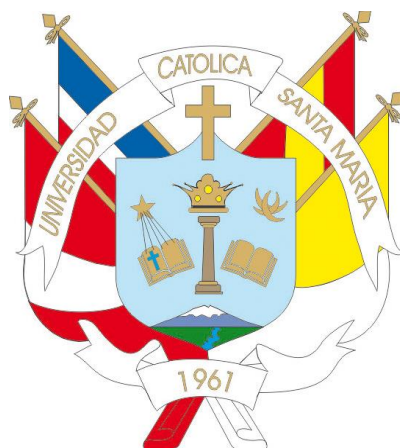


**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE REFORESTACIÓN MEDIANTE UN MODELO  
PREDICTIVO DE NICHOS ECOLÓGICOS DE LA ESPECIE *Polylepis rugulosa*  
EN LA ZONA DE CHARACATO, AREQUIPA 2021**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Rodríguez Portilla, Richard  
Andrés**

para optar el Título Profesional de

**Ingeniero Ambiental**

Asesor:

**Ing. Chanove Manrique, Andrea  
Marieta**

**Arequipa – Perú**

2021

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA AMBIENTAL**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 06 de Diciembre del 2021

Dictamen: 000667-C-EPIA-2021

Visto el borrador del expediente 000667, presentado por:

2013701451 - RODRIGUEZ PORTILLA RICHARD ANDRES

Titulado:

**PROPUESTA DE UN PLAN DE REFORESTACIÓN MEDIANTE UN MODELO PREDICTIVO DE  
NICHOS ECOLÓGICOS DE LA ESPECIE POLYLEPIS RUGULOSA EN LA ZONA DE CHARACATO,  
AREQUIPA 2021**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

2829 - ARENAZAS RODRIGUEZ ARMANDO JACINTO  
DICTAMINADOR



3196 - CHANOVE MANRIQUE ANDREA MARIETA  
DICTAMINADOR



7727 - CARDENAS PILLCO BERLY EDINSSON  
DICTAMINADOR





## DEDICATORIA

*A Dios y a la Virgen por todas las fuerzas que necesito para seguir adelante, por guiarme en el camino para seguir cumpliendo mis sueños.*

*A mis padres Richard y Patty quienes me han dado todo su apoyo para poder llegar a estas instancias de mis estudios.*

*También se la dedico a mi esposa Annie y a mi hija Aitana quienes viendo siendo mi mayor motivación en la vida para no rendirme y poder llegar a ser un buen esposo y un buen padre.*

*Por último, a mi hermano Carlos a quien admiro por todas las cualidades que tiene.*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios y la Virgen por su amor absoluto y por haberme bendecido con mi familia, por los desafíos y oportunidades que me puso a lo largo de mi camino y la firmeza para alcanzar y superar todos los obstáculos que aparecen en la vida.*

*A mi alma mater UCSM por haberme aceptado y poder ser parte de ella durante toda mi vida universitaria, a mi escuela profesional Ina. Ambiental que me dio las bases para salir a competir en mi vida profesional.*

*A mis asesores Ing. Andrea Chavone M., al Ing. Berly Cardenas P. y al Blgo. Armando Arenazas R. por guiarme en todo momento, por su paciencia y por su amistad. A todos los profesores que han contribuido a mi formación profesional, por compartir sus conocimientos y experiencias y por enseñarme la belleza de esta profesión.*

*A mis padres Richard, Patty y mi hermano Carlos, por mostrarme que la determinación y la constancia son factores clave en el camino hacia el logro de mis metas. A mi esposa Annie y a mi hija Aitana por el amor que me dan día a día. A mis amigos en especial a Meco, Francis y Javier, por sus palabras de ánimo y su apoyo incondicional.*

## RESUMEN

En las alturas del Perú es el hábitat de la especie *Polylepis*, un género arbóreo que tiene un alto nivel de importancia ecológica que alberga una gran diversidad de especies y sirve como fuente de una variedad de servicios ecológicos. Desde hace mucho tiempo su distribución se está viendo afectada por las actividades del ser humano y el cambio climático, por lo que en la actualidad su distribución se ha visto reducida en pequeños rodales. El presente trabajo tuvo como objetivo principal el generar un modelo predictivo de nichos ecológicos de la especie *Polylepis rugulosa*. Se tuvo como variable independiente de la especie *Polylepis rugulosa* y como variable dependiente el plan de reforestación, donde se determinó una muestra de 10 puntos de los cuales se obtuvieron muestras de la especie para luego caracterizarlas y medir la cobertura actual de la especie. Se determinó las distribuciones pasadas y futuras de la especie mediante las variables bioclimáticas obtenidas de la página del Worldclim. A partir de ello, se creó un modelo de distribución de la especie en tiempo pasado y futuro, aplicando diferentes variables climáticas y modelos climáticos globales mediante el software Maxent. Se concluyó que en los 10 puntos muestreados se encontró un total de 211 individuos que variaron entre el 1.5 m y los 5 m de altura con un DAP entre 13 y 60 cm. En los resultados del Maxent tuvimos un AUC de 0.998, lo que es un resultado altamente óptimo y confiable. En la comparación de las distribuciones futuras predomina la disminución del bosque conforme a las condiciones climáticas que se vuelven más extremas. Los hallazgos ilustran la susceptibilidad del bosque, lo que exige la implementación de opciones de regeneración, conservación y manejo que eviten la degradación y limitación de su hábitat, así como la mitigación de los efectos del cambio climático futuro.

**Palabras claves:** *Polylepis r.*, Plan de reforestación, Maxent, Modelo de distribución

## ABSTRACT

In the highlands of Peru, it is the habitat of the *Polylepis* species, an arboreal genus that has a high level of ecological importance that houses a great diversity of species and serves as a source of a variety of ecological services. Its distribution has been affected by human activities and climate change for a long time, so today its distribution has been reduced in small stands. The main objective of the present work was to generate a predictive model of ecological niches of the *Polylepis rugulosa* species. The independent variable of the *Polylepis rugulosa* species was taken as an independent variable and the reforestation plan as a dependent variable, where a sample of 10 points was determined, from which samples of the species were obtained to later characterize them and measure the current coverage of the species. The past and future distributions of the species were determined using the bioclimatic variables obtained from the Worldclim page. From this, a distribution model of the species was created in the past and future tense, applying different climate variables and global climate models using the Maxent software. It was concluded that in the 10 sampled points a total of 211 individuals were found that varied between 1.5 m and 5 m in height with a DBH between 13 and 60 cm. In the Maxent results we had an AUC of 0.998, which is a highly optimal and reliable result. In the comparison of future distributions, the decline of the forest predominates according to the climatic conditions that become more extreme. The findings illustrate the susceptibility of the forest, which requires the implementation of regeneration, conservation and management options that avoid the degradation and limitation of its habitat, as well as the mitigation of the effects of future climate change.

**Keywords:** *Polylepis r.*, Reforestation plan, Maxent, Distribution model

## INTRODUCCIÓN

El Bosque de Queñua, cuenta con una extensión de 4,000 hectáreas, en las faldas del volcán Pichu Pichu, es una zona que resguarda gran variedad de especies de animales y vegetales, algunas de estas en peligro de extinción. La *Polylepis rugulosa* es una de las especies que se encuentran en peligro de extinción. Son árboles que se caracterizan por alcanzar grandes alturas y debe crecer entre los 3000 y 4600 m.s.n.m. En esta región se pueden observar diversas circunstancias ambientales, geográficas y físicas, que permiten la creación de una gama diversa de ecosistemas, la coexistencia de una gama diversa de especies y la producción de una gama diversa de servicios ambientales (Tobón, 2009; Tejedor Garavito et al., 2012). Haciéndose necesario la ubicación de esta especie en la zona para luego generar un modelo que pronostique su evolución en el tiempo, para luego de esto diseñar un plan de reforestación de la especie.

El cambio climático presenta una influencia en los ecosistemas, las personas y los mares, como lo han demostrado en los últimos años evidencia confiable (IPCC, 2014). En parte, las personas son responsables de estos cambios debido a su contribución al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, que ha resultado en un aumento de la temperatura mundial (IPCC 2001). Según Castao (2002), el calentamiento global tiene un impacto mayor en ecosistemas diminutos que en ecosistemas grandes. La fragilidad se produce en entornos de alta montaña y el espacio restringido es algo habitual. Se considera tan frágil como una isla diminuta cuando la topografía o las condiciones del suelo impiden que los organismos migren hacia arriba o hacia abajo del gradiente de elevación (Kappelle y Horn, 2005). Como resultado, el modelado de especies en nichos ecológicos ha surgido como la técnica principal para intentar pronosticar la distribución

futura de especies como resultado de cambios ambientales. (Phillips, Anderson y Schapire, 2006)

Es posible encontrar numerosos programas para el modelado de especies que utilizan diferentes metodologías y datos para hacer predicciones en este momento (Elith et al., 2006). Maxent (Phillips et al., 2006) es uno de estos programas, y permite proyectar alteraciones en la distribución de una especie o grupo de especies ante cambios ambientales (Morales, 2012). Maxent tiene muchos beneficios sobre otros programas, incluido el hecho de que solo requiere datos de informes georreferenciados, el hecho de que sus algoritmos son eficientes y el hecho de que garantiza la distribución ideal de la mayor probabilidad de entropía. (Phillips et al., 2006)

El estudio actual analizó cómo los nichos ecológicos han cambiado a lo largo del tiempo de la especie *Polylepis rugulosa* en el escenario pasado y en respuesta a los efectos del cambio climático de los años 2050 (2041-2060) y 2070 (2061-2080), para luego diseñar la propuesta del plan de reforestación de la especie.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCIÓN.....	vii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
1. CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
<b>1.1 Diagnóstico situacional.....</b>	15
<b>1.2 Formulación del problema.....</b>	18
<b>1.3 Hipótesis .....</b>	18
<b>1.4 Objetivos de la investigación .....</b>	18
<b>1.4.1 Objetivo general .....</b>	18
<b>1.4.2 Objetivos específicos .....</b>	18
<b>1.5 Justificación de la investigación .....</b>	19
<b>1.5.1 Ambiental.....</b>	19
<b>1.5.2 Social.....</b>	19
<b>1.5.3 Económica.....</b>	20
<b>1.5.4 Tecnológica .....</b>	21
<b>1.5.5 Político/institucional.....</b>	21
<b>1.6 Variables en estudio.....</b>	22
<b>1.6.1 Variables independientes.....</b>	22
<b>1.6.2 Variable dependiente .....</b>	22
<b>1.6.3 Operacionalización de variables .....</b>	22
2. CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	23
<b>2.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	23
<b>2.2. Marco teórico .....</b>	29
<b>2.2.1. La especie <i>Polylepis</i>.....</b>	29
<b>2.2.2. Sistema de Coordenadas Geográficas.....</b>	36
2.2.3. Modelado de Máxima Entropía: MaxEnt .....	42
2.2.4. Reforestación.....	44

2.3	<b>Marco legal</b> .....	53
3.	<b>CAPITULO 3. METODOLOGÍA</b> .....	55
2.3.	<b>Tipo y nivel de investigación</b> .....	55
2.4.	<b>Diseño de la investigación</b> .....	55
2.5.	<b>Métodos de investigación</b> .....	56
2.6.	<b>Campo de verificación</b> .....	56
3.5.	<b>Determinación de la población y muestra</b> .....	57
3.6.	<b>Técnicas e instrumentos para la recopilación de información</b> .....	58
3.7.	<b>Materiales y equipos</b> .....	58
3.8.	<b>Metodología</b> .....	59
3.8.1.	<b>Determinación de la densidad poblacional</b> .....	60
3.8.2.	<b>Caracterización de la especie <i>Polylepis rugulosa</i> en la zona de Characato</b> .....	62
3.8.3.	<b>Generación de un modelo predictivo de nichos ecológicos de la especie <i>Polylepis rugulosa</i> en la zona de Characato</b> .....	64
3.8.4.	<b>Diseño de la propuesta del plan de reforestación que permita la propagación de la especie</b> .....	68
4.	<b>CAPITULO 4. RESULTADOS</b> .....	70
4.1.	<b>Determinación de densidad poblacional</b> .....	70
4.2.	<b>Caracterización de la especie <i>Polylepis rugulosa</i> en la zona de Characato.</b> 71	
4.3.	<b>Generación de un modelo predictivo de nichos ecológicos de la especie <i>Polylepis rugulosa</i> en la zona de Characato</b> .....	81
4.3.1.	Contribución de la variable.....	83
4.3.2.	Resultados de 1970 – 2000 del análisis con Maxent.....	83
4.3.3.	Resultados de 2050 – 2070 del análisis con Maxent.....	90
4.3.4.	Distribución potencial futura .....	94
4.3.5.	Distribución con el modelo CNRM-ESM2-1 del año 2050 .....	95
4.3.6.	Distribución con el modelo CNRM-ESM2-1 del año 2070 .....	95
4.4.	<b>Diseño de la propuesta del plan que permita la reforestación de la especie <i>Polylepis rugulosa</i> en la zona de Characato</b> .....	96
4.4.1.	Bosquejo del Proyecto de Restauración del bosque de <i>Polylepis rugulosa</i> (Rieger et al. 2014).....	98
4.4.3.	Opciones de restauración.....	103
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	105
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	106
	<b>REFERENCIA</b> .....	108

<b>ANEXOS.....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo 1: Mapa de Bosque de Queñua de Pichu Pichu.....</b>	<b>116</b>
<b>Anexo 2: Ficha de Recojo.....</b>	<b>117</b>
<b>Anexo 3: Cuadrante.....</b>	<b>118</b>
<b>Anexo 4: Modelos CMIP6 empleados en el estudio, los centros de modelado, resolución horizontal y referencias.....</b>	<b>119</b>
<b>Anexo 5: Puntos de muestreo.....</b>	<b>120</b>
<b>Anexo 6: Evidencias fotográficas.....</b>	<b>127</b>
<b>Anexo 7: Altura y Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm).....</b>	<b>131</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	22
Tabla 2. Cálculo del tamaño de la muestra basado en la superficie a inventariar .....	60
Tabla 3. Variables bioclimáticas .....	65
Tabla 4. Variables Topográficas.....	65
Tabla 5. Descripción de los individuos encontradas en el punto 1.....	131
Tabla 6. Descripción de los individuos encontradas en el punto 2.....	133
Tabla 7. Descripción de los individuos encontradas en el punto 3.....	135
Tabla 8. Descripción de los individuos encontradas en el punto 4.....	137
Tabla 9. Descripción de los individuos encontradas en el punto 5.....	139
Tabla 10. Descripción de los individuos encontradas en el punto 6.....	141
Tabla 11. Descripción de los individuos encontradas en el punto 7.....	143
Tabla 12. Descripción de los individuos encontradas en el punto 8.....	145
Tabla 13. Descripción de los individuos encontradas en el punto 9.....	147
Tabla 14. Descripción de los individuos encontradas en el punto 10.....	149
Tabla 15. Resumen de las especies encontradas en los puntos muestreados .....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Tabla 16. Densidad de población de la especie <i>Polylepis rugulosa</i> en Characato.....	70
Tabla 17. Análisis descriptivo de la altura .....	77
Tabla 18. Análisis descriptivo del diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm).....	80
Tabla 19. Rangos de valorización del parámetro AUC.....	86
Tabla 20. Clasificación de la idoneidad del hábitat.....	91
Tabla 21. Distribución potencial actual y pasada para cada especie modelada. ....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Polylepis rugulosa Bitter .....	32
Figura 2. Polylepis rugulosa Bitter .....	34
Figura 3: Concepción expandida de la restauración .....	48
Figura 4: Bosque de queñua sin degradar .....	50
Figura 5: Bosque con poca presencia de queñoa .....	51
Figura 6: Bosque degradado .....	53
Figura 7. Mapa del Bosque de Queñoa del Pichu Pichu .....	56
Figura 8. Diseño de la metodología .....	59
Figura 9. Imagen satelital del cuadrante a trabajar .....	61
Figura 10. Conteo de las sub-muestras dentro del área trabajada .....	61
Figura 11. Medición del DAP .....	62
Figura 12. Medición del DAP - Emisiones históricas de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) según escenarios RCP .....	67
Figura 13. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 1 .....	132
Figura 14. Descripción de la altura y el Diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 2 .....	134
Figura 15. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 3 .....	136
Figura 16. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 4 .....	138
Figura 17. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 5 .....	140
Figura 18. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 6 .....	142
Figura 19. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 7 .....	144
Figura 20. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 8 .....	146
Figura 21. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 9 .....	148

Figura 22. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 10 .....	150
Figura 23. Resumen de las especies encontradas en los puntos muestreados .....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 24. Cobertura vegetal del bosque de <i>Polylepis rugulosa</i> .....	71
Figura 25. Distribución de los 10 puntos en el área de estudio. ....	72
Figura 26. Punto 1 .....	72
Figura 27. Punto 2 .....	73
Figura 28. Punto 3 .....	73
Figura 29. Punto 4 .....	74
Figura 30. Punto 5 .....	74
Figura 31. Punto 6 .....	75
Figura 32. Punto 7 .....	75
Figura 33. Punto 8 .....	76
Figura 34. Punto 9 .....	76
Figura 35. Punto 10 .....	77
Figura 36. Diagrama box whisker de la altura.....	79
Figura 37. Diagrama box whisker del DAP .....	81
Figura 38. Mapa de división geográfica del bosque <i>Polylepis rugulosa</i> .....	82
Figura 39. Distribución Potencial de la <i>Polylepis rugulosa</i> .....	84
Figura 40. Área bajo la curva ROC en el mapa de distribución potencial de <i>Polylepis rugulosa</i> .....	85
Figura 41. Análisis de Omisión / Comisión en el mapa de distribución potencial de <i>Polylepis rugulosa</i> . ....	86
Figura 42. Tabla logística que indica el percentil 10 del modelo de distribución.....	88
Figura 43. Prueba de Jackknife para el modelo de distribución.....	89
Figura 44. Distribución Potencial Futura del año 2050 de la <i>Polylepis rugulosa</i> .....	92
Figura 45. Distribución Potencial Futura del año 2070 de la <i>Polylepis rugulosa</i> .....	93

## CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Diagnóstico situacional

Las plantas del género *Polylepis* (familia de las Rosáceas, a menudo conocida como "queñoa") están restringidas a una pequeña región geográfica y no se encuentran de forma nativa en ninguna otra parte del mundo. Solo se encuentran en los Andes sudamericanos, donde actualmente están protegidos por tratados internacionales. Hay poca información disponible sobre la situación actual, incluida la densidad de población. Como núcleo y fuente importante de vida y difíciles condiciones de vida, el bosque de queñoas es un ecosistema de suma importancia. Contiene microclimas, especies de flora que sobreviven a causa de las queñoas, y también es el hábitat de diversos mamíferos y aves, además de ser beneficioso para los miembros de la comunidad que viven en las proximidades de ellos a diario. (Morales, 2017)

*Polylepis* es un género que contiene al menos 27 especies que se encuentran en todo el mundo, desde el norte de Venezuela hasta el norte de Argentina y Chile, con una población extratropical en el noroeste y centro de Argentina. Estas especies son principalmente árboles o arbustos que crecen en el borde de los bosques o en la cima de los acantilados. El género *Polylepis* despierta un interés ecológico, sistemático y biogeográfico considerable, ya que constituye un sistema biológico único en los Andes, que se distingue por su distribución geográficamente limitada, alta diversidad de especies. y por ser una especie que se encuentra en proceso de extinción debido a su indiscriminada extracción. (Mendoza W. , 2012)

Los bosques de *Polylepis* se pueden encontrar en parches o lugares aislados a lo largo de la cordillera de los Andes de Perú, a elevaciones superiores a los 3800 m. El hecho de que sean pequeños no quita mérito a su importancia como verdaderos oasis biológicos porque cumplen funciones ecológicas críticas como detener la escorrentía, controlar la retención de erosión, almacenar agua, y sedimentación, producir madera y emplear plantas medicinales. También representan sistemas biológicos únicos y restringidos en su distribución geográfica, por lo que son de gran interés ecológico, sistemático y biogeográfico. La realidad es que, a pesar de su importancia ecológica, estos bosques se encuentran entre los ecosistemas más amenazados de los Andes, como resultado de la creciente presión humana provocada por consideraciones económicas, sociales y culturales. (Aucca & Ferro, 2014)

Si bien Arequipa debe ser considerada un área subtropical por su ubicación geográfica, la presencia de la Cordillera de los Andes, el Anticiclón del Pacífico y el Fenómeno del Niño, hacen que el clima de la ciudad sea más desértico. Cuando a estas características se le suma el crecimiento poblacional exponencial que se ha producido en los últimos años, tenemos una situación en la que el frágil ecosistema de la ciudad se ve amenazado. Si sumamos los desafíos que enfrenta nuestro mundo, a los que nuestra ciudad no es inmune, como el cambio climático, la desertificación, etc., tenemos una imagen completa. Y estos no son los únicos problemas que están causando preocupación, ya que se ven agravados por los crecientes niveles de contaminación ambiental y la sequía. Los altos niveles de contaminación en el entorno urbano, los avances significativos en los problemas de desertificación y erosión, la producción y la productividad deficientes de la

tierra, así como un suministro de agua no garantizado, son todas consecuencias de esto. (González, 2009)

El bosque de queñoa, que se encuentra al pie del volcán Pichu Pichu, a 33 kilómetros de la Plaza de Armas de Arequipa, alberga al menos un centenar de árboles autóctonos de la especie *Polylepis rugulosa*. Este bosque tiene árboles que han sobrevivido por más de 200 años y pueden alcanzar alturas de entre 10 y 20 metros. Además, alberga 463 especies de flora, seis de las cuales son únicas, así como 194 especies de animales, diez de las cuales se encuentran en peligro de extinción. (González, 2009)

Este bosque de *Polylepis rugulosa*, actualmente si bien tiene una superficie total de 4.500 hectáreas, se considera fuente de vida porque durante muchos años sirvió y sigue sirviendo como sistema de captación de agua de lluvia, almacenando el agua de lluvia y distribuyéndola a los habitantes de los alrededores y los distritos de la zona; previene la erosión del suelo; y permite la regulación del clima. (González, 2009)

Aunque a ciencia cierta no se tienen identificados los puntos donde se encuentran ubicados ni existe una cuantificación en cuanto al número de individuos que existen, en vista de esto se pretende realizar un diagnóstico de los bosques de *Polylepis rugulosa* y una propuesta de conservación ecológica en la zona de Characato.

## 1.2 Formulación del problema

¿Será posible realizar una propuesta de un plan de reforestación mediante un modelo predictivo de nichos ecológicos de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato, Arequipa 2021?

## 1.3 Hipótesis

Con el diseño de la propuesta de un plan de reforestación mediante un modelo predictivo de nichos ecológicos se pretende aumentar significativamente el número de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato, Arequipa 2021.

## 1.4 Objetivos de la investigación

### 1.4.1 Objetivo general

Realizar una propuesta de un plan de reforestación mediante un modelo predictivo de nichos ecológicos de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato, Arequipa 2021.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la densidad poblacional de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato.
- Caracterización de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato.
- Generar un modelo predictivo de nichos ecológicos para elaborar una proyección bioclimática de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato.

- Diseñar una propuesta de un plan de reforestación que permita la conservación de la especie *Polylepis rugulosa*, contribuyendo a la arborización de la zona en estudio.

## 1.5 Justificación de la investigación

### 1.5.1 Ambiental

En la actualidad hay poca información sobre las características específicas de la especie *Polylepis rugulosa* y su importancia, el cual, es la que se encuentra con mayor abundancia en nuestra región de Arequipa. En consecuencia, la pérdida de estos bosques tendría un impacto significativo en el medio ambiente y la biodiversidad en los andes altos. Estos bosques regulan la escorrentía, controlan los procesos erosivos, aumentan el suministro de agua al condensar la niebla en sus hojas, protegen las cuencas hidrográficas, el suelo y la calidad del agua, y proporcionan combustible a la población local. (Renison D., Cingolani A., 2002).

Debido a que los incendios, el ganado y la tala, están en declive en gran parte de su área de distribución, y protegerlos y regenerarlos debería ser una preocupación principal. (Cabido M., Acosta A., 1985). En este trabajo de investigación se pretende ubicar, caracterizar y predecir la *Polylepis rugulosa* para armar una propuesta de reforestación en la zona de Characato, Arequipa 2021.

### 1.5.2 Social

Este bosque ofrece una variedad de servicios eco sistémicos que dependen de la calidad de los recursos naturales del bosque y del entorno circundante para

funcionar correctamente. Para conservar y restaurar estos bosques, es necesario establecer planes para su preservación y restauración debido a que el fuego, el ganado y la tala, están en declive en gran parte de su área de distribución, y protegerlos y regenerarlos debe ser una de las principales preocupaciones.

Cuando se trata de garantizar la viabilidad a largo plazo del desarrollo y, en consecuencia, la viabilidad a largo plazo de la humanidad, los bosques son fundamentales. En los debates multilaterales sobre cuestiones ambientales, este papel ha sido reconocido desde el principio. Estos debates han destacado la contribución de los bosques a la conservación de la biodiversidad, el logro del objetivo de mantener las temperaturas globales por debajo de los 2 grados centígrados, así como la degradación del planeta y sus cuidados.

### **1.5.3 Económica**

Esta investigación aportaría información invaluable debido a la importancia de la conservación de los bosques de *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato, que estos brinden servicios eco sistémicos relacionados con la regulación y provisión del agua, mantenimiento de la biodiversidad y el secuestro de carbono, los cuales benefician directa o indirectamente el bienestar humano y a su vez cuentan con un indicador que permitirá validar la importancia del bienestar humano y el ecosistema, en lugar de ser utilizado como un medio de negocio, sino más bien para el reconocimiento o la apreciación de su valor

#### 1.5.4 Tecnológica

En muchos estudios se usan muchos métodos de modelización que se basa en lo que son los procesos de crecimiento forestal que se ha desarrollado para explorar cómo son los bosques que se ven influenciados por el estrés hídrico, estructura del rodal, técnicas de manejo, propiedades del suelo, y cambio climático (incluido el CO<sub>2</sub>). Esto nos lleva a tener una idea de cómo el ecosistema va evolucionando a lo largo de los años acorde a los cambios climáticos.

Para realizar la investigación se utilizará un software Qgis, el cual se emplea para la georreferenciación a través de mapas aportando información importante, al igual que se empleará Maxent para realizar el modelo predictivo de distribución de la especie, mostrando así relevancia a las entidades públicas e interesados en tiempo real relacionada con la *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato.

#### 1.5.5 Político/institucional

Es el único bosque de la provincia de Arequipa, se encuentra relativamente cerca de la ciudad y por su accesibilidad la convierten en un área de importancia para ser estudiada a nivel de todos los grados estudiantiles. Según la Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente en el Perú, nos habla sobre la protección del medio ambiente por aprovechamiento sostenible, en base a este conocimiento podemos llevar a cabo su conservación llevándolo de la mano del Gobierno Regional de Arequipa, Instituciones educativas e Instituciones públicas. A su vez, la investigación tratada es de carácter importante para la Municipalidad Distrital de

Characato, ya que con la información obtenida se podrán implementar nuestra investigación y a su vez servir de base para los distritos aledaños.

## 1.6 Variables en estudio

### 1.6.1 Variables independientes

Análisis de la distribución de *Polylepis rugulosa*

### 1.6.2 Variable dependiente

Plan de reforestación

### 1.6.3 Operacionalización de variables

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

Variable	Indicador	Técnica	Instrumento
Variable dependiente: Plan de reforestación	Caracterización de la especie <i>Polylepis rugulosa</i> Cobertura vegetal	Observación	Ficha de recojo
Variable independiente: Análisis de la distribución de <i>Polylepis rugulosa</i>	Sistema de Coordenadas Geográficas Modelado de Máxima Entropía Fases	Observación	Ficha de recojo

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Kessler (2006) en su artículo señala que actualmente, con una elevación superior a (3500 m), la vegetación de los Andes medios se caracteriza por regiones agrícolas, pastizales y matorrales, con solo algunos árboles dispersos como compañía. Los árboles son pocos y están representados principalmente por especies importadas de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*, ambos nativos de Australia. Los bosques naturales son mucho menos comunes y, a menudo, se encuentran exclusivamente en ciertos entornos, como laderas rocosas o a lo largo de los ríos. Estos restos forestales están dominados por miembros del género *Polylepis*, mientras que otras especies leñosas como *Buddleja*, *Clethra*, *Gynoxys*, *Podocarpus* y *Prumnopitys* también pueden encontrarse en abundancia en numerosos lugares. Estos bosques son uno de los ecosistemas más vulnerables del planeta, pero también cumplen un papel vital en la ecología altoandina, sirviendo como hogar para una diversa gama de especies de plantas y animales y como un importante suministro de suministros para la población local.

Chancayauri (2019) en su tesis indica que los bosques de *Polylepis* tienen importancia biológica y social, ya que proveen servicios ambientales a las poblaciones locales, entre los muchos servicios que brindan estos ecosistemas se encuentra la regulación hídrica al permitir mayores tasas de infiltración del recurso hídrico, retención de humedad en la capa freática y capturar la humedad de las neblinas para fijarlas en el suelo. En el departamento de Moquegua desde

el año 2016 a la actualidad se presenta el estrés hídrico por la falta de precipitaciones abundantes en las cuencas principales, por este motivo las poblaciones y actividades agrícolas se han visto afectadas en la provisión de recurso hídrico, debido a esto mejorar la condición de conservación de los bosques es necesaria para asegurar la continuidad de la retención de agua en las principales cuencas.

Choque (2019) en su investigación afirma que, a pesar de tener una extensión un poco limitada en la actualidad, estos ecosistemas altoandinos juegan un papel muy importante en la conservación de una gran parte de su diversidad biológica nativa al servir como hábitat para muchas especies de flora y fauna y así conservar una gran parte de su diversidad biológica nativa. Aparte de eso, sirven para proteger el suelo de la erosión y sirven como reservorios de agua, reteniendo una cantidad importante de humedad de la lluvia y nieblas intensas a las que están expuestos.

Los autores Fjeldsá, Kessler, Engblom, y Driesch (1996), en su libro describen ecológicamente, que los bosques de *Polylepis* proporcionan el hábitat crucial para otras especies de vegetales y animales, entre los que podemos encontrar a las aves más raras de América del Sur que se ven amenazadas con la extinción. Según la comunidad científica, el género *Polylepis* requiere de la necesidad de un cuidadoso estudio taxonómico y una investigación biológica de su conservación.

Mejia (2014) en su investigación indica la existencia de otros estudios, que han sido generados por una variedad de instituciones, así como por investigadores

individuales, brindan información sobre el rango, el estado de conservación y la composición florística del género *Polylepis*. Sin embargo, todavía existe una falta de información exacta sobre el tamaño, la distribución y la ubicación general de los bosques en el país. Por lo cual desarrolla una metodología para la elaboración de una base cartográfica de los bosques de *Polylepis* se pueden encontrar en dos lugares diferentes en Perú (Arequipa y Lima). Estas cifras ayudan a visibilizar la realidad y permiten comparar las estimaciones de los mismos bosques producidas por diversas organizaciones en años anteriores con la realidad actual.

