

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



“CARACTERIZACIÓN DEL BOSQUE DE *POLYLEPIS* DE JURAU,  
MICROCUEENCA DE PARIA, DISTRITO DE HUASTA, PROVINCIA  
DE BOLOGNESI, DEPARTAMENTO DE ANCASH”

**Presentado por:**

**JUAN ANDRÉS CASTRO GONZALES**

**Tesis para Optar el Título Profesional de:**

**BIÓLOGO**

**Lima – Perú**

**2014**

## **DEDICATORIA**

A mi tío Yuri, por ser la persona que está y estará siempre protegiéndome y guiándome en cada cosa nueva que se avecine en el futuro. A mis queridos padres: Marlene Gonzales y Juan Castro por ser mi soporte emocional a lo largo de mi vida, por engreírme a cada momento, por ser mis consejeros personales y por siempre brindarme su constante apoyo en cuánta cosa haga. A mis apreciados hermanos: Andrea y Jhudá por soportar cada vez que me encerraba en el cuarto, por los momentos de alegría que eran un anti estrés natural, y por su constante apoyo y amor incondicional.

A mi amigo del alma Nayo (Ladislao Arnaldo Roque Hinope) que siempre estuvo dándome muchas fuerzas y ánimos para poder culminar el presente trabajo.

En especial a Mary Alexandra, que fue la persona que siempre estuvo a mi lado apoyándome, brindándome su amor, confianza, tiempo y paciencia; y por compartir hermosos momentos inolvidables.

## AGRADECIMIENTO

A la hermosa familia de Anibal Irving Loyola Medina conformada por su esposa Manilda Hermelinda Julca Montes y su hijo Irving Guimel Loyola Julca, quienes fueron las personas que me acompañaron, cobijaron en su linda morada y compartieron junto a mi momentos inolvidables. Agradezco también a personas incansables como Jose Arnaldo Julca Montes y a Christian Arnaldo Julca Montes, quienes junto a Aníbal, fueron las personas que pusieron todo el empuje y fuerza en la presente investigación.

A la profesora Mercedes Flores Pimentel por haberme asesorado en la tesis. Gracias por su paciencia, exigencia, conocimientos, por creer en mí y por ponerle amor a todo lo que hace.

A la profesora Ana Cecilia Vargas por haber sido mi co-patrocinado en el presente trabajo. Gracias por el apoyo, paciencia, buen humor, conocimientos y por creer siempre en mí.

A Cciary Alegría Mont y a Betzabeth Ávila Páucar por haber sido mis compañeras en esta aventura. Gracias por su pundonor, paciencia, coraje, valentía y esfuerzo en ayudarme a concluir satisfactoriamente la tesis.

Deseo agradecer de manera especial a la ONG “The Mountain Institute” por haberme brindado el financiamiento, apoyo incondicional y calor humano para desarrollar la tesis. En especial agradecer a Jorge Recharte, Marianna Mindreau, Doris Chávez, Donato y Juancito por brindarme todo su conocimiento y amor por los árboles del género *Polylepis*, además del apoyo y la confianza que depositaron en mí.

Al LASPAF (Laboratorio de análisis de suelos, plantas y fertilizantes) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por el financiamiento brindado al presente trabajo. En especial agradecer al profesor Braulio Torres por confiar en el presente proyecto.

De manera especial, agradecer a mis tíos Florencia y Lucho por confiar en mí y por el apoyo incondicional que siempre me brindaron aun estando lejos.

Al profesor Juan Guerrero Lázaro y a la profesora Lily Tello Peramas, que siempre tuvieron la amabilidad de compartir sus conocimientos y dilucidar mis dudas.

## ÍNDICE GENERAL

I.	RESUMEN .....	1
II.	INTRODUCCIÓN .....	2
III.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
3.1	BOSQUES ANDINOS NATIVOS .....	4
3.2	CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL GÉNERO .....	4
3.2.1	TALLO .....	4
3.2.2	HOJAS .....	5
3.2.3	FLORES .....	5
3.2.4	FRUTOS .....	5
3.2.5	SEMILLAS .....	5
3.3	CLASIFICACIÓN BOTÁNICA .....	6
3.4	ESPECIES EN ESTUDIO .....	8
3.4.1	<i>Polylepis reticulata</i> Hieron .....	8
3.4.1	<i>Polylepis sericea</i> Wedd .....	8
3.5	EVOLUCIÓN DEL GÉNERO POLYLEPIS .....	11
3.6	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL GÉNERO POLYLEPIS .....	11
3.6.1	EN EL MUNDO .....	11
3.6.2	EN EL PERÚ .....	14
3.7	PROBLEMÁTICA CON RELACIÓN A LA ACTUAL DISTRIBUCIÓN DE LOS BOSQUES DEL GÉNERO <i>POLYLEPIS</i> ¿CONSECUENCIA DE FACTORES NATURALES O ACTIVIDAD HUMANA? .....	17
3.7.1	CONTEXTO HISTÓRICO .....	17
3.7.2	FACTORES ACTUALES QUE AMENAZAN LOS BOSQUES DEL GÉNERO <i>POLYLEPIS</i> .....	18
	El fuego .....	18
	El sobre pastoreo .....	19
	La tala .....	19
	La agricultura .....	19
	El calentamiento global .....	20
3.8	IMPORTANCIA DE LOS BOSQUE DEL GÉNERO <i>POLYLEPIS</i> .....	21
3.8.1	USOS QUE SE LE DA A LA PLANTA DEL GÉNERO <i>POLYLEPIS</i> ..	21
3.8.2	CAPTACIÓN DE CARBONO .....	22
3.8.3	CAPTACIÓN DE AGUA Y PROTECCIÓN DE CUENCAS .....	23

3.8.4	PLANTAS ÚTILES PARA EL SER HUMANO .....	24
3.8.5	REFUGIOS DE BIODIVERSIDAD .....	24
	Flora presente en los bosques del género <i>Polylepis</i> .....	24
	b. Fauna presente en los bosques del género <i>Polylepis</i> .....	28
3.9	ECOLOGÍA DE LOS BOSQUES DEL GÉNERO POLYLEPIS .....	29
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
4.1	Área de estudio .....	31
4.2	Identificación y medición de variables .....	34
4.2.1	Con relación al suelo. ....	34
	a. pH del suelo.....	35
	b. Materia orgánica.....	35
	c. Fósforo disponible.....	36
	d. Potasio disponible .....	36
	e. Clase textural.....	36
	f. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) .....	37
	g. Pendiente .....	37
4.2.2	Con relación a los individuos de <i>Polylepis</i> .....	38
	4.2.2.1 Individuos con DAP < 3 cm (regeneración natural).....	38
	a. Altura .....	38
	b. Cobertura total por parcela.....	39
	c. Densidad .....	39
	4.2.2.2 Con relación a los individuos de DAP ≥ 3 cm (estrato arbóreo).....	40
	a. Altura .....	40
	b. Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	40
	c. Densidad .....	42
4.3	Diseño de investigación.....	43
4.4	Población y muestra .....	46
	4.4.1 Selección del tamaño de muestra – Individuos con DAP < 3 cm (Regeneración natural) .....	46
	4.4.2 Selección del tamaño de muestra – Individuos con DAP ≥ 3 cm (individuos de porte arbóreo) .....	49
4.5	Instrumentos de colecta de datos .....	51
4.6	Procedimiento de análisis de datos.....	53
	4.6.1 Objetivo 1 .....	53
	4.6.2 Objetivo 2 .....	53
	4.6.3 Objetivo 3 .....	54

4.6.4	Objetivo 4 .....	54
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	55
5.1	Análisis de la regeneración natural (DAP < 3 cm) .....	56
5.1.1	Análisis de la altura (cm) .....	56
5.1.2	Análisis densidad (número de individuos de regeneración natural por m <sup>2</sup> ) .....	60
5.1.3	Análisis de cobertura vegetal por parcela (%) .....	65
5.2	Análisis de los individuos de porte arbóreo (DAP ≥ 2.5 cm) .....	69
5.2.1	Análisis del Diámetro a la altura del pecho (DAP) .....	69
5.2.2	Análisis de la Altura (m) de los individuos .....	75
5.2.3	Análisis densidad (número de individuos de porte arbóreo por m <sup>2</sup> ) .....	80
5.3	Análisis del suelo .....	85
5.3.1	Análisis del pH. ....	85
5.3.2	Análisis de materia orgánica (%) .....	89
5.3.3	Fósforo disponible (P). ....	92
5.3.4	Potasio disponible (K). ....	95
5.3.5	Clase textura. ....	98
5.3.6	CIC (capacidad de intercambio catiónico) efectiva .....	100
5.4	Regresión lineal múltiple .....	103
VI.	CONCLUSIONES .....	106
VII.	RECOMENDACIONES .....	108
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	109
IX.	ANEXOS .....	119

