su distribución espacial en los ecosistemas andinos. Este estudio determinó la distribución potencial de *Gynoxys* sp en el páramo del área protegida, bajo un enfoque de modelo de máxima entropía en escenarios de cambio climático. Se georreferenciaron los individuos, seguido se recopiló datos de tres grupos de variables: cobertura/topográficas, bioclimáticas y edáficas, finalmente las 33 variables resultantes y las presencias de *Gynoxys* sp fueron ingresados al software MaxEnt versión 3.4.1. para el modelamiento, mismo procedimiento realizamos para modelar el escenario futuro con variables bioclimáticas al año 2040 con datos obtenidos del modelo canadiense del sistema terrestre versión 5 CanESM5.0.3. Los resultados muestran que en el modelo actual las variables con mayor aporte son potasio, rango diurno medio, densidad aparente, y precipitación anual. Sin embargo, para el año 2040 demuestra que las variables con mayor aportación son precipitación del trimestre más seco, potasio, densidad aparente y potencial de hidrógeno. Se destaca que el potasio es vital para la fisiología vegetal, el rango diurno medio indica lluvias extremas y la densidad aparente permite la retención de humedad y el crecimiento de raíces. En la proyección de cambio climático; la precipitación en el trimestre más seco, el potasio, la densidad aparente y el potencial de hidrógeno son cruciales para el funcionamiento de los ecosistemas y el crecimiento de las plantas, influyendo en la aeración, infiltración y disponibilidad de nutrientes. Concluyendo que existirá una disminución del nicho ecológico idóneo para *Gynoxys* sp en el área de estudio, pasando de 272,4 ha a 9,6 ha, representando una reducción del 96.4%, planteándonos desafíos para la conservación de *Gynoxys*. Sin embargo, el aumento del 14,43% en el área medianamente idónea pasando de 591,76 ha a 641,556 ha brinda oportunidades para conservación.

**Palabras clave:** <*Gynoxys* sp>, <MAXENT>, <MODELAMIENTO>, <NICHOS ECOLÓGICOS>, <CAMBIO CLIMÁTICO>, <ENTROPÍA>

0713-DBRA-UPT-2024

11-06-2024



## ABSTRACT

This study determined the potential distribution of *Gynoxys* sp in the paramo of the protected area under a maximum entropy model approach in climate change scenarios. The individuals were georeferenced, followed by data from three variables: cover/topographic, bioclimatic, and edaphic. Finally, the 33 resulting variables and the presence of *Gynoxys* sp were entered into the MaxEnt software version 3.4.1. For modeling, we carried out the same procedure to model the future scenario with bioclimatic variables 2040 with data obtained from the Canadian Earth System Model version 5 CanESM5.0.3. The results show that the variables with the most significant contribution in the current model are potassium, average daily range, apparent density, and annual precipitation. However, for the year 2040, it shows that the variables with the most significant contribution are precipitation from the driest quarter, potassium, apparent density, and hydrogen potential. It is highlighted that potassium is vital for plant physiology; the medium diurnal range indicates extreme rainfall, and the evident density allows moisture retention and root growth in the projection of climate change. Precipitation in the driest quarter, potassium, apparent density, and hydrogen potential are crucial for the functioning of ecosystems and plant growth, influencing aeration, infiltration, and availability of nutrients. Concluding that there will be a decrease in the ideal ecological niche for *Gynoxys* sp in the study area, going from 272.4 ha to 9.6 ha, representing a reduction of 96.4%, posing challenges for the conservation of *Gynoxys*. However, the 14.43% increase in the moderately suitable area from 591.76 ha to 641.556 ha provides opportunities for conservation.

**Keywords:** <*Gynoxys* sp>, <MAXENT>, <MODELING>, <ECOLOGICAL NICHE>, <CLIMATE CHANGE>, <ENTROPIA>

Riobamba, June 17<sup>th</sup>, 2024



PhD. Dennys Tenelanda López

ID number: 0603342189

## INTRODUCCIÓN

La diversidad de especies de plantas a nivel mundial ha despertado el interés por su estudio debido a los beneficios que ofrecen al ser humano (Turner, 2007, págs. 868-873). El Ecuador es uno de los países más reconocidos a nivel mundial debido a su alta diversidad biológica, y está dentro de los 17 países megadiversos del planeta. Valencia (2000) menciona que alrededor de 17058 especies de las cuales el 26 % de la flora es endémica.

Los páramos forman ecosistemas estratégicos gracias a las funciones primordiales para la sociedad que posee ya que son el principal regulador del sistema hídrico del país, que se utilizan en agua potabilizada, agua para riego y generación de electricidad.

En el (2008) de la Torre señala que el 7% de plantas vasculares han sido reportadas como útiles en la Enciclopedia de plantas Útiles del Ecuador con un reporte de 5172 especies de todas estas el 60% son medicinales. Especies dentro de las familias Asteraceae, Lamiaceae, Solanaceae, Fabaceae, Onagraceae y Apiaceae (Tene et al., 2007, págs. 63-81). La familia Asteraceae pertenece a un gran grupo de angiospermas con un número superior a 150 géneros y alrededor de 25000 especies, esta familia tiene 5 subfamilias, 19 tribus y están representadas en América tropical aproximadamente por 580 géneros y 8040 especies, en Ecuador se han registrado 271 géneros con 981 especies de las cuales 360 son endémicas (Dillion y Alva, 2002, págs. 25-44). Presentan una variabilidad que sea en forma de lianas, árboles o arbustos, generalmente podemos encontrarlas en aquellas zonas despejadas, bordes de camino, bosques que están en regeneración y en ocasiones en bosques maduros. El género *Gynoxys* pertenece a esta gran familia y consta de 138 especies que las podemos encontrar desde lo alto de los Andes tropicales de Venezuela hasta Bolivia. Ecuador registra más de 28 especies de este género (Robinson & Cuatrecasas, 1992, pág. 23).

Los (MDP) modelos de distribución potencial son herramientas básicas para reconocer patrones de similitud climática, fisiográfica y biológicas; donde se establecen las condiciones necesarias para que una especie pueda tener una población viable; adicional nos permite evaluar de manera cuantitativa un rango de posibilidad para que una población ocupe un lugar determinado. Diferentes investigaciones destacan la utilización de estos modelos sobre todo en temas relacionados con distribución y preservación de especies vegetales. (Vera, 2013, pág. 15).

El presente estudio tiene la finalidad de determinar la distribución geográfica y potencial del género *Gynoxys* sp, con los resultados obtenidos podemos generar estrategias de conservación y restauración.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

El cambio de uso de suelo y el calentamiento global amenazan la biodiversidad y afectan la distribución de especies en todo el planeta. Estos factores operan a escalas diferentes, por lo que incluso observaciones espaciales para evaluarlos adecuadamente son relevantes para identificar de forma temprana los riesgos de extinción de *Gynoxys* sp, especialmente en ecosistemas altoandinos. Frente a esta problemática se realizará un estudio en el cual se proceda a modelar el nicho ecológico *Gynoxys* sp y sus potenciales áreas de distribución en base a variables bioclimáticas y biofísicas en el área protegida Ichubamba Yasepan.

#### 1.2 Objetivos

##### 1.2.1 *Objetivo General*

Determinar la distribución potencial de *Gynoxys* sp en el páramo del área protegida Ichubamba Yasepan, bajo un modelo de máxima entropía en escenarios de cambio climático.

##### 1.2.2 *Objetivos Específicos*

Geolocalizar la presencia la *Gynoxys* sp en el páramo Ichubamba Yasepan.

Definir las variables bioclimáticas y biofísicas que determinan el nicho ecológico de la vegetación de *Gynoxys* sp.

Modelar el nicho ecológico actual y futuro de *Gynoxys* sp.

#### 1.3 Justificación

Los páramos son ecosistemas que se deben conservar debido a que son los más importantes en el ciclo hidrológico, debido a esta circunstancia es importante realizar diferentes tipos de investigación más aun estudiar las especies que están adaptadas en estos ecosistemas y conocer

como el cambio climático influirá en escenarios futuros en la distribución de las especies que se desarrollan en este tipo de ecosistemas.

## **1.4 Hipótesis**

### ***1.4.1 Nula***

El valor del Área bajo la curva si define la sensibilidad y la especificidad del modelo de distribución de *Gynoxys* sp.

### ***1.4.2 Alternante***

El valor del Área bajo la curva no define sensibilidad y la especificidad del modelo de distribución de *Gynoxys* sp.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Ecosistema de páramo

Los ecosistemas de páramo son considerados como uno de los lugares con mayor biodiversidad del planeta, a menudo denominados como archipiélago biológico (Pauli et al., 2003, pág. 9), (Azócara, 1981, pág. 16). En Ecuador, la franja altitudinal que abarca desde los 3000 hasta los 4500 metros sobre el nivel del mar alberga casi el 30% de todas las especies de plantas vasculares (Josse et-al, 1999, pág. 16-25). Esto resalta la representatividad significativa de este ecosistema y la importancia de estudiar la diversidad de flora para el monitoreo del cambio climático y el comportamiento de la flora.

Aunque la imagen tradicional del páramo se limita a un "lugar desprovisto de árboles", Mena y Hofstede (2006, pág. 56) señalan que en realidad posee una variedad mucho más amplia. En la región neotropical, los páramos cubren aproximadamente el 2% de la superficie de los países de esa zona, albergando alrededor de 125 familias, 500 géneros y 3400 especies de plantas vasculares. En el caso específico de Ecuador, aún no se ha determinado con precisión el número exacto de especies de plantas que se encuentran en los páramos, pero se estima que son alrededor de 1.500 especies (León, 2000).

Según Sklenar et-al. (2005, págs. 109-110), hasta el momento se han registrado un total de 1.524 especies en los páramos de Ecuador, convirtiéndolo en el país con la flora más diversa de la región andina con relación a su tamaño. Aproximadamente el 15% de las especies registradas en Ecuador son endémicas, lo que representa el 4% de la flora total del país (Hofstede et-al, 2014). Lamentablemente, el 75% de estas especies endémicas están amenazadas y solo el 48% se encuentran dentro de áreas protegidas, León-Yáñez (2011).

#### 2.2 Condiciones ambientales de los paramos

##### 2.2.1 *Precipitación*

La lluvia en los páramos suele ser abundante y continua a lo largo del año, aunque se pueden distinguir estaciones más o menos lluviosas, la diferencia no es muy significativa. Al ser un ecosistema tropical, las estaciones no se refieren a cambios de temperatura, sino a variaciones en

la precipitación. Es decir, hay meses en los que llueve más que otros. La duración y los meses exactos de cada estación varían en función de las condiciones climáticas de cada lugar. El rango de lluvia en el páramo oscila entre 500 y 3000 mm por año. Asimismo, la humedad relativa presenta un rango entre el 25% y el 100%, con una media de entre el 70 y el 85% (Hofstede et al., 2003, pág. 95).