Rodríguez (2018) en su tesis para determinar la estructura y distribución espacial de *Polylepis rugulosa* en un bosque remanente protegido por la Reserva Paisajística Subcuenca Cotahuasi en el departamento de Arequipa; obtuvo como resultados una densidad de 506 a 669 árboles/ha y de 233 a 272 plántulas/0.16 ha., cobertura de 26.67% a 32.52% por ha, señalando una distribución espacial de los árboles aleatoria.

Por su parte Jururo (2018) en su estudio de investigación se calculó el valor económico de los servicios eco sistémicos de almacenamiento de agua y carbono que brindan los bosques de queñua en el distrito de Chiguata. El valor económico de los bosques de queñua se estimó en S /. 84.293.039,22. Descubrió dos servicios eco sistémicos en su área de investigación: purificación de agua y almacenamiento de carbono. El primero realiza la regulación de los recursos hídricos, mientras que el segundo realiza la regulación del balance de dióxido de carbono. Existe una interrelación entre estos dos servicios eco sistémicos, con una mayor presencia

orgánica favoreciendo la retención y almacenamiento de agua en el primero y viceversa.

Cuadros (2015) señala que la práctica de extraer madera de los bosques de queñoa (*Polylepis*) para su uso como leña y carbón vegetal se cita como un factor que contribuye a la deforestación. Estas acciones resultan en la destrucción de los recursos naturales, el aumento de las emisiones de dióxido de carbono, que tiene el efecto del calentamiento global, la alteración del clima, la reducción de la diversidad biológica y los ecosistemas y, en última instancia, el deterioro del bienestar de la población.

Contexto anterior que también enfatiza Gálvez (2013) en su investigación, donde La extinción de los bosques de queñoa es un golpe significativo al equilibrio ecológico de los ecosistemas alto andinos, los cuales son particularmente vulnerables a perturbaciones por la extinción de especies benéficas como las queñoas en su vertiente ecológica. Su extinción no solo tiene un impacto en el medio ambiente, sino que también tiene un impacto en el bienestar económico de las comunidades que dependen de ellos. Luego, debe tomar las medidas adecuadas para evitar que ocurra un escenario como este. La restauración ecológica es una política que no solo considera la recuperación, sino que también considera la restauración socioeconómica; no solo adopta una visión ambiental clara o una visión socioeconómica, sino que además hace que ambas visiones sean complementarias para que no existan conflictos entre los intereses ambientales y los intereses de la población.

Por todo lo señalado anteriormente, los autores Aucca y Ferro (2014) concluyen que existen dos razones principales para la conservación de los bosques de *Polylepis*: primero, proporcionan una valiosa fuente de madera. En el primer caso, debido al alto nivel de biodiversidad y endemismo que se encuentran en estos bosques, así como a la enorme cantidad de aves especializadas en peligro de extinción que se vinculan con estos bosques, son de especial importancia.

Dada su distribución actual y los resultados de los entrevistados, se asume que los queñoales en Arequipa solían ser parte de una gran unidad de vegetación en el pasado que cubría los volcanes y las laderas de los nevados Ubinas, Chachani, Pichu pichu, Ampato, Misti, Coropuna y Sabancaya, llegando hasta Caravelí, situación reflejada por los autores Flores, Talavera y Abril (2016) en su libro.

Díaz (2019) luego de realizado su estudio recomendó incentivar la conservación de los rodales de *Polylepis* y prohibir su uso en el marco del desarrollo humano sostenible a través de la creación de áreas regionales de conservación como alternativa para frenar el avance de la presión sobre el bosque e implementar procesos de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) en el distrito. nivel que nos permite tener información para planificar el uso sostenible del territorio y una ocupación ordenada producción de herramientas para ayudar en la planificación y uso sostenible del territorio.

Morales (2017) en su investigación de doctorado apunta que, para garantizar la salud a largo plazo del medio ambiente de esta área densamente poblada, es

fundamental conservar y restaurar los bosques de *Polylepis* como parte de un cambio más amplio en las prácticas de uso de la tierra en la región andina.

Pacheco, Franco, Cáceres, Navarro y Jove (2018) en su artículo concluyen que los bosques de *Polylepis* en la región andina de Moquegua se encuentran en una condición tan crítica que es fundamental para su protección que el estado actual, distribución y expansión de los bosques naturales sea documentado con la mayor claridad posible. Solo sobre la base de parámetros del mundo real se puede desarrollar y seguir una estrategia de gestión adecuada en el futuro, con el objetivo de preservar esta cobertura en su totalidad.

En el Plan Regional de Reforestación y Arborización de González (2009) se establece que existen numerosos beneficios para la reforestación y la arborización. Para facilitar la comprensión, estos beneficios se distinguen de los servicios ambientales para la extracción de madera y otros productos distintos de la madera. De esta manera, la reforestación y la arborización nos brindan la oportunidad de mejorar la calidad de vida de todos los residentes de la zona, con un enfoque particular en los que viven en las comunidades rurales.

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. La especie *Polylepis*

El género *Polylepis* fue descrito por Ruiz y Pavón (1794). El término se deriva de dos palabras griegas: poli, que significa "muchos" y lepis, que significa "láminas", y se refiere a las diversas capas de ritidomas que pueden verse en el tallo. A lo largo de los Andes, se le conoce por una variedad de nombres comunes o vernáculos, que incluyen "qeo", "quinuar", "keshua", "quinua", "quiual", "quinhuar", "queual" y "queuna". Simpson (1979) lo describe como "qeo", "quinuar", "keshua", "quinua", "quinua", "quinua", "quin" es posible que este nombre derive de las palabras q'ewe, que significa torcido, y wiay, que significa crecer, que se usaban en referencia al crecimiento torcido de los troncos de estos árboles. El nombre quechua original de este árbol era posiblemente "q'ewia", que significa "crece torcido", y que se modificó con la llegada del español a las dos palabras mencionadas anteriormente, (Mendoza, 2012)

Debido a que colonizaron entornos duros y fríos en las alturas andinas, donde las hojas más pequeñas y gruesas son más resistentes a las heladas y donde las pequeñas inflorescencias están mejor resguardadas, esta especie ha evolucionado adaptaciones para sobrevivir. Es posible que la evolución de las especies de *Polylepis* ocurriera en conjunto con la formación de entornos más secos y fríos como resultado del ascenso de la cordillera de los Andes. (Mendoza, 2012)

### 2.2.1.1. Caracterización del individuo *Polylepis*

La mayoría son arbustos o árboles con alturas que oscilan entre 1 y 15 metros, llegando algunos hasta los 25 metros en el caso de *Polylepis pauta*. Tienen un tallo torcido y pueden ser uno o numerosos en número, con abundantes ramas igualmente torcidas. Los ambientes ventosos, fríos o secos a menudo están conectados con un crecimiento torcido debido a la forma en que la corona se extiende y tiene una forma desigual. La corteza de color marrón amarillento brillante y puede variar de 2 – 2.5 mm, que le sirve como aislante del frío, escarchas nocturnas y de la radiación diurna. (Mendoza W. , 2012)

Las hojas están compuestas, alternas e imparipinnadas, con un número variable de folíolos de acuerdo a la especie; tienen mayor número de folíolos las que se encuentran en los bosques de selva alta como *Polylepis multijuga*, *P. pauta* y *P. sericea*, en cambio las especies que se encuentran de la puna seca tiene 1-3 pares de folíolos, como es el caso de *P. tarapacana*, *P. incarum*, *P. subtusalbida*, *P. rugulosa* y *P. triacontandra*, generalmente son siempre verdes o amarillentas como el caso *P. incarum*. Las hojas más jóvenes tienden a ser mucho más pubescentes que las hojas maduras. El número de folíolos, es un carácter taxonómico útil, combinado con los diferentes tipos de pubescencia, tipo de margen, principalmente cuando se identifican muestras vegetativas. En cualquiera de las especies el tamaño de las hojas varía de acuerdo a las condiciones donde crece. (Mendoza, 2012)

Las flores de *Polylepis* carecen de corola y nectario, presenta numerosos estambres con filamentos largos, con polen muy abundante; esta característica se asocia a la polinización por el viento, se agrupan de 5-10 flores hasta 80 en el caso de las especies que crecen en la ceja de selva. El género *Polylepis* junto con *Tetraglochin*, *Margyricarpus* y *Acaena* tiene la misma morfología polínica. La inflorescencia péndula presenta flores hermafroditas fuertemente protagónicas o a veces unisexuales femeninas con el androceo abortado (ginomonoecia) que puede sugerir y no descartar la dioecia funcional. (Simpson, 1979; Pérez, 2004)

El fruto es un aquenio, la ornamentación está formada por espinas de diferentes tamaños, además tienen aletas o tubérculos. En algunas especies el fruto es de gran importancia taxonómica para identificarlos. (Mendoza W. , 2012)

Debido a que esta ubicación alberga a dos de las especies consideradas primitivas, es posible que las especies más primitivas hayan evolucionado en los Andes del norte de Perú, donde aún se encuentran en la actualidad. Uno de ellos, *Polylepis multijuga*, está restringido a esta sección de los Andes; una vez establecido como árbol alto andino, pudo colonizar áreas de hábitats que anteriormente habían estado casi completamente desprovistos de árboles durante el pleistoceno, desde donde se extendió por los Andes hacia el norte y el sur. Los Andes en el sur de Perú tienen una alta concentración de especies, lo que puede atribuirse a la amplia variedad de ecosistemas que se encuentran en esta sección del país. (Mendoza W. , 2012)

**Figura 1. *Polylepis rugulosa***

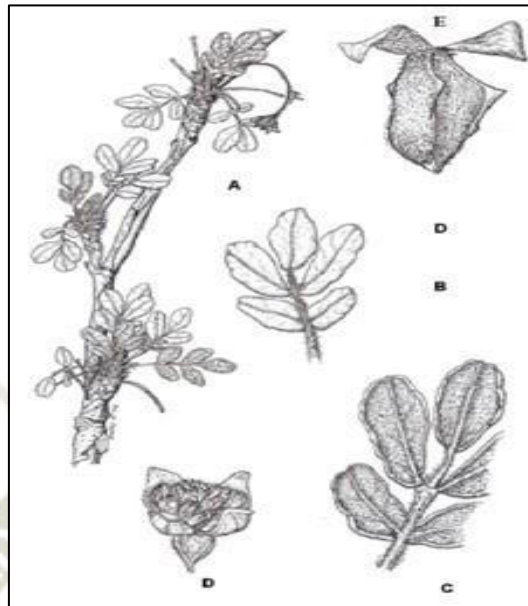
Fuente: (Mendoza W. , 2012)

#### **2.2.1.2. *Polylepis rugulosa***

Los ritidomas en el tronco de este árbol son de color marrón rojizo. Estipule la vaina con una superficie externa de leve a densamente vellosa y un ápice en la superficie externa y en el ápice. Hojas dispuestas en racimo en los extremos de las ramas; pecíolo 0.5-1.5 cm de largo, densamente lanudo; hojas 1.9-6.8 x 1.8-3.5 cm, con 1-3 pares de folíolos, raquis densamente lanudo, ocasionalmente mezclado con algunos pelos glandulares, punto de unión de folíolos con un mechón de pelos; raquis densamente lanudo, raramente mezclado con algunos pelos glandulares; raquis densamente lanoso, rara vez mezclado con folíolos ovalados o casi circulares, 1.2-2.1 x 0.6-1.1 cm, base irregularmente redondeada, ápice ligeramente agudo, obtuso o ligeramente emarginado, margen crenado, envés cubierto de largos pelos blancos que se entrelazan, formando una capa densa, similar a un fieltro; superficie superior rugosa, verde oscuro, glabra o

ligeramente lanuda, especialmente a lo largo de la nervadura central; envés rugoso, verde oscuro, glabra o ligeramente lanoso, especialmente de 4-5 cm de largo, con 4 a 6 flores; brácteas florales lanceoladas, 5-7 mm de largo, densamente lanudas; racimo único, 4.5-10 cm de largo, con 4 a 6 flores; Flores de 0.51.0 cm de diámetro, hipantio lanudo mezclado con tricomas glandulares con espinas ligeramente aplanadas; flores de 0,51,0 cm de diámetro, hipantio lanudo mezclado con tricomas glandulares con espinas ligeramente aplanadas; flores de 0.51.0 cm de diámetro, hipantio lanudo mezclado con tricomas glandulares mezclados con espinas ligeramente aplanadas; flores de 0.51.0 cm de diámetro, hipantio lanudo mezclado con tricomas glandulares mezclados con espinas ligeramente aplanadas; flores de 0.51.0 cm de diámetro, hipantio lanudo mezclado con 3-4 sépalos glandulares, de forma ovalada a ligeramente orbicular, lanosas internas, con algunos pelos cortos en el ápice, lanosas externas, con algunos pelos cortos cerca de la base, anteras 1 mm largo, difuso; estilo de 1 a 3 milímetros de largo, lanoso, con un mechón de pelos en la base. En el fruto está presente un saliente plano de forma irregular con múltiples puntas que mide 0,4-0,6 x 0,3-0,5 cm, incluidos los salientes. El fruto es corneado, densamente lanudo y tiene de 2 a 5 proyecciones planas de forma irregular con varias puntas (Mendoza W. , 2012)

**Figura 2. *Polylepis rugulosa*, A) Rama; B) Haz de los Foliolos; C) Envés de los Foliolos; y E) Fruto. Dibujado de W. Mendoza 1026 (USM); D) Flor.**



Fuente: (Mendoza W. , 2012)

### 2.2.1.3. Distribución

Esta especie se encuentra en los departamentos peruanos de Arequipa, Moquegua y Tacna, en elevaciones que van desde los 3000 a los 4600 metros sobre el nivel del mar. También se encuentra en Chile. Esta especie se puede encontrar en grandes cantidades en todo el departamento de Arequipa. La Reserva Nacional Aguada Blanca, así como la Reserva Paisajística de la Subcuenca Cotahuasi, que son hogar de esta especie, también están protegidas. (Mendoza W. , 2012)

### 2.2.1.4. Estado actual de la especie

Los bosques de *Polylepis* son uno de los ecosistemas más amenazados de los Andes y son particularmente vulnerables al fuego. Sin embargo, se ha sugerido que la forma fragmentada de estos bosques se debe a la especialización en

condiciones fisiológicas y micro climáticas; sin embargo, también se ha sugerido que estos fragmentos son restos de un ecosistema ampliamente extendido que existió durante el Pleistoceno. (Mendoza, 2012)

Según los bosques de *Polylepis*, indican que son muy localizados, pudiendo deberse a los factores antropogénicos y que en el pasado pudieron haber sido ampliamente distribuidos y continuos con los bosques nublados de altitudes más bajas.

La especie *Polylepis* representa uno de los hábitats más vulnerables del mundo, así como uno de los ecosistemas más amenazados del Perú. Se ubican en la parte oriental de Arequipa y cubren aproximadamente 4000 hectáreas de *Polylepis rugulosa*, que incluye las localidades de Mosopuquio, Chiguata, Piaca y Totorani (9,930 habitantes). Estos bosques han sufrido un deterioro progresivo y acelerado, resultado del sobrepastoreo, la tala irracional para leña o carbón vegetal y los incendios, lo que ha provocado la rápida disminución de estos bosques. (Zegarra, 2014)

#### **2.2.1.5.Importancia de la especie**

Estos bosques de queñoas se consideran especies multifuncionales porque juegan un papel importante en el ciclo hidrológico, sirven como hábitat para vertebrados e invertebrados y apoyan el crecimiento de plantas asociadas con el relicto. Además de estabilizar los suelos y modificar las características ambientales

extremas de la sierra andina, pueden ayudar a mitigar los efectos del cambio climático. (Zegarra K. 2014)

Además de proporcionar una fuente de madera para cocinar alimentos, construir corrales y herramientas, estos árboles también se utilizan como planta medicinal para tratar enfermedades renales y respiratorias y para teñir telas y tejidos. Proporcionan una fuente de sustento para el pastoreo de llamas, alpacas, ovejas y vacas, que pastan en los pastizales que los rodean. (Cuza, Carreras, & Saralegui, 2005)

Debido a sus condiciones de calefacción únicas y los beneficios ambientales que proporciona, este bosque ofrece una fuente de energía muy valiosa para los campesinos. En este bosque, los árboles han sido objeto de una explotación tan generalizada por los quemadores de carbón y los madereros que ahora solo representan una pequeña fracción del bosque original. Es posible reforestar un área que sea igual al área existente ocupada por estos bosques en un futuro próximo.

### **2.2.2. Sistema de Coordenadas Geográficas**

En términos generales, un sistema de coordenadas geográficas es un marco de referencia que se coloca en una representación de una región geográfica. Para ofrecer un método uniforme de ubicar un elemento dentro del área de investigación, se debe lograr el objetivo principal de este marco de referencia (ESRI, Internet). Este conjunto de normas se utiliza de manera uniforme en todo

el mundo y se puede encontrar en cualquier idioma. Diferentes organizaciones a lo largo de la historia han establecido numerosos tipos de coordenadas geográficas, que se enumeran a continuación. El enfoque que emplea latitud y longitud, por otro lado, es el sistema más comúnmente reconocido y más utilizado. (Barriga, 2013)

La latitud es la distancia entre dos puntos en la superficie de la tierra que representa la distancia de la ubicación desde el ecuador en las direcciones norte o sur. La longitud, por otro lado, es la distancia que refleja la posición relativa perpendicular a la latitud, en la dirección este-oeste, y se expresa como una distancia entre dos puntos. Es factible señalar todos los lugares de la superficie terrestre utilizando solo estas dos coordenadas y una representación bidimensional de la superficie terrestre. (Barriga, 2013)

#### **2.2.2.1. ¿Qué es un Sistema de Información Geográfica SIG?**

Específicamente, un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema que combina tecnología informática, humanos e información geográfica, siendo su función principal la recopilación, análisis, almacenamiento, edición y representación de datos georreferenciados en varios formatos. (Olaya, 2014)

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se define como "una colección de métodos, herramientas y datos que están diseñados para trabajar juntos de manera coordinada y lógica para capturar, almacenar y analizar grandes volúmenes de datos, transformar y presentar información geográfica, "según la National

Geographic Society. Como punto adicional de aclaración, afirma que este sistema "está integrado para trabajar con información geográfica y cualidades afines, que es una herramienta crucial para el análisis y la toma de decisiones". (CONIDA, 2018)

#### **2.2.2.2.SIG como integrador de información**

La naturaleza geográfica de la información que se maneja permitirá la combinación de datos y la generación de hallazgos a partir de un solo estudio estadístico. El hecho de que alrededor del 70% de todo el material esté georreferenciado significa que esta georreferenciación servirá como punto de referencia común para la gran mayoría de instancias a la hora de enmarcar la investigación. En este contexto, el Sistema de Información Geográfica (SIG) proporciona la base necesaria para incorporar y trabajar con información georreferenciada. (Olaya, 2014)

#### **2.2.2.3.Aplicaciones y uso práctico**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas muy adaptables y casi no hay sector de trabajo en el que no se puedan utilizar de alguna manera. Todo el trabajo que realizamos con información geográfica va acompañado de algún nivel de análisis. Este estudio investiga dicha información, comenzando con una consulta simple y avanzando hacia un modelo más complicado, produciendo hallazgos que revelan varios tipos de información subyacente. (Caballero, 2017)

### 2.2.2.3.1. Aplicaciones Forestales.

- Control de plagas

El Sistema de Información Geográfica (SIG) se utiliza principalmente para el cálculo de las regiones de riesgo, así como para el estudio del comportamiento y la evolución de las plagas. También se pueden diseñar redes de trampas y puntos de control para hacer esto. Es particularmente significativo en esta situación por la información que brindan, que incluye fotografías aéreas y fotografías de satélite.

- Estimación de la biomasa residual

El uso de biomasa forestal residual como fuente de energía renovable tiene el potencial de brindar un doble beneficio: primero, al eliminar estos residuos de los bosques, podemos reducir el impacto ambiental de plagas e incendios; y segundo, al utilizar esta madera como fuente de energía renovable, podemos cosechar los beneficios de la neutralidad de carbono y otros beneficios ambientales (Revista ATL, 2010). Además, se han proporcionado estudios que determinan las ubicaciones ideales de empresas potenciales para el tratamiento y uso de residuos agroindustriales, incluyendo el uso de fuentes de energía renovables.

- Restauración de los sistemas forestales

Son usados para estimar la extensión de la deforestación e identificarla al igual que sus efectos sobre los ecosistemas forestales, en particular los más aislados, y para simular algún riesgo para ver cómo evolucionarían hipotéticamente, así como para estimar las consecuencias de estos. consecuencias para determinar

las medidas de restauración más adecuadas para cada ecosistema. (Revista ATL, 2010)

- Extinción de incendios

Los incendios forestales provocados tanto por la actividad humana como por causas naturales son cada vez más frecuentes y severos año tras año como resultado de las consecuencias del cambio climático. Los GIS se crean en este sector para ayudar con la prevención, el control y el manejo de incendios, y se utilizan como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para ayudar con la toma de decisiones. (Revista ATL, 2010)

#### 2.2.2.4. Software Qgis

Según Jung (2014), Las tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se utilizan para una variedad de tareas, incluido el análisis de datos geográficos, la creación de mapas y la aplicación de técnicas estadísticas a estos datos. QGIS es un programa gratuito de sistema de información geográfica (GIS) desarrollado por Gary Sherman en 2002 y actualmente mantenido por una comunidad de desarrolladores de todo el mundo.

Proporciona la administración y el análisis de datos geográficos, y se distingue por su amplia interfaz con otro software gratuito y los "complementos" o complementos que han sido desarrollados por una comunidad generada por el usuario. Actualmente, está disponible el complemento QSDM (QGIS Species Distribution Model), que permite modelar nichos ecológicos y distribuciones de especies utilizando el algoritmo Maxent. Sin embargo, el complemento espera

expandir sus capacidades en el futuro mediante la incorporación de algoritmos como Random Forest y regresiones logísticas para el modelado. (Jung, 2014)

### **Modelos de distribución futuros frente al cambio climático**

Se emplear para pronosticar como será afectada la forma como se distribuyen las especies en estudio, planteando varios escenarios de cambios climáticos, basados en la cantidad de CO<sub>2</sub> que están en la superficie, se utilizan modelos de distribución (IPCC2). Como resultado, ante eventos como el cambio climático, los DEM se pueden utilizar para determinar el nivel de respuesta de las poblaciones a los cambios a nivel biótico, lo que permite a los investigadores determinar qué especies son más vulnerables al cambio climático y qué especies pueden beneficiarse. a partir de él, y luego usar esta información para desarrollar diferentes formas para conservar y mantener las especies. (Bravo, Sánchez & Gelviz-Gelvez, 2011)

Graham, Loiseau, Velásquez-Tibatá & Cuesta Camacho (2012) Proporcionar una visión general de los aspectos clave que deben tenerse en cuenta a la hora de proyectar distribuciones futuras, con especial énfasis en tres:

- Factores predictores ambientales, que deben basarse en una relación biológica entre la especie y las variables predictoras ambientales (como la temperatura). Se utilizan un modelo climático global y un escenario de emisiones para generar estas variables predictoras.
- Para ofrecer una imagen más completa de las circunstancias ambientales futuras, la información sobre la presencia de especies debe provenir de una

variedad diversa de entornos donde se pueden encontrar las especies, y no de un solo lugar.

- El enfoque para modelar y evaluar los resultados. Existe una plétora de modelos climáticos para el futuro, cada uno de los cuales produce un conjunto diferente de predicciones. Como resultado, para evaluar si un modelo es capaz de pronosticar con precisión distribuciones futuras, debe someterse a una evaluación que evalúe su desempeño. Una de las métricas de evaluación más utilizadas es la curva de características operativas del receptor (AUC), que mide el rendimiento del modelo en una amplia gama de condiciones posibles.

### **2.2.3. Modelado de Máxima Entropía: Maxent**

Maxent Según la investigación de Gómez, es una herramienta de predicción que genera nichos ecológicos sin ahondar en otras dimensiones ecológicas o antrópicas como las interacciones con otras especies, ya sean competencias, mutualismo, o proveedores de alimentos y depredación, y es una herramienta que genera nichos ecológicos (2010). El modelado de nichos ambientales es un método que permite una comprensión más precisa de la distribución espacial de los nichos ecológicos. (Soberón & Peterson 2005)

El software Maxent (Phillips et al., 2006), la distribución probable de la entropía máxima de un organismo se puede estimar utilizando este enfoque, que permite predecir el rango de distribución completo en el que es más probable que una especie se encuentre dentro de una región calculando la

distribución probable de la entropía máxima. (Scheldeman & van Zonneveld, 2011)

Este programa tiene varias ventajas como son: Solo requiere los datos de presencia del individuo unido a las variables asociadas al ambiente se utiliza para pronosticar; no requiere los datos de ausencia de la especie; y, además, puede incorporar interacciones entre diferentes variables predictoras para realizar predicciones precisas. Phillips et al. (2006) y Morales (2012)

Las características del modelo se basan en variables ambientales, que son las variables que utiliza para hacer predicciones y se clasifican en dos tipos: variables continuas, que pueden tomar cualquier valor real arbitrario que corresponda a cantidades que se pueden medir, como la elevación, precipitación anual y temperatura máxima; variables categóricas, que pueden tomar cualquiera de un número limitado de valores discretos, como el tipo de suelo o vegetación; y variables discretas, que pueden tomar cualquiera de un número limitado de valores discretos, como el tipo. (Phillips & Dudík, 2008)

Se utiliza principalmente en la identificación de ubicaciones con entornos que son comparables a aquellos en los que se ha encontrado previamente la existencia de una especie, a diferencia de otros métodos. La técnica también se utiliza en la identificación de sitios de recolección, la priorización de regiones para proyectos de conservación y restauración ecológica, la modelización de los impactos del cambio climático en los ecosistemas y la evaluación de los

patrones de distribución de especies invasoras. Maxent es una herramienta de software que examina varios modelos de distribución y hace recomendaciones. (Scheldeman & van Zonneveld, 2011; Morales, 2012)

#### **2.2.4. Reforestación**

Para producir, mantener y proporcionar servicios ambientales, se están replantando o estableciendo especies de árboles y arbustos nativos y exóticos en suelos que pueden o no haber soportado previamente una cubierta forestal por una variedad de razones. (PNR, 2005)

Según Rey y Alcántara (2011), la replantación de bosques se describe como la práctica de ayudar al restablecimiento de un ecosistema después de que ha sido dañado o destruido debido a la actividad humana. Debido a esto, la restauración de la vegetación no implica simplemente la creación de un dosel de bosque compuesto por una o pocas especies, sino más bien la participación de todo el elenco de especies nativas de un ecosistema de una manera que replica la forma en que se ensamblan, tanto en el espacio como en el tiempo, dentro de las comunidades naturales.

##### **2.2.4.1. Plan de reforestación**

Según Fernández et al., (2010), un plan de reforestación es una colección de acciones planificadas que están diseñadas para iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema nativo en términos de su salud, integridad y viabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Como punto de referencia, puede

describirse como el proceso de ayudar en la restauración de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido de alguna manera.

En el Boletín Oficial El Peruano se publicó una resolución que aprueba los criterios para la restauración de ecosistemas forestales.

**El Peruano**  
Firmado Digitalmente por:  
EDITORIA PERU  
Fecha: 28/04/2018 04:35:09

---

**6** **NORMAS LEGALES** Sábado 28 de abril de 2018 / **El Peruano**

De conformidad con lo dispuesto por la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 27594, Ley que regula la participación del Poder Ejecutivo en el nombramiento y designación de funcionarios públicos; el Decreto Legislativo N° 997, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura y Riego; y, su Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo N° 008-2014-MINAGRI, y sus modificatorias;

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1.-** Aceptar, a partir de la fecha, la renuncia formulada por el señor Jesús Ruitón Cabanillas, al cargo de Director de la Oficina de Presupuesto de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto del Ministerio de Agricultura y Riego, dándosele las gracias por los servicios prestados.

**Artículo 2.-** Designar, a partir de la fecha, al señor Julio Cesar Lévano Julca, en el cargo de Director de la Oficina de Presupuesto de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto del Ministerio de Agricultura y Riego.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

GUSTAVO EDUARDO MOSTAJO OCOLA  
Ministro de Agricultura y Riego

**1642165-2**

**Designan Director de la Oficina de Programación Multianual de Inversiones y encargan funciones de Coordinador General de la Unidad Sectorial de Coordinación Técnica Operativa del Ministerio**

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL  
N° 0178-2018-MINAGRI**

Lima, 27 de abril de 2018

**CONSIDERANDO:**

Que, mediante el artículo 7 de la Resolución Ministerial N° 0118-2017-MINAGRI, de fecha 31 de marzo de 2017, publicada en el Diario Oficial El Peruano con fecha 2 de abril de 2017, se designó al señor Julio César Zea Cáceres, en el cargo de Director de la Oficina de Programación Multianual de Inversiones de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto del Ministerio de Agricultura y Riego, cargo al cual ha formulado renuncia;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 0167-2018-MINAGRI, de fecha 20 de abril de 2018, publicada en el Diario Oficial El Peruano con fecha 21 de abril de 2018, se aceptó la renuncia formulada por

**Artículo 2.-** Designar, a partir de la fecha, al señor Jesús Ruitón Cabanillas, en el cargo de Director de la Oficina de Programación Multianual de Inversiones de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto del Ministerio de Agricultura y Riego.

**Artículo 3.-** Encargar al señor Jesús Ruitón Cabanillas, Director de la Oficina de Programación Multianual de Inversiones de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto del Ministerio de Agricultura y Riego, las funciones de Coordinador General de la Unidad Sectorial de Coordinación Técnica Operativa del Ministerio de Agricultura y Riego.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

GUSTAVO EDUARDO MOSTAJO OCOLA  
Ministro de Agricultura y Riego

**1642165-3**

**Aprueban los "Lineamientos para la restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre" y modifican el literal c. del numeral 5.1 de los "Lineamientos para el otorgamiento de concesiones para productos forestales diferentes a la madera, ecoturismo y conservación, por concesión directa"**

**RESOLUCIÓN DE DIRECCIÓN EJECUTIVA  
N° 083-2018-MINAGRI-SERFOR-DE**

Lima, 27 de abril de 2018

**VISTO:**

El Informe Técnico N° 003-2018-MINAGRI-SERFOR/DGPCFFS-DPR de fecha 05 de enero de 2018, el Informe Técnico N° 27-2018-MINAGRI-SERFOR/DGPCFFS-DPR de fecha 17 de abril de 2018, emitido por la Dirección General de Política y Competitividad Forestal y de Fauna Silvestre; y el Informe Legal N° 038-2018-MINAGRI-SG-SERFOR/OGAJ, de fecha 30 de enero de 2018, emitido por la Oficina General de Asesoría Jurídica, y;

**CONSIDERANDO:**

Que, el artículo 13 de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, creó el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR como organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego;

Fuente: El Peruano

## **2.2.4.2. Principios de restauración (Román, F. et al. 2018)**

### **2.2.4.2.1. La restauración aumenta la integridad biótica en los ecosistemas y paisajes**

La restauración de recursos naturales es un proceso que inicia o acelera la recuperación de áreas parcial o totalmente degradadas al priorizar la complejidad de las asociaciones biológicas, incluyendo la composición y representación de todos los grupos de especies nativas, así como las características y procesos que se encuentran necesarios para apoyar y sustentar la biota, así como el funcionamiento de los ecosistemas y el mantenimiento de la resiliencia y la conectividad a escala del paisaje.