## ÍNDICE DE CUADROS

- **CUADRO 1.** Ubicación del género *Polylepis* dentro de la clasificación taxonómica (Cronquist, 1981).....6
- **CUADRO 2.** Ubicación del género *Polylepis* según el sistema de clasificación APG III (Angiosperm Phylogeny Group).....7
- **CUADRO 3.** Ocurrencia de especies del género *Polylepis* por países.....13
- **CUADRO 4.** Lista de las especies de *Polylepis* reportadas para el Perú, con rangos altitudinales, distribución departamental (las abreviaturas usadas para los departamentos fueron tomados según Brako & Zarucchi 1993, citado por Mendoza y Cano 2011).....15
- **CUADRO 5.** Características físicas de las zonas de vida en las que hay presencia del género.....16
- **CUADRO 6.** Caracterización según INRENA de las especies de flora presentes en los bosques del género *Polylepis* de Puno según su situación actual.....26
- **CUADRO 7.** Caracterización según INRENA de las especies de flora presentes en los bosques del género *Polylepis* del corredor de Conchucos – Huaraz, según su situación actual.....27
- **CUADRO 8.** Aves relacionadas a los bosques de *Polylepis* que se encuentran en estado de amenaza según la IUCN.....28
- **CUADRO 9.** Densidad de individuos con un DAP < 3cm. obtenidos en parcelas de 100m<sup>2</sup> sometidas a un muestreo aleatorio simple.....47
- **CUADRO 10.** Densidad de individuos con un DAP ≥ 3cm. obtenidos en parcelas de 100m<sup>2</sup> sometidas a un muestreo aleatorio simple.....49
- **CUADRO 11.** Instrumentos y herramientas que se utilizaron en la colecta de datos.....51
- **CUADRO 12.** Materiales complementarios que se utilizaron en la salida de campo.....52

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

- **GRÁFICO 1.** Distribución de alturas (cm) de los individuos regenerados de la especie de *Polylepis reticulata* Hieron presentes en el bosque .....57
- **GRÁFICO 2.** Distribución de alturas (cm) de los individuos regenerados de la especie de *Polylepis sericea* Wedd presentes en el bosque .....57
- **GRÁFICO 3.** Gráfico de cajas de la variable Altura (cm) – Regeneración Natural de la especie *Polylepis reticulata* Hieron.....58
- **GRÁFICO 4.** Gráfico de cajas de la Altura (cm) – Regeneración Natural de la especie *Polylepis sericea* Wedd.....59
- **GRÁFICO 5.** Histograma de la variable densidad de individuos de Regeneración natural de la especie *Polylepis reticulata* Hieron (No incluye datos con valor de cero).....63
- **GRÁFICO 6.** Gráfico de Cajas de Densidad de individuos de Regeneración natural de la especie *Polylepis reticulata* Hieron.....64
- **GRÁFICO 7.** Histograma de Cobertura vegetal de individuos de Regeneración natural de la especie *Polylepis reticulata* Hieron (No incluye datos con valor de cero).....67
- **GRÁFICO 8.** Gráfico de Cajas de Cobertura de individuos de Regeneración natural de la especie *Polylepis reticulata* Hieron.....68
- **GRÁFICO 9.** Distribución del DAP (cm) de los individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis reticulata* Hieron presentes en el bosque .....72
- **GRÁFICO 10.** Distribución del DAP (cm) de los individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis sericea* Wedd presentes en el bosque .....72
- **GRÁFICO 11.** Gráfico de cajas del Diámetro a la altura del pecho (DAP) de individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis reticulata* Hieron.....73
- **GRÁFICO 12.** Gráfico de cajas del Diámetro a la altura del pecho (DAP) de individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis sericea* Wedd.....74



-	<b>GRÁFICO 13.</b> Distribución de Alturas (m) de los individuos de porte arbóreo de la especie <i>Polylepis reticulata</i> Hieron presentes en el bosque .....	77
-	<b>GRÁFICO 14.</b> Distribución de Alturas (m) de los individuos de porte arbóreo de la especie <i>Polylepis sericea</i> Wedd presentes en el bosque .....	77
-	<b>GRÁFICO 15.</b> Gráfico de cajas de la Altura (m.) de individuos de porte arbóreo de la especie <i>Polylepis reticulata</i> Hieron.....	78
-	<b>GRÁFICO 16.</b> Gráfico de cajas de la Altura (m.) de individuos de porte arbóreo de la especie <i>Polylepis sericea</i> Wedd.....	79
-	<b>GRÁFICO 17.</b> Histograma de la variable densidad de individuos de porte arbóreo de la especie <i>Polylepis reticulata</i> Hieron.....	83
-	<b>GRÁFICO 18.</b> Gráfico de Cajas de Densidad de individuos de porte arbóreo de la especie <i>Polylepis reticulata</i> Hieron.....	84
-	<b>GRÁFICO 19.</b> Gráfico de barras - pH del suelo.....	88
-	<b>GRÁFICO 20.</b> Gráfico de barras - % de Materia Orgánica del suelo.....	91
-	<b>GRÁFICO 21.</b> Gráfico de Cajas - % materia orgánica del suelo (parcelas con valores mayores a 4%).....	91
-	<b>GRÁFICO 22.</b> Gráfico de barras – Fósforo disponible (ppm) en el suelo.....	93
-	<b>GRÁFICO 23.</b> Gráfico de Cajas - Fósforo disponible en el suelo (ppm).....	94
-	<b>GRÁFICO 24.</b> Gráfico de barras – Potasio disponible (ppm) en el suelo.....	96
-	<b>GRÁFICO 25.</b> Gráfico de Cajas - Potasio disponible en el suelo (ppm).....	97
-	<b>GRÁFICO 26.</b> Gráfico circular seccionado 3D – Potasio disponible en el suelo (ppm).....	99
-	<b>GRÁFICO 27.</b> Histograma – CIC efectiva del suelo (meq/100g).....	101
-	<b>GRÁFICO 28.</b> Gráfico de Cajas - CIC del suelo (meq/100g).....	102

- **GRÁFICO 29.** Grafica de matriz de las variables *densidad de regeneración natural* (Den\_RN), altura (msnsm), pendiente (°), pH, M.O. (materia orgánica), fósforo disponible, potasio disponible y CIC efectiva.....103

## ÍNDICE DE IMÁGENES

- **IMAGEN 1:** Especie *Polylepis reticulata* Hieron. Muestra completa colectada y montada para su identificación.....9
- **IMAGEN 2:** Especie *Polylepis sericea* Wedd. Muestra completa colectada y montada para su identificación.....10
- **IMAGEN 3:** Vista 3D del bosque de *Polylepis sp.* ubicado en un valle glaciar en forma de “U”, confirmando lo mencionado por Yallico (1992).....33
- **IMAGEN 4:** Medición del DAP y casos particulares.....41

## ÍNDICE DE FIGURAS

- **FIGURA 1:** Muestreo de suelo en parcelas de 400m<sup>2</sup> .....34
- **FIGURA 2:** Medición de la cobertura vegetal.....39
- **FIGURA 3:** Diseño de muestreo que se utilizó en el campo.....43

## ÍNDICE DE PLANOS

- **PLANO 1.** Ubicación del bosque de *Polylepis sp.* en estudio.....32
- **PLANO 2.** Ubicación de las 109 parcelas experimentales muestreadas.....45
- **PLANO 3.** Análisis espacial de la variable densidad (individuos de regeneración natural por m<sup>2</sup>) a lo largo del bosque de *Polylepis sp.* Método de interpolación: Kriging. (Sí incluye datos con valor de cero).....62
- **PLANO 4.** Análisis espacial de la variable Cobertura (%) a lo largo del bosque de *Polylepis sp.* Método de interpolación: Kriging. (Sí incluye datos con valor de cero).....66
- **PLANO 5.** Análisis espacial de la variable densidad (individuos de porte arbóreo por m<sup>2</sup>). Método de interpolación: Kriging.....82
- **PLANO 6.** Ubicación de las parcelas donde se muestreo suelo.....87