### **2.2.2 *Temperatura***

La existencia de una estacionalidad diaria en los ecosistemas de alta montaña tropicales implica que habrá varias horas de temperaturas extremadamente frías. El promedio de temperatura en toda la extensión del páramo va cambiando. El clima en los ecosistemas de alta montaña es generalmente frío, con temperaturas que oscilan entre 2 y 10 grados Celsius y que experimentan cambios notables a lo largo del día. En un solo día, la temperatura puede variar entre 0 grados Celsius y cerca de 20 grados Celsius. La razón de este frío se debe a que los ecosistemas de alta montaña tienen una capa de atmósfera mucho más delgada que los ecosistemas de baja montaña, lo que significa que la capa delgada de aire circundante no funciona como un invernadero natural y que gran parte de la energía solar que entra en el sistema se disipa. (Hofstede et al., 2003, pág. 95).

### **2.2.3 *Suelo de paramo***

Los suelos de los páramos son principalmente de origen volcánico y se distinguen por el material parental. Algunos se forman a partir de las cenizas volcánicas recientes y otros a partir de rocas metamórficas meteorizadas. Estos suelos generan una difuminación de las formas del relieve debido a su depósito y alteración. En general, las cimas de los páramos son suavemente onduladas y rebajadas, y presentan cumbres amplias, redondas o aplanadas. Sin embargo, también puede haber espinazos rocosos en algunas zonas (Hofstede et al., 2003, pág. 95).

## **2.3 Tipos de paramos en ecuador**

Los páramos son ecosistemas que albergan una gran cantidad de especies endémicas, que son el resultado de procesos de radiación, diversificación y aislamiento geográfico. En Ecuador, se encuentran 659 especies endémicas en los páramos, de las cuales 273 solo crecen en este ecosistema, mientras que el resto también se encuentran en bosques andinos u otros ecosistemas (Chuncho y Chuncho, 2019, pág. 78-83).

### **2.3.1 *Paramo pajonal***

Según Laegaard (1992, pág. 100), los páramos de pajonal se encuentran en todas las provincias del país donde existe este ecosistema, abarcando alrededor del 70% de su extensión en Ecuador. La cualidad de "natural" de este tipo de páramo, el más representativo de todos, es un tema de debate. Es evidente que nadie ha sembrado los pajonales, por lo que el ecosistema es natural, pero también es verdad que las actividades humanas han transformado parcialmente la vegetación original en los actuales pajonales.

### **2.3.2 *Paramo desértico o superpáramo***

De acuerdo con Valencia et al. (1999, págs 59-60.), se encuentra a altitudes superiores a los 4500 m y hasta los 4800-4900 m, lo que significa que solo se puede encontrar en montañas que alcancen estas altitudes. En este tipo de clima, las condiciones son similares superficialmente a las tundras templadas, donde solo las plantas más resistentes al frío, la desecación fisiológica y el viento pueden sobrevivir.

## **2.4 Flora del páramo**

La vegetación del páramo juega un papel fundamental en la prevención de inundaciones durante períodos de alta precipitación, así como en la mitigación de sequías durante épocas de escasez de agua, además de reducir el impacto erosivo en el suelo. Según Hofstede et al. (2003, págs. 1-28), se estima que existen más de 4.000 especies de plantas en los páramos, con un 60% de ellas siendo endémicas. La flora presente en este ecosistema ha evolucionado para adaptarse a las condiciones extremas que lo caracterizan.

### **2.4.1 *Plantas como indicadores de las condiciones del paramo***

La presencia de ciertas plantas en el páramo puede brindar información sobre diferentes variables ambientales. Algunas plantas son indicadoras específicas de ciertas altitudes o tipos de suelos, lo que las convierte en señales útiles para determinar estas variables. Un grupo de plantas interesantes en este sentido son las hierbas que prosperan en terrenos que han sido sometidos a un pastoreo intenso. No solo la presencia o ausencia de estas plantas, sino también su estado, puede servir como indicador de la situación ambiental. Por ejemplo, la presencia de frailejones en los páramos puede indicar si ha habido incendios. La densidad de sus penachos en un área en

comparación con otra puede proporcionar pistas sobre el tipo de uso que se ha dado al terreno (Mena, 2019, pág. 15).

#### **2.4.2 *Importancia ecológica y biodiversidad del páramo***

Los páramos son ecosistemas de alta montaña que se caracterizan por su ubicación como zonas de transición entre los bosques montanos y las nieves perpetuas. Se encuentran en las regiones tropicales y subtropicales de América del Sur, África y Asia (Buytaert et al., 2018). Estos ecosistemas son reconocidos como verdaderos reservorios de biodiversidad y desempeñan un papel fundamental al proveer una amplia gama de servicios ecosistémicos cruciales tanto para el funcionamiento de los sistemas naturales como para el bienestar humano. Entre estos servicios se incluyen la regulación del ciclo hidrológico, la captura y almacenamiento de carbono, la protección de cuencas hidrográficas, la provisión de agua dulce y la conservación de especies endémicas (Hofstede et al., 2019, págs. 5-22).

Además, se ha demostrado que la actividad humana ha tenido un impacto significativo en la disminución del escurrimiento en los páramos andinos, según lo señalado por (Buytaert et al., 2018). Estos ecosistemas, con su rica diversidad de especies y su capacidad para regular el ciclo hidrológico, desempeñan un papel vital como reservorios de biodiversidad y proveedores clave de servicios ecosistémicos. Entre estos servicios se destaca la regulación del flujo de agua, que es esencial para el mantenimiento de los recursos hídricos, así como la captura de carbono, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático (Hofstede et al., 2019, págs. 5-22).

En Ecuador, los páramos abarcan aproximadamente 1.337.119 hectáreas, lo que representa alrededor del 5% de la extensión territorial total del país. La provincia de Chimborazo destaca con 236.000 hectáreas de ecosistema de páramo, que representan el 36,9% de la superficie provincial. Además, cuenta con otras 83.800 hectáreas de bosque andino y alto andino, lo que supone el 13,1% adicional de la superficie provincial (Bustamante, Albán y Arguello, 2011). A escala nacional, esta extensión abarca aproximadamente el 17,7% de la superficie total de páramos en el país, según investigaciones realizadas por Beltrán y colaboradores (2009) y Beltrán (2010). Dentro de la provincia de Chimborazo, se encuentran dos áreas protegidas que forman parte del Patrimonio Nacional del Estado (PANE): la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo y el Parque Nacional Sangay. Dentro de estas áreas, se han establecido medidas de protección en 91.667 hectáreas, lo que equivale al 14% de la superficie total de la provincia y al 31% de los páramos provinciales. A pesar de contar con un estatus de protección, algunas zonas dentro de

estas áreas muestran signos de una intervención humana significativa, según señalan Rojas (2010, pág. 23) y Salgado y Cárate (2010, págs. 15-23).

Por lo tanto, el páramo es uno de los ecosistemas más importantes para la conservación de la biodiversidad. Aunque es un hábitat relativamente pequeño en extensión, alberga una gran diversidad de especies endémicas y una variedad de formas de vida adaptadas a las condiciones extremas. Además, el páramo juega un papel crucial en la regulación del ciclo hidrológico y en la protección de fuentes de agua para comunidades humanas y ecosistemas aguas abajo (Buytaert et al., 2018, págs. 95-99).

### ***2.4.3 Geográfica de los páramos y su vulnerabilidad a los cambios climáticos***

Los páramos se distribuyen principalmente en los Andes de Sudamérica, abarcando países como Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Sin embargo, también se encuentran en otras regiones del mundo, como en África Oriental. Los páramos son particularmente vulnerables a los cambios climáticos debido a su ubicación en altas elevaciones, donde pequeñas variaciones de temperatura pueden tener impactos significativos en la distribución y supervivencia de las especies (Bendix et al., 2006, págs. 5-15).

### ***2.4.4 Funciones y servicios ecosistémicos proporcionados por los páramos***

Los páramos desempeñan importantes funciones y proveen diversos servicios ecosistémicos. Estos incluyen la regulación del ciclo hidrológico y el abastecimiento de agua para uso humano y agrícola, la protección contra la erosión y los deslizamientos de tierra, la captura y almacenamiento de carbono, la provisión de hábitat para una amplia gama de especies, y la contribución a la belleza escénica y al turismo de naturaleza (Cuello et al., 2019, págs. 123-130).

## **2.5 Cambio climático y su impacto en los ecosistemas**

El cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo en los patrones climáticos de la Tierra, como el aumento de la temperatura media global y las alteraciones en los regímenes de precipitación (IPCC, 2014). Estos cambios climáticos tienen el potencial de afectar significativamente los ecosistemas, incluyendo los páramos. Entre los impactos más relevantes se encuentran la alteración de los ciclos hidrológicos, el cambio en la distribución de las especies y la pérdida de biodiversidad (Parmesan, 2006, págs. 640-668). Los páramos son particularmente vulnerables al cambio climático debido a su ubicación en zonas de alta montaña, donde los

cambios en las variables climáticas pueden tener efectos drásticos en los patrones de temperatura, humedad y disponibilidad de agua.

## **2.6 Área protegida**

Las áreas protegidas se definen como espacios geográficos claramente delimitados, reconocidos, asignados y gestionados a través de mecanismos legales u otras estrategias efectivas, con el objetivo de asegurar la conservación a largo plazo de la naturaleza y sus servicios ecológicos y valores asociados (Dudley, 1994).

También consideran a las áreas protegidas como herramientas fundamentales para la conservación, actualmente salvaguardan el 14% de la superficie terrestre (incluyendo la Antártida) y el 3,41% de la superficie marina del planeta, a través de 209.428 áreas que abarcan 32.868.673 km<sup>2</sup> (Deguignet et al. 2014). El objetivo primordial de la gestión in situ de estos espacios es garantizar la conservación a largo plazo de la naturaleza, sus servicios ecosistémicos y los valores culturales asociados ((Dudley, 1994).

La Reserva de Producción Faunística Chimborazo es una de las 51 áreas que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, que abarca aproximadamente el 20% del territorio nacional. Esta reserva fue creada mediante el Acuerdo Ministerial No. 437 el 26 de octubre de 1987, y se encuentra ubicada en las provincias de Chimborazo, Bolívar y Tungurahua (Ministerio de Ambiente, 1995). Con una extensión de 52.683 hectáreas, su altitud varía desde los 3650 hasta los 6310 metros sobre el nivel del mar, y presenta un clima frío andino con temperaturas que oscilan entre -4.80°C y 11.40°C. Adicionalmente, se registra una precipitación media de 809 mm en las áreas menos lluviosas y de 1300 mm en las zonas más húmedas. La reserva alberga una variedad de elementos de conservación que incluyen los ecosistemas de páramos, los sistemas acuáticos y humedales, las áreas boscosas con vegetación perennifolia y los valiosos sitios arqueológicos. Estos componentes han sido identificados como elementos fundamentales para la preservación de la reserva (EcoCiencia, 2014, pág. 114).

### ***2.6.1 Importancia de las áreas protegidas***

Las áreas protegidas son fundamentales para la conservación de la biodiversidad debido a que proporcionan espacios seguros y hábitats adecuados para una variedad de especies. Además,

protegen ecosistemas y procesos ecológicos clave, asegurando la provisión continua de servicios ecosistémicos (Dudley et al., 2018, pág. 35).

### 2.6.2 *Objetivos y categorías de áreas protegidas*

Los objetivos de las áreas protegidas son conservar la diversidad biológica, proteger los recursos naturales y culturales, brindar oportunidades para la investigación y educación, y promover el disfrute sostenible de la naturaleza. Las áreas protegidas se clasifican en diferentes categorías, como parques nacionales, reservas naturales, monumentos naturales, entre otras, según sus características y objetivos específicos (Dudley, 1994).