### **2.2.4.2.2. La restauración es sostenible a largo plazo**

En última instancia, el objetivo de la restauración es desarrollar sistemas que sean autosuficientes y robustos para reducir la necesidad de intervención humana a largo plazo. Es esencial que estos sistemas sean compatibles con los contextos ambientales y paisajísticos circundantes, así como con las tradiciones tradicionales de la gente.

### **2.2.4.2.3. La restauración se basa en conocimiento**

Los esfuerzos de restauración pueden estar guiados por el conocimiento histórico y el conocimiento local en sus diversas formas, así como por el conocimiento científico y las investigaciones silvícolas con especies nativas. Esta información se puede utilizar para determinar cómo funcionaron los ecosistemas en el pasado e identificar acciones

potenciales, trayectorias futuras y medir el éxito de las iniciativas de restauración.

#### **2.2.4.2.4. La restauración beneficiosa y compromete a la sociedad**

Los esfuerzos de restauración se centran en el retorno de la biodiversidad, así como en la provisión de una variedad de servicios de los ecosistemas.

La restauración de ecosistemas involucra a las personas en un compromiso directo, lo que profundiza su conocimiento de los ecosistemas y las ventajas que brindan a las sociedades humanas.

#### **2.2.4.2.5. La restauración interactúa con el paisaje circundante**

El objetivo de la restauración es aumentar la resiliencia del paisaje y, como resultado, mantener alternativas de gestión disponibles en el futuro. Como parte de esta iniciativa, también reparará y preservará la conexión para ayudar a las comunidades rurales en sus intentos de maximizar las ventajas obtenidas al administrar sus recursos de tierra.

#### **2.2.4.2.6. La restauración contribuye a mitigar los efectos y reducir la vulnerabilidad del cambio climático**

La restauración de ecosistemas es un objetivo principal del gobierno para mitigar los impactos del cambio climático y minimizar la susceptibilidad al cambio climático mediante la mejora de la capacidad de adaptación basada en la resiliencia de los ecosistemas, entre otras cosas. Para

contrarrestar los cambios hidrológicos regionales, la deforestación a gran escala y la necesidad de conexión de ecosistemas, así como para mantener el funcionamiento de los paisajes rurales, es necesario adoptar un punto de vista de restauración a escala de paisaje.

**Figura 3: Concepción expandida de la restauración**



Fuente: (Higgs, 2003)

**2.2.4.3. Estrategias de restauración para áreas levemente degradadas. (Román, F. et al. 2018)**

DEGRADACIÓN LEVE			
Factores de sitio o ecosistema		Factores de paisaje	
<b>Vegetación</b>	La presencia de especies similares a las presentes en el entorno de referencia y que dominan las especies invasoras.	<b>Ecosistema de referencia</b>	Se mantienen cerca en términos de ser una fuente de semillas y tener el potencial de vincularse con las regiones de interés para el proyecto, a pesar de la distancia.

<b>Fuentes de regeneración</b>	La existencia de lluvia de semillas; la presencia de pocos bancos viables de semillas y plántulas; la presencia de tocones de árboles vivos.	<b>Fauna silvestre</b>	Excepcionalmente diversa en regiones cercanas a la iniciativa; se ha observado una pequeña caída en el número de dispersores de semillas.
<b>Suelo</b>	Ha habido pocos disturbios locales; la tierra se ha mantenido mayoritariamente fructífera.	<b>Riesgo de fuego</b>	Bajo a mediano.
<b>Opciones de restauración recomendadas (*)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevención y manejo de incendios, particularmente contra futuros incendios y perturbaciones, así como la prevención de la caza de animales dispersores de semillas en la vegetación residual.</li> <li>• La regeneración de la naturaleza debe gestionarse con especial énfasis en el enriquecimiento con especies localmente extintas de gran importancia ecológica. Además, se puede hacer un aclareo (si es necesario) para estimular la regeneración de otras especies en una etapa posterior de la sucesión. Además, se está considerando la instalación de perchas para ayudar en la lluvia de semillas (si es necesario).</li> <li>• Sistemas agroforestales (también conocidos como agro forestal).</li> <li>• Se protegen las plantaciones.</li> <li>• Plantaciones para la producción de artículos distintos a la madera.</li> </ul> <p><b>(*) Adicionalmente, se recomiendan iniciativas para crear conciencia entre las personas sobre la pérdida de servicios eco sistémicos y la consiguiente disminución de las ventajas socioeconómicas que fueron adquiridas anteriormente, además de las opciones indicadas anteriormente.</b></p>			
<b>Opciones para incrementar los beneficios económicos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquema de pago por servicios ecosistémicos.</li> <li>• Contratación de la población local en la iniciativa de restauración.</li> </ul>			

Fuente: SERFOR

**Figura 4: Bosque de queñua sin degradar**



Fuente: Fotografía propia

DEGRADACIÓN MEDIA			
Factores de sitio o ecosistema		Factores de paisaje	
<b>Vegetación</b>	En comparación con el ambiente de referencia, se observó la presencia de especies características de la condición sucesional así como especies invasoras en igual número.	<b>Ecosistema de referencia</b>	Los restos todavía se utilizan como fuente de semillas, aunque hay poca conexión entre ellos y las regiones de interés para el esfuerzo.
<b>Fuentes de regeneración</b>	Limitado a lluvia de semillas; banco de semillas y plántulas agotado	<b>Fauna silvestre</b>	Limitado a especies que dispersan semillas pequeñas.
<b>Suelo</b>	Permanece en gran parte fértil, baja erosión.	<b>Riesgo de fuego</b>	Medio a alto.
Opciones de restauración recomendadas (*)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección y control, además de influir en el manejo de los animales (cuando sea necesario) para fomentar la regeneración natural.</li> </ul>			

- La gestión de la regeneración natural, incluida la introducción de especies sucesionales avanzadas en restos de vegetación natural.
- Plantaciones de restauración, que pueden tener un impacto en la disminución de la competencia de especies invasoras no nativas en el medio ambiente.
- Se protegen las plantaciones.
- Sistemas agroforestales (también conocidos como agroforestería).

**(\*) Adicionalmente, se recomiendan iniciativas para crear conciencia entre las personas sobre la pérdida de servicios ecosistémicos y la consiguiente disminución de las ventajas socioeconómicas que fueron adquiridas anteriormente, además de las opciones indicadas anteriormente.**

#### Opciones para incrementar los beneficios económicos

- Esquema de pago por servicios ecosistémicos.
- Contratación de la población local en la iniciativa de restauración.

Fuente: SERFOR

**Figura 5: Bosque con poca presencia de queñoa**



Fuente: Fotografía propia

<b>DEGRADACIÓN ALTA</b>			
<b>Factores de sitio o ecosistema</b>		<b>Factores de paisaje</b>	
<b>Vegetación</b>	Cuando se compara con el entorno de referencia, no hay presencia de especies; Predominan las especies invasoras o incluso el suelo árido.	<b>Ecosistema de referencia</b>	No hay suficientes remanentes o están demasiado lejos para dispersar las semillas en el sitio.
<b>Fuentes de regeneración</b>	Muy pocas o ninguna.	<b>Fauna silvestre</b>	En su mayoría desaparecida.
<b>Suelo</b>	Las malas condiciones del suelo dificultan el desarrollo de los árboles, aumentando el peligro de erosión.	<b>Riesgo de fuego</b>	Alto.
<b>Opciones de restauración recomendadas (*)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevención y control, especialmente corta fuegos para el caso de riesgo de fuego.</li> <li>• Manejo de la regeneración natural, especialmente aplicando fertilización y reduciendo la competencia de especies invasivas no nativas.</li> <li>• Plantaciones de restauración.</li> <li>• Adicionalmente, se requiere la participación de las autoridades para la erradicación de actividades ilegales que puedan representar una amenaza a la iniciativa.</li> </ul> <p><b>(*) Todos los enfoques descritos anteriormente se complementan con iniciativas para crear conciencia entre el público en general sobre la degradación de los servicios de los ecosistemas y la reducción de los beneficios socioeconómicos que antes se disfrutaban.</b></p>			
<b>Opciones para incrementar los beneficios económicos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquema de pago por servicios ecosistémicos.</li> <li>• Contratación de la población local en la iniciativa de restauración.</li> </ul>			

Fuente: SERFOR

**Figura 6: Bosque degradado**

Fuente: Fotografía propia

#### **2.2.4.4. Interacciones bióticas para un plan de reforestación**

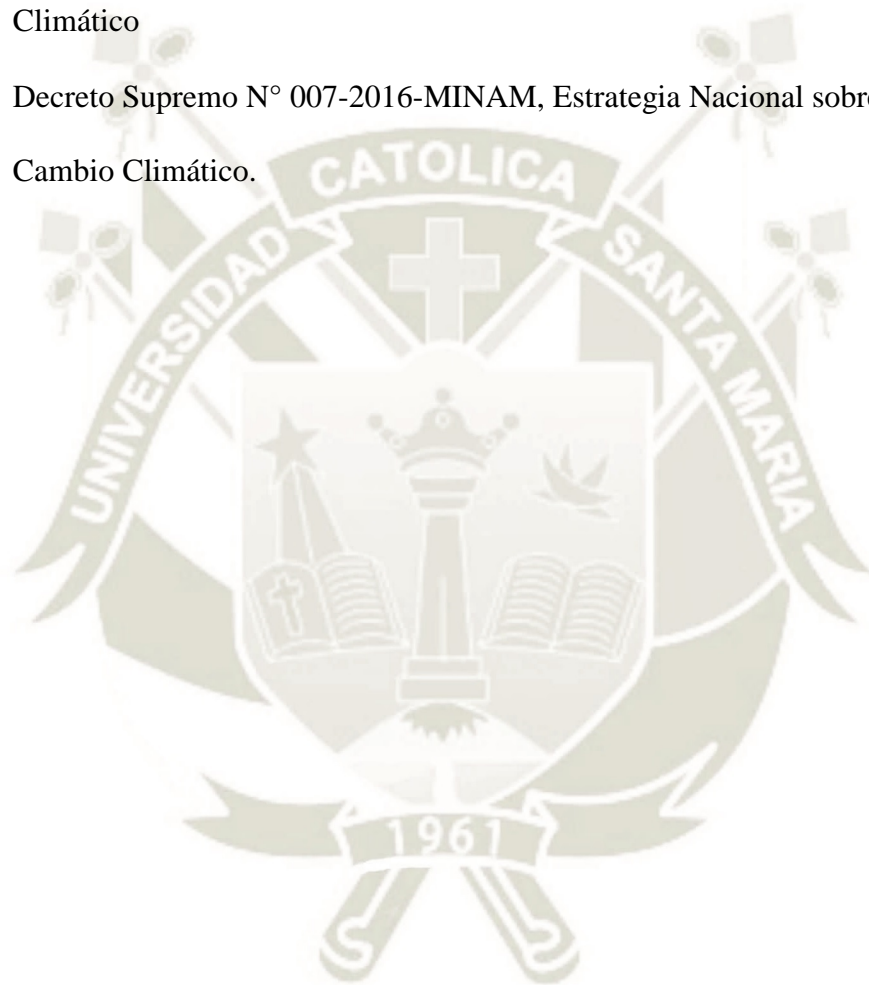
Las interacciones entre los componentes bióticos y los árboles son componentes esenciales de la actividad y estabilidad de los sistemas naturales. Los árboles juegan un papel importante en el sistema forestal y es necesario porque ajusta las propiedades del suelo y ciclos de nutrientes, para funcionar como organismos. (FINZI et al., 1998)

Las interacciones bióticas que las especies las vegetales pueden desarrollarse al ritmo de otros tipos microorganismos, plantas o animales. Los factores abióticos son condiciones ambientales, derivadas de propiedades suelo (disponibilidad de agua, presión, permeabilidad, entre otros), microclima (disponibilidad de luz, humedad, temperatura) o relacionadas con el uso del espacio.

### **2.3 Marco legal**

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente
- Decreto supremo N°012-2009-MINAM, Política Nacional del Ambiente

- Decreto supremo N° 009-2013-MINAGRI, Política Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
- Ley N° 29763, ley forestal y de fauna silvestre
- Decreto supremo N° 018-2015- MINAGRI, Reglamento para la Gestión Forestal
- Decreto Supremo N° 011-2015-MINAM, Estrategia Nacional ante el Cambio Climático
- Decreto Supremo N° 007-2016-MINAM, Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático.



## CAPITULO 3. METODOLOGÍA

### 2.3. Tipo y nivel de investigación

Según Behar (2008), en estudios descriptivos, los investigadores examinan las características de un fenómeno y sus componentes, así como cómo se presentan. Permiten la investigación detallada de los fenómenos investigados, principalmente mediante la medición de una o más de sus propiedades.

Por consiguiente, el estudio fue tipo descriptivo ya que se quiere determinar la ubicación de la *Polylepis rugulosa* mediante un sistema de información geográfica en la zona de Characato, de igual manera es de nivel descriptivo ya que el propósito es realizó una descripción de la morfología de la *Polylepis rugulosa* en la zona delimitada para el estudio.

### 2.4. Diseño de la investigación

La presente investigación tuvo un diseño no experimental, puesto que el investigador se limitó a observar el comportamiento de las variables, sin manipularlas. (Behar, 2008)

El diseño de la investigación fue de tipo transversal ya que la información se recolectó en un solos periodo de tiempo y por única vez, con el propósito de realizar una descripción para el periodo de estudio. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

En el estudio se analizaron las variables bioclimáticas y topográficas actuales y futuras con los escenarios RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5.

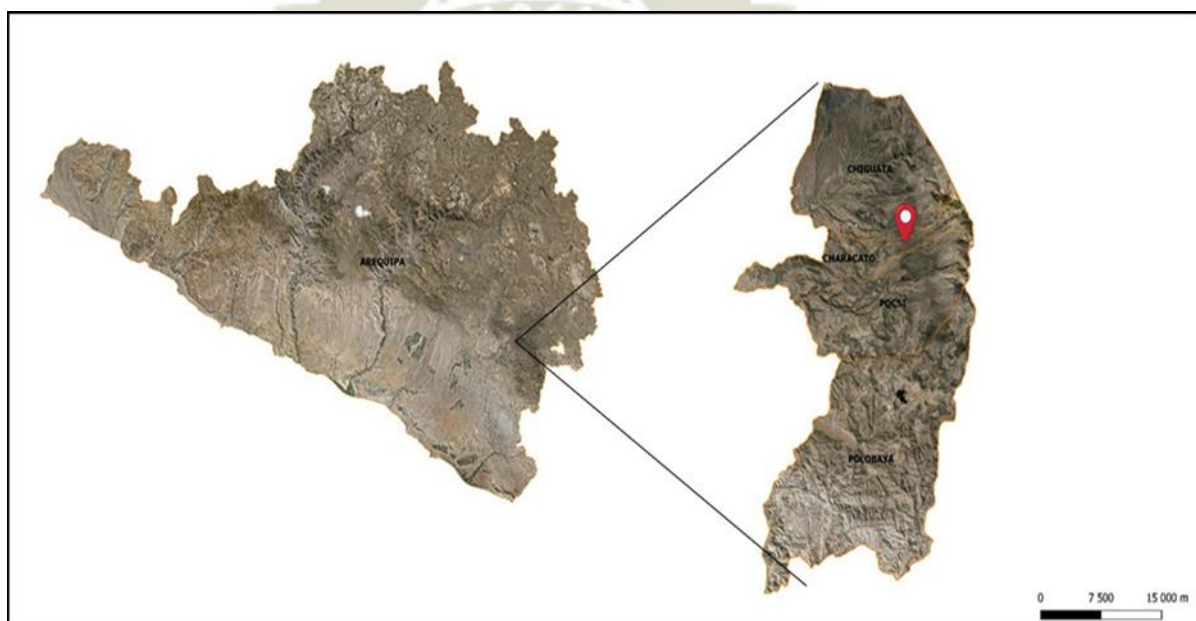
## 2.5. Métodos de investigación

Debido a que permite un sistema eficiente e interactivo de almacenamiento y visualización de la realidad geográfica que además trabaja con información veraz, centralizada y, sobre todo, se actualiza constantemente, se seleccionó el modelo de Sistemas de Información Geográfica como la metodología más adecuada para abordar el problema estructural.

## 2.6. Campo de verificación

El Bosque de Queñua, cuenta con una extensión de 4,000 hectáreas, en las faldas del volcán Pichu Pichu, es una zona que resguarda gran variedad de especies de animales y vegetales, algunas de estas en peligro de extinción.

**Figura 7. Mapa del Bosque de Queñoa del Pichu Pichu**



Fuente: Elaboración Propia, Qgis

### 3.5. Determinación de la población y muestra

La población será la zona del Bosque de Queñoa de Pichu Pichu, específicamente de la especie *Polylepis rugulosa*. Para la determinación del tamaño de la muestra se utilizará la Guía de inventario de la flora y la vegetación (2016).

Se utilizó la Guía de Inventario de Flora y Vegetación para estimar el tamaño de la muestra para este estudio. (2016). Al tener la zona en estudio una extensión territorial de 4,000 hectáreas se tomó 10 cuadrantes de muestreo. El muestreo utilizado fue el aleatorio simple. (Ver tabla 2)

**Tabla 2. Cálculo del tamaño de la muestra basado en la superficie a inventariar**

a	Constante	S(ha)	N
5	0.001	<1000	6
5	0.001	5000	10
5	0.001	10000	15
5	0.001	20000	25
5	0.001	30000	35
5	0.001	>50000	55

Fuente: Guía de inventario de la flora y la vegetación (2016)

Delimitación de la parcela de estudio; una vez escogido aleatoriamente las zonas a estudiar de acuerdo a la estratificación se procedió a la demarcación, la cual corresponde a trazar un cuadrante de  $100\text{ m}^2$ , con una medida de 10 metros de lado. Se estaquearon los puntos referenciales y cada 2 metros se establece un punto el cual servirá para trazar una cuadrícula y se procedió a armar el cuadrante como se muestra en la figura 5. Luego se conectaron las esquinas, formando una equis. Se identificaron, contaron y anotaron los árboles encontrados del individuo, al desplazarse diagonalmente entre esquinas del cuadrante, a una distancia correspondiente entre los puntos de cada 2 metros. (Ver anexo 3)

### 3.6. Técnicas e instrumentos para la recopilación de información

La técnica a emplear será la observación y como instrumento para recolectar información se usará la ficha de recojo de la información. (Ver anexo 2)

Como instrumentos adicionales se emplearán:

- Microsoft Excel 2019,
- SPSS Versión 25.0,
- Software Qgis 3.16,
- MaxEnt 3.4.4
- Worldclim 2.0

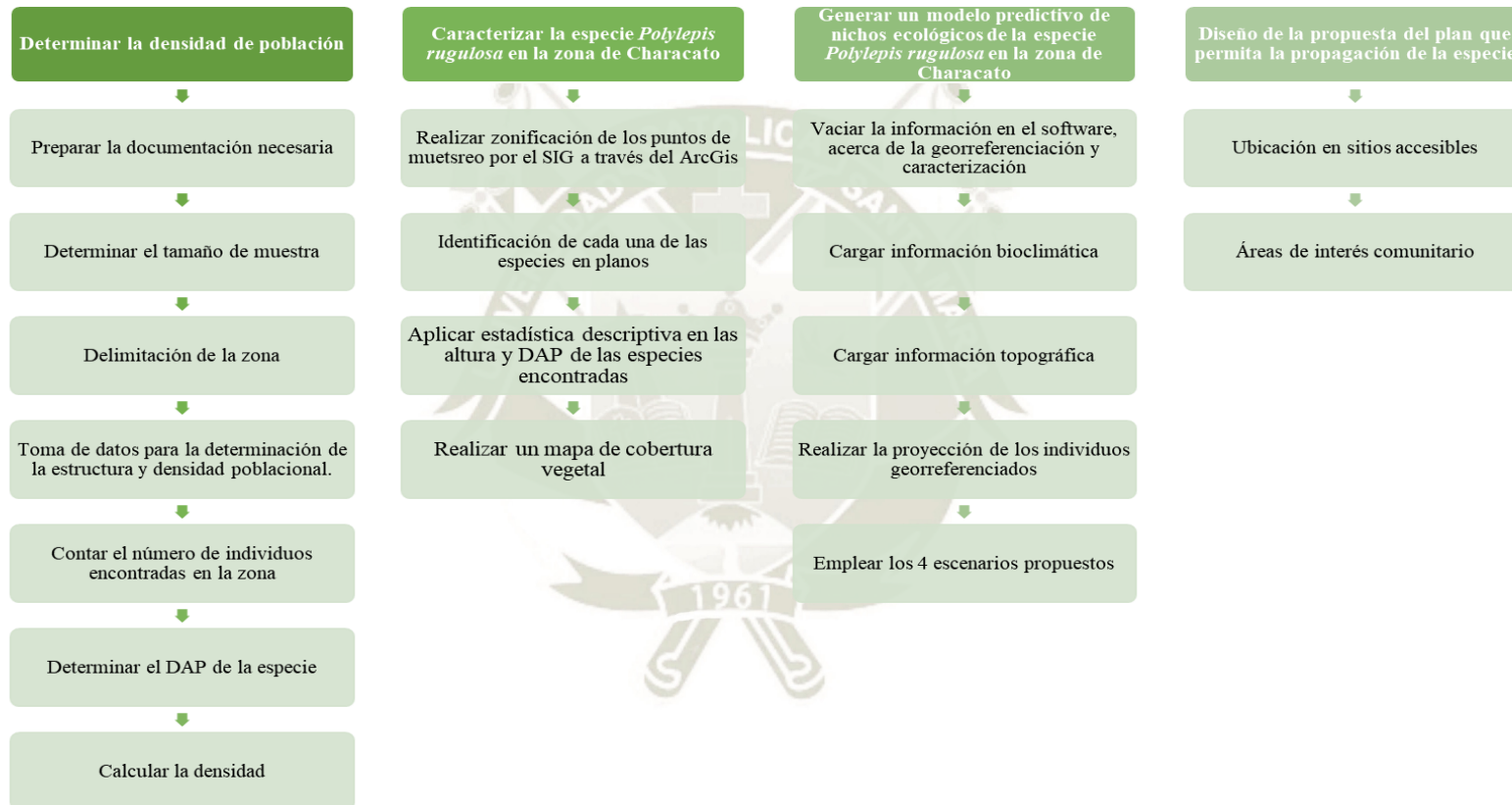
### 3.7. Materiales y equipos

Entre los materiales se tienen:

- Cinta métrica (30 m),
- Estacas,
- Pala,
- Rafia,
- GPS Garmin,
- Calculadora,
- Cámara fotográfica,
- Libreta de apuntes,
- Computadora personal.

### 3.8. Metodología

**Figura 8. Diseño de la metodología**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.1. Determinación de la densidad poblacional

Actividades:

- Se utilizó la Guía de Inventario de Flora y Vegetación para estimar el tamaño de la muestra para este estudio. (2016). Al tener la zona en estudio una extensión territorial de 4,000 hectáreas se tomó 10 cuadrantes de muestreo. El muestreo utilizado fue el aleatorio simple. (Ver tabla 2)

**Tabla 3. Cálculo del tamaño de la muestra basado en la superficie a inventariar**

a	Constante	S(ha)	N
5	0.001	<1000	6
5	0.001	5000	10
5	0.001	10000	15
5	0.001	20000	25
5	0.001	30000	35
5	0.001	>50000	55

Fuente: Guía de inventario de la flora y la vegetación (2016)

- Delimitación de la parcela de estudio; una vez escogido aleatoriamente las zonas a estudiar de acuerdo a la estratificación se procedió a la demarcación, la cual corresponde a trazar un cuadrante de  $100\text{ m}^2$ , con una medida de 10 metros de lado. Se estaquearon los puntos referenciales y cada 2 metros se establece un punto el cual servirá para trazar una cuadrícula y se procedió a armar el cuadrante como se muestra en la figura 5. Luego se conectaron las esquinas, formando una equis. Se identificaron, contaron y anotaron los árboles encontrados del individuo, al desplazarse diagonalmente entre esquinas del cuadrante, a una distancia correspondiente entre los puntos de cada 2 metros.

**Figura 9. Imagen satelital del cuadrante a trabajar**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 10. Conteo de las sub-muestras dentro del área trabajada**



Fuente: Fotografía Propia.

- Dentro de las parcelas muestreadas se tomaron datos para la determinación de la estructura y densidad poblacional.
- Se contaron el número de individuos encontradas en la zona, en las áreas a muestrear se tomó en cuenta la altura y el diámetro por cada uno de los arbustos.

- La densidad es el número de individuos por superficie. Para el cálculo de la densidad se contaron todos los individuos dentro de cada parcela.

**Figura 11. Medición del DAP**



Fuente: Fotografía Propia.

### 3.8.2. Caracterización de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato

Actividades:

- Con el uso de una cinta métrica, el DAP (diámetro a la altura del pecho) de los árboles se midió con precisión a una altura de 1,5 m, siempre en la dirección de la pendiente y en el lado más cercano al suelo. (Ministerio del Ambiente, 2015)
- Se realizó la zonificación de los bosques mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para el cual se recolectaron puntos usando un dispositivo GPS, y para la creación de mapas usando el programa Qgis 3.16.
- Una vez que se identificó la especie en las coordenadas o áreas establecidas se procedió a cargar la información asociada a los puntos de muestreo, así como las características encontradas en el software Qgis 3.16.

- Con los datos obtenidos de la densidad poblacional y los puntos de muestreo donde se establecieron, se empezó hacer la georreferenciación en el sistema basado con el software Qgis 3.16 con las coordenadas de campo.
- Se midió la altura y el DAP de cada una de las especies encontradas en los puntos muestreados.
- Se calculó estadística descriptiva en las variables estudiadas en la especie: n, mínimo, máximo, rango, promedio, desviación estándar. Para generar las estadísticas se utilizó el paquete estadístico SPSS V25.
- Se caracterizó la especie con la finalidad de determinar la altura mínima y máxima de las especies encontradas y del DAP máximos y mínimos, con la finalidad de poder verificar la necesidad del plan de reforestación de la especie.
- Se realizó un mapa de cobertura vegetal de la especie en la zona en estudio.
- Se descargo las imágenes satelitales Landsat 8 de la página Earth Explorer.
- Se hizo las correcciones atmosféricas para mejorar la visión de estas con la opción SCP, Preprocessing, Landsat, donde se carga las bandas a trabajar.
- Se trabajo solo con las bandas corregidas 4 y 5.
- Se utilizo la formula  $Landsat\ 8 = (B5-B4) / (B5+B4)$ , esta fórmula se utilizará para sacar el índice NDVI.
- Se realizó el corte al bosque extrayendo cada banda, en la opción de Raster, Extraction, Clip raster by Extent.
- Se uso la opción de Raster calculator para guardar el archivo con el nombre NDVI y ahí se pudo hacer la operación anteriormente mencionada.
- Se le dio color a la nueva banda creada con los valores establecidos por NDVI.
- Se uso la opción de Resampling para poder bajar la resolución de celdas y que se vea mas suave en el lugar establecido.

- Se cambió el tipo de archivo del último mapa que se realizó de Raster a Vector utilizando las opciones, Raster, Conversion, Polygonize (Raster to Vector).
- Luego se hizo una conversión realizada con la opción Fix geometries.
- Se disolvió el mapa obtenido en el punto anterior con la opción, Vector, Geoprocessing Tools, Dissolve.
- Al final se calculó el área de la cobertura vegetal del bosque de *Polylepis rugulosa* en la opción Open Attribute Table.

### 3.8.3. Generación de un modelo predictivo de nichos ecológicos de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato

Actividades:

- Una vez que fueron georreferenciados los individuos con los que se trabajaron se procedió a vaciar los datos en el programa Microsoft Excel 2019 para tener los puntos en grados decimales y lo guardamos como formato CSV (delimitado por comas).
- Se trasladó al Software Qgis 3.16. los puntos obtenidos en campo en UTM para poder generar un shape y luego hacer la verificación de estas con las capas de los distritos de Chiguata, Characato, Polobaya, Pocsi.
- Se descargó las variables bioclimáticas de la página Worldclim 2.0, <http://worldclim.org/version2> datos que requiere el programa Maxent para su correcta ejecución. Hay 19 variables en esta base de datos que se denominan "bioclimáticas" (precipitación total, temperaturas medias, media del máximo mensual y media del mínimo mensual), que están directamente relacionadas con aspectos fisiológicos del crecimiento de las especies a escala global (con la excepción de la Antártida).