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1. Constancia de clasificación a nivel de especie (2013).....	119
- ANEXO 2. Tablas de resultados entregados por el laboratorio de suelos LASPAF.....	121
- ANEXO 3. Tabla de los datos obtenidos en campo por parcela.....	124
- TABLA 3.1. Parcelas (104) conformadas por la especie <i>Polylepis reticulata</i> Hieron.....	124
- TABLA 3.2. Parcelas (5) conformadas por la especie <i>Polylepis sericea</i> Wedd.....	127
- ANEXO 4. Tabla de los datos derivados del análisis de suelos.....	128
TABLA 4.1. Parcelas (33) conformadas por la especie <i>Polylepis reticulata</i> Hieron.....	128
TABLA 4.2. Parcelas (2) conformadas por la especie <i>Polylepis sericea</i> Wedd.....	130
- ANEXO 5. Tablas de interpretación para analizar variables del suelo.....	131
TABLA 5.1. Términos descriptivos utilizados para los rangos de pH.....	131
TABLA 5.2. Términos descriptivos utilizados para los rangos materia orgánica (%), de acuerdo al Método Walkley-Black.....	131
TABLA 5.3. Términos descriptivos utilizados para los rangos fósforo disponible (ppm), de acuerdo al Método de Oslen. Los criterios de interpretación propuestos son en base a la agrupación de los suelos por tipos o grupos texturales.....	132
TABLA 5.4. Términos descriptivos utilizados para los rangos potasio disponible (ppm), de acuerdo al Método Extracción con Acetato de Amonio, UCLA – Barquisimeto.....	132

-	<b>ANEXO 6.</b> Triángulo Textural para determinación de texturas de suelo.....	133
-	<b>ANEXO 7.</b> Fotografías que evidencian la quema del bosque de <i>Polylepis Reticulata Hieron</i> .....	134
-	<b>ANEXO 8.</b> Fotografías que evidencian que los árboles de <i>Polylepis</i> muestreados no presentan troncos doblados o retorcidos.....	138
-	<b>ANEXO 9.</b> Fotografías que evidencian la baja densidad de árboles y la presencia exclusiva de la especie <i>Polylepis Sericea</i> Wedd en las parcelas ubicadas en la zona más alta del bosque.....	140
-	<b>ANEXO 10.</b> Gráficas de distribución de DAP (diámetro a la altura del pecho) elaboradas por ECOAN (2005) en su estudio “Evaluación de la biodiversidad de los Bosques de <i>Polylepis</i> del Corredor de Conchucos – Huaraz”.....	141
	<b>GRÁFICO 10.1:</b> Distribución de DAP de los árboles del bosque de Pumahuain (4465msnm), ubicado en la localidad de Challhuayacu, distrito de Chavin de Huantar, provincia de Huari.....	142
	<b>GRÁFICO 10.2:</b> Distribución de DAP de los árboles del bosque de Gague (3074msnm), ubicado en localidad de Challhuayacu, distrito de Chavin de Huantar, Provincia de Huari.....	143
	<b>GRÁFICO 10.3:</b> Distribución de DAP de los árboles del bosque de Winco (4440msnm), ubicado en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi.....	143
-	<b>ANEXO 11.</b> Gráficas de distribución de Alturas (m) elaboradas por ECOAN (2005) en su estudio “Evaluación de la biodiversidad de los Bosques de <i>Polylepis</i> del Corredor de Conchucos – Huaraz”.....	144
	<b>GRÁFICO 11.1:</b> Distribución de Altura de los árboles del bosque de Gague (3074msnm), ubicado en localidad de Challhuayacu, distrito de Chavin de Huantar, Provincia de Huari.....	144
	<b>GRÁFICO 11.2:</b> Distribución de Altura de los árboles del bosque de Pacchac (4193msnm), ubicado en localidad de Challhuayacu, distrito de Chavín de Huantar, Provincia de Huari.....	145

**GRÁFICO 11.3:** Distribución de Altura de los árboles del bosque de Winco (4440msnm), ubicado en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi.....145

- **ANEXO 12.** Fotografías del árbol de *Polylepis reticulata* Hieron con mayor DAP encontrado (108.86 cm).....146
- **ANEXO 13.** Resolución Ministerial N° 306-2011-MINAM que reconoce a la microcuenca de Paria, lugar donde se encuentra el bosque en estudio, como un Área de Conservación Comunal.....147
- **ANEXO 14.** Fotografías que evidencian la presencia de regeneración natural.....152
- **ANEXO 15.** Fotografías que muestran la forma en la que se muestreo el suelo.....154



## I. RESUMEN

Se evaluó el bosque de *Polylepis sp.* ubicado en la zona de Jurau (4350 a 4700 msnm), distrito de Huasta, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash, Perú. El objetivo fue caracterizar el bosque constituido por las especies *Polylepis reticulata* Hieron y *Polylepis sericea* Wedd, mediante el análisis de la regeneración natural e individuos de porte arbóreo de cada especie, análisis físico-químico del suelo y las relaciones entre estas. Se realizó un muestreo aleatorio de 109 parcelas de 400 m<sup>2</sup> cada una, con la finalidad de analizar a los individuos de porte arbóreo en sub-parcelas de 200 m<sup>2</sup> y la regeneración natural en sub-parcelas de 25 m<sup>2</sup>, debido al alto esfuerzo de muestreo empleado. Los resultados muestran que el bosque se caracteriza por presentar individuos regenerados de la especie *Polylepis reticulata* Hieron con alturas entre los 8 – 33 cm, densidades entre 11 – 42 individuos/ 25 m<sup>2</sup> y una cobertura vegetal entre 1.26 – 11.72 %; e individuos de porte arbóreo que se caracterizan por presentar DAP entre los 9.43 – 26.42 cm, densidades entre 6 – 17 individuos / 200 m<sup>2</sup> y alturas entre 5 – 11.25 m. Con respecto a la especie *Polylepis sericea* Wedd, los individuos regenerados se caracterizan por presentar alturas entre 24.5 – 62.5 cm, y los individuos de porte arbóreo se caracterizan por presentar DAP entre 10.82 – 20.37 cm y alturas entre 4 – 7 m. El suelo del bosque se caracteriza por presentar un pH *muy fuertemente ácido* a *extremadamente ácido* (3.5 a 5.0), *muy alto* porcentaje de materia orgánica (8.19 – 28.40 %), *muy baja* cantidad de fósforo disponible (3.0 – 6.5 ppm), *baja* cantidad de potasio disponible (45 – 113 ppm), de clase textural *orgánico* (68 %) y *franco arenoso* (26 %), y por presentar bajos niveles de CIC (3.88 - 14.30 meq/100 g). Se demostró estadísticamente que el suelo y la altitud no influyen en la aparición de nuevos individuos regenerados de *Polylepis*. Se puede afirmar por lo muestreado y observado, que el bosque en estudio es uno de los más antiguos y mejor conservado del departamento de Ancash, del Perú y de Sudamérica probablemente. El presente estudio pretende ser un punto de partida para futuras acciones aplicativas.

## II. INTRODUCCIÓN

En la actualidad por encima de los 3500 m, la vegetación de los Andes centrales se encuentra dominada por zonas agrícolas, pastizales y zonas arbustivas (Kessler 2006). Los árboles son verdaderamente escasos, y están representados mayormente por especies de los géneros *Pinus* y *Eucalyptus*, a cuáles son especies introducidas. Los bosques naturales son bastante difíciles de ver y normalmente se encuentran relegados a localidades especiales, como laderas rocosas o quebradas. Las especies leñosas presentes en estos bosques son: *Buddleja*, *Clethra*, *Gynoxys*, *Podocarpus* o *Prumnopitys*, pero las especies arbóreas dominantes en estos bosques son las del género *Polylepis* (Kessler 2006).

Los bosques de *Polylepis* representan uno de los ecosistemas más vulnerables de los altos Andes, por la creciente presión humana debido a factores económicos, sociales y culturales (Servat *et al.* 2002). Sin embargo estos ecosistemas cumplen un rol central en la ecología altoandina, como hábitat de muchas especies de plantas y animales, como fuente importante de recursos para los habitantes locales, captador de carbono (CO<sub>2</sub> atmosférico), formación de suelo, plantas medicinales asociadas y regulador del ciclo hídrico del agua (Venero & De Macedo 1983, Arévalo & Recharte 2003, Kessler 2006).