### 2.6.3 *Funciones y beneficios de las áreas protegidas*

Las áreas protegidas desempeñan funciones vitales en la conservación y el mantenimiento de los ecosistemas al actuar como refugios para especies amenazadas, mantener la conectividad entre diferentes hábitats, regular los procesos hidrológicos, preservar la diversidad genética y cultural, y promover la investigación y el ecoturismo sostenible (Dudley et al., 2018, págs. 38-42).

## 2.7 *Gynoxys sp*

El género *Gynoxys* perteneciente a la familia Asteraceae se desarrolla en la parte de los Andes y en ocasiones se los confunde con los quishuares, se caracterizan por ser arbustos o árboles pequeños que pueden alcanzar los 5 m de altura. En Ecuador se las puede encontrar en la ceja andina y en el sub-páramo hasta los 4000 msnm, resiste nevadas, vientos fríos fuertes y húmedos, prospera en diferentes clases de suelo, incluyendo los de baja fertilidad y con pH ácido, tiene una alta capacidad de rebrote (Ordoñez et al., 2015, pág. 56).

### 2.7.1 *Características taxonómicas*

**Tabla 2-1:** Características taxonómicas

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Orden</b>	Asterales
<b>Familia</b>	Asteraceae
<b>Género</b>	<i>Gynoxys</i>

Realizado por: López Sananay, Mario, 2023.

### **2.7.2 Hábitat y distribución actual**

El Género *Gynoxys*, se encuentra principalmente en los páramos de la región andina de Sudamérica, a altitudes que van desde los 2,500 hasta los 4,500 metros sobre el nivel del mar. Se ha registrado su presencia en países como Colombia, Ecuador y Perú (Navarro et al., 2015, págs. 510-515).

### **2.7.3 Importancia ecológica y valor de conservación**

El género *Gynoxys* juega un papel importante en los ecosistemas de páramo, ya que contribuye a la diversidad y resiliencia de estas áreas. Además, puede actuar como refugio y alimento para ciertas especies de fauna, así como desempeñar un papel en la polinización y dispersión de semillas (Mendoza et al., 2017, págs. 2661-2677).

## **2.8 Diversidad de especies**

El número y la abundancia relativa de especies son factores determinantes para definir la diversidad de especies en una comunidad. Dentro del conjunto de especies que componen la comunidad, algunas son abundantes, mientras que la mayoría son escasas. Esta característica se puede describir mediante el conteo de todos los individuos de cada especie en una serie de parcelas de muestreo dentro de la comunidad, y determinando el porcentaje de contribución de cada especie al conjunto total de la comunidad (Torreblanca et al., 2012, págs. 283-294).

### **2.8.1 Distribución potencial de una especie**

La distribución potencial de una especie se refiere al conjunto de áreas geográficas en las que se estima que la especie puede sobrevivir y reproducirse, de acuerdo con las condiciones ambientales y ecológicas que son favorables para su persistencia (Elith y Leathwick, 2009, págs. 677-697).

### **2.8.2 Factores que influyen en la distribución de una especie**

La distribución de una especie está influenciada por una combinación de factores, incluyendo el clima, la topografía, el suelo, la vegetación, la disponibilidad de recursos, la interacción con otras especies y las barreras geográficas. Estos factores determinan los límites y las características de la distribución de la especie en un determinado espacio geográfico (Pearson y Dawson, 2003, págs. 361-371).

### **2.8.3 *Métodos utilizados para modelar la distribución potencial***

Existen varios métodos utilizados para modelar la distribución potencial de una especie, entre ellos el modelo de máxima entropía (MaxEnt) y los modelos de nicho ecológico. Estos métodos utilizan datos de presencia de la especie, así como variables ambientales, para predecir la distribución espacial de la especie y determinar las áreas más adecuadas para su supervivencia (Phillips et al., 2006, págs. 235-250).

### **2.8.4 *Aplicaciones de la modelación de distribución potencial***

La modelación de distribución potencial tiene aplicaciones importantes en la conservación de especies y la gestión de áreas protegidas. Puede ayudar a identificar áreas de alta diversidad o de importancia para la conservación, identificar posibles corredores de conectividad entre áreas protegidas, evaluar el impacto de cambios en el uso del suelo o el clima en la distribución de las especies, y apoyar la toma de decisiones para la planificación y gestión de áreas protegidas (Guisan y Zimmermann, 2000, págs. 150-160).

## **2.9 Nicho ecológico**

El nicho ecológico se refiere al papel o función de una especie dentro de su ecosistema, incluyendo los recursos que utiliza y cómo interactúa con el entorno biótico y abiótico. Representa la forma en que una especie responde y se adapta a las condiciones ambientales en las que vive (Hutchinson, 1957, págs. 418-425).

### **2.9.1 *Factores bióticos y abióticos que influyen en el nicho ecológico de una especie***

El nicho ecológico de una especie es influenciado por una combinación de factores bióticos y abióticos. Los factores abióticos incluyen el clima, el suelo, la topografía y los recursos físicos disponibles. Los factores bióticos incluyen la interacción con otras especies, como la competencia, la depredación y las relaciones simbióticas (Chase y Leibold, 2003, págs. 252-262).

### **2.9.2 *Relación entre el nicho ecológico y la distribución de una especie***

La distribución de una especie está determinada por su nicho ecológico. Las condiciones ambientales que conforman el nicho ecológico de una especie limitan su distribución geográfica,

ya que solo puede habitar áreas donde las condiciones sean adecuadas para su supervivencia y reproducción (Soberón y Peterson, 2005, págs. 2-8).

### ***2.9.3 Métodos utilizados para evaluar el nicho ecológico de una especie***

Existen diversos métodos utilizados para evaluar el nicho ecológico de una especie. Algunos de los métodos más comunes incluyen el análisis de la distribución geográfica de la especie, la modelación de la distribución potencial utilizando variables ambientales, los experimentos en el campo o en laboratorio, y el análisis de datos de abundancia y ocurrencia de la especie en diferentes hábitats (Jiménez et al., 2008, págs. 285-295).

## **2.10 Modelo de máxima entropía**

El modelo de máxima entropía se basa en el principio de que, en ausencia de información adicional, la distribución de una especie debe ser representada de manera equitativa, es decir, con la máxima entropía posible. Este modelo utiliza datos de presencia de la especie y una serie de variables ambientales para predecir su distribución potencial (Phillips et al., 2006, págs. 236-242).

### ***2.10.1 Aplicación del modelo de máxima entropía***

El modelo de máxima entropía ha sido ampliamente utilizado en la modelación de la distribución potencial de especies. Utiliza un enfoque estadístico robusto y puede manejar datos incompletos y sesgados. Puede incorporar múltiples variables ambientales y permite identificar las áreas más adecuadas para la presencia de una especie (Elith et al., 2011, pág. 2232-342).

### ***2.10.2 Ventajas y limitaciones del modelo de máxima entropía***

El modelo de máxima entropía presenta ventajas significativas, como su capacidad para trabajar con datos escasos y sesgados, su flexibilidad para incorporar múltiples variables explicativas y su capacidad para generar mapas de distribución potencial. Sin embargo, también tiene limitaciones, como la sensibilidad a la escala de los datos y la dependencia de la calidad y representatividad de los datos de presencia (Elith et al., 2006, págs. 129-139).

## **2.11 Modelos de distribución de especies**

Los modelos de distribución de especies son herramientas ampliamente utilizadas en ecología y conservación para predecir la distribución espacial de una especie en función de variables ambientales y datos de presencia conocida (Elith et al., 2006, págs. 135-141). Estos modelos se basan en la premisa de que las especies están distribuidas en función de las condiciones ambientales óptimas para su supervivencia y reproducción. Entre los enfoques de modelado, destaca el modelo de máxima entropía (MaxEnt), que es particularmente útil cuando solo se cuenta con datos de presencia de la especie (Phillips et al., 2006, págs. 236-242). El modelo de MaxEnt utiliza la información sobre las condiciones ambientales en las localidades donde la especie ha sido registrada para estimar la distribución potencial en áreas donde no se tiene información directa.

## **2.12 Aplicación de modelos de MaxEnt**

Los modelos de MaxEnt han demostrado ser herramientas valiosas para evaluar el impacto del cambio climático en la distribución de especies (Elith et al., 2006, págs. 135-141). Estos modelos permiten proyectar la distribución potencial de una especie en escenarios futuros de cambio climático al integrar datos climáticos futuros en el modelo (Pearson et al., 2007, págs. 102-117). Al considerar los cambios proyectados en las variables climáticas, como la temperatura y la precipitación, los modelos de MaxEnt pueden predecir cómo podrían cambiar los rangos de distribución de especies como *Gynoxys* sp en el páramo de Ichubamba Yasepan. Esto proporciona información relevante para la conservación de la especie y la toma de decisiones en el manejo de los ecosistemas de páramo en el contexto del cambio climático.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Caracterización del lugar

##### 3.1.1 Localización del área protegida Ichubamba Yasepan

Se encuentra localizado en la parroquia Cebadas, cantón Guamote, provincia de Chimborazo, específicamente en los Páramos de la Cooperativa de Producción Agropecuaria Ichubamba Yasepan los mismos que se encuentra ubicados en el km 25 de la vía Riobamba-Macas, cerca de la comunidad Reten Ichubamba

##### 3.1.2 Ubicación geográfica

El área protegida Ichubamba Yasepan de encuentra ubicada geográficamente en las siguientes coordenadas descritas en la tabla 1

**Tabla 3-1:** Ubicación geográfica del área protegida Ichubamba Yasepan

Área	Coordenadas		Altura (msnm)
	X	Y	
A	780159,4	9769592,0	2942 a 3400

Realizado por: López Sananay, Mario, 2023.

#### 3.2 Materiales y equipos

##### 3.2.1 Materiales y equipos de campo

Cámara fotográfica, GPS, celular, vehículo

##### 3.2.2 Materiales y equipos de oficina e informáticos

Computadora, software MaxEnt versión 3.4.1

#### 3.3 Metodología

Para la ejecución del primer objetivo se realizó una salida de campo al área de estudio en la cual se realizaron las siguientes actividades

### **3.3.1 *Obtención de datos de la *Gynoxys* sp***

Para la obtención de datos de la *Gynoxys* sp, se realizaron 5 transectos lineales que se extendían desde el suroeste hacia el noreste y sureste, con un rango altitudinal que oscilaba entre los 3440 y 3840 msnm. Estos transectos coincidían con las rutas habitualmente utilizadas por los miembros de la comunidad local para llevar a cabo tareas de supervisión y protección en el área protegida. Estos recorridos se efectuaron montados a caballo y, durante su transcurso, se llevó a cabo la observación directa para identificar la presencia de la *Gynoxys* sp, en una franja de 10 metros a ambos lados del recorrido. Los puntos en los que se constató la existencia de esta especie se georreferenciaron utilizando el sistema de proyección Universal Transverse Mercator (UTM), Modelo de elipsoide WGS84 y zona 17 SUR.