- Las variables bioclimáticas que se tomaron en cuenta:

**Tabla 4. Variables bioclimáticas**

Código	Variable
B_01	Temperatura promedio anual (°C)
B_02	Oscilación diurna de la temperatura (°C) (promedio mensual)
B_03	Isotermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y 7*100)
B_04	Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)
B_05	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
B_06	Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
B_07	Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6*100)
B_08	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)
B_09	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)
B_10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)
B_11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)
B_12	Precipitación anual (mm)
B_13	Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
B_14	Precipitación del periodo más seco (mm)
B_15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)
B_16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
B_17	Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
B_18	Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
B_19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

Fuente: <http://worldclim.org/version2>

- Las variables topográficas que fueron tomadas en cuenta:

**Tabla 5. Variables Topográficas**

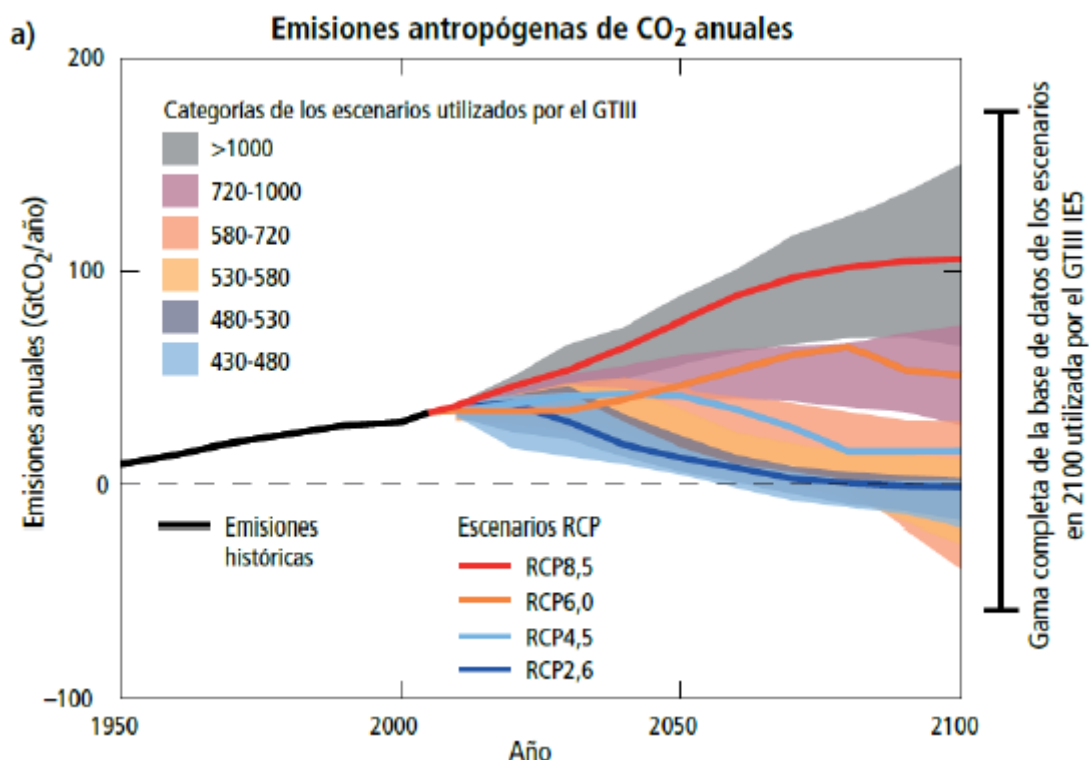
Código	Variable
T_01	Altitud (m.s.n.m)
T_02	Orientación (Punto cardinal)
T_03	Pendiente

Fuente: <http://worldclim.org/version2>

- Se analizaron los 3 escenarios climáticos donde se evaluó el cambio climático desarrollando herramientas señaladas como escenarios de cambio, basados en las emisiones de gases de efecto invernadero a largo plazo. Estos escenarios son imágenes opcionales sobre los acontecimientos futuros que se constituyen como un instrumento apropiado para determinar la influencia de las emisiones futuras. (Martínez B. , 2017). En el 5to Informe de Evaluación (AR5) del Panel Inter gubernamental de Cambio Climático (IPCC), se establecieron tres escenarios de emisiones llamados —Representative Concentration Pathways (RCP). (Pliscoff & Fuentes-Castillo, 2011)

La figura 12 ilustra cómo se desarrollarían las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> de varias formas dependiendo de si el escenario RCP se utiliza o no hasta el año 2100. Cada uno de los RCP describirá un escenario climático con un nivel diferente de amenaza, dependiendo de la concentración de efecto invernadero. gases: un escenario de mitigación estricto (RCP 2.6), dos escenarios intermedios (RCP 4.5 y RCP 6.0) y uno con niveles extremadamente altos de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP 6.0). (RCP 8.5).

**Figura 12. Emisiones históricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) según escenarios RCP.**



Fuente: IPCC, 2014

- Además de los factores bioclimáticos que existen en el momento actual, también se tomaron en consideración las variables bioclimáticas futuras. Cada una de estas variables debe ser nombrada exactamente como las variables actuales, que se puede encontrar en el directorio / archivo de capas de proyección de la ventana de Maxent. Debido a que el objetivo es construir un mapa binario (ausencia-presencia), la opción regla de umbral aplicada debe establecerse en la presencia de entrenamiento del percentil 10 en la pestaña configuración, la pestaña configuración avanzada y la opción regla de umbral aplicada en la pestaña configuración avanzada. Como resultado, las circunstancias existentes se compararon con estimaciones futuras con el fin de desarrollar tres tipos de áreas de distribución prospectiva: aquellas donde el cambio climático tendría un

impacto severo, aquellas donde tendrá un impacto medio y aquellas donde no tendrá un impacto significativo. Como resultado, es posible determinar la distribución futura del hábitat natural de la especie. (Scheldeman & van Zonneveld, 2011)

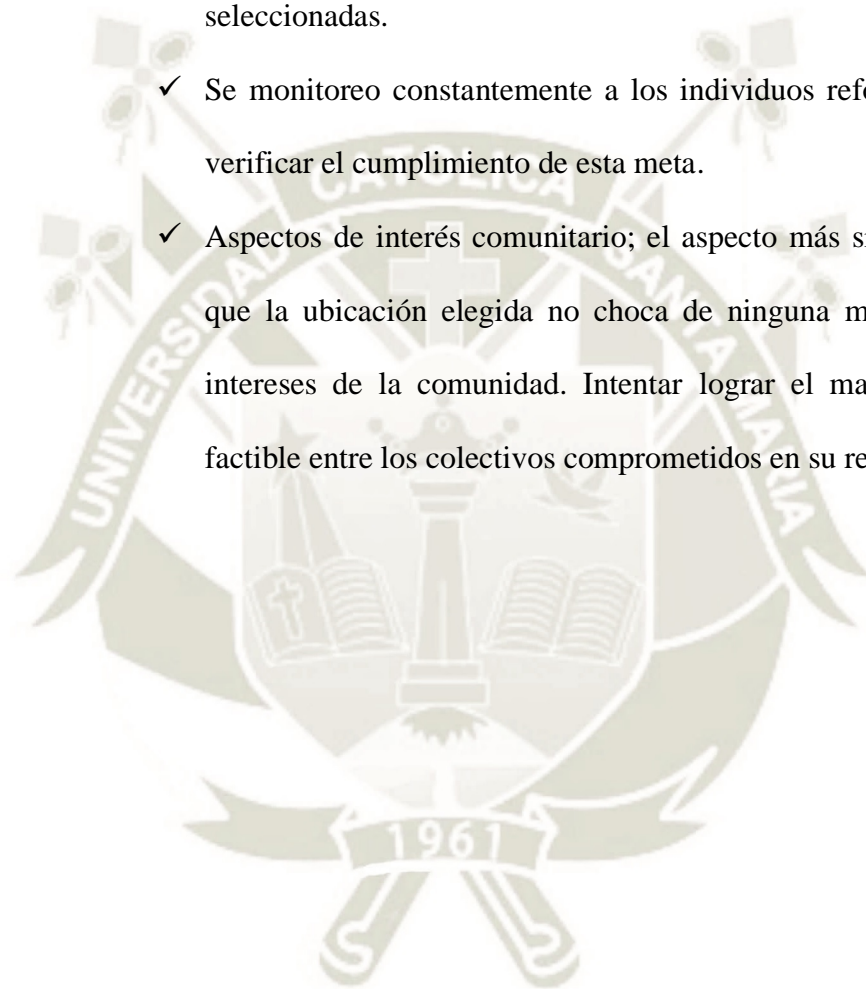
- Se empleó la máxima entropía es el método en el que se basa Maxent, se desarrolló específicamente para crear SDM (modelos de distribución de individuos) con "presenceonly" datos de ocurrencia de individuos, teniendo como principio que la mejor aproximación de una distribución desconocida es la que tiene máxima entropía (la más dispersa) sujeta a restricciones.
- Se crearon dos modelos predictivos utilizando la distribución potencial actual, así como dos pronósticos para los años 2050 (promedio de 2041-2060) y 2070 (promedio de 2041-2060).

#### **3.8.4. Diseño de la propuesta del plan de reforestación que permita la propagación de la especie**

Actividades:

- La propuesta del plan de reforestación del bosque de la especie *Polylepis rugulosa* se diseñó bajo los datos recolectados y analizados para generar propuestas que puedan dar solución a los problemas que se detectaran y que son de interés para el proyecto, tomando en consideración:
  - ✓ Para una reforestación se debe proyectar en un programa, plan, proyecto o actividad que describa el dónde, cuándo y el qué de las acciones específicas.

- ✓ Este plan estuvo ubicado en sitios accesibles de manera que se pueda realizar los trabajos de reforestación como también los de monitoreo.
- ✓ Se realizo la recolección de los individuos para llevarlos a un vivero por 7 a 8 meses para luego ser trasplantadas en las áreas seleccionadas.
- ✓ Se monitoreo constantemente a los individuos reforestados para verificar el cumplimiento de esta meta.
- ✓ Aspectos de interés comunitario; el aspecto más significativo es que la ubicación elegida no choca de ninguna manera con los intereses de la comunidad. Intentar lograr el mayor equilibrio factible entre los colectivos comprometidos en su rehabilitación.



## CAPITULO 4. RESULTADOS

### 4.1. Determinación de densidad poblacional

Se muestrearon un total de 10 puntos y se obtuvieron los siguientes resultados por puntos:

**Tabla 6. Densidad de población de la especie *Polylepis rugulosa* en Characato**

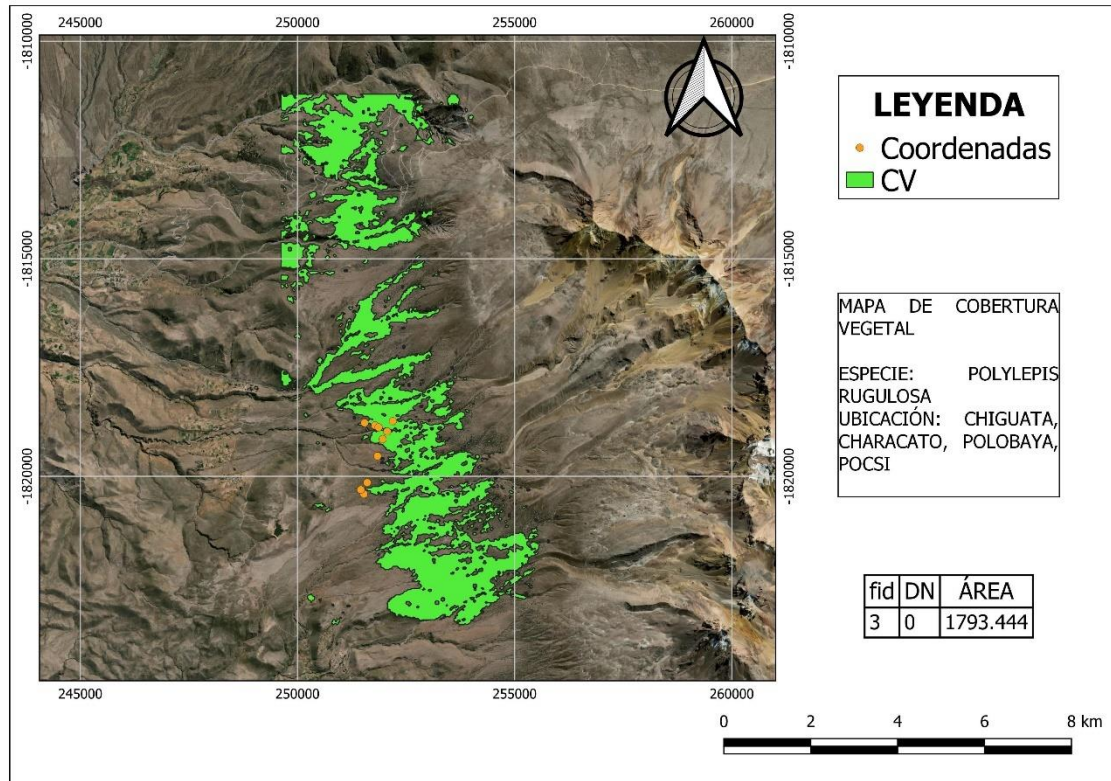
Puntos	Nº de individuos encontrados	Área 10 m <sup>2</sup> * 10 m <sup>2</sup> = 100 m <sup>2</sup>	Área en hectárea	Densidad (Individuo/h)
1	12	100	0.1	120
2	22	100	0.1	220
3	16	100	0.1	160
4	21	100	0.1	210
5	22	100	0.1	220
6	30	100	0.1	300
7	23	100	0.1	230
8	17	100	0.1	170
9	33	100	0.1	330
10	15	100	0.1	150

Fuente: Elaboración propia

Los puntos de muestreo tenían un área de 100 m<sup>2</sup> y al ser 10 se realizó el muestreo en 1 hectárea, por lo que se puede observar que en 1 hectárea del bosque se encontraron 211 individuos. Choque, (2019), obtuvo una densidad de 0.725/ha y una cobertura de 298.0298 Ha para todo el territorio de Sachapata.

#### 4.2. Caracterización de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato.

Figura 13. Cobertura vegetal del bosque de *Polylepis rugulosa*



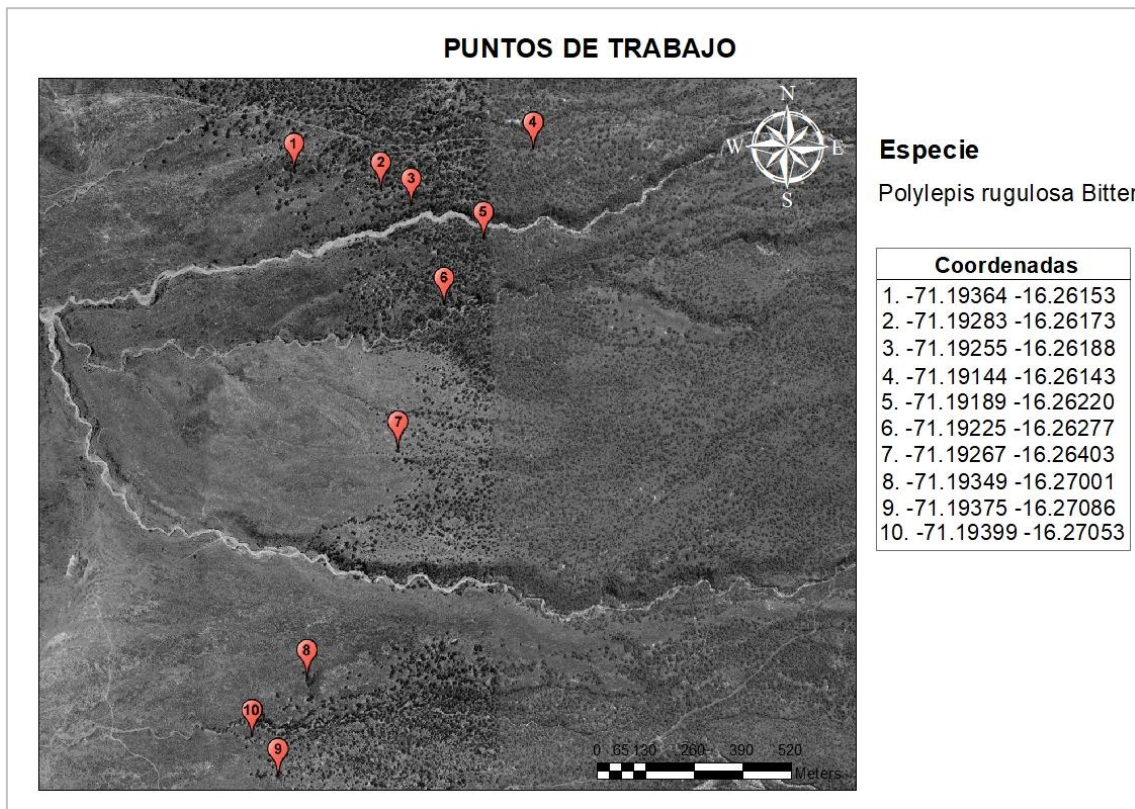
Fuente: Elaboración Propia.

La Figura N° 20 muestra la cobertura vegetal del bosque de *Polylepis rugulosa* se realizó mediante imágenes satelitales ESRI Satélite, obteniendo el siguiente resultado: el área del bosque es de 1793.444 hectáreas representa el 44,84% del total del bosque.

#### Puntos de muestreo

En los puntos muestreados se encontró un total de 211 individuos distribuidas en los 10 puntos.

**Figura 14. Distribución de los 10 puntos en el área de estudio.**



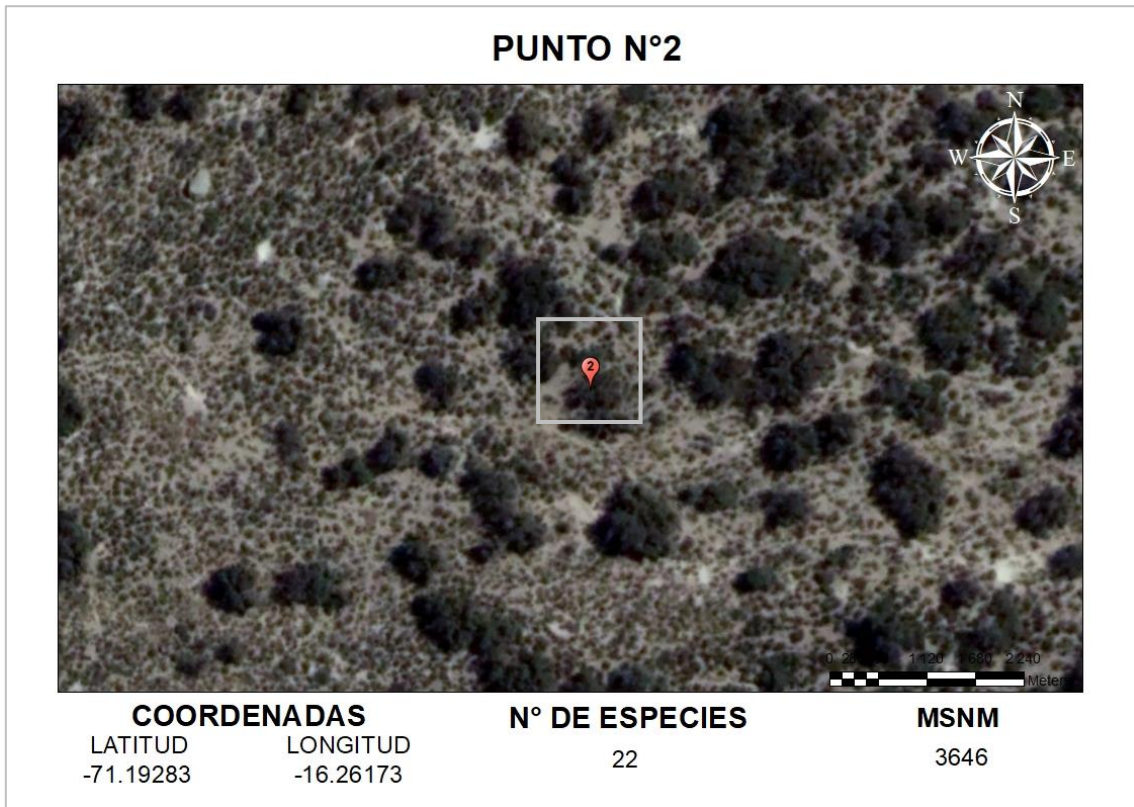
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 15. Punto 1**



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16. Punto 2



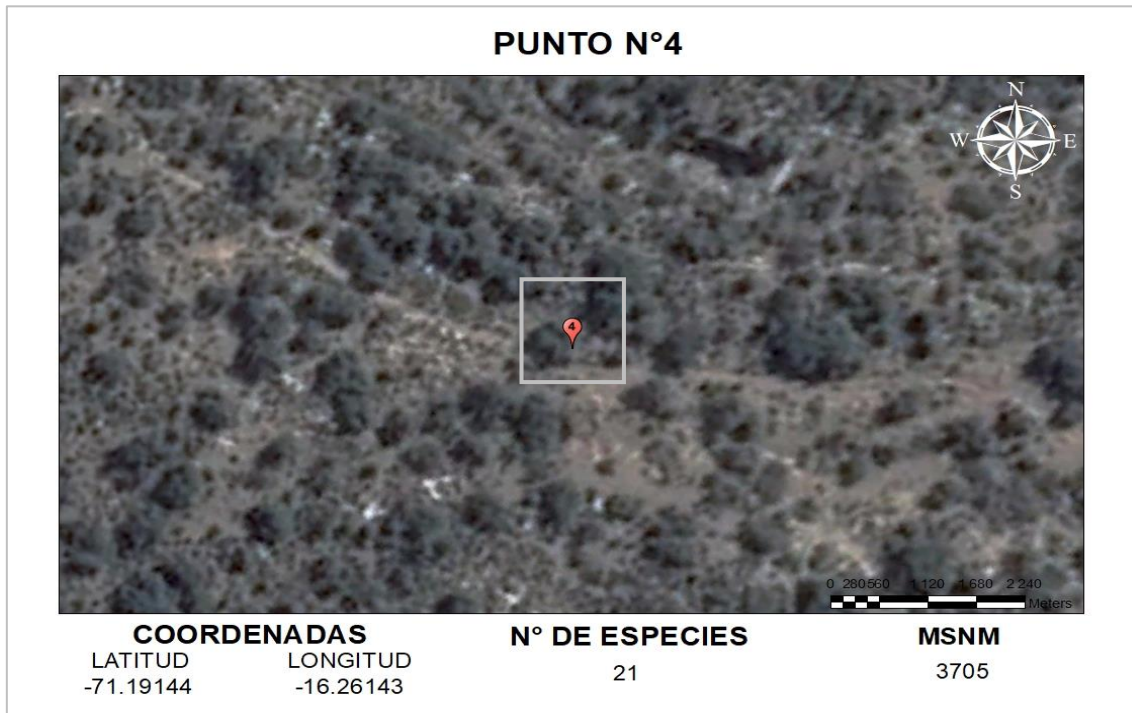
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17. Punto 3



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 18. Punto 4**



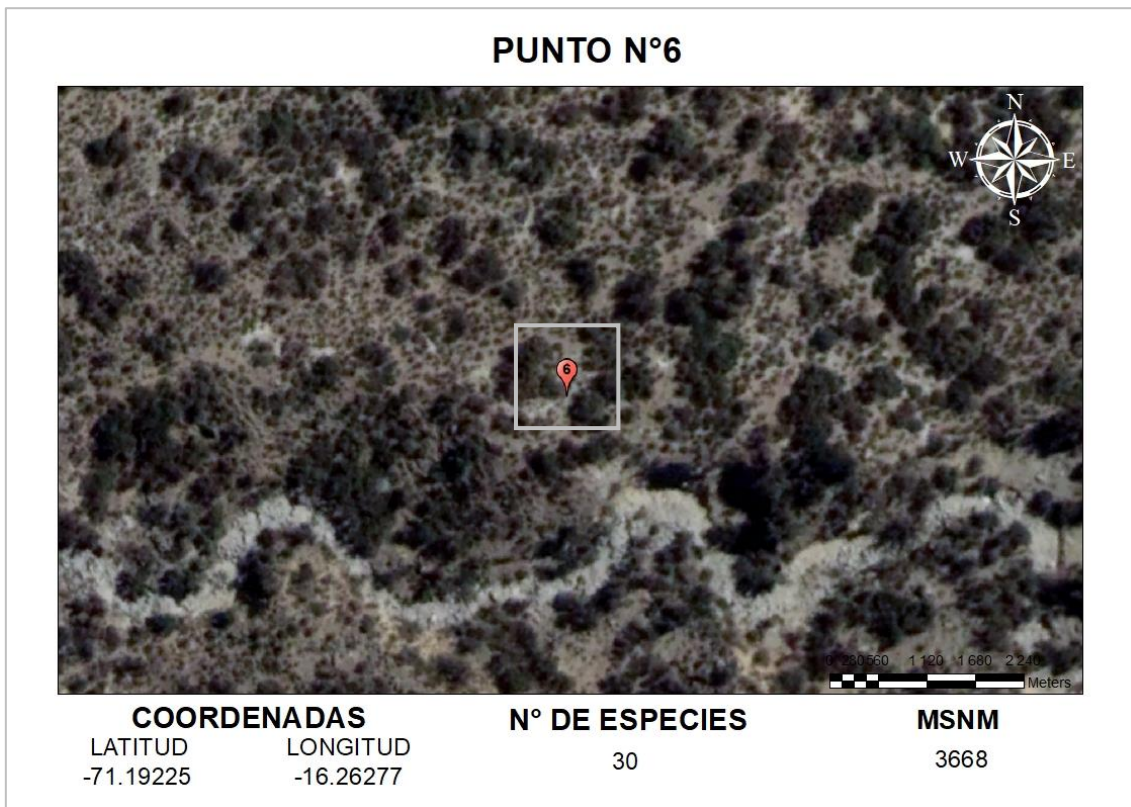
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 19. Punto 5**



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20. Punto 6



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 21. Punto 7



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 22. Punto 8**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 23. Punto 9**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 24. Punto 10**



Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 7. Análisis descriptivo de la altura (m)**

Puntos	n	Mínimo	Máximo	Rango	Promedio	Desviación estándar
1	12	1.50	4.00	2.50	3.00	1.02
2	22	1.50	4.00	2.50	3.14	1.03
3	16	2.00	5.00	3.00	3.63	0.72
4	21	1.50	4.00	2.50	2.71	1.07
5	22	1.50	2.00	0.50	1.65	0.22
6	30	1.50	5.00	3.50	3.06	0.91
7	23	1.50	5.00	3.50	3.46	1.12
8	17	1.50	4.00	2.50	2.85	0.82
9	33	1.70	5.00	3.30	3.38	1.01
10	15	1.50	8	3.50	3.03	1.08

Fuente: Elaboración Propia.

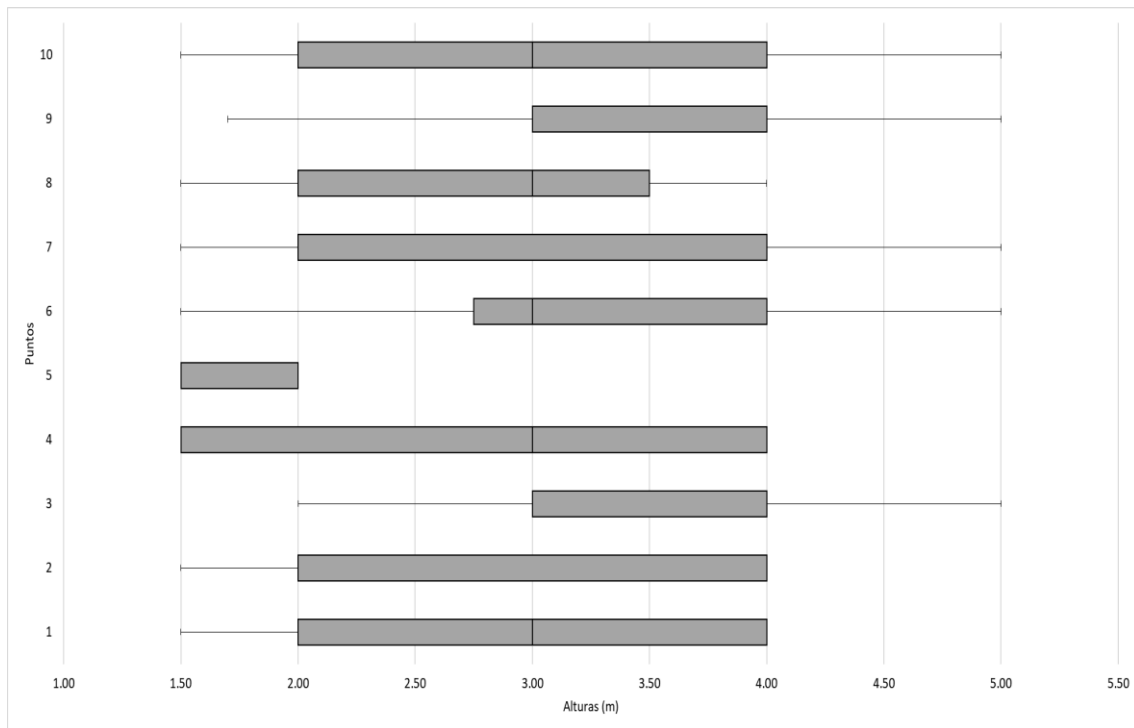
Al analizar la altura de los individuos encontradas se tiene que la altura promedio más alta se encontró en el punto 8 con 3.46 m y la más baja en el punto 5 con

1.65m. Al analizar las alturas mínimas y máximas encontradas se determinó que la altura más baja se encuentra en los puntos 1,2, 4, 5,6, 7, 8 y 10. Mientras que la más alta se encontró en el punto 3 con 2 metros de altura. Al analizar las alturas máximas encontradas se encontró que los puntos donde se encontraron los individuos más altos fueron los puntos 3, 6, 7, 8 y 9, mientras que las alturas más bajas se encontraron en el punto 5 con 2 metros.

Al analizar los rangos de variación se encontró que hay mayor variabilidad en las alturas en los puntos 6, 7 y 10 con 3.5 m. Y donde hubo menor variación fue en el punto 5 con un rango de 0.5 m.

Es importante mencionar que en el punto 5 fue donde se encontraron los individuos más bajos o las más jóvenes, lo que presenta una mayor preocupación, ya que de los 10 puntos muestreados solo 1 tiene arboles pequeños que representan la generación de relevo de la especie.

**Figura 25. Diagrama box whisker de la altura**



Fuente: Elaboración Propia.

Concordando con Morales (2017), en el trabajo de investigación distribución, diversidad y plan de reforestación de los bosques de *Polylepis* en la región de Tacna. Encontró arboles con alturas máximas de 3.80 m Cerro Juqhure, Aunque en varios puntos como Taraca específicamente en Ticaco, se encontraron arboles con 0.15 m y Chiluyo chico con 0.10 m

**Tabla 8. Análisis descriptivo del diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)**

Puntos	N	Mínimo	Máximo	Rango	Promedio	Desviación estándar
1	12	13	56	43	34.83	14.30
2	22	13	56	43	35.41	13.38
3	16	26	57	31	40.31	9.25
4	21	13	52	39	30.14	13.54
5	22	11	21	10	15.86	2.85
6	30	15	60	45	34.47	12.74
7	23	15	59	44	39.35	13.91
8	17	9	54	45	31.35	12.82
9	33	18	60	42	38.36	12.97
10	15	15	59	44	35.07	14.29

Fuente: Elaboración Propia.