El cambio climático también está afectando la distribución de estos bosques, principalmente a los que perciben menos de 200 mm. de agua de lluvia (Gosling *et al.* 2009), por lo que es de suma importancia la conservación de los bosques que se encuentran en cabeceras de cuenca, ya que cumplen un rol vital en el ciclo hidrológico y presentan menor presión humana.

El bosque motivo de este estudio, según comunicación personal con los Pobladores del distrito de Huasta (2010)<sup>1</sup>, es uno de los bosques más alejados, mejor conservados (poca presión humana) y el que posee los individuos de mayor envergadura del distrito, posiblemente debido a su difícil acceso, lo que lleva a suponer que se trataría de uno de los bosques más antiguos de la zona. Además, el bosque se encuentra entre el Parque Nacional Huascarán y la Zona Reservada Cordillera de Huayhuash proporcionando conectividad ecológica entre los bosques remanentes del género *Polylepis* entre estas áreas protegidas por el estado (son parte de un corredor biológico).

---

<sup>1</sup> Pobladores del distrito de Huasta. 2010. Bosques de Quenuales (entrevista). Lima, PE.

Actualmente la Microcuenca de Paria (767.34 ha) es reconocida por el Ministerio del Ambiente como un Área de Conservación Privada (R.M. N° 306-2011-MINAM, anexo 13), que busca conservar la diversidad biológica de la microcuenca, en especial, los bosques del género *Polylepis* como reguladores del recurso hídrico (El Peruano Diario Oficial 2012). El bosque de *Polylepis* en estudio, se ubica en la microcuenca mencionada y esta destinado a prácticas de conservación y ecoturismo. Por lo tanto es de suma importancia caracterizar el bosque mediante el análisis de sus individuos y factores abióticos, para de esta manera fortalecer los conocimientos básicos, en la perspectiva de la conservación in situ y punto de partida para futuras acciones aplicadas; tales como rutas turísticas, observación de aves, conocimiento de plantas medicinales asociadas al bosque y en especial los estudios pendientes de captura de carbono que podría permitir un ingreso económico a la comunidad mediante los bonos de carbono.

Caracterizar al bosque de *Polylepis*, mediante el análisis de los individuos de porte arbóreo y la influencia que ejerce el suelo y la altitud en la regeneración natural; de tal manera que los objetivos específicos son:

- Analizar la regeneración natural de *Polylepis* a través de la medición de la altura, cobertura y densidad.
- Analizar los individuos de porte arbóreo del género *Polylepis* mediante la medición de la altura, diámetro a la altura del pecho y densidad.
- Caracterizar el suelo presente en el bosque de *Polylepis* por medio del análisis físico-químico.
- Determinar la influencia del suelo y la altitud, en la regeneración natural.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 BOSQUES ANDINOS NATIVOS

Por encima de los 3 000 a 3 500 m, la vegetación de los andes está dominada por zonas agrícolas y pastizales, por lo que los árboles nativos son escasos y están representados mayormente por especies introducidas de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*. Los bosques naturales son aún más raros y están restringidos a localidades especiales, como laderas rocosas (Kessler 2006, León 2009). Estos relictos de bosque son dominados por especies del género *Polylepis*, aunque también están presentes otras especies leñosas de los géneros *Buddleja*, *Clethra*, *Gynoxys*, *Podocarpus* o *Prumnopitys* (Kessler 2006). Estos bosques representan uno de los ecosistemas más amenazados del mundo, pero que al mismo tiempo cumplen un rol central en la ecología altoandina como hábitat de muchas especies de plantas y animales, y como importante fuente de recursos para los habitantes locales (Fjeldsá y Kessler 1996, Kessler 2006, León 2009).

#### 3.2 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL GÉNERO

La palabra *Polylepis* proviene del griego “Poly” y “lepis” que juntos significan “muchas capas” (TMI 2009), debido a la presencia de ritidoma que caracteriza a su corteza. Este género incluye aproximadamente de 15 a 28 especies entre árboles y arbustos, según diferentes autores (Simpson 1979, Kessler y Schmidt-Lebuhn 2006, Kessler 2006). Dentro de esta gama de especies, la gran mayoría son árboles de 5 – 10 m. de altura, algunas de porte arbustivo (*P. microphylla*, *P. pepeii*, *P. tarapacana*, *P. tomentella* subsp. *nana*) y unas cuantas pueden llegar a superar los 25 m de altura (*P. lanata*, *P. pautai*) (Kessler 2006). Para el Perú se reportan 15 especies. Los nombres comunes usados por los pobladores de los andes del Perú, para referirse a estos árboles son: Quinawira, quinawiro, queuña, queñua, etc.

##### 3.2.1 TALLO

El género incluye arbustos de 1 a 5 m de altura, hasta árboles de 27 m. El fuste normalmente es torcido y puede ser único o con varios tallos. La copa es generalmente difusa e irregular y el árbol tiene abundante ramificación que muchas veces nace de la base del tronco (Pretell *et al.* 1985). El tronco se caracteriza por presentar una corteza castaño-rojiza donde se exfolian los ritidomas a manera de láminas finas como papel

que pueden llegar a tener más de una pulgada de espesor (Simpson 1979, Arce y Toivonen 2002). Esta alta presencia de ritidoma sugiere ser una adaptación que le permite al género soportar las intensas heladas nocturnas y la alta irradiación diurna (Hensen 1994, citado por Arce y Toivonen 2002).

### **3.2.2 HOJAS**

Para todo el género, las hojas son compuestas e imparipinnadas con un número variable de foliolos, los cuáles son caracteres taxonómicos que permiten separar una especie de otra; sin embargo el tamaño, dimensión, espesor y envoltura de los foliolos, son caracteres de mayor utilidad taxonómica (Arce y Toivonen 2002). Estos foliolos son de color verde claro a verde oscuro brillante en el haz, y de blanquecino-grisáceo a amarillo en el envés. Además presentan nervaduras bien marcadas y pubescencia en el envés (Simpson 1979, Arce y Toivonen 2002).

### **3.2.3 FLORES**

Inflorescencia en racimos poco visibles con un diámetro que va de 4 a 10 mm, de 5 a 10 flores apétalas por cada uno, llegando hasta 80, en especies que crecen en ceja de selva como la *P. multijuga* (Simpson 1979; Mendoza 2000, citado por Arce y Toivonen 2002). Las flores son incompletas (sin corola y sin nectarios), con numerosas estambres (más de 10) de filamentos largos, cubiertos por tricomas y con los sacos de las anteras sobre los ápices florales (Simpson 1979, Arce y Toivonen 2002). El polen es abundante y el mecanismo de polinización utilizado es el viento (Arce y Toivonen 2002). El pistilo termina en un plano y amplio estigma (Simpson 1979)

### **3.2.4 FRUTOS**

Los frutos son pequeños aquenios de un tamaño aproximado entre 2 y 12 mm de longitud, es seco y con cuatro aristas terminadas en cortos aguijones (Pretell *et al.* 1985, Betancourt y Rojas 2011).

### **3.2.5 SEMILLAS**

La reproducción de *Polylepis* a partir de semillas, tienen muy poca eficacia debido a que este género tiene un bajo poder germinativo (Betancourt y Rojas 2011). Esto se da debido a la dicogamia y polinización anemófila o polinización por medio del

viento, por lo que ocurre principalmente entre árboles aislados (Pretell *et al.* 1985). La dicogamia consiste en el desarrollo de flores masculinas y femeninas en un mismo individuo pero a diferentes tiempos, favoreciendo la polinización cruzada e impidiendo la autopolinización; debido a esto no todas las semillas de *Polylepis* resultan ser viables, solamente aquellas producto de una fecundación cruzada (Betancourt y Rojas 2011). En tales condiciones sólo se consigue semilla viable en bosques de cierta extensión, que son bastantes escasos (Pretell *et al.* 1985).

Para *Polylepis incana* en Puno se tiene un promedio de 80.000 semillas por kilo, con un 2 a 4% de germinación, siendo su recolección entre abril y junio. Por su tamaño y color las semillas se confunden fácilmente con las impurezas (Pretell *et al.* 1985).