Para la ejecución del segundo objetivo específico se obtuvo los datos de las variables que limitan la distribución de especies vegetales.

### **3.3.2 *Investigación de artículos científicos de alto impacto***

Se revisó los artículos científicos de variables que limitan la distribución de especies vegetales en repositorios digitales de artículos científicos indexados en latín 2. 0, Scopus, Public Library of Science (PLOS) y Scielo.

### **3.3.3 *Variables que permitan saber la idoneidad de la especie***

Se procedió a sintetizar la información en una matriz para finalmente validar las variables con el equipo técnico del proyecto las cuales nos permitieron saber la idoneidad de la especie. Empleamos 19 variables bioclimáticas actuales, que incluyen datos sobre la interacción entre la temperatura y la precipitación en distintos momentos del año. Bio1 es la temperatura media anual (°C); Bio2 es el rango medio diario; Bio3 es la Isotermalidad; Bio4 es la estacionalidad de la temperatura; Bio5 es la temperatura máxima del mes más cálido (°C); Bio6 es la temperatura mínima del mes más frío (°C); Bio7 es el rango anual de temperatura; Bio8 es la temperatura media del trimestre más húmedo (°C); Bio9 es la temperatura media del trimestre más seco (°C); Bio10 es la temperatura media del trimestre más cálido (°C); Bio11 es la temperatura media del trimestre más frío (°C); Bio12 es la precipitación anual (mm); Bio13 es la precipitación del mes más húmedo (mm); Bio14 es la precipitación del mes más seco (mm); Bio15 es la estacionalidad

en las precipitaciones; Bio16 es la precipitación del trimestre más húmedo (mm); Bio17 la precipitación del trimestre más seco (mm); Bio18 es la precipitación del trimestre más cálido (mm); y Bio19 es la precipitación del trimestre más frío.

Conjuntamente, utilizamos las variables de ELEV elevación (msnm); PEND pendiente; NDVI índice de vegetación de diferencia normalizada y NDWI índice de agua de diferencia normalizada. También utilizamos diez variables vinculadas a la edificación, PH potencial hidrogeno (Ph); CONDUC conductividad (us/cm); DENSAP; densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>); Ca calcio (mg/Kg); Mg magnesio (mg/Kg); Na sodio (mg/Kg); K potasio (mg/Kg); P fósforo (mg/Kg); N nitrógeno (mg/Kg) y MO materia orgánica.

**Tabla 3-2:** Variables por grupo temático usadas en el estudio

<b>Grupo Temático</b>	<b>Denominación de la variable</b>	<b>Código</b>	<b>Tipo-Escala (unidades)</b>
Cobertura y topografía	Elevación	ELE V	Metros sobre el nivel del mar
	Pendiente	PEND	Porcentaje
	NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)	NDVI	Unidades
	NDWI (Índice de Agua de Diferencia Normalizada)	NDWI	Unidades
Bioclimáticas	Temperatura media anual	BI01	Grados centígrados
	Rango diurno medio (Media mensual (temp máx - temp mín))	BI02	Grados centígrados
	Isotermalidad (BI02 / BI07) (× 100)	BI03	Grados centígrados
	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar × 100)	BI04	Grados centígrados
	Temperatura máxima del mes más cálido	BI05	Grados centígrados
	Temperatura mínima del mes más frío	BI06	Grados centígrados
	Rango anual de temperatura (BI05-BI06)	BI07	Grados centígrados
	Temperatura media del trimestre más húmedo	BI08	Grados centígrados
	Temperatura media del trimestre más seco	BI09	Grados centígrados
	Temperatura media del trimestre más cálido	BI010	Grados centígrados

	Temperatura media del trimestre más frío	BIO11	Grados centígrados
	Precipitación anual	BIO12	Milímetros por metro cuadrado
	Precipitación del mes más húmedo	BIO13	Milímetros por metro cuadrado
	Precipitación del mes más seco	BIO14	Milímetros por metro cuadrado
	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)	BIO15	Milímetros por metro cuadrado
	Precipitación del trimestre más húmedo	BIO16	Milímetros por metro cuadrado
	Precipitación del trimestre más seco	BIO17	Milímetros por metro cuadrado
	Precipitación del trimestre más cálido	BIO18	Milímetros por metro cuadrado
	Precipitación del trimestre más frío	BIO19	Milímetros por metro cuadrado
Edáficas	Potencial Hidrógeno	PH	(Ph)
	Conductividad	COND UC	(us/cm)
	Densidad aparente	DENSA P	(g/cm <sup>3</sup> )
	Calcio	Ca	(mg/Kg)
	Magnesio	Mg	(mg/Kg)
	Sodio	Na	(mg/Kg)
	Potasio	k	(mg/Kg)
	Fósforo Total	P	(mg/Kg)
	Nitrógeno Total	N	(mg/Kg)
	Materia Orgánica	MO	(%)

**Realizado por:** López Sananay, Mario, 2023.

Para la ejecución del tercer objetivo se realizó el ingreso de los datos obtenidos en el software MaxEnt versión 3.4.1.

### **3.3.4 Datos de variables bioclimáticas**

Se obtuvieron las variables bioclimáticas de la base de datos de WorldClim Global Climate versión 2.0 Data, que contaba con una resolución de 30 segundos y abarcaba el período entre 1970 y 2000. Estas variables se derivan de los datos mensuales de temperatura y precipitación, con el propósito de crear variables que tengan una mayor relevancia biológica. Estas variables son utilizadas en la construcción de modelos de distribución de especies y capturan las tendencias anuales, la estacionalidad y los factores ambientales extremos o limitantes.

En total, se descargaron 19 archivos ráster, los cuales fueron recortados utilizando el software gratuito ArcGIS para adaptarlos al área protegida mediante la función "extraer por máscara". Posteriormente, se redujo la resolución de la cuadrícula a 10 metros por 10 metros mediante la opción de "exportar datos". Por último, se extrajeron los valores correspondientes a los 72 registros utilizando la herramienta "Extraer valores Múltiples a puntos", que permite obtener los valores de las celdas en ubicaciones específicas en una capa de puntos de entidades a partir de uno o más archivos ráster, y se registraron estos valores en la tabla de atributos de la capa de puntos de entidades.

Para modelar el escenario futuro se utilizaron variables climáticas tomadas del sistema terrestre versión 5 (CanESM5.0.3), el cual es un modelo global diseñado para simular tanto el cambio como la variabilidad climática histórica. Este modelo se utiliza para realizar pronósticos a largo plazo sobre el clima futuro, así como para generar predicciones estacionales y decenales. Además, se utilizó el escenario de trayectorias socioeconómicas Compartidas (SSP), que es un marco conceptual desarrollado por la comunidad de investigación del cambio climático. Este marco tiene como objetivo facilitar el análisis integral de los impactos climáticos futuros, las vulnerabilidades y las estrategias de adaptación y mitigación. Los SSP cuantifican los desarrollos en energía y usos de la tierra, así como las incertidumbres asociadas con las emisiones y gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos.

### **3.3.5 Datos de variables edáficas**

Se obtuvieron datos sobre las propiedades del suelo a partir del análisis de laboratorio de 27 muestras de suelo recolectadas entre 2020 y 2022. Para recopilar estas muestras, se excavaron agujeros en el suelo utilizando un suelo estéril, llegando a una profundidad de entre 15 y 30 centímetros, de los cuales se extrajo una muestra representativa de 2 kilogramos. Se tuvo precaución de evitar áreas con vegetación, piedras u otros elementos extraños durante este proceso. Luego, estas muestras de suelo se depositaron en bolsas etiquetadas de manera adecuada, asegurando que estuvieran debidamente identificadas con información como la ubicación, la

profundidad y la fecha de recolección. Posteriormente, estas muestras se llevaron al laboratorio TOX-CHEM - Laboratorio de Análisis Químico para realizar análisis de diversos parámetros. Los datos relacionados con los 10 parámetros físico-químicos del suelo se procesaron utilizando el método geoestadístico conocido como Kriging ordinario. Este método permite evaluar la estructura espacial de los datos y su autocorrelación a través del análisis de vario gramas, lo que facilita la generación de predicciones precisas.

### **3.3.6 Datos de variables de cobertura y topografía**

En lo que concierne a las variables topográficas, se creó un modelo digital de elevación (DEM) a partir de las curvas de nivel extraídas de las cartas topográficas proporcionadas por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador. Estas cartas tenían una escala de 1: 50000 y un intervalo de 40 metros entre las curvas de nivel. Para generar el DEM, se transformaron estas curvas de nivel en una Red Triangular Irregular (TIN) utilizando la herramienta "create TIN". Luego, este TIN se convirtió en un Modelo Digital de Elevación (DEM) mediante la herramienta "TIN to raster", con una resolución de píxeles de 10 x 10 metros. Para calcular la pendiente del terreno, se empleó el DEM previamente mencionado y se aplicó la herramienta "Slope" para obtener la pendiente en porcentaje, y luego se extrajeron los valores relacionados con las ubicaciones de interés.

En lo que respecta a las variables de cobertura, se descargaron imágenes satelitales Landsat 8 desde la plataforma Google Earth Engine (GEE) para calcular el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) y el NDWI (Índice Diferencial de Agua Normalizado) compuestos anuales. Estas imágenes compuestas estaban compuestas por 12 bandas ortorectificadas de nivel 1, con reflectancia calculada en la parte superior de la atmósfera (TOA), y se crearon combinando todas las escenas satelitales adquiridas durante el año. La imagen compuesta correspondía al valor más reciente (30m x 30m) del año 2021 para el NDWI y se utilizó para evaluar los cambios en el contenido de agua en la superficie. Además, se derivó el NDVI de estas imágenes y se utilizó para medir la salud y vigor de la biomasa vegetal.

Ambas capas raster resultantes se ajustaron a la misma resolución que las variables anteriores para su análisis posterior.

### **3.3.7 Funcionamiento del MaxEnt versión 3.4.1**

MaxEnt (Maximum Entropy) es un software utilizado para modelar la distribución de especies o la distribución geográfica de eventos, como la presencia de enfermedades, en función de datos de presencia y variables ambientales. Este software se basa en el principio de entropía máxima y es ampliamente utilizado en ecología y biogeografía para predecir la distribución potencial de

especies en función de las condiciones ambientales, basándose en la recopilación de datos de presencia, recopilación de variables ambientales, creación de un archivo de entrada, entrenamiento del modelo, generación de mapas de distribución, evaluación del modelo y ajuste del modelo. En fin, el MaxEnt es una herramienta para modelar la distribución de especies o eventos en función de datos de presencia y variables ambientales.

- **Datos de Entrada**

Datos de presencia

Coordenadas UTM WGS 84 17 SUR

Los datos georreferenciados de presencia se guardaron como archivo csv delimitado por comas

Las variables de cobertura y topografía, bioclimáticas y edáficas se transformaron de formato shape a tif y luego a formato ascii.