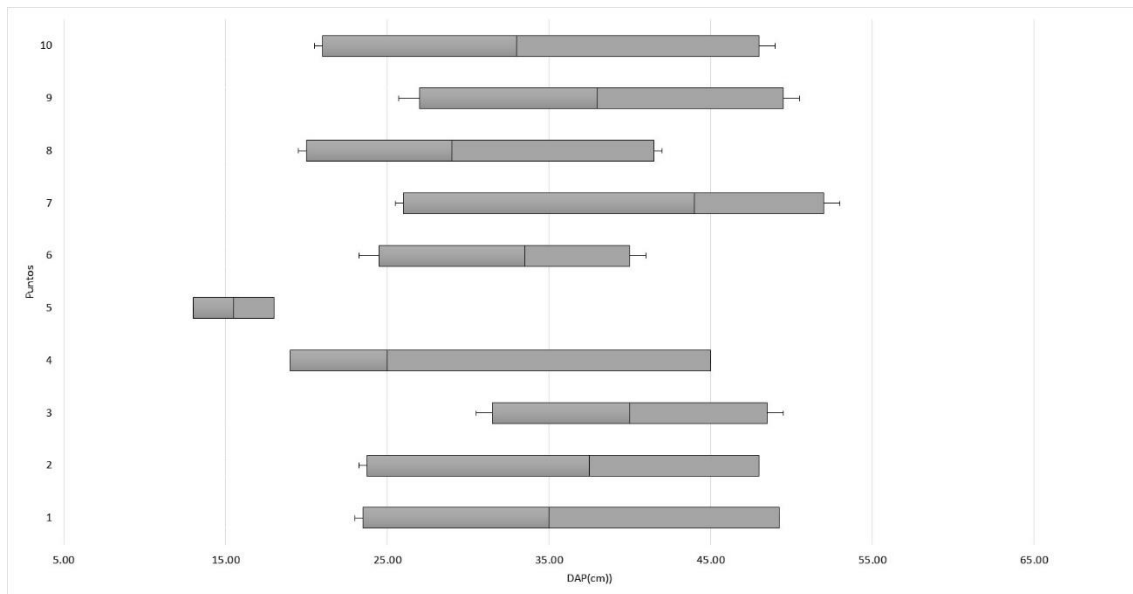
Al analizar la altura de los individuos encontradas se tiene que el diámetro a la altura del pecho promedio más ancho se encontró en el punto 3 con 40.31 cm y la más angosta en el punto 5 con 15.86 cm. Al analizar los diámetros a la altura mínimos y máximos encontrados se determinó que el diámetro más ancho se encuentra en los punto 3 con 26 cm. Mientras que la más angosta se encontró en el punto 8 con 9 cm de anchura. Al analizar los diámetros a la altura del pecho máximas se encontró en el punto 9 con 60 cm, mientras que la menos angosta se encontró en el punto 5 con 21 cm.

Al analizar los rangos de variación se encontró que hay mayor variabilidad en los DAP se encontró en los puntos 6 y 8 con 45 cm. Y donde hubo menor variación fue en el punto 5 con un rango de 10 cm.

Es importante mencionar que en el punto 5 fue donde se encontraron los individuos con diámetros de altura de pecho más angostos o las más jóvenes, lo

que presenta una mayor preocupación, ya que de los 10 puntos muestreados solo 1 tiene arboles pequeños que representan la generación de relevo de la especie.

**Figura 26. Diagrama box whisker del DAP**



Fuente: Elaboración Propia.

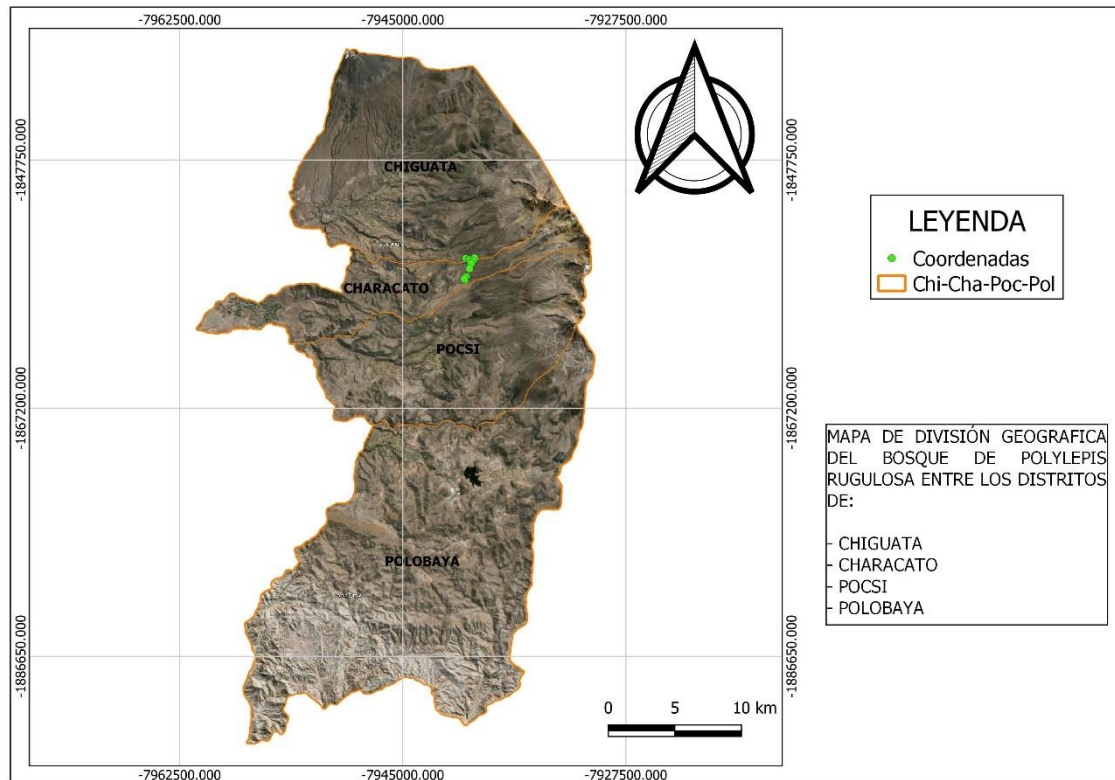
Concordando con Morales (2017), en el trabajo de investigación distribución, diversidad y plan de reforestación de los bosques de *Polylepis* en la región de Tacna. Encontró arboles con DAP máximas de 30 cm Cerro Purupuruni. En puntos como Quebrada Queñuta se encontraron medidas de DAP de 3 cm.

#### **4.3. Generación de un modelo predictivo de nichos ecológicos de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato**

Luego se hará una presentación de la historia, mapas de distribución prospectivos presentes y futuros de la especie *Polylepis rugulosa*, que fueron creados usando el programa Maxent.

Para modelar esta especie seleccionada se utilizaron diferentes puntos de colecta

**Figura 27. Mapa de división geográfica del bosque *Polylepis rugulosa***



Fuente: Elaboración Propia.

La figura N° 34, se muestra la división geográfica de los distritos de Chiguata, Characato, Pocsi y Polobaya. Estos 4 distritos se dividen el bosque de queñoa que tiene un área total de 4000 hectáreas. El lugar de estudio se desarrolló en el distrito de Characato ubicando los puntos de en diferentes zonas de esta.

#### 4.3.1. Contribución de la variable

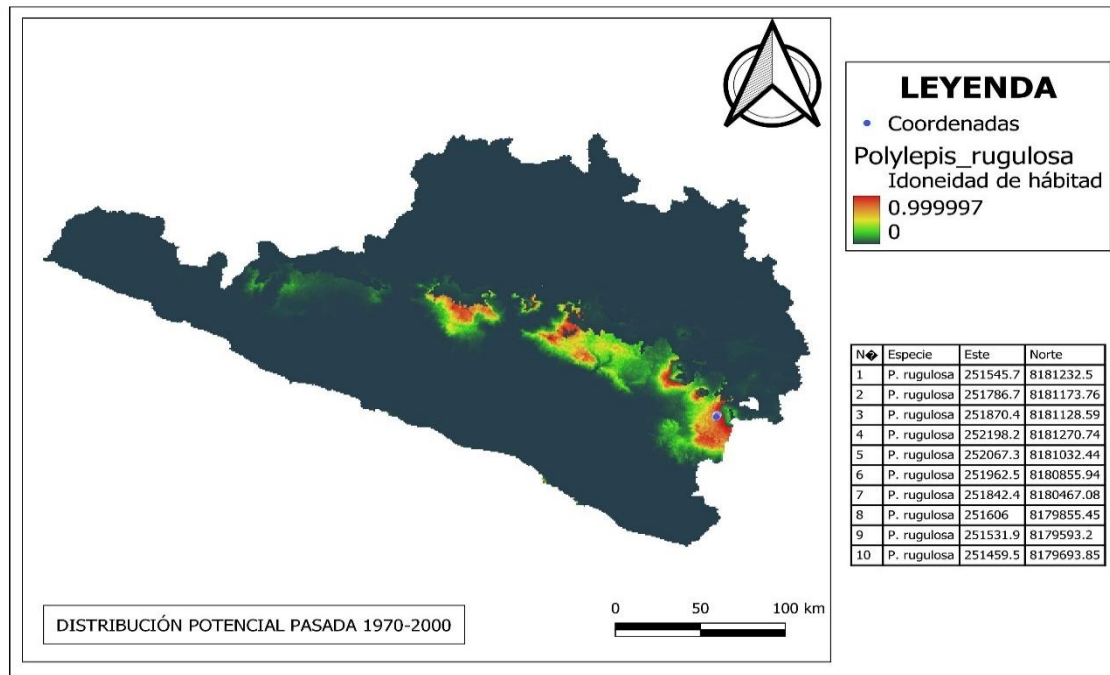
Las variables que fueron elegidas son una de las tres características físicas que influyen en la distribución de géneros *Polylepis rugulosa*, se decidió trabajar solo con las variables de Temperatura mínima, Temperatura máxima y Precipitación. A la luz de estos nuevos hallazgos, se decidió construir mapas de distribución probable, que luego se sometieron a una mayor investigación.

#### 4.3.2. Resultados de 1970 – 2000 del análisis con Maxent

El primer resultado nos muestra la figura N° 28 se encuentran las condiciones más adecuadas para el desarrollo de la especie *Polylepis rugulosa*, en el periodo de 1970 – 2000, Las zonas en color rojo representan la mayor probabilidad de encontrar a la especie, mientras que el color verde representa la menor probabilidad. En este mapa de distribución potencial se usó las 19 variables bioclimáticas.

El área que se obtuvo con los resultados de software Maxent, el total de hectáreas en periodo de años de 1970 – 2000 es de 113 163.15 hectáreas, nos da un resultado mayor al que actualmente contamos en el bosque de queñoa que son de 4000 hectáreas aproximadamente. Hubo una reducción del 96.5% en comparación con el presente.

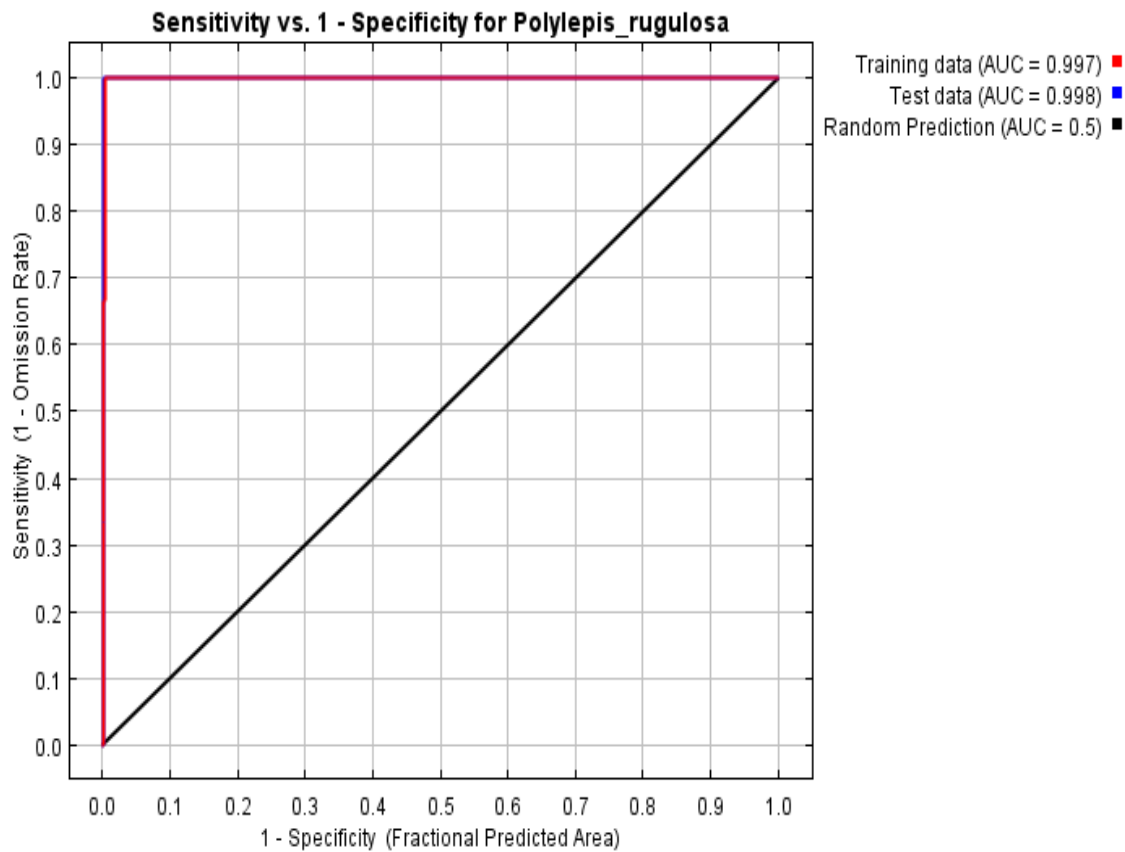
**Figura 28. Distribución Potencial de la *Polylepis rugulosa***



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente Figura N° 36 muestra los resultados del área bajo la curva ROC (Receiver Operating Characteristic Analysis) para varias posiciones de corte, el nivel de sensibilidad (omisión cero = sensibilidad del 100 por ciento) se muestra como una función del número de falsos positivos (error de comisión). El parámetro para evaluar la prueba es el AUC (área bajo la curva) que toma valores entre 1 (Excelente) y 0.5 (No válida). Es posible interpretar esta área como la probabilidad de que, dado un par de puntos, uno con presencia (de la especie) y el otro sin presencia (de la especie), los clasifique correctamente. El resultado obtenido fue AUC=0.997 para los datos de formación y AUC=0.998 para los datos de prueba, lo que significa que estadísticamente son superiores que el azar.

**Figura 29. Área bajo la curva ROC en el mapa de distribución potencial de *Polylepis rugulosa*.**



Fuente: Maxent

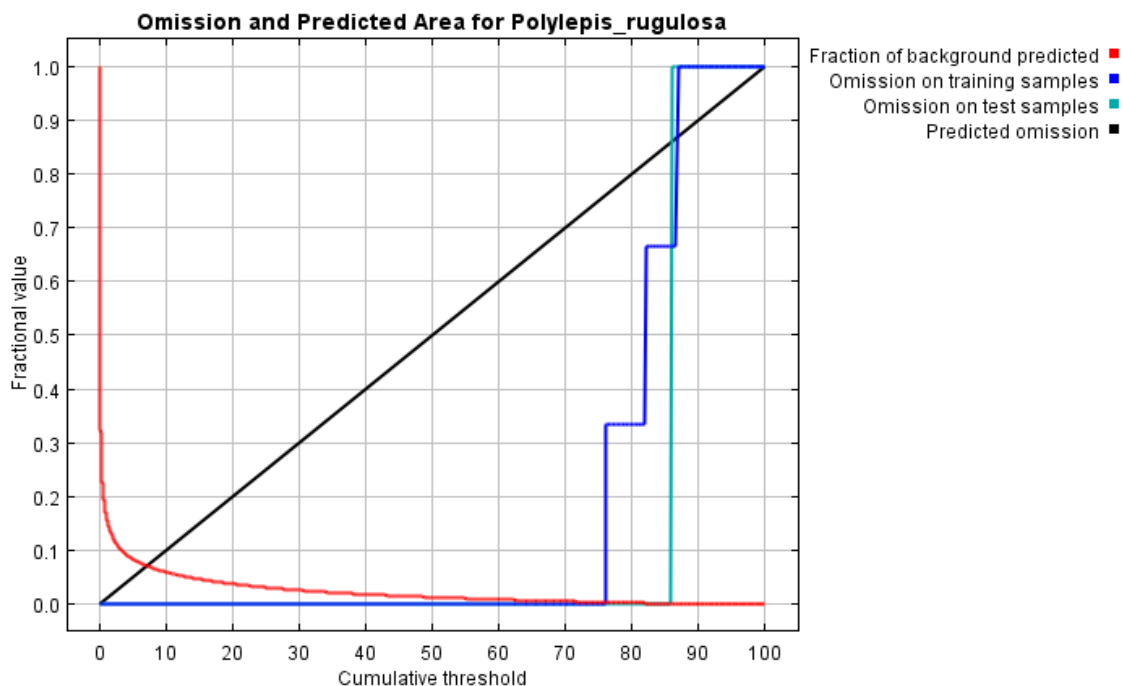
Según Scheldeman y Van Zonneveld (2011), un modelo construido por Maxent tiene el mayor potencial predictivo cuando el AUC tiene un valor de 1, y este es el valor máximo posible. Como se muestra en la Tabla N ° 19, Arajo, Pearson, Thuiller y Erhard (2005b) interpretan el AUC de la siguiente manera, categorizándolo en rangos según lo bueno que sea el resultado. Esto demuestra cuán confiables son los hallazgos adquiridos en Maxent en términos de precisión.

**Tabla 9. Rangos de valorización del parámetro AUC.**

Rango del AUC	
<b>Excelente</b>	> 0.90
<b>Buena</b>	0.80 <AUC< 0.90
<b>Aceptable</b>	0.70 <AUC< 0.80
<b>Mala</b>	0.60 <AUC< 0.70
<b>No válida</b>	0.50 <AUC< 0.60

Fuente: Elaboración propia

**Figura 30. Análisis de Omisión / Comisión en el mapa de distribución potencial de *Polylepis rugulosa*.**



Fuente: Maxent

Se realizó las pruebas estadísticas para la validación del modelo. En la Figura N° 37 se presenta una curva de omisión de datos de prueba (un 30% de puntos aleatorios) contra omisión de datos de formación.

La tasa de omisión es una medida del rendimiento general del modelo.

- Como se muestra en el modelo de software de Maxent, la línea azul representa los puntos de presencia que están ubicados fuera de la región potencial.
- Cuando se utilizan varios umbrales acumulativos, una línea roja representa los puntos aleatorios del interior del área de investigación que se incluyen en la región proyectada.
- La línea negra indica una omisión anticipada.
- La línea azul (ejemplos de capacitación para omisiones) debe ubicarse debajo de la línea negra.

En la siguiente tabla, que incluye el umbral "10 percentil de presencia de entrenamiento" (Figura N ° 31), se muestra que la diferencia entre los datos que están dentro de la posible región de distribución y los datos que no están dentro de ella es el límite entre los dos. Se utiliza una tasa de omisión del 10% de los datos para establecer este límite porque los errores o las variables microclimáticas inusuales impiden que la especie pueda prosperar en algunos lugares porque carecen de los requisitos necesarios. La distribución precisa del 90% de los datos que se encuentran dentro de la región prospectiva se puede determinar de esta manera, y el mapa de distribución se puede crear a través de ArcGIS para representar la distribución. (Flores, 2017)

**Figura 31. Tabla logística que indica el percentil 10 del modelo de distribución.**

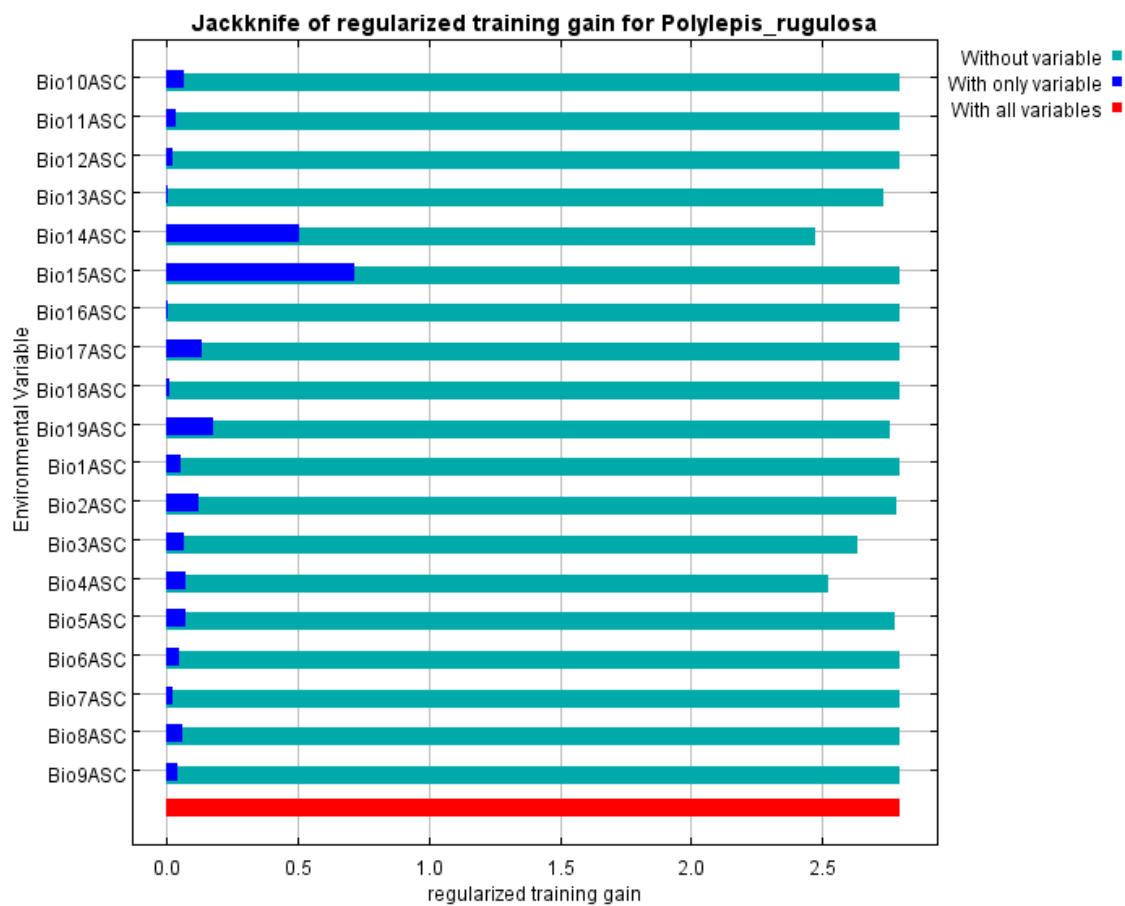
Umbral acumulativo	Umbral de obstrucción	Descripción	Área predicha fraccionada	Tasa de omisión de entrenamiento	Tasa de omisión de la prueba	Valor p
1.000	0,010	Valor acumulado fijo 1	0,162	0.000	0.000	1.625E-1
5.000	0.082	Valor acumulado fijo 5	0,084	0.000	0.000	8.408E-2
10.000	0,174	Valor acumulado fijo 10	0,060	0.000	0.000	6.009E-2
76.100	0,887	Presencia mínima de formación	0,004	0.000	0.000	4.199E-3
76.100	0,887	Presencia de entrenamiento del percentil 10	0,004	0.000	0.000	4.199E-3
76.100	0,887	Igualdad de sensibilidad y especificidad de entrenamiento	0,004	0.000	0.000	4.199E-3
76.100	0,887	Máxima sensibilidad de entrenamiento más especificidad	0,004	0.000	0.000	4.199E-3
85.742	0,961	Igualdad de sensibilidad y especificidad de la prueba	0,002	0,667	0.000	1.8E-3
85.742	0,961	Máxima sensibilidad de prueba más especificidad	0,002	0,667	0.000	1.8E-3
2.059	0,025	Equilibrar la omisión de entrenamiento, el área pronosticada y el valor umbral	0,122	0.000	0.000	1.222E-1
9.312	0,163	Equivale la entropía de las distribuciones originales y de umbral	0.062	0.000	0.000	6.249E-2

Fuente: Maxent



La tabla “Jackknife”, es posible evaluar qué variables fueron las más valiosas y qué variables no agregaron mucho al modelo al observar la cantidad de contribución de cada variable bioclimática que se utilizó en el modelo. Esto nos ayuda a determinar qué factores tienen mayor impacto en la posible distribución de una especie, permitiéndonos excluir aquellos que no son tan imprescindibles para poder realizar un estudio más exacto en el futuro. (Flores, 2017)

**Figura 32. Prueba de Jackknife para el modelo de distribución.**



Fuente: Maxent

Gracias a este gráfico con cada variable excluida (barras azul turquesa), y con cada variable incluida una sola vez (barras azul oscuro), se analiza la ganancia obtenida por el modelo, dando una indicación de la utilidad de la variable para estimar las distribuciones de las diversas especies en pregunta. Se puede observar que ciertas barras azul turquesa son más largas que la barra roja en el gráfico de Jackknife, lo que sugiere que cuando no se emplea esta variable, aumenta el rendimiento de la predicción. Finalmente, el análisis de este gráfico permite la eliminación de variables y la selección de variables que aportan información adicional. (Larramendi, 2017)

La variable bioclimática con mayor ganancia en la gráfica N°39 cuando se usa de forma aislada es la BIO15 (solo la barra azul oscura), por lo tanto, parece tener información más útil en sí misma, pero es la que aporta más al bosque a diferencia de las otras variables. La variable bioclimática que disminuye en la ganancia cuando se omite es la BIO14 y el BIO4 (solo barra azul turquesa), por lo tanto, no tienen mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

#### **4.3.3. Resultados de 2050 – 2070 del análisis con Maxent**

El parámetro AUC en la especie modelada y en todos los escenarios de predicción fue de 0.995 hasta 0.997. El grado de predicción alcanzado por los modelos basados en datos de presencia actuales se calificó como "Bueno" según la categorización de los investigadores (Araujo, Pearson, Thuillers, & Erhard, 2005) matrices de predicción para la región potencial y su comportamiento cuando se omiten del análisis generada para la especie, que demostró un comportamiento

típico del modelo, apoyó esta conclusión. En este caso, significa que los hallazgos adquiridos son confiables. (Flores, 2017)

A continuación, se mostrarán a la audiencia los mapas creados a partir de los hallazgos recopilados y basados en la evaluación de la idoneidad del hábitat. (Ver Cuadro N ° 20.) Se determinó que la distribución potencial actual fue consistente con las 19 variables bioclimáticas, el MCG: CNRM-ESM2-1 (Anexo 4), y la distribución potencial futura fue consistente con cada una de las tres variables globales. modelos climáticos que se utilizaron y cada uno de los tres escenarios de CPR que se eligieron. Utilizando un sistema de clasificación de cuatro colores, todos los mapas representan zonas de idoneidad de hábitat para *Polylepis rugulosa* en territorio peruano: el verde representa áreas menos óptimas, el amarillo representa áreas óptimas, el naranja representa áreas altamente óptimas y el rojo representa áreas altamente óptimas para ser ocupadas por las especies. (Flores, 2017)

**Tabla 10. Clasificación de la idoneidad del hábitat.**

Clasificación de valores de idoneidad de la especie	
<b>Poco óptimo</b>	<0.5
<b>Óptimo</b>	0.5 – 0.7
<b>Muy óptimo</b>	0.7 – 0.9
<b>Altamente óptimo</b>	0.9 – 1

Fuente: Elaboración Propia

Figura 33. Distribución Potencial Futura del año 2050 de la *Polylepis rugulosa*

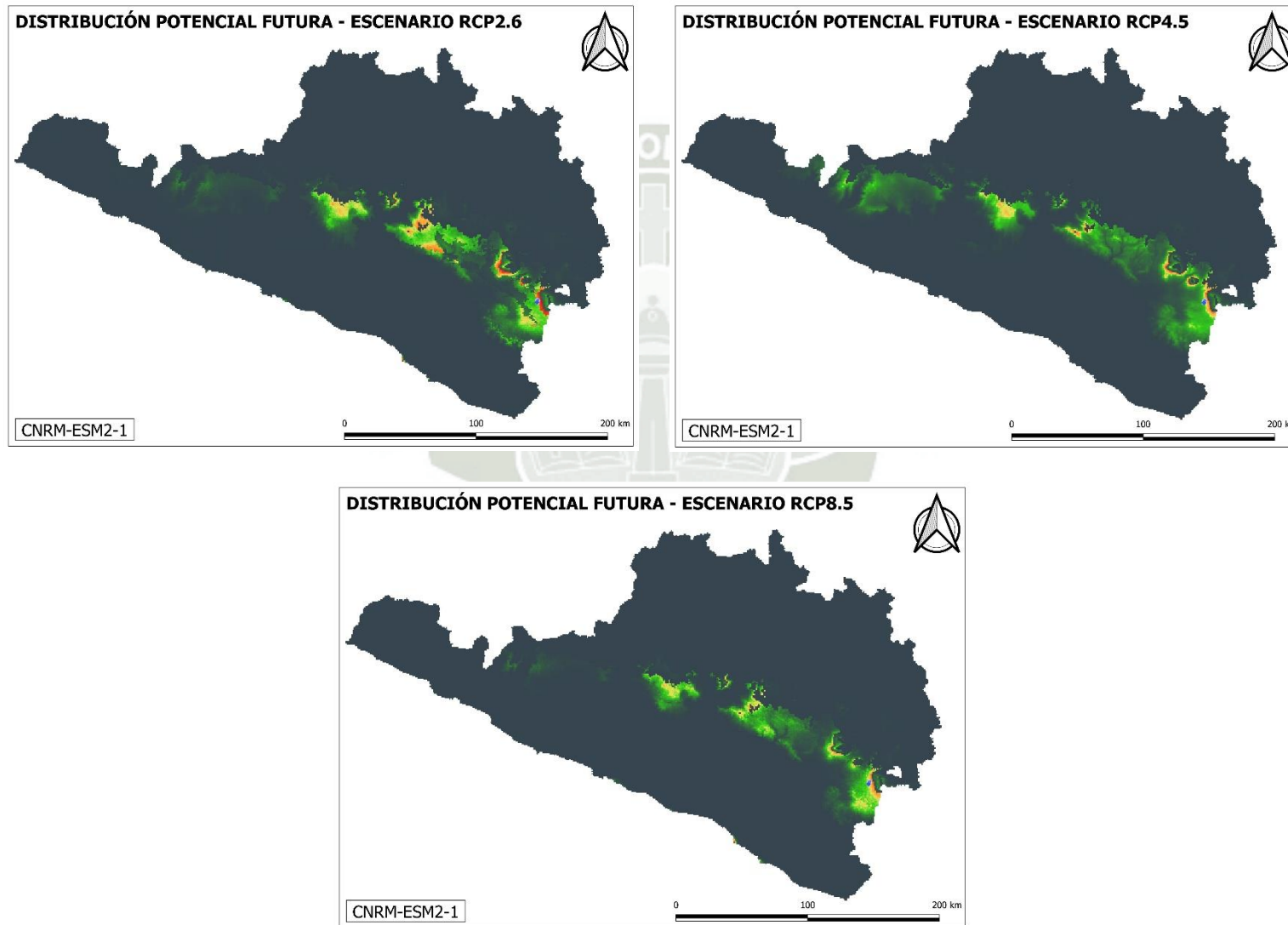
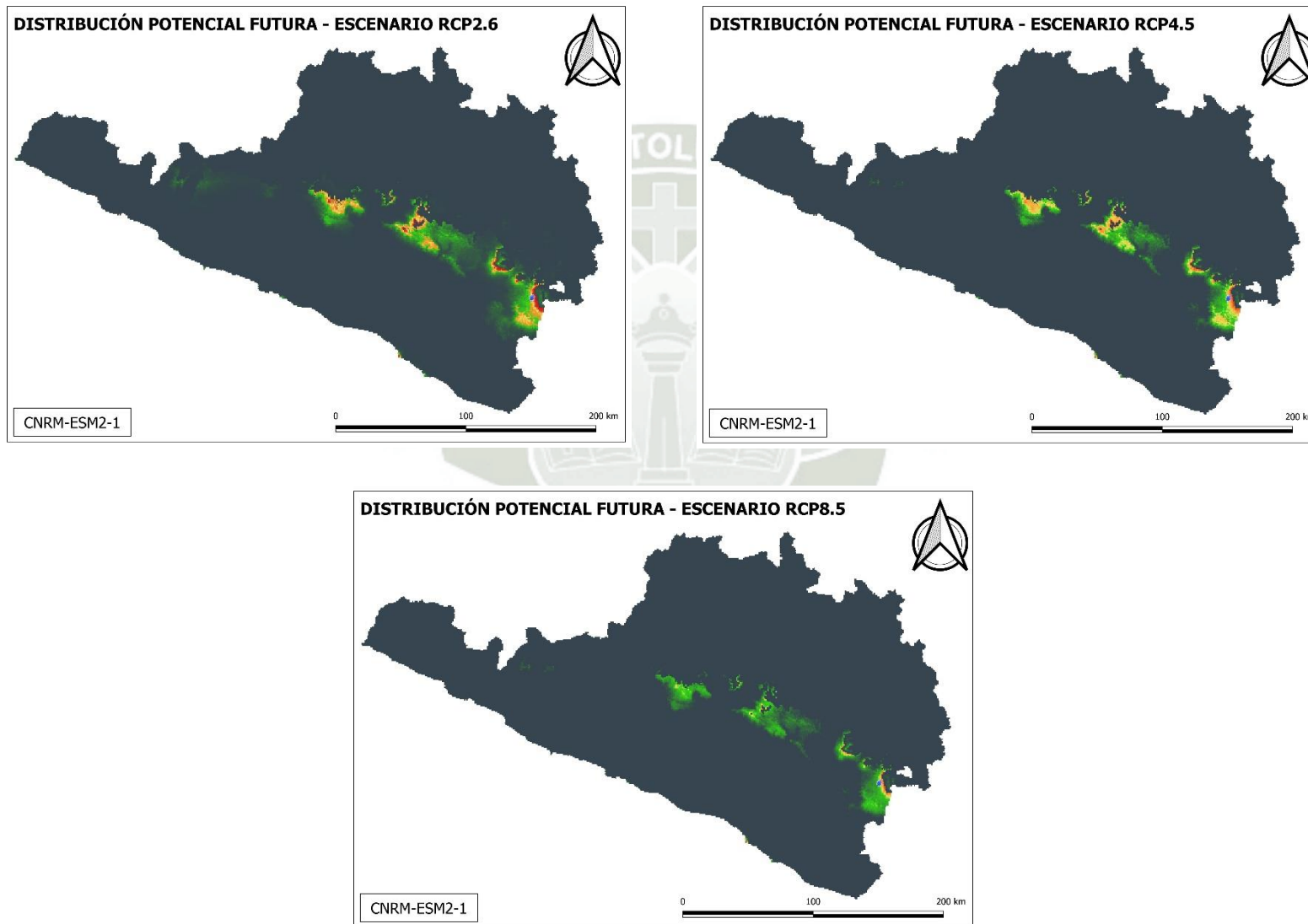


Figura 34. Distribución Potencial Futura del año 2070 de la *Polylepis rugulosa*



#### 4.3.4. Distribución potencial futura

Se obtuvieron resultados para cada modelo climático global bajo el escenario de cambio climático más suave, el escenario de cambio climático intermedio y el escenario de cambio climático más severo para la distribución potencial futura (RCP 2.6, RCP4.5 y RCP8.5).