### 3.3 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Según la clasificación de Cronquist 1981 (citado por Jones 1988) basado en criterios morfológicos, el género *Polylepis* pertenece a la tribu Sanguisorbeae, la cuál forma parte a su vez de la familia Rosaceae. Cabe señalar que el género es natural y muy diferente de todos los demás miembros de la familia. En el Cuadro 1 se presenta la clasificación taxonómica del género.

**CUADRO 1.** Ubicación del género *Polylepis* dentro de la clasificación taxonómica (Cronquist, 1981).

**Reino:** Plantae *Haeckel (1966)*

**División:** Magnoliophyta *Cronquist (1966)*

**Clase:** Magnoliopsida (Dicotiledóneas) *Bronniart (1843)*

**Subclase:** Rosidae *Tajtdzhán (1967)*

**Orden:** Rosales *Perleb (1826)*

**Familia:** Rosaceae *Adans. (1763)*

**Tribu:** Sanguisorbeae *Candolle (1818)*

**Género:** *Polylepis* *Ruiz y Pav. (1794)*

**FUENTE:** Cronquist 1981, citado por Jones 1988.

El sistema APG III (del inglés *Angiosperm Phylogeny Group*) publicado en el 2009 por un vasto grupo de investigadores, es un sistema de clasificación de las angiospermas basado en criterios filogenéticos (Stevens 2001-2012). Este sistema de clasificación de plantas es diferente de las anteriores aproximaciones al ordenamiento de las angiospermas, que estaban basadas principalmente en criterios morfológicos, como sí lo hacían los sistemas tradicionales. Con respecto al género *Polylepis*, este está incluido dentro del clado Eurósidas I, clado ubicado más próximo al orden. La clasificación taxonómica del género *Polylepis* según el APG III es la siguiente (Cuadro 2):

**CUADRO 2.** Ubicación del género *Polylepis* según el sistema de clasificación APG III (Angiosperm Phylogeny Group)

**Clado:** Angiosperms

**Clado:** Eudicotas

**Clado:** Core eudicotas

**Clado:** Rosidas

**Clado:** Eurosidas I

**Orden:** Rosales *Perleb (1826)*

**Familia:** Rosaceae *Juss. (1789)*

**Tribu:** Sanguisorbeae *Candolle (1818)*

**Género:** *Polylepis Ruiz y Pav. (1794)*

**FUENTE:** Stevens (2001-2012)

### **3.4 ESPECIES EN ESTUDIO**

#### **3.4.1 *Polylepis reticulata* Hieron**

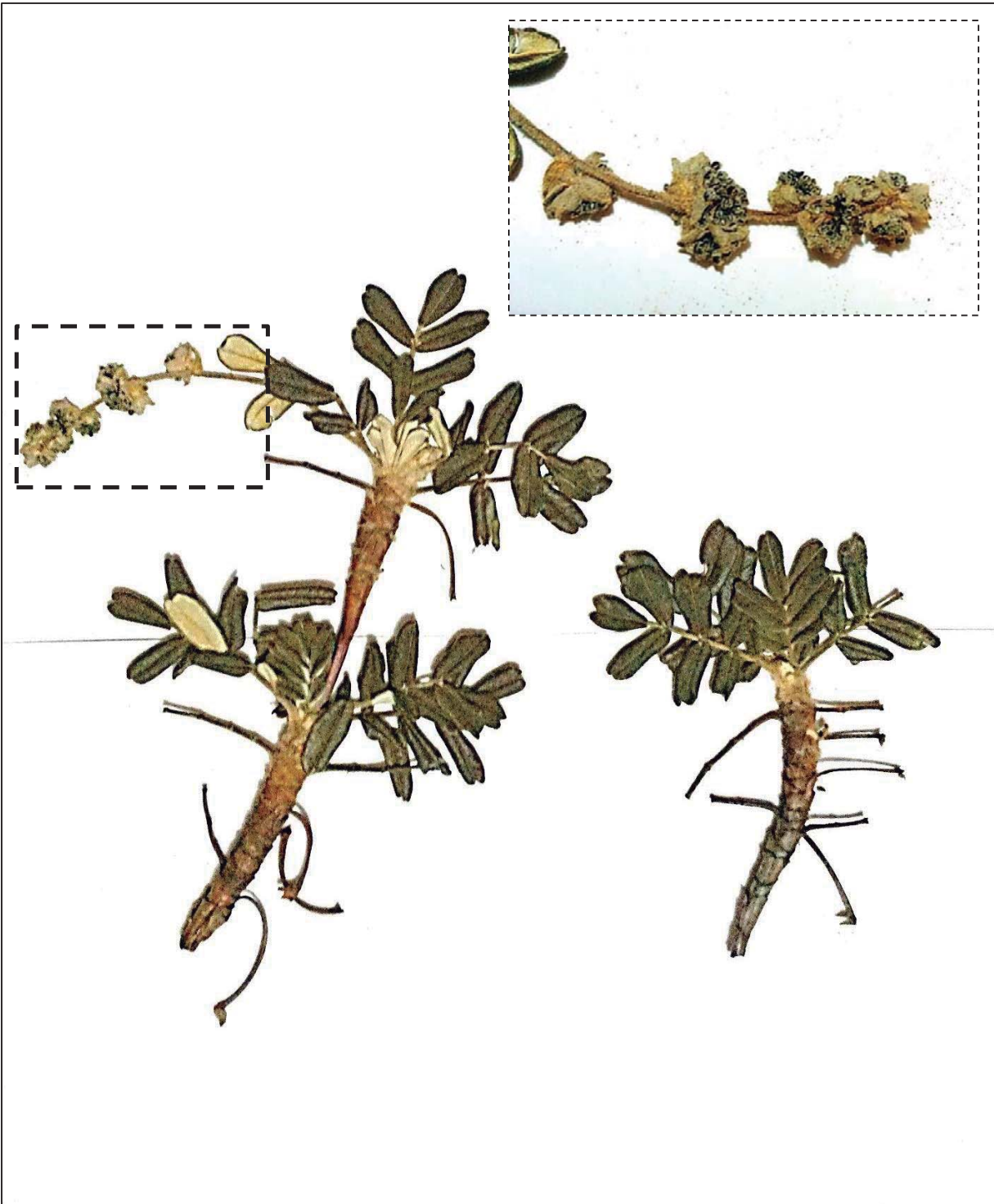
Especie arbórea de tronco retorcido endémico de Ecuador y que según la IUCN 2013.2 se encuentra en estado vulnerable. Según Mancheno (2011), el rango altitudinal de la especie en Ecuador está entre los 2850 y 4300 msnm. Por otro lado Mendoza y Cano (2011) en su estudio “Diversidad del género *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes Peruanos”, muestran que la especie presenta un rango altitudinal de 3350 a 4450 msnm; y que se ubica en Perú, en los departamentos de Ancash, Junín, Lima y La Libertad (Cuadro 4) . La muestra botánica obtenida en campo se puede observar en la imagen 1.

#### **3.4.1 *Polylepis sericea* Wedd**

Especie arbórea que tiene una altura promedio de 15 m (Arce 2002) distribuido a lo largo de Sudamérica en los países de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Cuadro 3). En Perú se ubica en los departamentos de Ancash, Junín, Cusco y La Libertad, además de estar presente en un rango altitudinal de 2000 a 4100msnm (Cuadro 4). La muestra botánica obtenida en campo se puede observar en la Imagen 2.



**IMAGEN 1:** Especie *Polylepis reticulata* Hieron. Muestra completa colectada y montada para su identificación



**FUENTE:** Elaboración propia (2011).

**IMAGEN 2:** Especie *Polylepis sericea* Wedd. Muestra completa colectada y montada para su identificación.



**FUENTE:** Elaboración propia (2011).

### **3.5 EVOLUCIÓN DEL GÉNERO POLYLEPIS**

La baja diferenciación genética que existe entre las especies y la relativamente reciente formación de los Andes sugieren que la evolución del género ha transcurrido en los últimos millones de años (Pleistoceno) (Kerr 2003, Simpson 1986 citado por Kessler 2006). Además es probable que en este periodo, el género haya sido influenciado por las constantes fluctuaciones climáticas, que forzaba a las especies a migrar en repetidas ocasiones hacia lugares con mejores condiciones ecológicas, fragmentando de esta manera su distribución (Fjeldså 1995, citado por Kessler 2006)

Kerr (2003), basado en sus estudios filogenéticos, sugiere que el género *Polylepis* derivó de la poliploidización (organismos con más de dos series de cromosomas) del género arbustivo y herbáceo *Acaena*, y que las especies filogenéticamente basales de *Polylepis* eran árboles de hojas delgadas, con 7-11 folíolos por hoja, corteza delgada e inflorescencias con abundantes flores que llegaban a ser hasta más de 70. El camino de la evolución, llevó luego a especies con hojas más gruesas, con menor número de folíolos, desarrollo de una corteza más gruesa e inflorescencias más pequeñas con pocas flores (Kessler 2006). Todos estos cambios que se dieron en *Polylepis* durante su evolución, fueron adaptaciones que le permitieron poblar los hábitats fríos y áridos de los altos andes.