- **Datos de Salida**

En formato raster y lo transformamos a formato vectorial mediante la herramienta “raster to polygon” para calcular las superficies en software argis 10.8.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

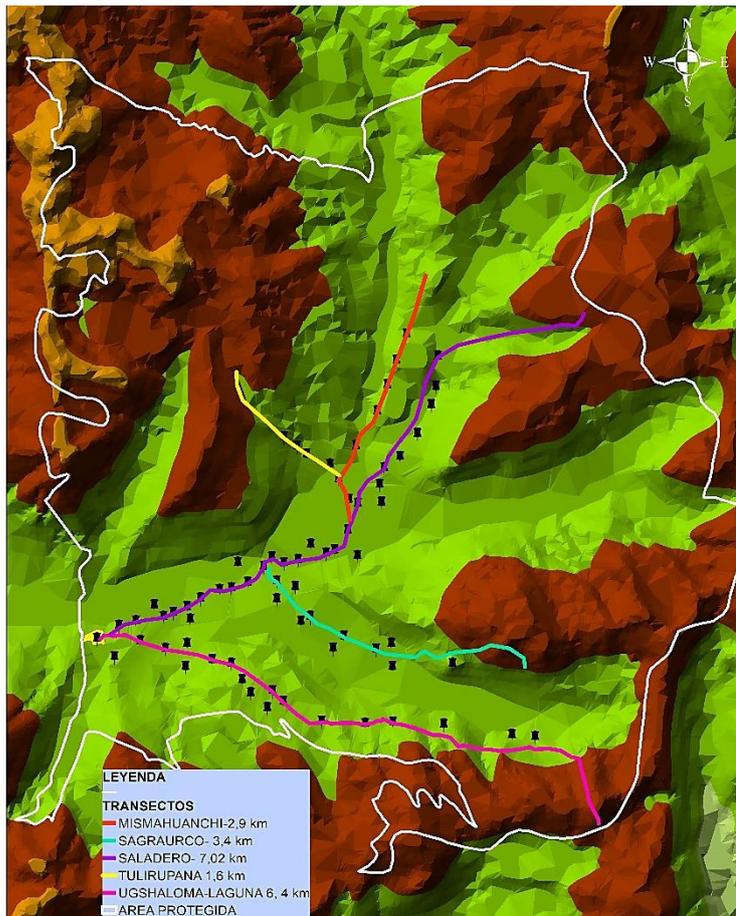
#### 4.1 Geolocalización de la *Gynoxys* sp

Los transectos con el mayor número de observaciones son Saladero con una distancia 7,03 km (suroeste-noreste) y Ugshaloma-Laguna con una distancia 6,44 km (suroeste-sureste) con 37 y 9 avistamientos de *Gynoxys* sp. Por otro lado, Sagraurco se recorrió 3,40 km (sureste) se registró 4 individuos mientras que Mismahuanchi (noreste) y Tulirupana (noroeste) se recorrió 2,97 y 1,67 km presentan solamente 5 registros de presencia debido a que son los recorridos más cortos. En su conjunto, se cubrió una distancia total de 21,51 kilómetros durante los recorridos, y se registraron un total de 55 avistamientos de la especie bajo estudio. Es importante destacar que este esfuerzo de registro fue considerable, dado que la topografía del terreno, la densa vegetación y las condiciones climáticas extremas del área representaron un desafío significativo.

**Tabla 4-1:** Longitud de los transectos lineales Aumentar los km de las rutas

N°	Nombre	Longitud (Km)	Registro de presencia
1	UGSHALOMA-LAGUNA	6,44	9
2	SALADERO	7,03	37
3	SAGRAURCO	3,40	4
4	MISMAHUANCHI	2,97	3
5	TULIRUPANA	1,67	2
	<b>Total</b>	<b>21,51</b>	<b>55</b>

Realizado por: López Sananay, Mario, 2023.



**Ilustración 4-1:** Mapa de los transectos lineales

Realizado por: López Sananay, Mario. 2023.

### **Variables que determinan el nicho ecológico de la vegetación de *Gynoxys* sp**

En lo que concierne a las variables que determinan el nicho ecológico de la especie, Tabla 1 se pueden apreciar a las variables edáficas y bioclimáticas con mayor influencia, seguido de las variables de cobertura y topografía en la distribución geográfica de *Gynoxys* sp. Estas son: K potasio (17,5 %); Bio 2 rango diurno medio (14,1 %); DENSAP densidad aparente (11 %); Bio 12 precipitación anual (7 %); Bio 3 isotermalidad (5,7 %) y ELEV elevación (5,1 %).

Basándonos en los datos proporcionados por Mengel y Kirkby, (2000, págs. 377-383) el potasio para la fisiología vegetal es el catión más importante no solo en relación a su contenido en los tejidos de las plantas, sino también respecto a sus funciones fisiológicas y bioquímicas. El rango diurno medio en el área protegida Ichubamba Yasepan oscila entre los 4°C a los 10°C, la precipitación anual en la parroquia Cebadas va desde los 250 mm en las comunidades secas, a los 2.500 mm de precipitación media anual en las zonas húmedas, generalmente hacia el ecosistema de páramo y

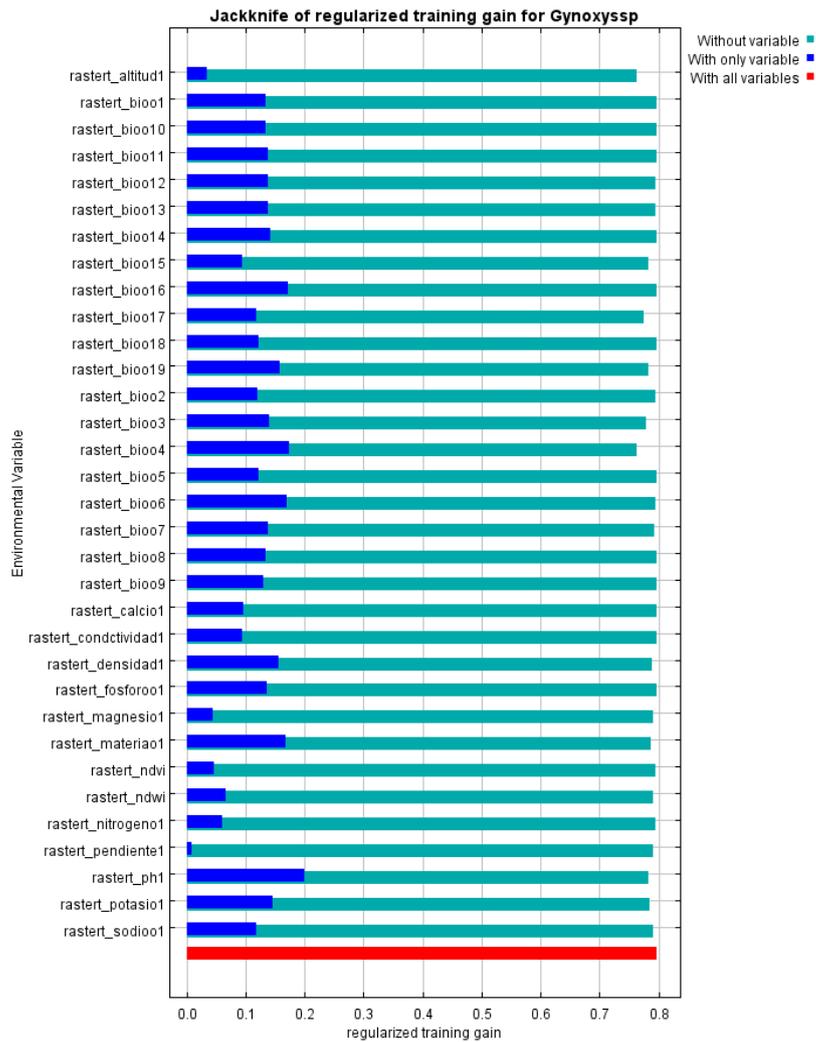
la elevación oscila entre los 2942 a 3400 msnm como afecta la altitud en la distribución de las especies.

**Tabla 4-2:** Estimaciones relativas de las variables ambientales

<b>Variable</b>	<b>Contribución porcentual</b>	<b>Importancia de la permutación</b>
raster_potasio1	17,5	17,4
raster_bioo2 nombre	14,1	0
raster_densidad1	11	1,2
raster_bioo12	7	0,2
raster_bioo3	5,7	13,1
raster_altitud1	5,1	6,1
raster_bioo15	4,7	1
raster_calcio1	4,5	0
raster_bioo7	4,4	1,5
raster_marateriao1	4,4	1,9
raster_bioo6	4,2	0
raster_sodioo1	3,5	3,4
raster_ndvi	3,4	0
raster_bioo17	2,1	7,2
raster_bioo4	2	36,9
raster_bioo13	1,5	0
raster_bioo19	1,3	5,3
raster_ph1	1,2	2,7
raster_magnesio1	0,9	1,2
raster_pendiente1	0,8	0
raster_ndwi	0,5	0,8
raster_nitrogeno1	0,2	0

**Realizado por:** López Sananay, Mario, 2023.

Mientras que en la prueba de Jackknife Ilustración 4-2 nos permitió conocer las variables bioclimáticas, cobertura, topográficas y edificas que condicionan más a la distribución geográfica del género *Gynoxys* sp, siendo la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa de forma aislada es rastert\_ph1 (potencial hidrogeno), que por lo tanto parece tener la información más útil por sí sola. La variable ambiental que disminuye más la ganancia cuando se omite es rastert\_bioo4 (estacionalidad de la temperatura), que por lo tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

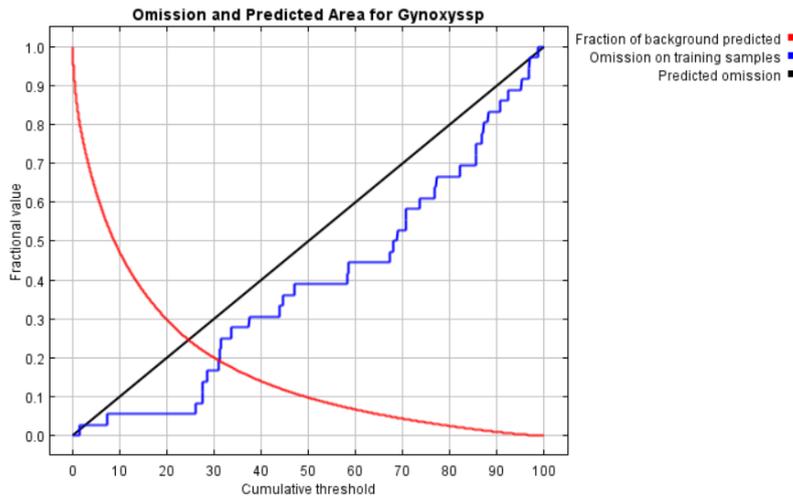


#### Ilustración 4-2: Resultados del Jackknife

Realizado por: López Sananay, Mario, 2023.

La tasa de omisión se calculó en los registros de presencia de entrenamiento y se pudo observar que la omisión de los puntos de entrenamiento cae por debajo de las predicciones, esto quiere decir que las predicciones del modelo están mejorando su capacidad para identificar correctamente los puntos de presencia durante el entrenamiento. En otras palabras, el modelo está volviéndose más preciso al predecir la presencia de ciertos elementos o condiciones que se están evaluando.