Solo se consideraron como determinantes los valores para cuantificar el área de distribución probable en hectáreas, y luego se convirtió a hectáreas el área obtenida superiores a 0.6, es decir, solo los valores "óptimos", "muy óptimos" según la clasificación. desarrollados en la Tabla N ° 21. Esta selección se tomó porque estos son los valores que sugirieron una mejor seguridad para la presencia continua de un entorno ideal en el que la especie puede prosperar. (Flores, 2017)

Fueron solo datos del modelo climático global CNRM-ESM2-1 para el tiempo futuro que se utilizaron para calcular la distribución potencial anterior. Puede ser posible determinar si la especie *Polylepis rugulosa* tiene un rango futuro que podría ser de interés. (Tabla N° 21)

**Tabla 11. Distribución potencial actual y pasada para cada especie modelada.**

<b>Distribución potencial Futura – CNRM-ESM2-1 (ha)</b>	
<b>2050</b>	
RCP2.6	4984
RCP4.5	2876
RCP8.5	1357
<b>2070</b>	
RCP2.6	5618
RCP4.5	2279
RCP8.5	1987

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.3.5. Distribución con el modelo CNRM-ESM2-1 del año 2050**

Con el modelo CNRM-ESM2-1, para el año 2050 (2041 – 2060) en el RCP 2.6 la especie se mantendría con su población principalmente en las zonas de donde se ubican los puntos de georreferenciación. Con el RCP 4.5 su distribución potencial bajaría significativamente, esto podría ocurrir por las elevadas concentraciones de los gases del efecto invernadero, tala indiscriminada, cambio de uso del suelo, etc. Con el RCP 8.5 que viene siendo el escenario más extremo podemos observar la reducción de la especie, manteniéndose principalmente en la zona del distrito de Characato, Pocsi y Polobaya.

#### **4.3.6. Distribución con el modelo CNRM-ESM2-1 del año 2070**

Con el modelo CNRM-ESM2-1, para el año 2070 (2061 – 2080) en el RCP 2.6 la especie se aumentaría ligeramente su población principalmente en las zonas de donde se ubican los puntos de georreferenciación, al igual que en el año 2050.

Con el RCP 4.5 su distribución potencial se reduce significativamente a comparación de la distribución potencial del año 2050. Con el RCP 8.5 que viene siendo el escenario más extremo podemos observar la reducción de la especie, mantiene una similitud con los resultados RCP 8.5 del año 2050.

La distribución potencial de *Polylepis rugulosa* crecería un 24,6 por ciento en el año 2050 en el escenario con RCP 2.6, mientras que su distribución potencial disminuiría en un 33,9 por ciento en el escenario con RCP 8.5. La posible distribución de los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 se reduciría en ambos escenarios para el año 2070, con el escenario RCP 4.5 experimentando una reducción del 56,9 por ciento y el escenario RCP 8.5 experimentando una reducción del 49,7 por ciento.

#### **4.3.7. Cómo el software apoya a un plan de reforestación**

La tecnología que puede ayudar mucho en las operaciones la reforestación es el modelo Maxent (Phillips et al., 2006; Phillips y Dudik, 2008). Este software se utiliza para estimar la probabilidad de la existencia espacial de una especie o grupo de especies. Después de la reforestación, que se predijo con el tiempo utilizando interacciones de Bootstrap (Felsenstein, 1985). Los resultados finales se mapearon utilizando Qgis 3.16 para predecir la distribución de especies. Se uso las 19 variables climáticas, en el contexto del cambio climático contribuyendo a la mejora de los programas y recuperabilidad. (Tojibabeb et al., 2019)

#### 4.4. Diseño de la propuesta del plan que permita la reforestación de la especie

##### *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato

Para comenzar, se toman en consideración los intereses del líder de la iniciativa, los patrocinadores y otras partes interesadas importantes. Es necesario evaluar el compromiso y la participación de muchos actores a lo largo del proceso de restauración, así como la posible contribución de la iniciativa a la política nacional, mientras se presenta el plan. (Román, F. et al. 2018)

El plan de reforestación de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato, se realizó en base a la información obtenida con los objetivos de la investigación. Es importante mencionar que los planes de reforestación son actividades que son llevadas a cabo por la municipalidad, instituciones públicas o privadas, las cuales son los responsables del cuidado del ecosistema. Una sola persona no puede ejecutar este plan por lo que debe realizarse con un equipo multidisciplinario y contar con el apoyo gubernamental y/o Organizaciones no Gubernamentales que financien dichos planes. Este plan integrará a la comunidad como parte importante dentro de la conservación haciendo así que la comunidad aledaña a la zona este familiarizado con las consecuencias de la no propagación de la especie *Polylepis rugulosa* y sea protagonista en la conservación y mantenimiento de esta en la zona.

Teniendo como objetivo el de diseñar un plan de reforestación de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato. La autosuficiencia de los bosques restaurados, así como su integración en el ecosistema circundante, son los objetivos que se pretenden alcanzar. La comunidad no solo se identifica con su

entorno, sino que también lo considera como un método de extracción de recursos naturales, lo cual es un avance positivo.

Este plan es diseñado para llevarse a cabo con lineamientos que adoptan los 6 principios de restauración antes mencionados que pueden proporcionar orientaciones en los ámbitos legal, político y de planificación de la restauración.

Este plan de reforestación sería una base para futuras restauraciones en el bosque de *Polylepis rugulosa* para poder aumentar el número de individuos en las áreas afectadas que puede causar los problemas ambientales como el aumento de los gases del efecto invernadero, el calentamiento global, deforestación o los incendios forestales que es el problema que ha afectado más a este bosque, con base en las recomendaciones de la Estrategia Nacional Forestal, este es un eje importante para la implementación de esta estrategia, ya que contribuye al desarrollo sustentable en áreas prioritarias con posibilidad de forestación y reforestación que sirvan a los propósitos de producción, restauración de ecosistemas y mejoramiento ambiental.

#### **4.4.1. Bosquejo del Proyecto de Restauración del bosque de *Polylepis rugulosa* (Rieger et al. 2014)**

##### **4.4.1.1. Investigación preliminar**

1. Estudios preliminares y análisis de sitio.
2. Identificación de las causas de la degradación

3. La vegetación sobreviviente debe estudiarse con el objetivo de replicar el ecosistema de referencia a través del modelo de restauración.
4. Se deben revisar los informes sobre iniciativas y experimentos de restauración anteriores que fueron relevantes para las circunstancias ecológicas y socioeconómicas que existían en la región de interés.

#### **4.4.2.2. Determinar el propósito del proyecto, las políticas o reglas de uso del sitio y el componente de investigación**

1. Integridad ecológica
2. Permanencia en el tiempo
3. Desarrollo de objetivos
4. Políticas ecológicas
5. Legislaciones y Normativas

#### **4.4.2.3. Elaborar un plan de intervención, explicando el momento en que se completará la restauración y especificando las acciones necesarias para cumplir con los objetivos de restauración, incluyendo el qué, dónde, cómo y cuándo se llevarán a cabo.**

1. Establecer objetivos de restauración basados en las características del ecosistema de referencia.
  - Especificar la composición de las especies, su abundancia y sus patrones de dispersión.
  - Describa la estructura de la comunidad vegetal que se obtendrá en su descripción.

- Haga una lista de los procesos ecológicos más importantes que desea que se restauren.
2. Enlistar el número y proporción de la especie a ser plantadas.
    - La técnica que se empleará será la embolsada.
    - El área debe estar nivelada y plana.
    - El vivero debe tener protección contra vientos.
  3. Elección del material biológico: semillas, plántulas, estacas.
  4. Determinar las técnicas de plantación.
    - Los métodos serán por parches que se emplearán para la reforestación sean los 10 puntos muestreados, ya que la especie ya se encuentra caracterizada en cada uno de ellos.
    - Plantación reticular: Cada individuo plantado debe estar al menos cuatro metros de separación del otro.
    - Nucleación: En este caso se deben tomar 5 individuos y plantarlas formando una cruz, con una separación de tres metros y la separación de cada unidad será de seis metros.
    - Como se encontraron un total de 211 individuos se pueden tomarán esquejes y estacas de estos.
    - Se podría tomar el doble o el triple del número encontrado en los puntos en esquejes y estacas, es decir, 422 o 633.
  5. Especificar tiempos: estación, todo al mismo tiempo o en fases.

#### **4.4.2.4.Preparar el sitio**

1. Mejorar las condiciones físicas del terreno (nivelación, arado).

2. Plantas niñeras: Las heladas afecta el crecimiento de los individuos jóvenes entonces se deben tomar medidas según el tipo de plantación se haya realizados.
3. Para plantaciones reticulares se deben colocar en cada especie plantado rocas de manera que durante el día lo proteja del calor y por la noche del frío.
4. Si se utilizó la plantación de nucleación se debe emplear musgo y rocas buscando que el musgo absorba el agua y las rocas las protejan del sol y del frío.
5. Las rocas que se emplearan en esta fase deben provenir de la misma zona ya que tienen los nutrientes del área.
6. Se debe verificar las orillas de ríos, ya que esta especie en ocasiones crece a orillas de estos y deberán ser removidos, ya que en épocas de lluvias estos son arrastrados ya que aumenta el caudal y por lo tanto afecta a la especie. Estos deben ser removidos a las áreas designadas para la propagación de la especie.

#### **4.4.2.5. Implementar el proyecto o iniciativa**

1. Al inicio, luego de ser trasplantadas los individuos, estas deben ser monitoreadas cada seis meses a fin de mantener controlado el número de individuos que no sobrevivan o fallezcan. Con la finalidad de tomar decisiones en cuanto a realizar una nueva plantación.

2. Se debe medir la efectividad de las estrategias planteadas con la finalidad de tomar acciones correctivas y/o preventivas, sobre todo en el comportamiento de la comunidad con las actividades que se realizaron.
3. Luego de cuatro años se deben realizar nuevas capacitaciones y charlas a la comunidad de manera que ellos estén conscientes de la importancia que tuvo su trabajo inicial y hacerlos partícipes de la propagación de la especie.
4. De manera anual cada una de los individuos trasplantados deberá ser medido a fin de llevar un registro de su crecimiento. Luego de 10 años y de haber concluido la propagación y restauración de la especie. Se deberán realizar comparaciones entre los individuos que mantienen su crecimiento en el laboratorio y las que lo hacen en su hábitat natural de manera de identificar diferencias significativas en cuanto a su crecimiento como son altura, diámetro, entre otras medias importantes.
5. Estas evaluaciones constantes permitirán identificar errores y mejorarlos ya sea a nivel técnico y/o de restauración y propagación.

#### **4.4.2.6. Monitoreo del área**

1. Si este es el caso, continúe con el plan.
2. Si no es así, realice los cambios necesarios.

#### **4.4.2.7. Manejar el área**

1. Disminuir la competencia de plantas no deseadas.
2. Descartar pestes y enfermedades.
3. Mantener los procesos naturales.

#### **4.4.3. Opciones de restauración**

##### **4.4.3.1. Prevención y control**

- Cortafuegos
- Manejo del ganado
- Protección
- Protección de fauna silvestre

##### **4.4.3.2. Manejo de la regeneración natural**

- Reducir la competencia de especies invasivas no nativas
- Cuidado del banco de semillas
- Fertilización
- Asistir a la lluvia de semillas
- Cuidado de especies “nodriza”
- Manejo de pastizales
- Enriquecimiento
- Zanjas de infiltración

##### **4.4.3.3. Establecimiento de plantaciones**

- Plantaciones de restauración
- Plantaciones de protección

#### 4.4.4. Interacciones bióticas

Los agentes u organismos bióticos son todos los animales, plantas, hongos, bacterias y otros microorganismos que viven en un ecosistema, y las relaciones que existen entre ellos. Algunos ejemplos de factores bióticos pueden ser:

- El bosque de *Polylepis rugulosa*.
- Los hongos e insectos.
- Depredadores.
- El fitoplancton.
- Los herbívoros.
- Rocas.

Todo esto está relacionado con nuestro plan de reforestación puesto que, si cortamos un ciclo de vida de estos organismos, cambiaríamos todo el funcionamiento del bosque porque cada uno es el eslabón del que sigue. Nuestro plan de reforestación está orientado al cuidado de este medio tan importante para su supervivencia, no solo está pensando en cuidar a la especie predominante que es la *Polylepis rugulosa*, sino que también está orientado al cuidado de las especies bióticas que se encuentran presentes para su adecuado funcionamiento como un ecosistema.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Al determinar la densidad poblacional de los bosques de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato, se analizaron 10 puntos de muestreo de 100m<sup>2</sup> cada área y se obtuvieron un total de 211 individuos.

**SEGUNDA:** Luego de determinar la cobertura actual del bosque de la *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato, se midió las alturas que variaban entre 1.5 m y 5 m, se analizaron características como diámetro a la altura del pecho (DAP) donde se obtuvo resultados entre 9 cm y 60 cm.

**TERCERA:** Después de Generar un modelo predictivo de nichos ecológicos de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato, se analizaron tres escenarios RCP2.6; escenario de mitigación conducente a un nivel de forzamiento muy bajo, RCP4.5; son escenarios de estabilización, en los escenarios de emisiones extremos como el RCP8.5 hay una reducción significativa en el porcentaje del bosque.

**CUARTA:** Al diseñar una propuesta de un plan que permita la reforestación del bosque de *Polylepis rugulosa*, contribuyendo a la arborización de la zona en estudio que abarcara un periodo de 10 años, en los que se incluye la toma de esquejes y estacas, el sembrado, el trasplante y el cuidado de la especie, además se involucra a la comunidad.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se deben considerar otros factores que no fueron incluidos en este estudio pero que pueden usarse para representar o impactar la distribución de la especie. En consecuencia, se puede incrementar la precisión de la predicción y la prevención de las consecuencias del cambio climático a medio y largo plazo.

**SEGUNDA:** Que la municipalidad de la zona se involucre en la propagación de la especie *Polylepis rugulosa*, a fin de evitar su extinción y a su vez involucrar a los niños y jóvenes de la zona sobre la importancia de la especie en el ecosistema del bosque, así la importancia de su conservación.

**TERCERA:** Proponer se lleve a cabo un censo por individuos en el bosque a fin de determinar el número de todas las especies tanto animal como vegetal que conforman el ecosistema.

**CUARTA:** Se deben considerar hacer un ajuste de los datos climatológicos históricos de las estaciones que se tiene en Arequipa para poder obtener resultados más exactos en los proyectos futuros de la especie *Polylepis rugulosa* o en cualquier otra especie.

**QUINTA:** Se debería tomar más variables bióticas insitu en el análisis de la especie *Polylepis rugulosa* aparte de las variables bioclimáticas trabajadas en este proyecto de investigación. Se podría incrementar la precisión de la predicción y la prevención de las consecuencias del cambio climático a medio y largo plazo.



## REFERENCIA

- Araujo, M., Pearson, R., Thuillers, W., & Erhard, M. (2005). *Validation of species–climate impact models under climate change*. *Global Change Biology* (2005) 11, 1504–1513, doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.001000.x.
- ArcGIS Resources. (2020). *¿Qué es ArcGIS?* Obtenido de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Aucca, C., & Ferro, G. (2014). *Ecología, Distribución, Monitoreo y Estado de Conservación de los Bosques del género Polylepis (Rosaceae) en Perú*. Obtenido de infobosques.
- Barriga, P. (2013). *Aplicación de un prototipo de un sistema de información geográfica (SIG) para la georeferenciación de los principales catastros de actividades económicas correspondientes a la ciudad de Riobamba*. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2455>
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación* (1era edición ed.). Bogotá, Colombia: Editorial Shalom.
- Caballero, J. (2017). *Sistema de información geográfica para mejorar la gestión técnica de agua potable en la empresa municipal de agua potable y alcantarillado Emapa-Huancavelica*. Huancayo, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3362>
- Cabido M & A. Acosta. 1985. Estudio fitosociológico en bosques de *Polylepis australis* Bitter: («Tabaquillo») en las sierras de Córdoba. Argentina. *Documents phytosociologiques*. N.S. Vol. IX, 365-400.
- Cascón, J., Ruiz, A., & Quesada, A. (2018). Georreferenciación y publicación web de cartografía antigua en sistemas de información geográficos: requisitos para su evaluación y estudio de caso. *Revista General de Información y Documentación*, 28(1), 193-212.
- Castaño, C. (2002). *Páramos y Ecosistemas Altoandinos de Colombia en condición hotspot y Global Climatic Tensor*. Bogotá, Colombia. IDEAM.
- Castro, J. (2014). *Caracterización del bosque de polylepis de Jurau, microcuenca de paria, distrito de Huasta, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash*. Tesis

- de Biólogo, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2356>
- Chancayauri, C. (2019). *Propuesta para la gestión ambiental de los bosques de “queñoa” polylepis en el departamento de Moquegua*. Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9189>
- Choque, D. (2019). *Biogeografía, percepción local acerca de servicios ecosistémicos de los bosques de Polylepis spp. y usos que impactan su área en el distrito de Nuñoa*. Puno, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10999>
- CONIDA. (2018). *Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial*. Obtenido de <http://www.conida.gob.pe/index.php/Capacitacion/sistemas-de-informacion-geografica.html>
- Cuadros, J. (2015). *Servicios ecosistémicos de los bosques de polylepis del área de conservación privada Uchumiri*. Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/428>
- Cuza, A., Carreras, R., & Saralegui, H. (2005). Maderas que fueron usadas en la construcción de edificaciones coloniales del Centro Histórico de La Habana Vieja, Cuba. *Anales del Museo de América*(13), 359-375.
- Díaz, R. (2019). *Caracterización de la regeneración natural, composición florística y cobertura de los rodales de “quinual” polylepis multijuga pilg. (rosaceae), del distrito de Chugur, Hualgayoc*. Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2861>
- Elith, J., Graham, C., Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R., Huettmann, F., Leathwick, J., Lehmann, A. et al. (2006). Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.
- Fernández, I; Morales; Olivares, L; Salvatierra, J; Gómez, M; Montenegro, G. (2010). Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. (En línea). EC. Consultado 14 de mayo del 2015. Formato (PDF). [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X2010000300014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X2010000300014&script=sci_arttext).
- Fjeldså, J., Kessler, M., Engblom, G., & Driesch, P. (1996). *Conserving the biological diversity of Polylepis woodlands of the highland of Peru and Bolivia : a contribution to sustainable natural resource management in the Andes*. Copenhagen, Dinamarca: NORDECO.

- Flores, C., Talavera, J., & Abril, M. (2016). *Evaluación de la Asociación de la cadena Socio-Económica y Ecosistémica de los Bosques Alto Andinos de la especie Polylepis (Queñua)*. Arequipa, Perú: Reintier.
- Fuenzalida, M., Buzai, G., Moreno, A., & García, A. (2015). *Geografía, Geotecnología y Análisis Espacial*. Santiago: Editorial Triángulo.
- Gálvez, G. (2013). *Evaluación de bosques de polylepis y plan de restauración ecológica en la microcuenca de cancha cancha-calca*. Cusco, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/888>
- Garay, J. (2019). *Sistema de Información Geográfica para la Gestión de Información de Planes Urbano Territoriales*. Lima, Perú.
- González, L. (2009). *Plan Regional de Reforestación y Arborización, Arequipa 2009 – 2028*. Arequipa, Perú.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). Mexico: Editorial Mcgraw-Hill.
- Higgs, E. (2003). *Nature by design: People, natural process and ecological restoration*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, 341 pp.
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York. Cambridge University Press. 881p.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas*. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza, 34p.
- Jururo, M. (2018). *Valorización económica de los servicios ecosistémicos de almacenamiento de agua y carbono en los bosques de queñua (Polylepis) del distrito de Chiguata de la provincia de Arequipa*. Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6107>
- Kappelle, M. y Horn, S. (2005). *Páramos de Costa Rica. Distribución, impacto humano y conservación de los Páramos neotropicales*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad. 711p.
- Kessler, M. (2006). *Bosques de Polylepis*. 110-120.
- Larramendi, M. (2017). *Diseño de metodología y desarrollo de recursos para la modelización de especies exóticas invasoras; análisis de su aplicabilidad en el*

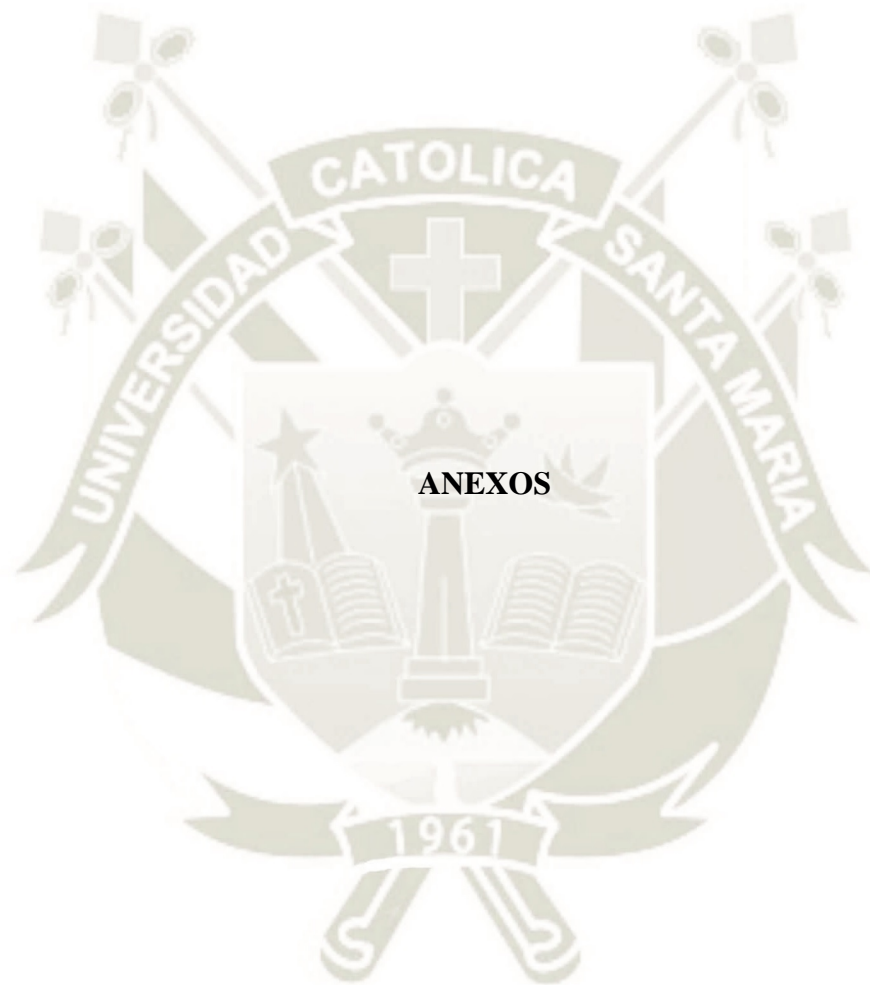
- caso de Vespa velutina*. Trabajo Fin de Máster/Master Amaierako Lana: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Martínez, B. (2017). *Disribucion potencial de Oxysternon conspicillatum (weber,1801) en diferentes escenarios de cambio climático en Colombia*. Colombia.
- Martínez, F. (2002). *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable*. Valencia, España.
- Mejia, A. (2014). *Metodología para la cartografía de bosques del genero Polylepis aplicando Geomática*. Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2359>
- Mendoza, W. (2012). *El genero de Polylepis en el Perú. Taxonomía, Morfología y Distribución*. Lima, Perú: Editorial académica española.
- Mendoza, W., & Cano, A. (2011). Diversidad del género Polylepis (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes peruanos. *Rev. peru biol.*, 18(2), 197-200. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v18n2/a11v18n2.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Lima, Perú: MINAM.
- Morales. (2017). *Distribución, diversidad y plan de conservación de los bosques de polylepis en la región de Tacna*. Tacna, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3558>
- Morales, L. (2014). *Estado actual del bosque de polylepis y su eficiencia en la captura de CO2 en la provincia Tarata, departamento de Tacna*. Tacna, Perú.
- Morales, L., Aragón, G., & Silvia, E. (2013). Caracterización fenotípica del género polylepis en el bosque nativo de la provincia de Candarave - Tacna. *Ciencia & Desarrollo*(15), 18-25. Obtenido de <https://doi.org/10.33326/26176033.2013.15.311>
- Morales, N. (2012). Modelos de distribución de especies: Software MaxEnt y sus aplicaciones en Conservación. *Revista Conservación Ambiental*, 2(1): 1-3pp.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Editorial CREATSPACE.
- Pacheco, M., Franco, P., Cáceres, C., Navarro, M., & Jove, C. (2018). Aplicación de técnicas sig para la cobertura superficial y distribución del bosque de polylepis en la zona andina de Moquegua 2018. *Ciencia & Desarrollo*, 17(23), 26-32. Obtenido de <https://doi.org/10.33326/26176033.2018.23.753>
- Palacio, A. (2017). *Análisis de percepción en la gestión de espacios naturales y el uso de sistemas de información geográfica de participación pública*. Vilaseca, España.

- Pérez, J. (2004). Rosaceae-Sanguisorbae de Macaronesia: género *Marcetella*, *Bencomia* y *Dendriopoterium*. *Palinología, Biogeografía, Sistema Sexual y Filogenia. Bot. Macaronesica*(25), 95-126.
- Phillips, S., Anderson, R. & Sphapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(2006): 231-259.
- Pinos, J. (2015). *Biomasa foliar, desfronde y descomposición de la hojarasca en los rodales de polylepis reticulata del Parque Nacional Cajas*. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21217>
- Pliscoff, & Fuentes-Castillo. (2011). *Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles*. 48:61–79.
- Proyecto: Plan Nacional de Reforestación / Lima Mayo del 2005  
[http://www.portalagrario.gob.pe/boletines/proyecto\\_pnr100605.pdf](http://www.portalagrario.gob.pe/boletines/proyecto_pnr100605.pdf)
- Renison, D., A. M. Cingolani, and R. Suárez. 2002. Efectos del fuego sobre un bosquecillo de *Polylepis australis* (Rosaceae) en las montañas de Córdoba, Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 75:719-727.
- Renison, D., Morales, L., Cuyckens, G., Sevillano, S., & Cabrera, D. (2018). Ecología y conservación de los bosques y arbustales de *Polylepis*: ¿qué sabemos y qué ignoramos? *Ecología Austral*, 28, 163-174. Obtenido de <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.522>
- Rey, P. y Alcántara, J. 2011. La Reforestación. *Revista Científica de Investigación y Ciencia*. N° 413. ESP. p 1:5.
- Rieger, J; Stanley, J; Traynor, R. 2014. Project planning and management for ecological restoration. Island Press. Washington. 300 pp.
- Rochel, C. (2016). *Evaluación del estado y formulación del plan de manejo de la arborización del casco urbano en la comuna 1 y avenida Francisco Fernández de Contreras del municipio de Ocaña, norte de Santander*. Ocaña, Colombia. Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/1538>
- Rodríguez, D. (2018). *Estructura y distribución espacial de Polylepis rugulosa Bitter “Queñua” en el bosque de Huachuy (Toro), Reserva paisajística Sub-cuenca del Cotahuasi, Arequipa, 2017*. Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6000>

- Ruíz, H., & Pavón, J. (1794). *Systema Vegetabilium Florae Peruvianae et Chilensis*. Madrid, España: Editorial Sacha.
- Sarcca, Y. (2017). *Valoración económica del servicio ecosistémico de secuestro y almacenamiento de carbono en el bosque de polylepis del Pichu Pichu, Arequipa-2016*. Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2787>
- Román, F; Mamani, A; Cruz, A; Sandoval, C; Cuesta, F. 2018. Orientaciones para la Restauración de Ecosistemas forestales y otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Lima, 108 p.
- Simpson, B. (1979). A revisión of the genus *Polylepis* (Rosaceae: Sanguisorbae). *Smithsonian Contributions to Botany*(43), 1-61.
- Tejedor, N., Álvarez, E., Arango, S., Araujo, A., Blundo, C., Boza, T.E., La Torre, M.A., Gaviria, J., Gutierrez, N., Jørgesen, P.M., León, B., López Camacho, R., Malizia, L., Millán, B., Moraes, M., Pacheco, S., Rey Benayas, J.M., Reynel, C., Timaná de la Flor, M., Ulloa Ulloa, C., Vacas Cruz, O. & Newton, A.C. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2): 148-166.
- Trevizan, J., & Aguilar, R. (2019). Evaluación del proceso de viverización para obtención de plantas de queñoa (*Polylepis rugulosa* Bitter) con distintos tipos de sustratos en la localidad de Chapiquiña, XV región de Arica y Parinacota, Chile. *IDESIA*, 37(3), 89-97.
- Tobón, C. (2009). Los bosques andinos y el agua. Serie Investigación y sistematización #4. Quito: Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION.
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima. Perú: San Marcos.
- Zapata, M., Martínez, C., & González, C. (1999). Implementación de un Sistema de Información Geográfica, SIG, en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali. *Revista Ingeniería e Investigación*(43), 25-29.
- Zegarra, K. (2014). *Establecimiento in vitro de Yemas y Efecto de Reguladores de Crecimiento ANA y BAP en la Micropropagación de Polylepis rugulosa (Queñua) de Zonas Altoandinas de Arequipa*. Arequipa, Perú. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/3409>

Zutta, B., Rundel, P., Saatchi, S., Casana, J., Gau, P., Soto, A., Buermann, W. (2012).  
Prediciendo la distribución de *Polylepis*: bosques Andinos vulnerables. *Rev. peru.  
biol.*, 19(2), 205-212.