### **3.6 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL GÉNERO POLYLEPIS**

#### **3.6.1 EN EL MUNDO**

Las especies del género *Polylepis* únicamente se distribuyen a lo largo de los Andes tropicales y subtropicales de Sudamérica, abarcando desde Venezuela hasta el norte de Argentina y Chile (Simpson 1979, Arévalo y Recharte 2003). Hasta el momento no existen mapas fitogeográficos del género, sin embargo las zonas de origen de las muestras botánicas colectadas son suficientes para tener una idea de su distribución (Yallico, 1992).

El rango altitudinal en que se encuentra *Polylepis* oscila mayormente entre los 3 000 y 4 800 msnm (Kessler 2006). Por encima y por debajo de este rango disminuye la presencia del género. *Polylepis australis* es la especie que se ha registrado a menor altitud, alrededor de los 1 800 msnm en Córdoba, Argentina. Por el contrario, *Polylepis*

*tarapacana* crece por encima de los 5 000 msnm en el volcán Sajama en Bolivia, llegando a ser sus bosques, los que crecen a mayor altura en el mundo (Kessler 2006, Arévalo y Recharte 2003).

Las especies del género *Polylepis* reportadas hasta el momento se distribuyen a lo largo de Sudamérica de la siguiente manera (Cuadro 3): 4 especies en Argentina , 13 en Bolivia (4 endémicas), 2 en Colombia (1 endémica), 3 en Chile, 7 en Ecuador (2 endémicas), 15 en Perú (3 endémicas) y 1 en Venezuela (Simpson 1979, Kessler y Schmidt-Lebuhn 2006).

Cabe señalar que aún no se tiene conocimiento de la totalidad de bosques presentes en Sudamérica, por lo que aún hay presencia de áreas de bosque de *Polylepis* que no han sido reportadas (Arévalo y Recharte 2003). Todo esto es debido a la poca atención que se ha prestado a los bosques de *Polylepis*, los que recientemente han venido siendo estudiados con mayor énfasis en las últimas dos décadas.

**CUADRO 3.** Ocurrencia de especies del género *Polylepis* por países.

Especie	Argentina	Bolivia	Colombia	Chile	Ecuador	Peru	Venezuela
<i>P. australis</i> Bitter <sup>1</sup>	X	X					
<i>P. besseri</i> Hieronymus <sup>1</sup>		X				X	
<i>P. crista-galli</i> Bitter <sup>2</sup>	X	*					
<i>P. flavipila</i> Kessler & Schmidt-Lebuhn <sup>2</sup>						X	
<i>P. hieronymi</i> Pilger <sup>1</sup>	X	X					
<i>P. ianata</i> Kessler & Schmidt-Lebuhn <sup>2</sup>		X					
<i>P. incana</i> H. B. K <sup>1</sup>					X	X	
<i>P. incarum</i> Kessler & Schmidt-Lebuhn <sup>2</sup>							
<i>P. lanuginosa</i> H. B. K. <sup>1</sup>					*		
<i>P. microphylla</i> Bitter <sup>2</sup>					X	X	
<i>P. multijuga</i> Pilger <sup>1</sup>						*	
<i>P. neglecta</i> M. Kessler <sup>2</sup>		*					
<i>P. pacensis</i> Kessler & Schmidt-Lebuhn <sup>2</sup>		*					
<i>P. pauta</i> Hieronymus <sup>1</sup>					X	X	
<i>P. pepeii</i> Sympton <sup>1</sup>		X				X	
<i>P. quadrijuga</i> Bitter <sup>1</sup>			*				
<i>P. reticulata</i> Hieronymus <sup>1</sup>					*	X	
<i>P. racemosa</i> R. P. <sup>1</sup>						*	
<i>P. rugulosa</i> Bitter <sup>2</sup>				X		X	
<i>P. sericea</i> Weddell <sup>1</sup>		X	X		X	X	X
<i>P. subsericans</i> Macbride <sup>1</sup>						*	
<i>P. subtusalbida</i> Kessler & Schmidt-Lebuhn <sup>2</sup>		*					
<i>P. tarapacana</i> Phil <sup>2</sup>		X		X		X	
<i>P. tomentella</i> Weddell <sup>1</sup>	X	X		X		X	
<i>P. triacantandra</i> Bitter <sup>2</sup>		X					
<i>P. weberbaueri</i> Pilger <sup>1</sup>					X	X	
Totales	4	13	2	3	7	15	1
X = Ocurrencia							
* = Endemismo							

**FUENTE:** <sup>1</sup>Simpson (1979); <sup>2</sup>Kessler & Schmidt-Lebuhn (2006); Mendoza y Cano (2011)

### 3.6.2 EN EL PERÚ

En el territorio peruano se pueden encontrar actualmente 15 especies del género *Polylepis* (Cuadro 3), siendo de esta manera el país con mayor diversidad en el género (Simpson 1979, Kessler y Schmidt-Lebuhn 2006).

Según el Mapa Forestal del Perú (INRENA y Ministerio de Agricultura 1995) los bosques del género *Polylepis* ocupan una superficie de 937 km<sup>2</sup> (93 700 hectáreas) que representa el 0.07% de la superficie total del Perú y alrededor del 2% de la cobertura potencial del género (Fjeldsá y Kessler 1996). Según Mendoza y Cano (2011), estos bosques se encuentran distribuidos en 19 de los 24 departamentos que conforman al país (Cuadro 4), siendo probablemente *P. pauta* la especie de mayor población y la más difícil de evaluar por estar casi siempre mezclada con vegetación de Selva Alta (Yallico 1992).

El Mapa Ecológico del Perú (INRENA y Ministerio de Agricultura 1994), elaborado en base al Sistema de Clasificación de las Zonas de Vida del Mundo del Dr. Leslie R. Holdridge, señala que el género *Polylepis* se encuentra presente en 15 zonas de vida (Cuadro 5).

**CUADRO 4.** Lista de las especies de *Polylepis* reportadas para el Perú, con rangos altitudinales y distribución departamental (las abreviaturas usadas para los departamentos fueron tomados según Brako & Zarucchi 1993, citado por Mendoza y Cano 2011)

Especies	Altitud (m)	Departamento
<i>Polylepis canoi</i> W. Mendoza	3350 - 3400	AY, CU, JU
<i>Polylepis flavipila</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	3650 - 4100	HV, LI
<i>Polylepis incana</i> Humboldt, Bonpland & Kunth	3000 - 4200	AN, AP, AY, CU, HU, JU, LI, PA, PU
<i>Polylepis incarum</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	3100 - 4200	CU, PU
<i>Polylepis lanata</i> (Kuntze) M. Kessler & Schmidt-Leb.	2900 - 4100	AP, AY, CU
<i>Polylepis microphylla</i> (Wedd.) Bitter	3200 - 4000	AR, CU, LI
<i>Polylepis multijuga</i> Pilger	2200 - 3600	AM, CA, LA
<i>Polylepis pauta</i> Hieron.	1800 - 4000	AY, CU, JU, SM
<i>Polylepis pepeii</i> B.B. Simpson	3900 - 4500	AN, CU, PU, SM
<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	2900 - 4000	AN, AP, AY, CA, CU, HU, JU, LI, LL, PA
<i>Polylepis reticulata</i> Hieron.	3350 - 4450	AN, JU, LI, LL
<i>Polylepis rugulosa</i> Bitter	3000 - 4600	AR, MO, TA
<i>Polylepis sericea</i> Wedd.	2000 - 4100	AN, CU, JU, LL
<i>Polylepis subsericans</i> J.F. Macbride	2900 - 5100	AP, AY, CU
<i>Polylepis subtusalbida</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	3000 - 4500	MO, TA
<i>Polylepis tarapacana</i> Philippi	4200 - 4800	TA
<i>Polylepis tomentella</i> Weddell	3500 - 4500	AP, AR, AY
<i>Polylepis triacontandra</i> Bitter	3500 - 3900	PU
<i>Polylepis weberbaueri</i> Pilger	2500 - 4200	AN, CA, LA, LI, PI