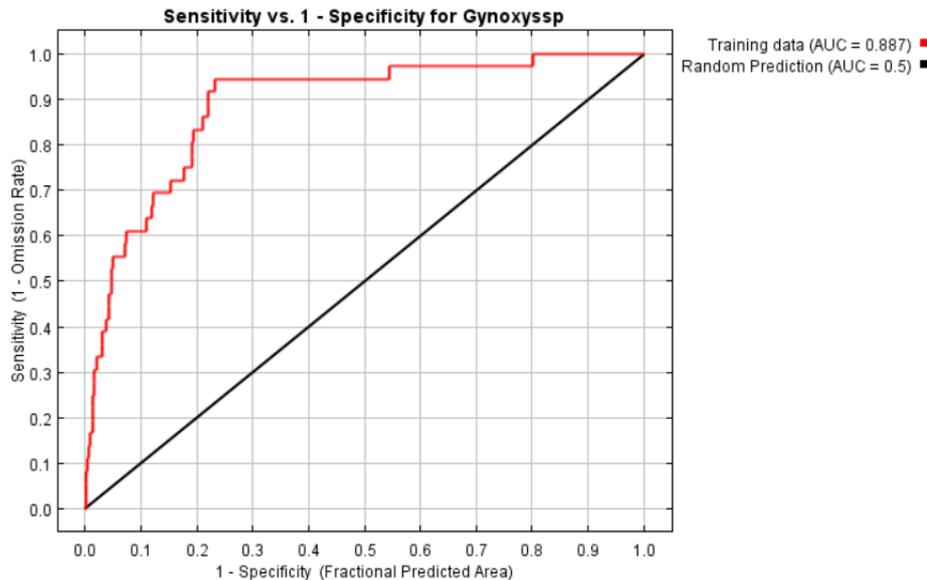
Este resultado positivo sugiere un progreso en el rendimiento del modelo, ya que está superando las predicciones iniciales y logrando una tasa de omisión más baja en los datos de entrenamiento.



**Ilustración 4-3:** Tasa de omisión y el área predicha en función del umbral para *Gynoxyss* sp

**Realizado por:** López Sananay, Mario, 2023.

En la Ilustración 4-4 podemos observar la proporción del conjunto de datos y el error estandarizado del área bajo la curva (AUC). La data de entrenamiento las curvas rojas (indican el grado de ajuste de los datos del muestreo) dándonos como resultado el AUC es de 0,88, este valor indica que *Gynoxyss* sp tiene una amplia distribución geográfica en relación con el área del área protegida Ichubamba Yasepam.

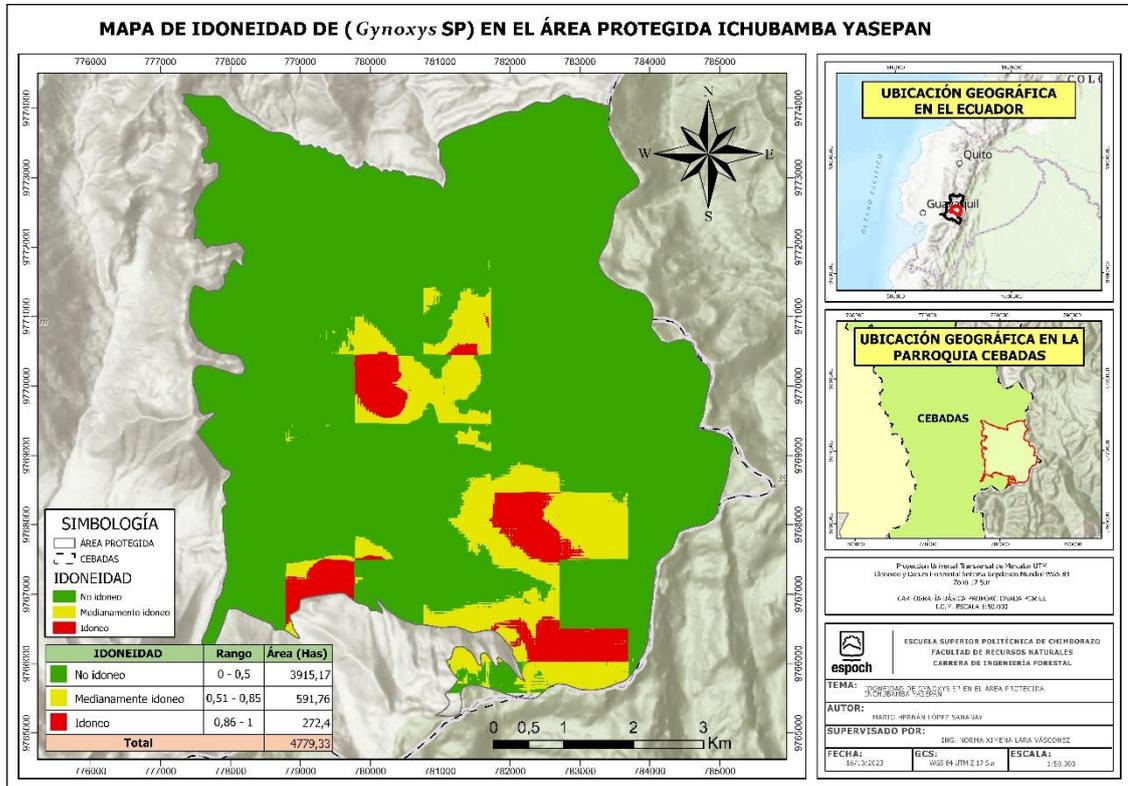


**Ilustración 4-4:** Curva operacional ROC y el AUC

**Realizado por:** López Sananay, Mario, 2023.

En el contexto del modelo de distribución potencial, las áreas con condiciones más favorables se representan con colores cálidos. El color rojo, que abarca un área de 272,4 Hectáreas, señala una alta idoneidad prevista de condiciones adecuadas para el hábitat del género *Gynoxyss* sp en el área

protegida Ichubamba Yasepam. Por otro lado, los colores amarillos (591,76 Hectáreas) indican condiciones medianamente idóneas, mientras que los colores verdes claro (3915,17 Hectáreas) sugieren una baja probabilidad de condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de este género.



**Ilustración 4-5:** Mapa de Idoneidad de *Gynoxys* sp

**Realizado por:** López Sananay, Mario 2023.

La zona con una alta probabilidad de condiciones favorables para el género *Gynoxys* sp se encuentra principalmente en el centro-sureste del área protegida Ichubamba Yasepam. Además, se pueden observar condiciones propicias al, suroeste del área. Esto se debe a que las condiciones ambientales más favorables para este género las encontramos en mencionadas localizaciones.

**Modelación del nicho ecológico actual y futuro de la especie *Gynoxys* sp.**

Con respecto al análisis de contribución de las variables bioclimáticas en *Gynoxys* sp en una proyección del 2021 al 2040 las variables que aportaran al nicho ecológico del género es la Bio 17 precipitación del trimestre más seco (31 %); K potasio (25,4 %); DENSAP densidad aparente (10,5 %); PH potencial hidrogeno (10,3 %); ELEV elevación (6 %); Na Sodio (4.2%); Bio 5 temperatura máxima del mes más cálido (4.1 %); NDVI índice de vegetación de diferencia

normalizada (3%); Bio 3 isotermalidad (2,3 %) y NDWI índice de agua de diferencia normalizada (1.3 %). Por otro lado, las demás variables climáticas tienen una contribución porcentual de 0 así como la importancia de la permutación.

**Tabla 4-3:** Estimaciones relativas para 2040 de las variables ambientales

<b>Variable</b>	<b>Contribución Porcentual</b>	<b>Importancia de la permutación</b>
Bio 17 - Precipitación del trimestre más seco	31	42.1
Potasio	25.4	25.8
Densidad aparente	10.5	4.1
Potencial Hidrogeno	10.3	4.3
Elevación	6	4.5
Sodio	4.2	3.9
Bio 5 - Temperatura máxima del mes más cálido	4.1	3.7
Índice de vegetación de diferencia normalizada	3	0
Bio 3 - isotermalidad	2.3	3
Índice de agua de diferencia normalizada	1.3	1.1

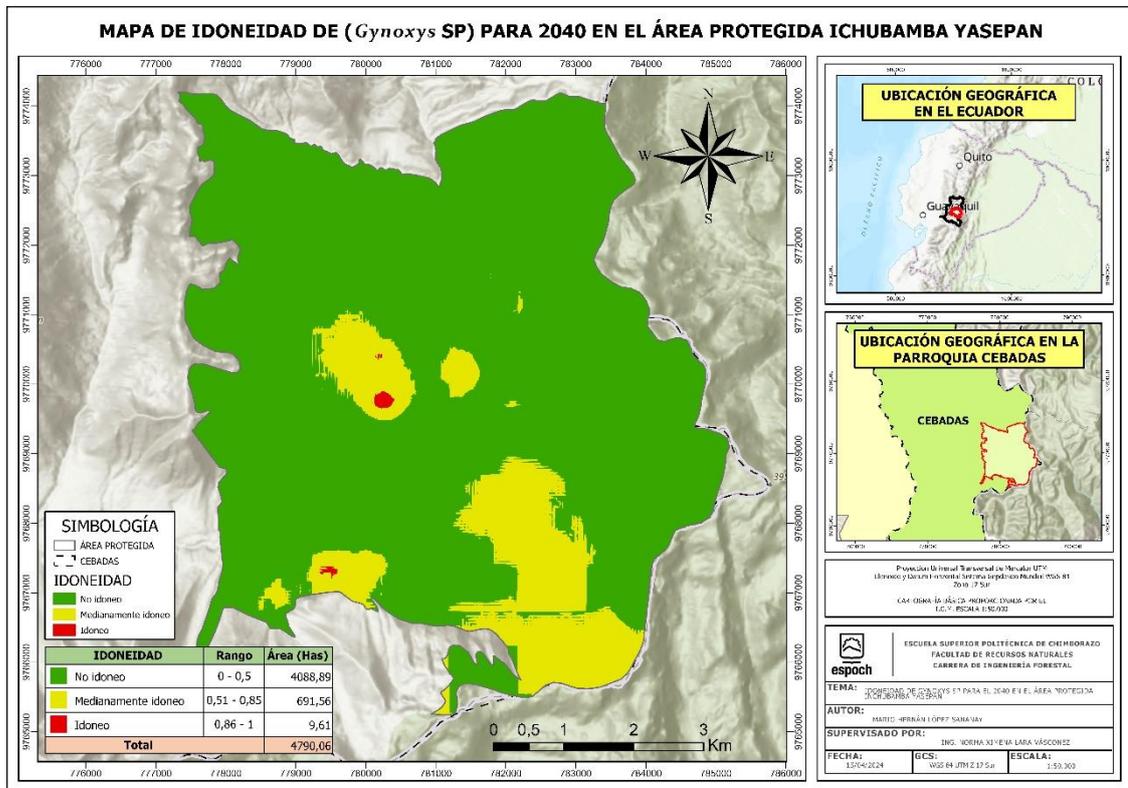
**Realizado por:** López Sananay, Mario 2023.

El nicho ecológico idóneo actual para *Gynoxys* sp comprende 272.4 ha el 5.4% de la superficie total del área de estudio, por otro lado, el área medianamente idónea para esta especie comprende 591.76 ha que representa el 12.4%, mientras que el área no idónea tiene un 81.9% de la superficie total equivalente a 3915.17 ha de la superficie total del área protegida Ichubamba Yasepam.