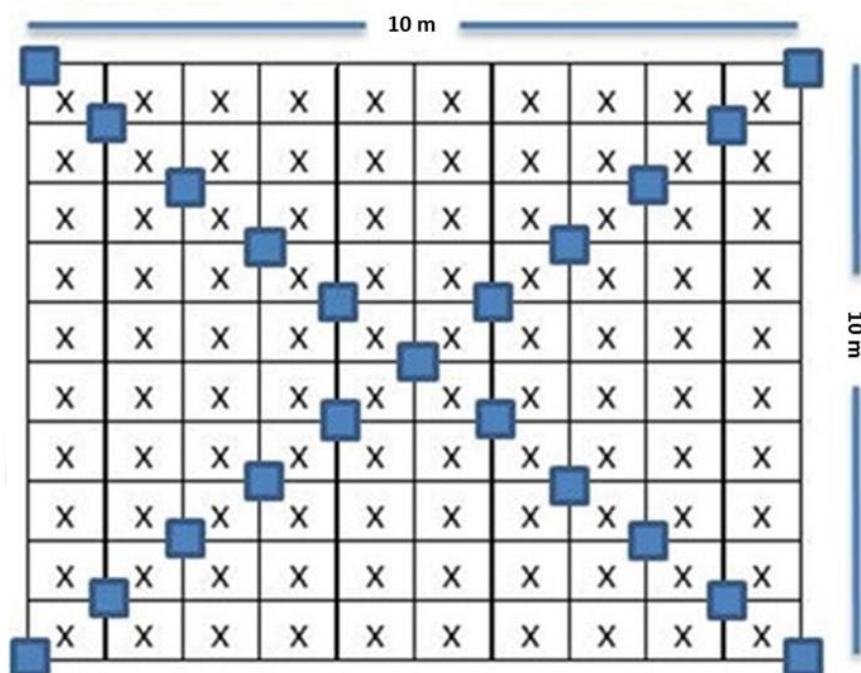
### Anexo 1: Mapa de Bosque de Queñua de Pichu Pichu





### Anexo 3: Cuadrante

#### Cuadrante para la toma de sub-muestras



Fuente: Elaboración propia



**Anexo 4: Modelos CMIP6 empleados en el estudio, los centros de modelado, resolución horizontal y referencias.**

Nº	Modelos	Institución	Resolución	Referencia
1	BCC-CSM2-MR	Beijing Climate Center (BCC) and China Meteorological Administration (CMA), China	1.13°x1.13°	Wu et al., 2018
2	BCC-ESM1	Beijing Climate Center (BCC) and China Meteorological Administration (CMA), China	2.81°x2.81	(Zhang et al., (2018))
3	CanESM5	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Environment and Climate Change Canada, Victoria, Canada	2.81°x2.81°	(Swart et al., 2019)
4	CESM2	National Center for Atmospheric Research, USA	1.25°x0.94°	(Danabasoglu et al., 2019)
5	CESM2-WACCM	National Center for Atmospheric Research, USA	1.25°x0.94°	(Danabasoglu et al., 2019)
6	CNRM-CM6-1	Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM); Centre Européen de Recherches et de Formation Avancéeeen Calcul Scientifique, France	1.41x1.41	Voltaire et al (2019)
7	CNRM-ESM2-1	Centre National de Recherches Météorologiques, Toulouse, France	1.41°x1.41°	(Seferian, 2018)
8	EC-EARTH3-Veg	Consortium of European research institution and researchers, Europe	0.70°x0.70°	(EC-EARTH, 2019a)
9	GFDL-ESM4	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA	1.25°X1.00°	(Krasting et al., 2018)
10	GFDL-CM4-gr1	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA	2.50x2.00	(Guo et al., 2018)
11	GFDL-CM4-gr1	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA	2.50x2.00	(Guo et al., 2018)
12	IPSL-CM6ALR	Institut Pierre Simon Laplace, Paris, France	2.50°x1.26°	(Boucher et al., 2018)
13	MRI-ESM2-0	Meteorological Research Institute (MRI), Japan	1.13°x1.13°	(Yukimoto et al., 2019)
14	SAM0-UNICON	Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea	1.25°x0.94°	Park et al. (2019)
15	UKESM11 -0-LL	UK Met Office Hadley Center, UK	1.88°x1.25°	Tang et al (2019)

Fuente: Preprints, 2020



## **Anexo 5: Puntos de muestreo**

### **Punto 1**

POLYLEPIS RUGULOSA						
N°	Punto 1	Altura ( m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		M
				N	E	
1	E 17.38km	3620	56	16°26'15.3"	071°19'36.4"	4
2	E 17.39km	3619	23	16°26'15.2"	071°19'36.6"	2
3	E 17.39km	3619	27	16°26'15.2"	071°19'36.6"	2
4	E 17.38km	3618	41	16°26'15.2"	071°19'36.6"	4
5	E 17.37km	3619	17	16°26'15.2"	071°19'36.6"	1.5
6	E 17.37km	3619	13	16°26'15.2"	071°19'36.7"	1.5
7	E 17.37km	3619	52	16°26'15.2"	071°19'36.6"	4
8	E 17.37km	3619	33	16°26'15.2"	071°19'36.7"	3
9	E 17.37km	3619	41	16°26'15.2"	071°19'36.7"	4
10	E 17.37km	3618	53	16°26'15.3"	071°19'36.6"	4
11	E 17.37km	3618	37	16°26'15.2"	071°19'36.7"	3
12	E 17.37km	3618	25	16°26'15.2"	071°19'36.7"	3
13						
14						
15						
16						

Punto 2

POLYLEPIS RUGULOSA						
N°	Punto 2	Altura ( m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		M
				N	E	
1	E 17.60km	3645	51	16°26'17.3"	071°19'28.3"	4
2	E 17.60km	3645	56	16°26'17.2"	071°19'28.2"	4
3	E 17.61km	3645	47	16°26'17.2"	071°19'28.3"	4
4	E 17.61km	3646	50	16°26'17.2"	071°19'28.3"	4
5	E 17.61km	3646	29	16°26'17.2"	071°19'28.3"	3
6	E 17.60km	3646	24	16°26'17.2"	071°19'28.3"	2
7	E 17.61km	3646	38	16°26'17.2"	071°19'28.3"	4
8	E 17.61km	3646	16	16°26'17.2"	071°19'28.3"	1.5
9	E 17.60km	3646	44	16°26'17.2"	071°19'28.3"	4
10	E 17.60km	3646	25	16°26'17.2"	071°19'28.4"	2
11	E 17.61km	3646	48	16°26'17.4"	071°19'28.2"	4
12	E 17.61km	3646	30	16°26'17.5"	071°19'28.3"	4
13	E 17.60km	3646	52	16°26'17.4"	071°19'28.5"	3
14	E 17.59km	3637	37	16°26'17.1"	071°19'28.7"	4
15	E 17.59km	3645	13	16°26'17.0"	071°19'28.8"	1.5
16	E 17.59km	3645	48	16°26'17.0"	071°19'28.8"	4
17	E 17.59km	3645	26	16°26'16.9"	071°19'28.7"	2
18	E 17.59km	3645	17	16°26'16.9"	071°19'28.7"	2
19	E 17.60km	3647	23	16°26'17.0"	071°19'28.5"	2
20	E 17.59km	3646	21	16°26'17.0"	071°19'28.5"	2
21	E 17.59km	3646	40	16°26'17.2"	071°19'28.6"	4
22	E 17.59km	3645	44	16°26'17.3"	071°19'28.6"	4

Punto 3

POLYLEPIS RUGULOSA						
Nº	Punto 3	Altura ( m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		M
				N	E	
1	E 17.67km	3651	47	16° 26' 18.8"	071° 19' 25.5"	4
2	E 17.68km	3649	38	16° 26' 18.8"	071° 19' 25.4"	4
3	E 17.68km	3648	49	16° 26' 18.7"	071° 19' 25.4"	4
4	E 17.69km	3646	43	16° 26' 18.7"	071° 19' 25.3"	4
5	E 17.68km	3645	38	16° 26' 18.5"	071° 19' 25.4"	4
6	E 17.68km	3645	28	16° 26' 18.5"	071° 19' 25.5"	3
7	E 17.68km	3646	30	16° 26' 18.6"	071° 19' 25.6"	3
8	E 17.68km	3646	53	16° 26' 18.7"	071° 19' 25.6"	4
9	E 17.67km	3646	57	16° 26' 18.7"	071° 19' 25.7"	5
10	E 17.67km	3653	26	16° 26' 18.7"	071° 19' 26.0"	2
11	E 17.67km	3660	31	16° 26' 18.8"	071° 19' 26.0"	3
12	E 17.67km	3663	33	16° 26' 18.5"	071° 19' 26.0"	3
13	E 17.67km	3663	44	16° 26' 18.6"	071° 19' 26.0"	4
14	E 17.67km	3663	87	16° 26' 18.4"	071° 19' 26.2"	3
15	E 17.66km	3662	49	16° 26' 18.5"	071° 19' 26.3"	4
16	E 17.66km	3663	42	16° 26' 18.5"	071° 19' 26.3"	4

Punto 4

POLYLEPIS RUGULOSA						
Nº	Punto 4	Altura ( m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		M
				N	E	
1	E 18.03km	3709	19	16° 26' 14.3"	071° 19' 14.4"	2
2	E 18.03km	3709	23	16° 26' 14.3"	071° 19' 14.5"	3
3	E 18.02km	3708	24	16° 26' 14.3"	071° 19' 14.4"	2
4	E 18.02km	3709	13	16° 26' 14.3"	071° 19' 14.5"	1.5
5	E 18.03km	3709	32	16° 26' 14.2"	071° 19' 14.4"	3
6	E 18.03km	3709	44	16° 26' 14.2"	071° 19' 14.4"	4
7	E 18.02km	3708	37	16° 26' 14.2"	071° 19' 14.4"	3
8	E 18.02km	3709	17	16° 26' 14.1"	071° 19' 14.4"	1.5
9	E 18.03km	3710	20	16° 26' 14.1"	071° 19' 14.4"	1.5
10	E 18.03km	3699	13	16° 26' 14.2"	071° 19' 13.9"	1.5
11	E 18.04km	3704	46	16° 26' 14.1"	071° 19' 13.9"	4
12	E 18.04km	3705	50	16° 26' 14.1"	071° 19' 14.1"	4
13	E 18.03km	3705	48	16° 26' 14.0"	071° 19' 14.2"	4
14	E 18.03km	3705	23	16° 26' 14.0"	071° 19' 14.3"	3
15	E 18.03km	3705	21	16° 26' 13.9"	071° 19' 14.3"	2
16	E 18.03km	3707	52	16° 26' 13.9"	071° 19' 14.3"	4
17	E 18.03km	3707	49	16° 26' 13.8"	071° 19' 14.3"	4
18	E 18.03km	3707	39	16° 26' 13.8"	071° 19' 14.2"	4
19	E 18.04km	3708	15	16° 26' 13.8"	071° 19' 14.2"	1.5
20	E 18.04km	3708	11	16° 26' 13.8"	071° 19' 14.2"	1.5
21	E 18.03km	3709	25	16° 26' 13.7"	071° 19' 14.5"	2

Punto 5

POLYLEPIS RUGULOSA						M
Nº	Punto 5	Altura ( .m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		
				N	E	
1	E 17.86Km	3678	15	16° 26' 22.0"	071° 19' 18.9"	2
2	E 17.85Km	3677	12	16° 26' 22.0"	071° 19' 19.1"	1.5
3	E 17.85Km	3677	17	16° 26' 21.9"	071° 19' 19.2"	1.5
4	E 17.85Km	3677	13	16° 26' 21.8"	071° 19' 19.1"	1.5
5	E 17.85Km	3677	21	16° 26' 21.8"	071° 19' 19.1"	2
6	E 17.85Km	3677	19	16° 26' 21.7"	071° 19' 19.2"	1.5
7	E 17.84Km	3677	15	16° 26' 21.8"	071° 19' 19.3"	1.5
8	E 17.84Km	3675	13	16° 26' 21.9"	071° 19' 19.4"	1.5
9	E 17.84Km	3678	16	16° 26' 22.0"	071° 19' 19.3"	1.5
10	E 17.84Km	3678	17	16° 26' 22.1"	071° 19' 19.2"	1.5
11	E 17.83Km	3684	11	16° 26' 21.8"	071° 19' 19.6"	2
12	E 17.82Km	3684	14	16° 26' 21.8"	071° 19' 19.5"	2
13	E 17.82Km	3684	20	16° 26' 21.8"	071° 19' 19.5"	1.7
14	E 17.83Km	3685	18	16° 26' 21.9"	071° 19' 19.5"	1.5
15	E 17.83Km	3685	13	16° 26' 21.9"	071° 19' 19.5"	2
16	E 17.84Km	3684	21	16° 26' 22.0"	071° 19' 19.6"	1.5
17	E 17.84Km	3685	17	16° 26' 21.6"	071° 19' 19.5"	1.5
18	E 17.84Km	3685	15	16° 26' 21.6"	071° 19' 19.6"	1.7
19	E 17.84Km	3684	16	16° 26' 21.7"	071° 19' 19.6"	1.6
20	E 17.84Km	3684	13	16° 26' 21.7"	071° 19' 19.7"	1.5
21	E 17.83Km	3684	18	16° 26' 21.8"	071° 19' 19.8"	2
22	E 17.83Km	3685	15	16° 26' 21.8"	071° 19' 19.8"	1.6

Punto 6

POLYLEPIS RUGULOSA						M
Nº	Punto 6	Altura ( .m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		
				N	E	
1	E 17.72Km	3667	29	16° 26' 27.7"	071° 19' 22.5"	3
2	E 17.71Km	3667	25	16° 26' 27.6"	071° 19' 22.6"	3
3	E 17.71Km	3667	58	16° 26' 27.7"	071° 19' 22.7"	4
4	E 17.71Km	3666	21	16° 26' 27.5"	071° 19' 22.8"	3
5	E 17.71Km	3666	52	16° 26' 27.6"	071° 19' 22.8"	5
6	E 17.70Km	3666	49	16° 26' 27.6"	071° 19' 22.9"	4
7	E 17.70Km	3665	16	16° 26' 27.6"	071° 19' 23.0"	1.5
8	E 17.71Km	3665	31	16° 26' 27.7"	071° 19' 22.9"	3
9	E 17.70Km	3665	30	16° 26' 27.8"	071° 19' 22.9"	2
10	E 17.70Km	3665	40	16° 26' 27.9"	071° 19' 23.1"	4
11	E 17.71Km	3665	54	16° 26' 27.9"	071° 19' 22.8"	4
12	E 17.73Km	3672	60	16° 26' 27.7"	071° 19' 22.4"	5
13	E 17.73Km	3668	36	16° 26' 27.6"	071° 19' 22.4"	3
14	E 17.73Km	3668	53	16° 26' 27.6"	071° 19' 22.4"	4
15	E 17.73Km	3668	23	16° 26' 27.5"	071° 19' 22.4"	2
16	E 17.73Km	3668	21	16° 26' 27.5"	071° 19' 22.3"	3
17	E 17.74Km	3669	25	16° 26' 27.4"	071° 19' 22.3"	2
18	E 17.73Km	3668	40	16° 26' 27.5"	071° 19' 22.4"	4
19	E 17.73Km	3668	19	16° 26' 27.4"	071° 19' 22.4"	1.5
20	E 17.73Km	3668	37	16° 26' 27.4"	071° 19' 22.4"	3
21	E 17.72Km	3668	35	16° 26' 27.4"	071° 19' 22.4"	3
22	E 17.72Km	3668	40	16° 26' 27.4"	071° 19' 22.4"	3
23	E 17.72Km	3668	39	16° 26' 27.4"	071° 19' 22.5"	3
24	E 17.72Km	3668	15	16° 26' 27.4"	071° 19' 22.5"	1.7
25	E 17.72Km	3667	28	16° 26' 27.3"	071° 19' 22.5"	2
26	E 17.72Km	3668	32	16° 26' 27.3"	071° 19' 22.5"	3
27	E 17.71Km	3668	33	16° 26' 27.3"	071° 19' 22.6"	3
28	E 17.71Km	3668	21	16° 26' 27.3"	071° 19' 22.6"	3
29	E 17.72Km	3668	34	16° 26' 27.8"	071° 19' 22.5"	3
30	E 17.72Km	3668	30	16° 26' 27.8"	071° 19' 22.5"	3

Punto 7

POLYLEPIS RUGULOSA						
N°	Punto 7	Altura ( m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		M
				N	E	
1	E 17.55 km	3653	59	16° 26' 40.2"	071° 19' 26.7"	4
2	E 17.55 km	3653	48	16° 26' 40.3"	071° 19' 26.7"	4
3	E 17.54 km	3652	58	16° 26' 40.3"	071° 19' 26.6"	5
4	E 17.55 km	3654	55	16° 26' 40.3"	071° 19' 26.6"	5
5	E 17.55 km	3653	45	16° 26' 40.3"	071° 19' 26.6"	4
6	E 17.55 km	3652	40	16° 26' 40.3"	071° 19' 26.6"	4
7	E 17.54 km	3653	22	16° 26' 40.2"	071° 19' 26.6"	2
8	E 17.53 km	3653	31	16° 26' 40.2"	071° 19' 26.6"	3
9	E 17.53 km	3654	52	16° 26' 40.2"	071° 19' 26.6"	4
10	E 17.54 km	3653	44	16° 26' 40.2"	071° 19' 26.6"	4
11	E 17.54 km	3652	15	16° 26' 40.4"	071° 19' 26.7"	1.5
12	E 17.54 km	3652	35	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.8"	3
13	E 17.54 km	3652	53	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.7"	5
14	E 17.54 km	3652	51	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.7"	5
15	E 17.55 km	3652	20	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.6"	2
16	E 17.55 km	3652	47	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.7"	4
17	E 17.55 km	3653	45	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.6"	4
18	E 17.55 km	3653	31	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.6"	3
19	E 17.55 km	3653	22	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.6"	2
20	E 17.55 km	3653	26	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.6"	2
21	E 17.55 km	3653	54	16° 26' 40.4"	071° 19' 26.5"	4
22	E 17.56 km	3653	33	16° 26' 40.6"	071° 19' 26.4"	3
23	E 17.55 km	3653	19	16° 26' 40.5"	071° 19' 26.4"	2

Punto 8

POLYLEPIS RUGULOSA						
N°	Punto 8	Altura ( m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		M
				N	E	
1	E 17.22 km	3631	54	16° 27' 00.1"	071° 19' 34.9"	4
2	E 17.22 km	3632	44	16° 27' 00.1"	071° 19' 34.7"	4
3	E 17.21 km	3631	49	16° 27' 00.2"	071° 19' 34.7"	4
4	E 17.22 km	3632	39	16° 27' 00.2"	071° 19' 34.7"	3
5	E 17.22 km	3632	9	16° 27' 00.3"	071° 19' 34.7"	1.5
6	E 17.22 km	3631	20	16° 27' 00.3"	071° 19' 34.7"	3
7	E 17.22 km	3631	37	16° 27' 00.3"	071° 19' 34.7"	3
8	E 17.23 km	3632	16	16° 27' 00.4"	071° 19' 34.6"	2
9	E 17.23 km	3631	47	16° 27' 00.4"	071° 19' 34.9"	4
10	E 17.22 km	3631	19	16° 27' 00.4"	071° 19' 34.9"	2
11	E 17.22 km	3631	20	16° 27' 00.4"	071° 19' 34.9"	2
12	E 17.22 km	3631	38	16° 27' 00.4"	071° 19' 34.9"	3
13	E 17.23 km	3631	35	16° 27' 00.4"	071° 19' 34.9"	3
14	E 17.23 km	3631	27	16° 27' 00.3"	071° 19' 34.7"	3
15	E 17.23 km	3631	25	16° 27' 00.3"	071° 19' 34.8"	2
16	E 17.23 km	3632	25	16° 27' 00.2"	071° 19' 34.7"	2
17	E 17.23 km	3632	29	16° 27' 00.3"	071° 19' 34.6"	3

Punto 9

POLYLEPIS RUGULOSA						M
Nº	Punto	Altura ( m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		
				N	E	
1	E 17.12 km	3613	37	16°27'08.6"	071°19'37.5"	4
2	E 17.12 km	3614	50	16°27'08.6"	071°19'37.5"	4
3	E 17.09 km	3614	31	16°27'09.0"	071°19'38.6"	3
4	E 17.11 km	3613	32	16°27'08.7"	071°19'37.8"	3
5	E 17.12 km	3614	30	16°27'08.6"	071°19'37.7"	3
6	E 17.12 km	3614	59	16°27'08.6"	071°19'37.7"	5
7	E 17.12 km	3614	53	16°27'08.6"	071°19'37.7"	5
8	E 17.12 km	3614	52	16°27'08.6"	071°19'37.7"	5
9	E 17.11 km	3614	60	16°27'08.6"	071°19'38.0"	4
10	E 17.12 km	3614	44	16°27'08.6"	071°19'37.5"	4
11	E 17.12 km	3613	42	16°27'08.6"	071°19'37.4"	4
12	E 17.11 km	3614	46	16°27'08.5"	071°19'37.6"	4
13	E 17.11 km	3613	25	16°27'08.5"	071°19'37.6"	3
14	E 17.12 km	3614	28	16°27'08.5"	071°19'37.5"	3
15	E 17.12 km	3613	15	16°27'08.5"	071°19'37.5"	1.7
16	E 17.12 km	3613	49	16°27'08.5"	071°19'37.5"	4
17	E 17.12 km	3614	23	16°27'08.5"	071°19'37.4"	2
18	E 17.12 km	3614	33	16°27'08.5"	071°19'37.4"	3
19	E 17.12 km	3614	42	16°27'08.5"	071°19'37.4"	3
20	E 17.12 km	3614	51	16°27'08.5"	071°19'37.4"	4
21	E 17.14 km	3620	47	16°27'08.3"	071°19'37.2"	4
22	E 17.13 km	3620	30	16°27'08.4"	071°19'37.2"	3
23	E 17.12 km	3619	44	16°27'08.3"	071°19'37.2"	4
24	E 17.12 km	3620	59	16°27'08.3"	071°19'37.2"	5
25	E 17.13 km	3620	60	16°27'08.3"	071°19'37.1"	5
26	E 17.13 km	3620	31	16°27'08.4"	071°19'37.1"	3
27	E 17.12 km	3619	18	16°27'08.4"	071°19'37.3"	2
28	E 17.12 km	3619	40	16°27'08.5"	071°19'37.2"	4
29	E 17.12 km	3620	38	16°27'08.6"	071°19'37.2"	3
30	E 17.13 km	3620	27	16°27'08.6"	071°19'37.1"	3
31	E 17.12 km	3620	24	16°27'08.7"	071°19'37.2"	2
32	E 17.12 km	3620	22	16°27'08.7"	071°19'37.2"	2
33	E 17.13 km	3620	27	16°27'08.6"	071°19'37.3"	2

**Punto 10**

<b>POLYLEPIS RUGULOSA</b>						
N°	Punto	Altura ( m)	Diámetro (cm)	Coordenadas		M
				N	E	
1	E 17.06 km	3612	56	16° 27' 05.3"	071° 19' 39.9"	4
2	E 17.04 km	3613	21	16° 27' 05.3"	071° 19' 40.1"	2
3	E 17.05 km	3613	29	16° 27' 05.3"	071° 19' 40.2"	3
4	E 17.05 km	3612	47	16° 27' 05.3"	071° 19' 40.3"	4
5	E 17.05 km	3612	33	16° 27' 05.4"	071° 19' 40.3"	3
6	E 17.05 km	3612	59	16° 27' 05.4"	071° 19' 40.3"	5
7	E 17.06 km	3613	39	16° 27' 05.6"	071° 19' 39.9"	4
8	E 17.07 km	3616	15	16° 27' 05.7"	071° 19' 39.5"	2
9	E 17.08 km	3617	34	16° 27' 05.7"	071° 19' 39.5"	3
10	E 17.07 km	3615	20	16° 27' 05.6"	071° 19' 39.5"	2
11	E 17.07 km	3617	28	16° 27' 05.6"	071° 19' 39.5"	2
12	E 17.07 km	3617	50	16° 27' 05.8"	071° 19' 39.6"	4
13	E 17.07 km	3617	31	16° 27' 05.7"	071° 19' 39.7"	3
14	E 17.07 km	3617	16	16° 27' 05.8"	071° 19' 39.7"	1.5
15	E 17.07 km	3616	48	16° 27' 05.6"	071° 19' 39.8"	4



## Anexo 6: Evidencias fotográficas









**Anexo 7: Altura y Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)****Punto 1**

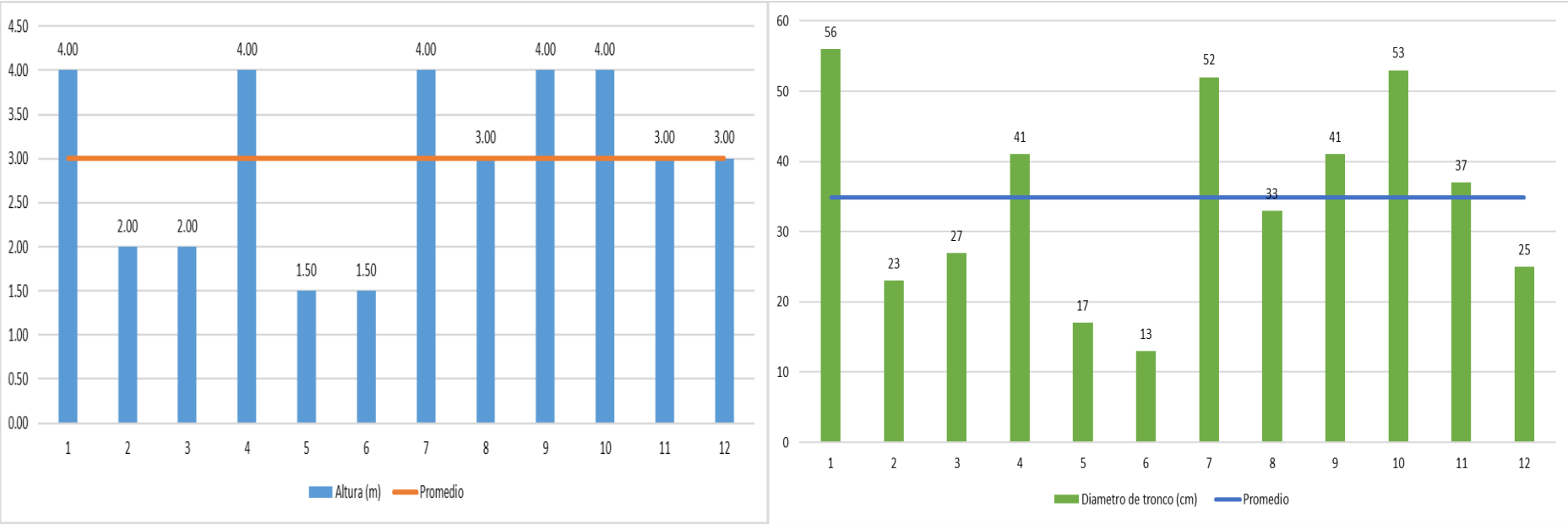
En el punto 1, se encontraron un total de 12 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 3.00 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 34.83 m. La altura máxima fue de 4.00 m y la mínima fue de 1.5. En cuanto al diámetro a la altura del pecho se encontró que el diámetro máximo fue de 56 cm y el mínimo fue de 13 cm. Es importante mencionar que se encontraron 2 árboles de 1.50 m de altura y 5 árboles con 4.00 m de altura.