**FUENTE:** Mendoza y Cano (2011)

**CUADRO 5.** Características físicas de las zonas de vida en las que hay presencia del género.

Zona de vida	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Área total (Km <sup>2</sup> )	Área representativa del Perú (%)	Rango altitudinal (m.s.n.m.)	Temperatura (°C)*	Precipitación (mm)*
Matorral desértico-subalpino tropical (md-SaT)	355	7,305	0.55	4,000 - 4,200	3 a 6	125 - 250
Matorral desértico-subalpino subtropical (md-SaS)	4,515				3 a 6	239.6 - 285.9
Matorral desértico-subalpino templado cálido(md-SaS)	2,435				7.2	237
Bosque Húmedo-montano tropical (bh-MT)	18,955	62.11	4.83	2,800 - 3,800	7.3 a 13.1	498 - 1,154
Bosque Húmedo-montano subtropical (bh-MS)	43,155				6.5 a 12.9	410 - 1,119
Páramo Húmedo-subalpino tropical (ph-SaT)	3,445	21,240	1.65	4,000 - 4,300	3 a 6	500 - 1000
Páramo Húmedo-subalpino subtropical (ph-SaS)	17,795				3.2 a 7.2	480.5 - 658
Bosque muy húmedo-montano tropical (bmh-MT)	17,690	22,450	1.75	2,800 - 3,800	6.5 a 10.9	838.4 - 1,722
Bosque muy húmedo-montano subtropical (bmh-MS)	4,760				10.8	1,008 - 1,694
Páramo muy húmedo-subalpino tropical (pmh-SaT)	24,165	85,445	6.65	3,900 - 4,500	3.8 a 6	584.2 -
Páramo muy húmedo-subalpino subtropical (pmh-SaS)	61,280				4.6 a 6.9	513.4 -
Bosque pluvial-montano tropical (bp-MT)**	12,305	20,075	1.56	2500 - 3800	6 a 12	2,000 - 4,000
Bosque pluvial-montano subtropical (bp-MS)**	7,770					
Páramo pluvial-subalpino tropical (pp-SaT)	13,405	24,615	1.91	3,900 - 4,500	3 a 6	1,754 - 1,819
Páramo pluvial-subalpino subtropical (pp-SaS)	11,210				3.9 a 5.2	828.7 - 1,342
* <b>2 datos:</b> Media anual mínima - media anual máxima						
<b>1 dato:</b> Biotemperatura media anual						
** No hay presencia de estaciones meteorológicas						

**FUENTE:** INRENA y Ministerio de Agricultura (1994)



### **3.7 PROBLEMÁTICA CON RELACIÓN A LA ACTUAL DISTRIBUCIÓN DE LOS BOSQUES DEL GÉNERO *POLYLEPIS* ¿CONSECUENCIA DE FACTORES NATURALES O ACTIVIDAD HUMANA?**

#### **3.7.1 CONTEXTO HISTÓRICO**

Kessler y Driesch (1993), basados en estudios palinológicos, sugieren que tanto el género *Polylepis* como otras especies arbóreas que cubrían gran parte del altiplano andino, fueron destruidas gradualmente. Todo empezó al final del último periodo glaciario, en el que los primeros recolectores y cazadores aparecieron. Incluso sociedades con baja densidad de población de cazadores y recolectores tenían la capacidad de destruir grandes áreas de bosque, ya que utilizaban el fuego como herramienta fundamental de caza (Kessler y Driesch 1993, Kessler 2002). Además la madera de los árboles también se empleó en construcción y como leña (Capriles y Flores 2002). Con todo lo anteriormente dicho, es posible decir que el desarrollo de la cultura andina en esas épocas implicó el aumento gradual de la explotación del recurso.

La fase agrícola temprana, contemplada entre los años 5550 y 1050 A.C., estuvo caracterizada por una gran variabilidad climática que fue agudizada por el fenómeno de “El Niño” (Capriles y Flores 2002). Estos cambios conllevaron a la degradación de los andes, provocando así un gran desbalance con relación a la capacidad de producción del ecosistema y a la sobreexplotación de los recursos naturales por parte de los humanos (Capriles y Flores 2002). Durante este periodo el fuego no era muy usado en la mejora de los pastos, debido a que los camélidos no se los comían (Kessler y Driesch 1993).

Durante el periodo del “boom” cultural, contemplado entre los años 1050 A.C y 1532 D.C., grandes culturas se desarrollaron en los Andes, llegando a colonizar además valles interandinos; por lo que la sobreexplotación de los recursos naturales siguió avanzando (Capriles y Flores 2002).

Baied (1999), mediante estudios palinológicos, arqueológicos y información etno-arqueológica, así como Gosling *et al.* (2009), mediante estudios paleo-ecológicos y autoecológicos, criticaron el punto de vista de Ellenberg (citado por Kessler 2002) y de Kessler y Driesch (1993) demostrando que la distribución irregular del género *Polylepis* no es principalmente debida a la actividad humana. Ellos concluyeron que el género *Polylepis* fue severamente afectado por la transición Pleistoceno-Holoceno (Baied

1999) y por las transiciones glaciario-interglaciario que sucedieron en Sudamérica antes de la llegada de los seres humanos (Gosling *et al.* 2009). Hasta la fecha todavía el tema sigue en discusión.

Por otro lado, la gran explotación forestal se dio en el periodo colonial, donde la madera fue usada de manera descontrolada principalmente para la minería, construcciones y como combustible doméstico (Kessler y Driesch 1993). Un ejemplo claro de la explotación forestal fue el consumo por persona, ya que el gasto de leña de un español en un día era igual al de un nativo en un mes (Kessler y Driesch 1993). Lamentablemente las políticas de reforestación fueron insuficientes en este ambiente consumista. Además, la introducción de ganado exótico, las nuevas prácticas agronómicas, así como el cambio en el sistema social, fueron factores que trascendieron en la reducción y degradación de los bosques del género *Polylepis* y de los ecosistemas andinos en general (Capriles y Flores 2002).

Finalmente, con el periodo republicano y la reforma agraria, el proceso de degradación de bosques y el mal manejo de la agricultura continuaron (Fjeldså y Kessler 1996).

### **3.7.2 FACTORES ACTUALES QUE AMENAZAN LOS BOSQUES DEL GÉNERO *POLYLEPIS***

La reducción actual de los bosques del género *Polylepis* es provocado por los factores que se analizarán a continuación:

#### **El fuego**

Es una herramienta muy utilizada por el hombre andino, que tiene como costumbre transformar los bosques en pastizales mediante la quema y estimular de esta manera el rebrote de los pastos con el fin de aumentar su valor forrajero (Pucheta *et al.* 1997, Reich *et al.* 2001). Renison *et al.* (2002), en un estudio realizado en las montañas de Córdoba (Argentina) en un bosquecillo de *Polylepis australis* sugirió que el alto porcentaje de rocas alrededor de los individuos disminuyen el riesgo a ser quemados. Además sugirió que en los individuos quemados que llegan a sobrevivir, la producción de semilla disminuye y el crecimiento en altura también. Con relación a los individuos quemados en un nivel intermedio, la producción de biomasa aumenta con relación a los

individuos no quemados. Por último, concluyó que para conservarlos se debe de minimizar el fuego ya que hay muerte tanto de los árboles como de la vegetación anexa al bosque. Respecto al área de estudio, hay presencia de quema en algunos sectores del bosque, en los cuáles el ganado ovino tiene acceso.

### **El sobre pastoreo**

Es aquel pastoreo (exceso de ganado) que supera la capacidad de renovación de los pastos de un lugar, provocado por la presión demográfica y la ausencia de un manejo de tierras adecuado (Kopta 1999, Arévalo y Recharte 2003). Ya que existe una relación histórica y evolutiva entre el bosque y los pastizales, los impactos también llegan al bosque afectando las pequeñas plantas de regeneración del género *Polylepis* y su expansión (frecuentemente pisoteadas y ramoneadas en sus brotes tiernos por el ganado exótico) (Arévalo y Recharte 2003). El sobre pastoreo no es un problema tan grave como la quema descontrolada en nuestro país, pero lamentablemente se presentan normalmente juntas. Respecto al área de estudio el sobre pastoreo no es problema serio ya que los comuneros sólo pastan su ganado (vacuno y ovino) en época seca, dejando que el pasto “descanse” en la época húmeda.