Los resultados de los modelos a futuro proyectados a 2040, estiman un área potencial idóneo de 9.6 ha equivalentes al 0.2% de la superficie estos resultados representan una reducción del 96.4% del área idóneo actual para *Gynoxys* sp según la figura podemos observar que el área idónea para *Gynoxys* sp se ubicará en la parte céntrica del estudio. El área medianamente idónea para el desarrollo de la especie tiene un aumento del 14.43% con una superficie de 641.556 ha.

Según la proyección para el año 2040 nos dice que *Gynoxys* sp conservará un área de idoneidad de 9.6 ha dentro del área protegida Ichubamba Yasepan, estos resultados son de gran utilidad ya

que podemos realizar actividades de recolonización asistida con fines de conservación y restauración.



**Ilustración 4-6:** Mapa de idoneidad futuro de *Gynoxys* sp

**Realizado por:** López Sananay, Mario 2023.

## 5. DISCUSIÓN

Obtener información base de la diversidad, su estado de conservación y áreas idóneas de desarrollo es vital para la toma de acciones encaminadas a delatar los impactos del cambio climático (Delgado, 2008, pág. 296). Contar con información base de datos históricos en herbarios, datos climatológicos, etc., son las principales fuentes usadas por investigadores de modelamiento. Para la generación es preferible usar datos climáticos locales, pero no siempre tenemos esta posibilidad, ya que no se dispone de la información completa (Aguirre y Chamba, 2010, pág. 70) para esta investigación se usó la plataforma WordClim la cual contiene información mundial de parámetros climatológicos que pueden ser usados para este tipo de estudios.

Según el IPCC (2007) algunos ecosistemas de latitudes y altitudes altas son particularmente sensibles al calentamiento global, esto debido a que se observan ecosistemas de estas regiones afectados por el cambio climático, en especial los bosques boreales que se expanden hacia el norte

a una velocidad de 100 a 150 km por cada 1°C de aumento de la temperatura. Los ecosistemas tropicales andinos presentan una alta vulnerabilidad al cambio climático

Los cambios en los principales elementos del clima con relación al impacto, no es el mismo en todo el globo terrestre. Por ejemplo, Malcolm et al. (2006, págs. 538-548) proyectaron para los próximos 100 años que el “hotspot Andes Tropicales” es más sensible al cambio climático que el Chocó-Darién-Occidente del Ecuador, en razón que tendrá mayor pérdida de hábitats y extinciones de plantas (Mayor a 2000 especies). Estas proyecciones coinciden en parte con nuestros resultados, podemos ver que la distribución futura del género *Gynoxys* sp tendrá una reducción muy alta, actualmente el área idónea tiene 272,4 ha y proyectado al 2040 son 9,4 ha se encontró una reducción del 96,5 %.

Molina (2014, pág. 45) analizó los cambios proyectados por diferentes especies del páramo del PNP, relacionado con la distribución y superficie en términos porcentuales por parcela, se obtuvo que para el año 2050 las especies que potencialmente experimentarán cambios serán: *Gynoxys cuicochensis*, *Themistoclesia epiphytica*, *Blechnum auratum*, las cuales podrían disminuir 16%, 15% y 13% respectivamente al área de ocupación actual. Esta tendencia concuerda en parte con nuestros resultados ya que entre el área idónea y medianamente idónea para el 2040 es 16,6% del total del área protegida Ichubamba Yasepan.

La tensión climática sobre los sistemas ecológicos de montaña alta determina una complejidad e incertidumbre alta sobre su devenir. El aumento de la temperatura puede preverse como factor futuro para que las condiciones bioclimáticas actuales se desplacen hacia arriba. En el páramo un aumento vertical de su límite inferior en 450 m. reducirá el área total de las condiciones de los páramos en un 60% (de aproximadamente 46000 km<sup>2</sup> a menos de 20000 km<sup>2</sup>), también la presencia de alteraciones del régimen hídrico, con impacto sobre la disponibilidad de agua en las cuencas Buytaert (2011, págs. 19-33). Verela (2009) dice que algunas especies pueden no estar preparadas para adaptarse y otras puedan sobrevivir a estos cambios. Estas consideraciones pueden ocurrir en los ecosistemas del área protegida Ichubamba Yasepan, pues las evidencias demostraron que esta especie de Asteracea presenta cambios en sus distribución geográfica futura teniendo una reducción drástica de su hábitats así también podemos observar los puntos donde este género podrá desarrollarse corresponde a zonas elevadas.

## 6. CONCLUSIONES

Entre los transectos estudiados, Saladero y Ugshaloma-Laguna tuvieron el mayor número de observaciones, registrando distancias de 7,03 km y 6,44 km respectivamente y acumulando 37 y 9 avistamientos de *Gynoxys* sp. Estos hallazgos indican una concentración significativa de 37 y 9 avistamientos.

En la distribución actual las variables más determinantes fueron potasio (17,5 %), rango diurno medio (14,1%) y densidad aparente (11 %), sin embargo, en la proyección de cambio climático son precipitación del trimestre más seco (31 %), potasio (24,4%), densidad aparente (10,5 %) y potencial de hidrógeno (10,3 %), cabe destacar que el potasio es la variable que tiene que tener gran peso en los dos modelos, ya que interviene en la fisiología vegetal y es el catión más importante para el desarrollo de sus funciones fisiológicas y bioquímicas. La densidad aparente también juega un papel crucial en los dos modelos, ya que es una propiedad que nos permite la disponibilidad de agua, aire y nutrientes para las raíces. En la proyección de cambio climático, la precipitación en el trimestre más seco resulta esencial para el funcionamiento saludable de los ecosistemas y el crecimiento de las plantas.

Las variables edáficas y bioclimáticas, rango diurno medio y densidad aparente, son determinantes en la distribución de *Gynoxys* sp en el área protegida Ichubamba Yasepan. La prueba de Jackknife destaca la importancia de `rastert_ph1` como predictor clave, subrayando su utilidad singular. El pH es de importancia debido a su influencia en la población microbiana, así como en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio entre otros.

La omisión de los puntos de entrenamiento está por debajo de las predicciones, infiriendo que el modelo tiene una alta capacidad para identificar correctamente los puntos de presencia durante el entrenamiento. Por lo cual se acepta la hipótesis nula, donde se menciona que el valor bajo la curva define la sensibilidad y la especificidad del modelo de distribución de la especie *Gynoxys* sp en el área protegida Ichubamba Yasepan

La tasa de omisión y el AUC sugieren una amplia distribución de *Gynoxys* sp en el área protegida Ichubamba Yasepan, confirmada por el modelo de distribución potencial, que indica áreas altamente idóneas y extensas para el hábitat de la especie. Este estudio ofrece perspectivas valiosas para comprender y conservar el ecosistema único del área protegida Ichubamba Yasepan y el género *Gynoxys* sp.

Los análisis actuales y proyectados revelan una disminución significativa del nicho ecológico idóneo para *Gynoxys* sp en el área de estudio, pasando de 272,4 ha a 9,6 ha, representando una reducción del 96.4%. Este fenómeno plantea desafíos importantes para la conservación de la especie. Sin embargo, el aumento del 14,43% en el área medianamente idónea, pasando de 591,76 ha a 641,556 ha, brinda oportunidades para la adaptación y conservación. La identificación de estas áreas permite la implementación de estrategias de repoblación asistida, fundamentales para la preservación de *Gynoxys* sp en el contexto cambiante del ecosistema del área protegida Ichubamba Yasepan. Estos hallazgos subrayan la urgencia de acciones encaminadas a la conservación y restauración para garantizar la supervivencia a largo plazo de *Gynoxys* sp en la región.

## 7. RECOMENDACIONES

Dada la reducción drástica del área idónea proyectada para *Gynoxys* sp en 2040, es crucial establecer medidas de conservación inmediatas.

Ante la disminución del nicho idóneo, se sugiere desarrollar programas de recolonización asistida. Estos programas podrían implicar la repoblación controlada de individuos de *Gynoxys* sp en áreas específicas, aprovechando las zonas medianamente idóneas identificadas. Estos esfuerzos podrían contribuir a fortalecer las poblaciones existentes y a mitigar los efectos negativos del cambio en el hábitat.

Dada la dinámica del cambio en el nicho ecológico, se recomienda establecer un programa de monitoreo continuo para evaluar la respuesta de *Gynoxys* sp a las condiciones cambiantes. Además, la investigación adicional sobre las razones detrás de la reducción del área idónea y el impacto específico de factores climáticos y edáficos puede proporcionar información valiosa para guiar futuras estrategias de conservación.

Se recomienda realizar diferentes estudios evaluando la salud de los ecosistemas, considerando la aireación, la infiltración, el desarrollo de las raíces y la disponibilidad de nutrientes. Además, se pueden explorar estrategias de manejo del suelo y prácticas agrícolas sostenibles que mitiguen los efectos negativos proyectados y fomenten la adaptación de este género a las futuras condiciones de cambio climático.

Para futuras investigaciones se aconseja abarcar la interacción de las variables clave con la diversidad vegetal circundante. Evaluar cómo las condiciones edáficas y climáticas afectan a otras especies vegetales en el área protegida Ichubamba Yasepan ayudará a comprender mejor la dinámica ecológica.

Se sugiere realizar análisis de la diversidad florística y la composición de especies en relación con las variables identificadas como potasio, rango diurno, densidad aparente y precipitación del trimestre más seco. Esto proporcionará una visión más completa de cómo las condiciones del suelo y del clima impactan no solo en *Gynoxys* sp, sino a toda la comunidad vegetal.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUIRRE, Nikolay & CHAMBA, Cristian.** Patrones de Comportamiento de 10 Especies Vegetales del Páramo del Parque Nacional Podocarpus Ante Escenarios de Cambio Climático, [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad de Loja. Facultad de Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Forestal. Loja-Ecuador. 2010, pág. 70 [Consulta 23-12-2023]. Disponible en: <https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/Tutoriales/Norma%20ISO%20690.pdf>
2. **AZÓCARA, A.** La flora de los páramos. En: Los páramos venezolanos. De Karl Weidman. Edi.Librería Alemana S.R.L, 1981, págs. 6-27. [Consulta: 28 enero 2023]. Disponible en: <http://www.ciens.ula.ve/icae/publicaciones/paramo/pdf/azocar1981.pdf>
3. **BELTRÁN, K.** Áreas prioritarias para conservación de páramos en la provincia de Chimborazo. *Quito EcoCiencia y Condesan.* (2010).
4. **BELTRÁN, K; et al.** Distribución Espacial, Sistemas Ecológicos y Caracterización Florística de los Páramos en el Ecuador. EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino y Herbario QCA. Quito. 2009
5. **BENDIX, J., ET AL.** On the status and ecology of cloud forests in the Ethiopian Rift Valley. *Walia*, vol. 24, 2006. págs. 1-28.
6. **BUSTAMANTE, Macarena; et al.** Los páramos del Chimborazo. Un estudio socio-ambiental para la toma de decisiones [en línea]. Quito-Ecuador: Gobierno Autónomo descentralizado de Chimborazo/ EcoCiencia/ CONDESAN/ Programa BioAndes/ Proyecto Páramo Andino, 2011. [Consulta: 20 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56619.pdf>
7. **BUYTAERT, Wouter; et al.** Human impact on runoff decrease in Andean páramos. *Earth-Science Reviews* [en línea]. 2018, (Estados Unidos), vol 13(8), págs. 5723-72. [Consulta: 20 de diciembre del 2023]. ISSN: 0012-8252. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825206000808>
8. **BUYTAERT, Wouter; et al.** Ecosystem services in a rapidly changing world: insights from the Panama Canal Watershed. *Global Environmental Change.* 2018. págs. 293-301.
9. **BUYTAERT, Wouter; et al.** Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* [en línea]. 2011, (Ecuador), vol. 20, págs. 19–33. [Consulta: 20 de diciembre del 2023]. ISSN: 14668238. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1466-8238.2010.00585.x>