**Tabla 12. Descripción de los individuos encontradas en el punto 1**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3620	4.00	56
2	3619	2.00	23
3	3619	2.00	27
4	3618	4.00	41
5	3619	1.50	17
6	3619	1.50	13
7	3619	4.00	52
8	3619	3.00	33
9	3619	4.00	41
10	3618	4.00	53
11	3618	3.00	37
12	3618	3.00	25

Fuente: Elaboración propia

**Figura 35. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontrados en el punto 1**



Fuente: Elaboración propia

## Punto 2

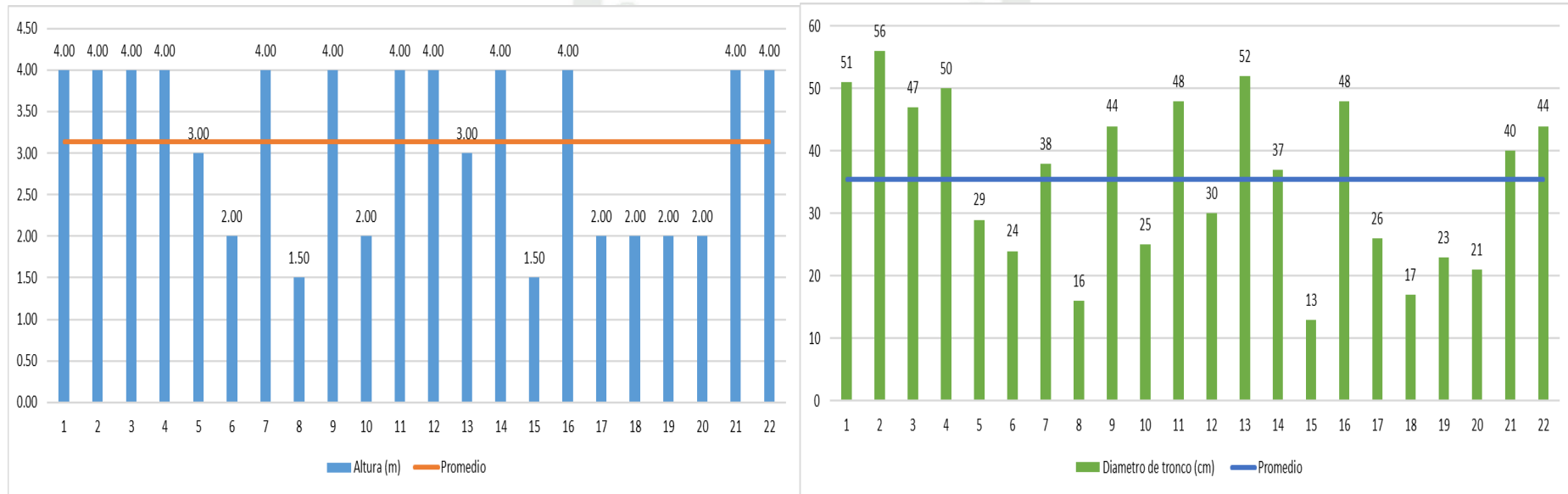
En el punto 2, se encontraron un total de 22 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 3.14 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 35.41 m. La altura máxima fue de 4.00 m y la mínima fue de 1.5. En cuanto al diámetro a la altura del pecho se encontró que el diámetro máximo fue de 56 cm y el mínimo fue de 13 cm. Es importante mencionar que se encontraron 2 árboles de 1.50 m de altura y 12 árboles con 4.00 m de altura.

**Tabla 13. Descripción de los individuos encontradas en el punto 2**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3645	4	51
2	3645	4	56
3	3645	4	47
4	3646	4	50
5	3646	3	29
6	3646	2	24
7	3646	4	38
8	3646	1.5	16
9	3646	4	44
10	3646	2	25
11	3646	4	48
12	3646	4	30
13	3646	3	52
14	3637	4	37
15	3645	1.5	13
16	3645	4	48
17	3645	2	26
18	3645	2	17
19	3647	2	23
20	3646	2	21
21	3646	4	40
22	3646	4	44

Fuente: Elaboración propia

**Figura 36. Descripción de la altura y el Diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontrados en el punto 2**



Fuente: Elaboración propia

**Punto 3**

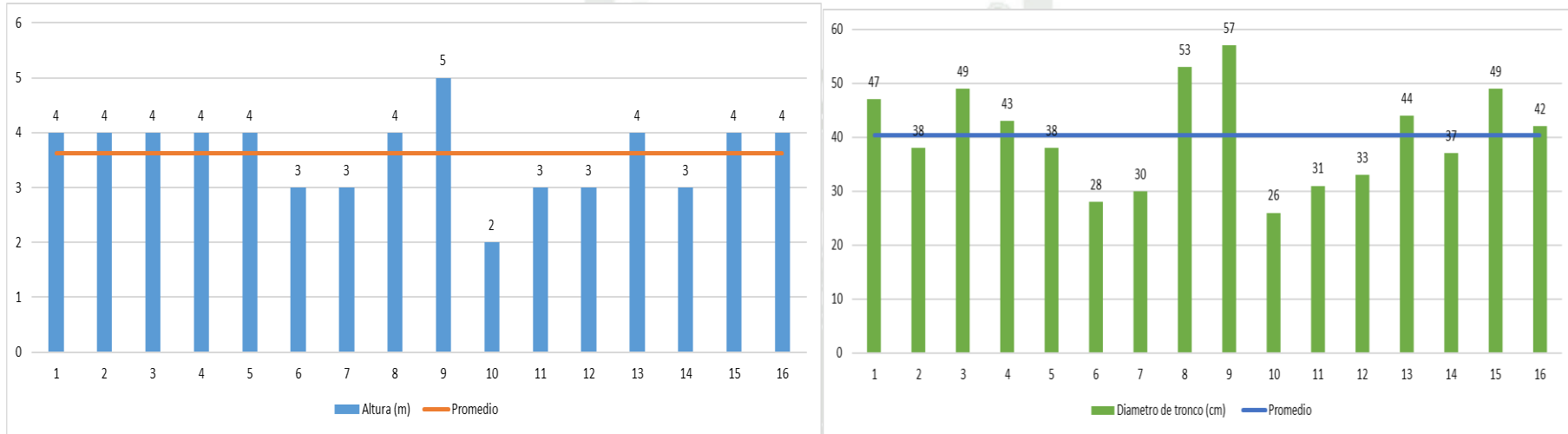
En el punto 3, se encontraron un total de 16 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 3.63 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 40.31 m. La altura máxima fue de 5.00 m y la mínima fue de 2.00. En cuanto al diámetro a la altura del pecho (DAP) se encontró que el diámetro máximo fue de 57 cm y el mínimo fue de 26 cm. Es importante mencionar que se encontraron 1 árbol de 2.00 m de altura y 1 árbol con 5.00 m de altura.

**Tabla 14. Descripción de los individuos encontradas en el punto 3**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3651	4	47
2	3649	4	38
3	3648	4	49
4	3646	4	43
5	3645	4	38
6	3646	3	28
7	3646	3	30
8	3646	4	53
9	3653	5	57
10	3660	2	26
11	3663	3	31
12	3663	3	33
13	3663	4	44
14	3662	3	37
15	3662	4	49
16	3663	4	42

Fuente: Elaboración propia

**Figura 37. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontrados en el punto 3**



Fuente: Elaboración propia

#### Punto 4

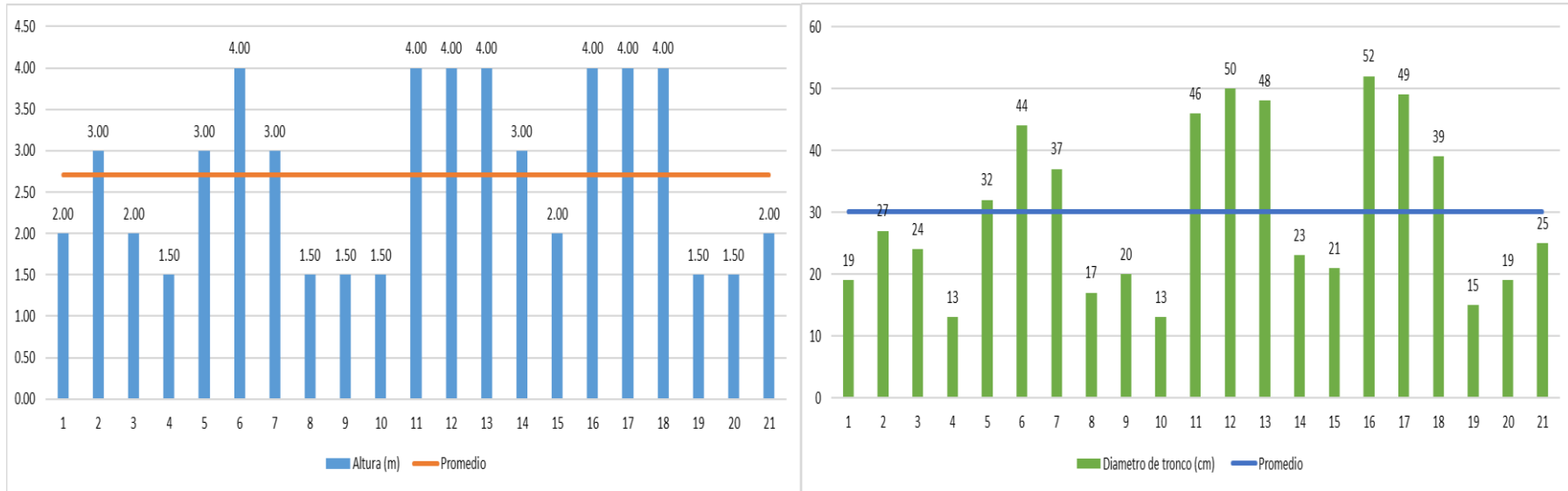
En el punto 4, se encontraron un total de 21 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 2.71 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 30.14 m. La altura máxima fue de 4.00 m y la mínima fue de 1.50. En cuanto al diámetro a la altura del pecho se encontró que el diámetro máximo fue de 52 cm y el mínimo fue de 13 cm. Es importante mencionar que se encontraron 6 árboles de 1.50 m de altura y 7 árboles con 5.00 m de altura.

**Tabla 15. Descripción de los individuos encontradas en el punto 4**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3709	2.00	19
2	3709	3.00	27
3	3708	2.00	24
4	3709	1.50	13
5	3709	3.00	32
6	3709	4.00	44
7	3708	3.00	37
8	3710	1.50	17
9	3699	1.50	20
10	3704	1.50	13
11	3705	4.00	46
12	3705	4.00	50
13	3705	4.00	48
14	3707	3.00	23
15	3705	2.00	21
16	3707	4.00	52
17	3707	4.00	49
18	3707	4.00	39
19	3708	1.50	15
20	3708	1.50	19
21	3709	2.00	25

Fuente: Elaboración propia

**Figura 38. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 4**



Fuente: Elaboración propia

**Punto 5**

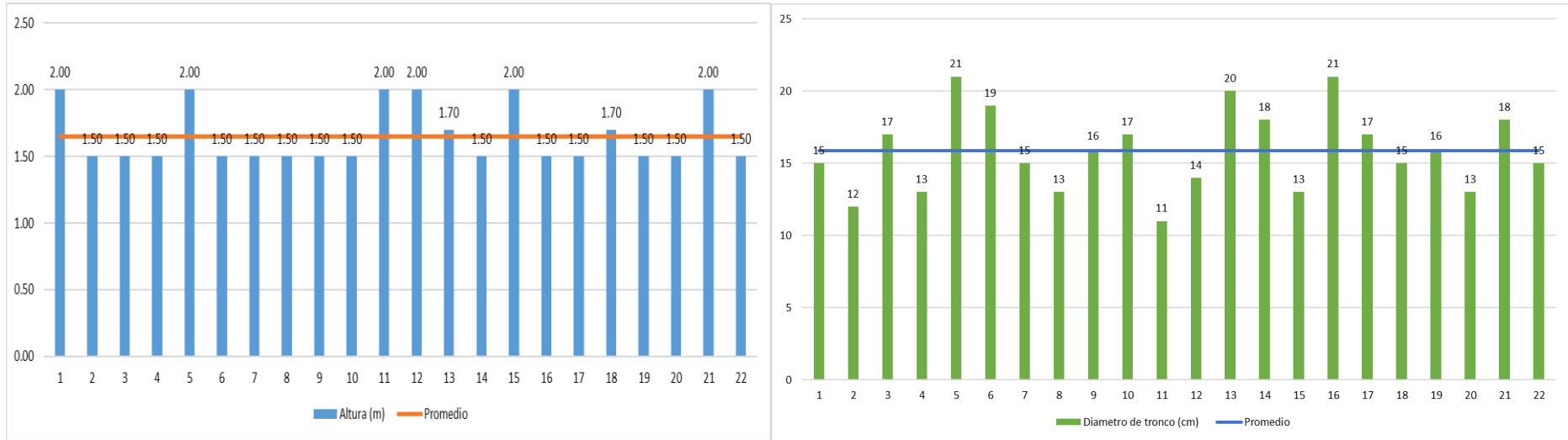
En el punto 5, se encontraron un total de 22 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 1.65 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 15.86 m. La altura máxima fue de 2.00 m y la mínima fue de 1.50. En cuanto al diámetro a la altura del pecho se encontró que el diámetro máximo fue de 15.86 cm y el mínimo fue de 11 cm. Es importante mencionar que se encontraron 14 árboles de 1.50 m de altura y 6 árboles con 2.00 m de altura.

**Tabla 16. Descripción de los individuos encontradas en el punto 5**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3678	2.00	15
2	3677	1.50	12
3	3677	1.50	17
4	3677	1.50	13
5	3677	2.00	21
6	3677	1.50	19
7	3675	1.50	15
8	3678	1.50	13
9	3678	1.50	16
10	3684	1.50	17
11	3684	2.00	11
12	3685	2.00	14
13	3685	1.70	20
14	3684	1.50	18
15	3685	2.00	13
16	3685	1.50	21
17	3685	1.50	17
18	3684	1.70	15
19	3684	1.50	16
20	3684	1.50	13
21	3684	2.00	18
22	3685	1.50	15

Fuente: Elaboración propia

**Figura 39. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontrados en el punto 5**



Fuente: Elaboración propia



### Punto 6

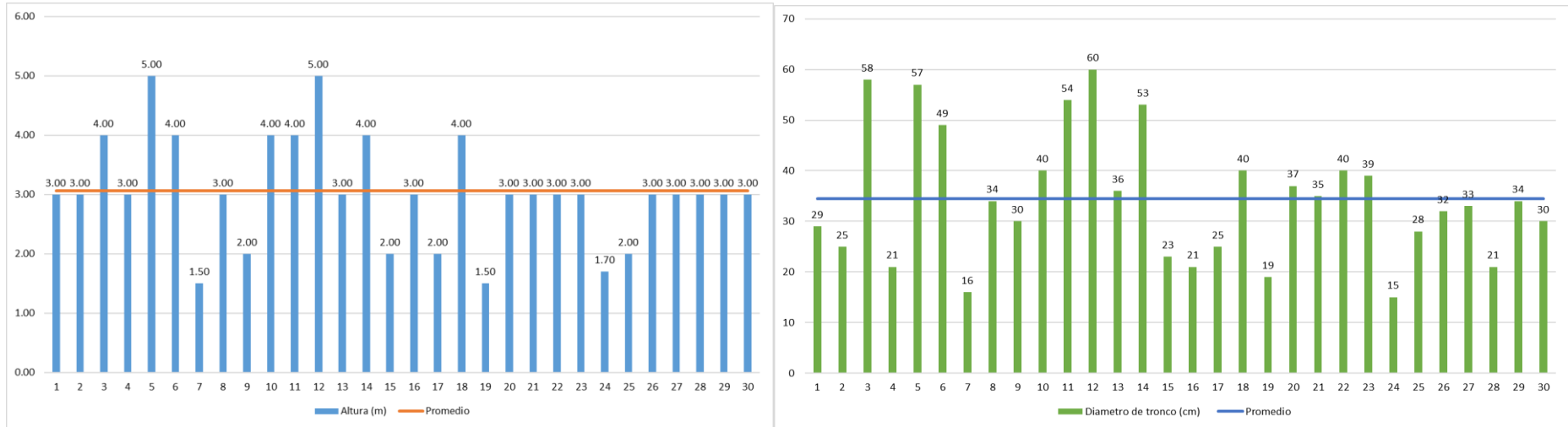
En el punto 6, se encontraron un total de 30 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 3.06 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 34.47 m. La altura máxima fue de 5.00 m y la mínima fue de 1.50. En cuanto al diámetro a la altura del pecho se encontró que el diámetro máximo fue de 60 cm y el mínimo fue de 15 cm. Es importante mencionar que se encontraron 2 árboles de 1.50 m de altura y 5 árboles con 5.00 m de altura.

**Tabla 17. Descripción de los individuos encontradas en el punto 6**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3667	3.00	29
2	3667	3.00	25
3	3667	4.00	58
4	3666	3.00	21
5	3666	5.00	57
6	3666	4.00	49
7	3665	1.50	16
8	3665	3.00	34
9	3655	2.00	30
10	3665	4.00	40
11	3665	4.00	54
12	3672	5.00	60
13	3668	3.00	36
14	3668	4.00	53
15	3668	2.00	23
16	3668	3.00	21
17	3669	2.00	25
18	3668	4.00	40
19	3668	1.50	19
20	3668	3.00	37
21	3668	3.00	35
22	3668	3.00	40
23	3668	3.00	39
24	3668	1.70	15
25	3668	2.00	28
26	3668	3.00	32
27	3668	3.00	33
28	3668	3.00	21
29	3668	3.00	34
30	3668	3.00	30

Fuente: Elaboración propia

**Figura 40. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontrados en el punto 6**



Fuente: Elaboración propia



### Punto 7

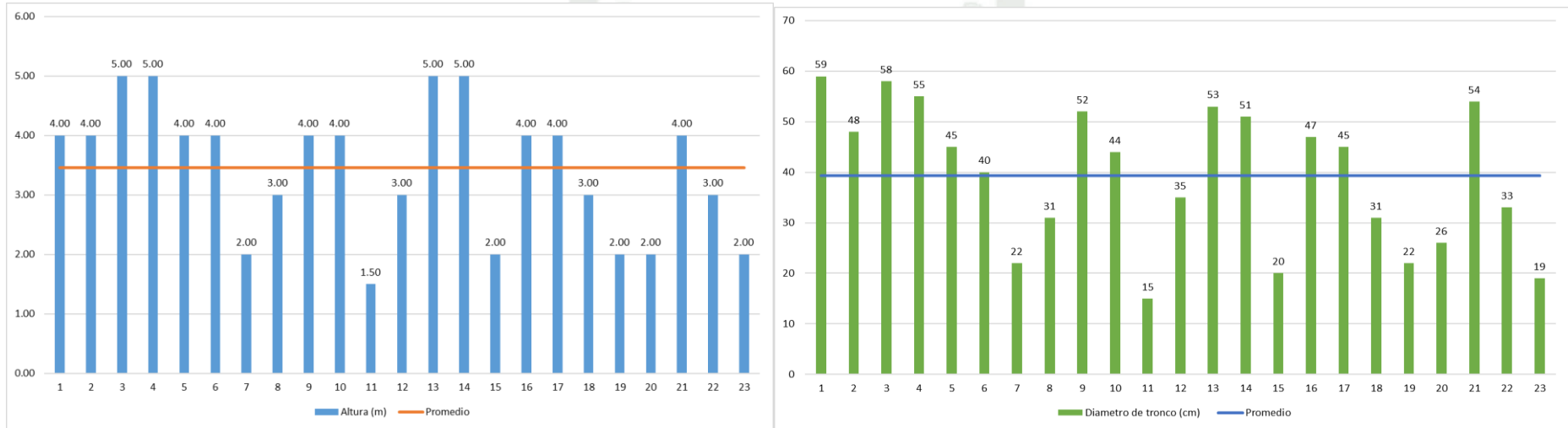
En el punto 7, se encontraron un total de 23 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 3.46 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 39.35 m. La altura máxima fue de 5.00 m y la mínima fue de 1.50. En cuanto al diámetro a la altura del pecho se encontró que el diámetro máximo fue de 59 cm y el mínimo fue de 15 cm. Es importante mencionar que se encontraron 1 árbol de 1.50 m de altura y 4 árboles con 5.00 m de altura.

**Tabla 18. Descripción de los individuos encontradas en el punto 7**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3657	4.00	59
2	3653	4.00	48
3	3652	5.00	58
4	3654	5.00	55
5	3653	4.00	45
6	3652	4.00	40
7	3653	2.00	22
8	3654	3.00	31
9	3653	4.00	52
10	3652	4.00	44
11	3652	1.50	15
12	3652	3.00	35
13	3652	5.00	53
14	3652	5.00	51
15	3652	2.00	20
16	3652	4.00	47
17	3653	4.00	45
18	3653	3.00	31
19	3653	2.00	22
20	3653	2.00	26
21	3653	4.00	54
22	3653	3.00	33
23	3653	2.00	19

Fuente: Elaboración propia

**Figura 41. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontrados en el punto 7**



Fuente: Elaboración propia



### Punto 8

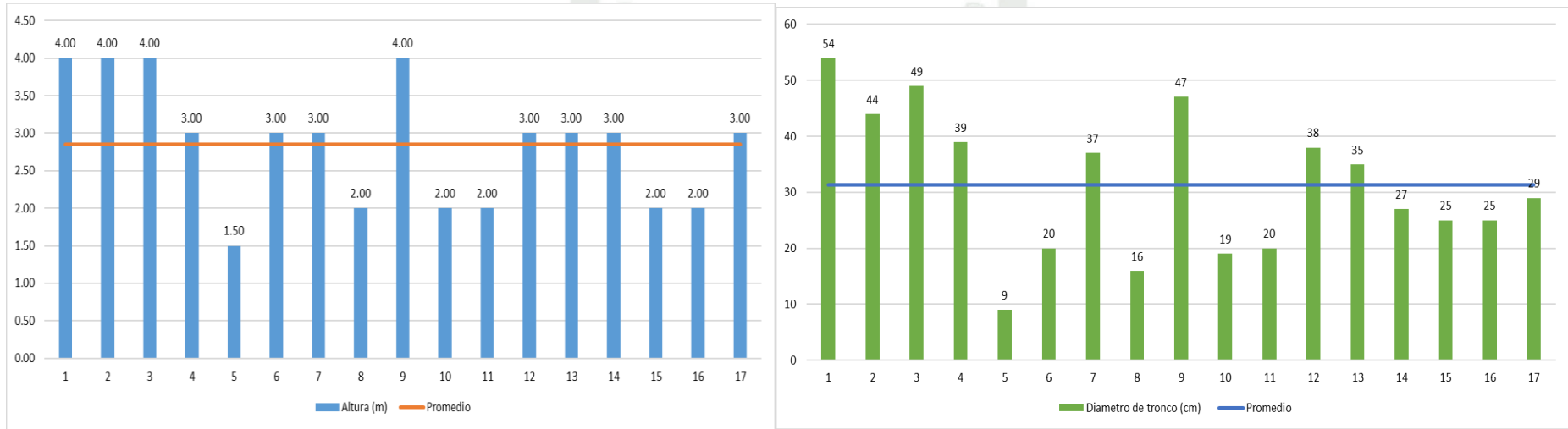
En el punto 8, se encontraron un total de 17 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 2.85 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 31.35 cm. La altura máxima fue de 4.00 m y la mínima fue de 1.50. En cuanto al diámetro a la altura del pecho se encontró que el diámetro máximo fue de 59 cm y el mínimo fue de 15 cm. Es importante mencionar que se encontraron 1 árbol de 1.50 m de altura y 4 árboles con 4.00 m de altura.

**Tabla 19. Descripción de los individuos encontradas en el punto 8**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3631	4.00	54
2	3632	4.00	44
3	3631	4.00	49
4	3632	3.00	39
5	3631	1.50	9
6	3632	3.00	20
7	3631	3.00	37
8	3632	2.00	16
9	3631	4.00	97
10	3631	2.00	19
11	3631	2.00	20
12	3631	3.00	38
13	3631	3.00	35
14	3631	3.00	27
15	3631	2.00	25
16	3631	2.00	25
17	3631	3.00	29

Fuente: Elaboración propia

**Figura 42. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 8**



Fuente: Elaboración propia



### Punto 9

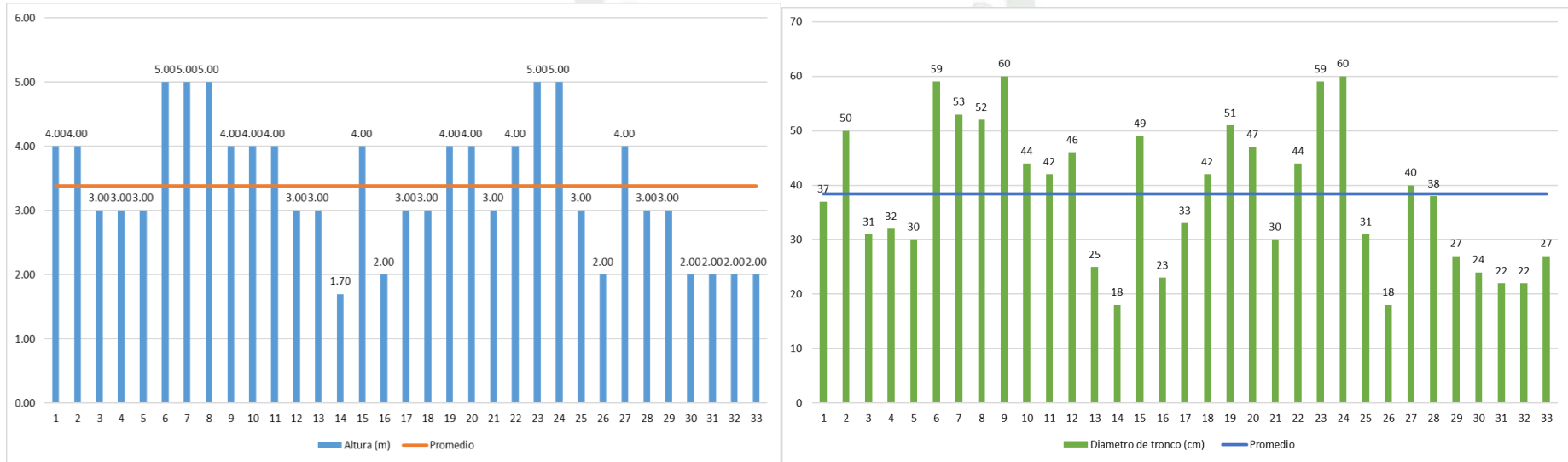
En el punto 9, se encontraron un total de 33 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 3.38 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 38.36 m. La altura máxima fue de 5.00 m y la mínima fue de 1.70. En cuanto al diámetro a la altura del pecho se encontró que el diámetro máximo fue de 60 cm y el mínimo fue de 18 cm. Es importante mencionar que se encontraron 1 árbol de 1.70 m de altura y 5 árboles con 5.00 m de altura.

**Tabla 20. Descripción de los individuos encontradas en el punto 9**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3613	4.00	37
2	3614	4.00	50
3	3614	3.00	31
4	3613	3.00	32
5	3614	3.00	30
6	3614	5.00	59
7	3614	5.00	53
8	3614	5.00	52
9	3614	4.00	60
10	3614	4.00	44
11	3613	4.00	42
12	3614	3.00	46
13	3613	3.00	25
14	3613	1.70	18
15	3614	4.00	49
16	3614	2.00	23
17	3614	3.00	33
18	3614	3.00	42
19	3614	4.00	51
20	3614	4.00	47
21	3620	3.00	30
22	3620	4.00	44
23	3620	5.00	59
24	3619	5.00	60
25	3619	3.00	31
26	3620	2.00	18
27	3620	4.00	40
28	3620	3.00	38
29	3620	3.00	27
30	3620	2.00	24
31	3620	2.00	22
32	3620	2.00	22
33	3620	2.00	27

Fuente: Elaboración propia

**Figura 43. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontradas en el punto 9**



Fuente: Elaboración propia

### Punto 10

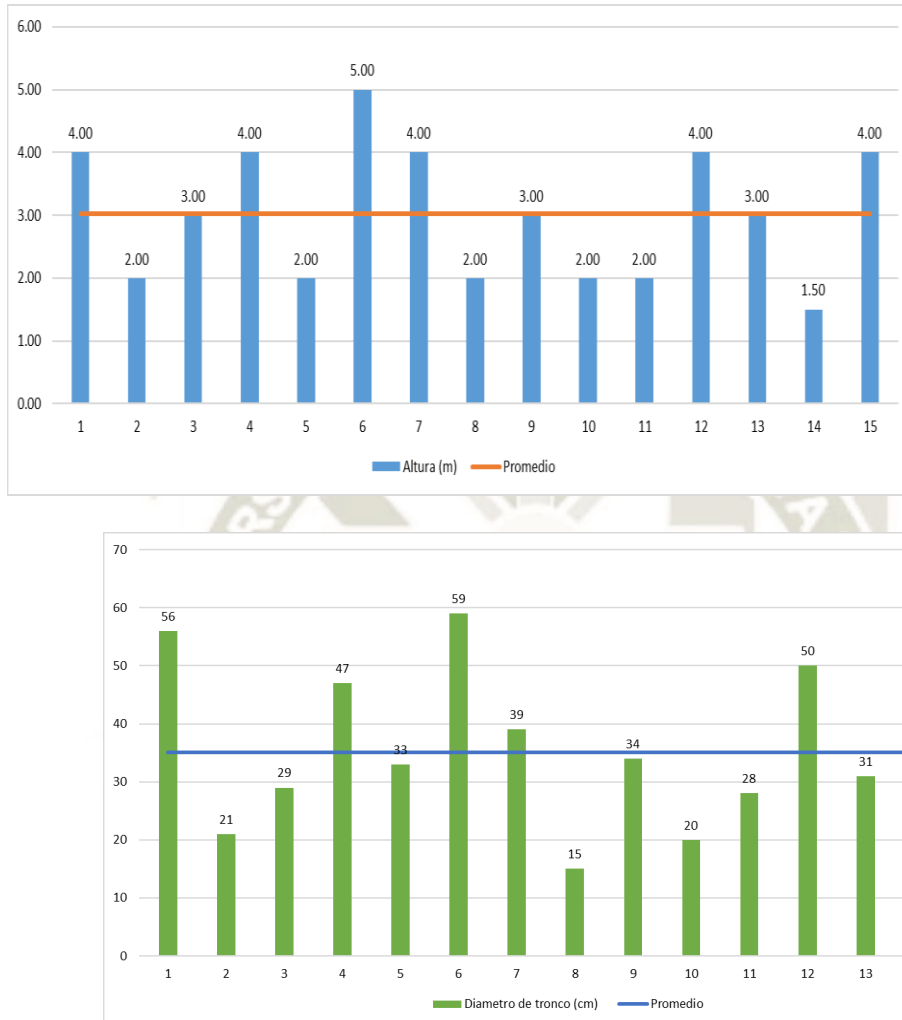
En el punto 10, se encontraron un total de 15 individuos de *Polylepis rugulosa*, el promedio de la altura fue de 3.03 m y el promedio del diámetro del tronco fue de 35.07 m. La altura máxima fue de 5.00 m y la mínima fue de 1.50. En cuanto al diámetro a la altura del pecho se encontró que el diámetro máximo fue de 59 cm y el mínimo fue de 15 cm. Es importante mencionar que se encontraron 1 árbol de 1.50 m de altura y 1 árbol con 5.00 m de altura.

**Tabla 21. Descripción de los individuos encontradas en el punto 10**

Individuos	m.s.n.m	Altura (m)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
1	3612	4.00	56
2	3613	2.00	21
3	3613	3.00	29
4	3612	4.00	47
5	3612	2.00	33
6	3612	5.00	59
7	3613	4.00	39
8	3616	2.00	15
9	3617	3.00	34
10	3615	2.00	20
11	3617	2.00	28
12	3617	4.00	50
13	3617	3.00	31
14	3617	1.50	16
15	3616	4.00	48

Fuente: Elaboración propia

**Figura 44. Descripción de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los individuos encontrados en el punto 10**



Fuente: Elaboración propia