10. **CHASE, Jonathan, & LEIBOLD, Mathew.** Ecological niches: linking classical and contemporary approaches. University of Chicago Press. vol. 250, n°. 3/4. (2003). págs. 259-262.
11. **CHUNCHO, Carlos & CHUNCHO, Guillermo.** Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. Bosques Latitud Cero. vol. 9, n° 2. (2019). págs. 71-83.
12. **CUELLO, S., et al.** Ecosystem services from high Andean peatlands and their implications for local communities: A case study in Colombia. *Ecosystem Services*. vol. 35. (2019). págs. 123-132.
13. **DEGUIGNET, Marine; et al.** *United Nations List of Protected Areas*. UNEP-WCMC: Cambridge, UK. 2014, pág. 33.
14. **DE LA TORRE, Lucía; et al.** Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador [en línea]. Quito-Ecuador, 2008. [Consultado: 12 de enero del 2024]. Disponible en: <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/b80ee8d6-b073-4788-b63e-176042ec952d/content>
15. **DELGADO, T.** Evolución de la Diversidad Vegetal en Ecuador ante un Escenario de Cambio Global. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Biología Vegetal I. 2008. págs. 296.
16. **DILLION, M. & ALVA, A.** Arnaldoa: revista del Herbario HAO. vol. 8, n°2, (2002), (Perú). págs. 25-44.
17. **DUDLEY, Nigel; et al.** *Guidelines for applying protected area management categories*. Gland, Switzerland: IUCN. 2018, pág. 86.
18. **Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos (EcoCiencia).** Actualización del Plan de Manejo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Informe final de consultoría. Supervisión y Revisión del Ministerio del Ambiente del Ecuador, Dirección Nacional de Biodiversidad, Vida Silvestre y Áreas. 2014.
19. **ELITH, Jane; et al.** Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, vol. 29, n°2, (2006). págs. 129-151.
20. **ELITH, Jane; et al.** The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 1, n°4, (2011). págs. 330-342.

21. **ELITH, Jane, & LEATHWICK, John.** Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, vol. 40, (2009). págs. 677-697.
22. **GUISAN, A., & ZIMMERMANN, N.** Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, vol. 135, n° 2-3, (2000). págs. 147-186.
23. **HOFSTEDE, Robert; et al.** Ectomycorrhizal fungal diversity increases during the slow, progressive soil development of a cryoturbated alpine ecosystem. *Journal of Ecology*, vol. 107, n°3, (2019). págs. 1081-1097.
24. **HOFSTEDE, Robert; et al.** (2014). Los Páramos Andinos estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN, Quito: Ecuador.
25. **HUTCHINSON, G.E.** Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, vol. 22, (1957). págs. 415-427.
26. **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007.
27. **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. 2014.
28. **JIMÉNEZ, A.; et al.** The canonical and colour-coded partial ROC approaches to the evaluation of species distribution models. *Ecography*, vol. 31, n°2, (2008). págs. 285-297.
29. **JOSSE, C.; et al.** *El Páramo como fuente de recursos hídricos. Serie Páramo 3.* Quito: GTP / Abya-Yala. 1999.
30. **LAEGAARD, S.** *Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador.* En: Balslev, H. y J. Luteyn (eds.), *Páramo: An ecosystem under human influence.* Londres: Academic Press. 1992.
31. **LEÓN, S.** *La flora de los páramos ecuatorianos.* En: *La biodiversidad de los páramos. Serie Páramo 7: 5-21.* Quito: GTP/AbyaYala, 2000.

32. **LEÓN-YÁNEZ, S.** *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. La flora de los páramos ecuatorianos.* UICN, Quito: Ecuador. 2011.
33. **MALCOLM, J.; et al.** Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology*, vol. 20, n° 2, (2006). págs. 538-548.
34. **MENA, P., & HOFSTEDE, R.** Los páramos ecuatorianos. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, (2006). págs. 91-109.
35. **MENGEL, Konrad & KIRKBY, Ernest.** *Principios de nutrición vegetal.* International Potash Institute. Basel: Switzerland, 2000. pág. 692.
36. **MENDOZA, L.; et al.** Plant diversity patterns and conservation implications in Andean páramo ecosystems: A review of the emerging literature. *Biodiversity and Conservation*, vol. 26, n° 11, (2017). págs. 2661-2677.
37. **Ministerio de Ambiente del Ecuador.** Plan General Reserva Chimborazo. Quito: Ecuador. 1995.
38. **NAVARRO, L.; et al.** Plant species richness patterns and conservation gaps in the páramos of northwestern South America. *Plant Ecology & Diversity*, vol. 8, n° 4, (2015). págs. 507-520.
39. **PARMESAN, C.** Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, vol. 37, (2006). págs. 638-660.
40. **PAULI, Harald; et al.** Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Instituto de ecología y conservación biológica [en línea]. Viena-Austria: Universidad de Viena. 2003. [Consulta: 20 de noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.gloria.ac.at/downloads/Manual\\_5thEd\\_ESP\\_baja.pdf](https://www.gloria.ac.at/downloads/Manual_5thEd_ESP_baja.pdf)
41. **PEARSON, R.; et al.** Predicting species' distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, vol. 34, n° 1, (2007). págs. 102-117.
42. **PEARSON, R., & DAWSON, T.** Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 12, n° 5, (2003). págs. 361-371.

43. **PHILLIPS, S.; et al.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, vol. 190, n°3-4, (2006). págs. 231-259.
44. **ROBINSON, H., & CUATRECASAS, J.** “Additions to Aequatorium and Gynoxys (Asteraceae: Senecioneae) in Bolivia, Ecuador, and Peru.” *Novon* [en línea], 1992, (Ecuador) vol. 2 (4), págs. 411–416. [Consulta: 15 de enero 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/3391502>
45. **ROJAS, S.** Informe técnico del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo. (2010). pág. 23.
46. **SALGADO, S. & D. CÁRATE.** *Estado de conservación del páramo de pajonal de la provincia de Chimborazo*. Proyecto Páramo Andino. Quito-Ecuador: Bustamante, M., M. Albán y M. Arguello, 2010. pág. 23.
47. **SKLENÁŘ, Petr.; et al.** Flora Genérica de los Páramos. Guía Ilustrada de las Plantas Vasculares. *Memoirs of the New York Botanical Garden* [en línea], 2005, (Estados Unidos), vol 92, págs, 3-499. [Consulta 20 de diciembre del 2023]. ISSN: 077-8931. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/313765300\\_Flora\\_generica\\_de\\_los\\_paramos\\_Guia\\_ilustrada\\_de\\_las\\_plantas\\_vasculares](https://www.researchgate.net/publication/313765300_Flora_generica_de_los_paramos_Guia_ilustrada_de_las_plantas_vasculares)
48. **SOBERÓN, J., & PETERSON, A.** Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* [en línea], 2005, (Estados Unidos), vol. 2, págs. 1-10. [Consulta 20 de diciembre del 2023]. ISSN: 1546-9735. Disponible en: <https://journals.ku.edu/jbi/article/view/4>
49. **TENE, Vicente; et al.** “An ethnobotanical survey of medicinal plants used in Loja and Zamora-Chinchi”, *Journal of Ethnopharmacology* [en línea], 2007, (Ecuador), Vol. 111 (2), págs. 63-81. [Consulta: 14 de enero 2024]. ISSN 0378-8741. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.10.032>.
50. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874106005770>)
51. **TORREBLANCA, C.; et al.** Riqueza, composición y diversidad de la comunidad de moluscos asociada al sustrato rocoso intermareal de playa Parque de la Reina. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* [en línea], 2012, (México), vol. 47, (2), págs. 283-294. [Consulta: 20 de diciembre 2023]. ISSN: 0718-1957. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/revbiolmar/v47n2/art10.pdf>
52. **TURNER, Will; et al.** “Global Conservación of Biodiversity and Ecosystem Service”. *BioScience*, vol. 57, n° 10, (2007), (United State of America). págs. 868-873.
53. **VALENCIA, R.; et al.** Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 2000.

54. **VALENCIA, R.; et al.** Las formaciones naturales de la Sierra del Ecuador. [en línea]. Quito-Ecuador. 1999, págs. 898. [Consulta 10 de enero 2024]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Sierra-6/publication/268390074\\_Propuesta\\_Preliminar\\_de\\_un\\_Sistema\\_de\\_Clasificacion\\_de\\_Vegetacion\\_para\\_el\\_Ecuador\\_Continental/links/546a6c760cf20dedafd38870/Propuesta-Preliminar-de-un-Sistema-de-Clasificacion-de-Vegetacion-para-el-Ecuador-Continental.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Sierra-6/publication/268390074_Propuesta_Preliminar_de_un_Sistema_de_Clasificacion_de_Vegetacion_para_el_Ecuador_Continental/links/546a6c760cf20dedafd38870/Propuesta-Preliminar-de-un-Sistema-de-Clasificacion-de-Vegetacion-para-el-Ecuador-Continental.pdf)
55. **VERA, Ana.** Caracterización de hábitat y distribución geográfica de *hedryosmum scabrum* (Ruiz & Pav.) Colms en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja-Ecuador. 2013. Pág. 15. [Consultado 14-01-2024]. Disponible en: <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/7989/3/Vera%20Vera%20Ana%20Karina.pdf>
56. **VERELA, S.** Extinción de especies a causa del cambio climático. [blog]. 2009. [consultado el 23 de diciembre del 2023]. Disponible en: [www.elblogverde.com/extincion-de-especies-a-causa-del-cambio-climatico](http://www.elblogverde.com/extincion-de-especies-a-causa-del-cambio-climatico).



## **ANEXOS**

### **ANEXO A: ENTRADA AL AREA PROTEGIDA ICHUBAMBA YASEPAM.**



### **ANEXO B: INDICACIONES PREVENTIVAS PARA LA TRAYECTORIA DE LOS TRANSECTOS LINEALES.**



### **ANEXO C: RECORRIDO DE LAS RUTAS DE LOS TRANSECTOS LINEALES.**



**ANEXO D:** AVISTAMIENTO DEL GENERO *Gynoxys* sp



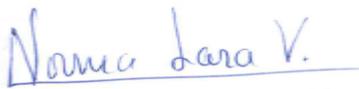
**ANEXO E:** TOMA DE DATOS





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 04/ 06 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Mario Hernán López Sananay
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Ingeniería Forestal
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Forestal
<p style="text-align: center;"> <b>Ing. Norma Ximena Lara Vásconez. Msc</b> <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>Ing. Paula Alejandra Abdo Peralta. Msc</b> <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b></p>