### **La tala**

En la puna es poco común encontrar especies arbóreas naturales y mucho menos aún, la práctica de siembra de especies forestales (Ribera *et al.* 1996, Arévalo y Recharte 2003); es por ello que las familias campesinas que viven aledañas a los bosques nativos del género *Polylepis*, usan su madera como fuente de leña y también como material de construcción o para confección de herramientas (Kessler 2002, Arévalo y Recharte 2003, Kessler 2006).

### **La agricultura**

Los bosques del género *Polylepis* generan suelos con gran cantidad de materia orgánica que han sido aprovechados para formar nuevas zonas de agricultura (Arévalo y Recharte 2003). Además, el calentamiento global implica el ascenso de cultivos hacia zonas cada vez de mayor altitud, que pondría en riesgo a pequeños y escasos remanentes de *Polylepis* presentes en dichas zonas (Copa-cogeca 2010).

## **El calentamiento global**

Es un fenómeno provocado por la emisión de gases invernadero a la atmósfera. El calentamiento predicho probablemente tendrá un efecto negativo en regiones cercanas al umbral de aridez (100-200 mm/año), por lo que la conservación y reforestación no serán viables a lo largo del tiempo en dichas regiones (Gosling *et al.* 2009).

Por último, podemos decir que los bosques del género *Polylepis* son uno de los ecosistemas más vulnerables de los altos andes, por el creciente aumento de la presión humana sobre las tierras, por ello es evidente que los bosques dependan de los cambios que afecten al sistema de producción del campesino desde las zonas bajas hasta las zonas altas de Puna (Venero y De Macedo 1983, Fjeldså y Kessler 1996, Arévalo y Recharte 2003).

### **3.8 IMPORTANCIA DE LOS BOSQUE DEL GÉNERO *POLYLEPIS***

El cambio en la percepción del valor total de los bosques y cómo deben ser utilizados está marcado por una concientización creciente sobre la importancia de los servicios ambientales y por propuestas para captar parte de este valor a fin de reducir la deforestación (Ruíz *et al.* 2007). Los bosques del género *Polylepis* son uno de los principales y a veces único recurso (zonas altas de la Puna) que la gente del campo tiene a su disposición, por lo que cumple una función de vital importancia en sus vidas (Arévalo y Recharte 2003, Kessler 2002, Kessler 2006). Además cumplen funciones en el mantenimiento de la salud de los ecosistemas y brinda varios servicios ambientales (Kessler 2002, Kessler 2006). A continuación se mostrará el por qué de su gran importancia.

#### **3.8.1 USOS QUE SE LE DA A LA PLANTA DEL GÉNERO *POLYLEPIS***

Arévalo y García (2001), basados en el taller “Hablemos de nuestros árboles” (que tuvo como finalidad, ganar comprensión sobre cómo conciben los hombres y mujeres del campo el rol del árbol en sus sistemas de producción, así como los diferentes usos que le dan) identificaron alrededor de 20 usos que los campesinos le daban al árbol del género *Polylepis*. Además Reynel y Felipe-Morales (1987) y el de Reynel *et al.* (2006), muestran los usos que se dan a las diferentes especies arbóreas en general y de forma detallada, respectivamente. Así, los diferentes usos que se dan al árbol del género *Polylepis* son los siguientes:

- Uso de la madera como leña, tanto para la cocina como para calentarse.
- Elaboración de carbón.
- Construcción de cercos.
- La madera es apreciada localmente para carpintería, por ser durable y trabajable.
- Los árboles del género de *Polylepis* actualmente están siendo promovidos para agroforestería en la zona andina, debido a que se adapta a grandes alturas. De esta manera se genera un microclima favorable (menor variación de temperatura entre el día y la noche, menor afectación por el viento seco y mayor humedad constante) (Aguilar *et al.* 2008)
- Elaboración de instrumentos de labranza.
- Uso como vigas de los techos de los tambos en las punas.
- Para protección y cobijo de ganado.

- Como barreras vivas en agroforestería, incidiendo en la disminución de la escorrentía del agua y la retención del suelo, mejorando el uso del agua en las parcelas y disminuyendo la erosión eólica e hídrica (Aguilar *et al.* 2008).
- El árbol usado como cortina rompe viento.
- Como planta ornamental.
- Protección del cultivo frente a las heladas.
- Protección del suelo, para evitar la erosión del mismo.
- Las hojas y ramitas, trituradas y luego hervidas, brindan un tinte de color marrón claro, que es usado en el teñido de prendas de lana y algodón.
- Reserva de forraje en época de sequía.
- Para el caso de la especie *Polylepis incana*, se ha observado que su corteza es hervida para ser utilizada como fuente de tanino en la curtiembre.

Por último, Daud *et al.* (2007 y 2008) validaron el uso popular de la hoja y corteza del árbol del género *Polylepis* como antimicrobiano, para combatir enfermedades respiratorias; y como antihipertensivo, por su gran actividad diurética.

### **3.8.2 CAPTACIÓN DE CARBONO**

El cambio climático que se manifiesta por el aumento en los volúmenes de carbono atmosférico, proveniente de las actividades humanas industriales emitidas con mayor fuerza en los últimos 50 años (IPCC 2008); ha provocado que actualmente se establezcan una serie de medidas, con el fin de reducir y captar estas emisiones, para así mitigar el impacto de este fenómeno. En este contexto, Goreau (1990) sugiere que la gestión para remover el carbono debe ser desde la tierra y no desde el mar; por tal motivo el costo real que deben pagar los emisores por esta remoción es plantando árboles.

Los bosques del género *Polylepis* contribuyen al secuestro de CO<sub>2</sub>, al almacenar carbono en sus árboles y en su suelo orgánico. La gran ventaja del género es que su mecanismo de asimilación de carbono, está adaptado a limitantes condiciones ambientales como las bajas temperaturas, heladas y estrés de agua (Rada *et al.* 1996). De acuerdo a Mansilla (2001), en un estudio realizado en varios rodales en Cuzco, una hectárea de *Polylepis* fija aproximadamente 0.88 toneladas de carbono por hectárea al año. Económica y ecológicamente es de suma importancia, ya que tanto la conservación

como la reforestación de los bosques, incrementaría gradualmente la captación de carbono, pudiendo ser un ingreso para las comunidades mediante el pago de servicios ambientales por parte de terceros (emisores de CO<sub>2</sub>) (Mansilla 2001).

La captación de carbono no sólo es factor importante en la mitigación del impacto que generará el cambio climático, sino que resulta ser una buena alternativa para las comunidades aledañas a los bosques del género *Polylepis*, como fuente de ingreso económico. De esta manera la mentalidad de las comunidades cambiaría, disminuyendo la tala, quema y aumentando los esfuerzos de reforestación y conservación de los bosques, asegurando así la continuidad de los demás servicios ambientales que estos brindan.

### **3.8.3 CAPTACIÓN DE AGUA Y PROTECCIÓN DE CUENCAS**

A pesar de que la superficie actual de los bosques no es considerable, algunos de estos se encuentran en los valles glaciares, como los bosques ubicados en el departamento de Ancash (especialmente Parque Nacional Huascarán), donde sí constituyen una franja continua y densa que cumple funciones importantes en la conservación del agua, suelo y protección de cuencas (Arévalo y Recharte 2003). En estas zonas los bosques son muy húmedos y cerrados, creando un microclima ideal para el crecimiento de briofitos (hepáticas, antocerotas y musgos), los cuáles cumplen un rol de vital importancia en la captación lluvia y agua atmosférica (Simpson 1975, citado por Glime 2007). Así mismo, tanto la corteza como las raíces de los árboles permiten la retención de humedad y la filtración del agua por el suelo poroso hacia capas más profundas, respectivamente. De esta manera se ayuda a la alimentación de puquios y ojos de agua que se encuentran en zonas más bajas al bosque (TMI 2009).

Actualmente, esfuerzos de conservación tienen como principal objetivo la protección de cabeceras de cuencas; ya que el agua captada favorece directa e indirectamente a un gran ámbito de comunidades de las zonas aledañas, altas y bajas favoreciendo principalmente la producción agrícola de los valles (Fjeldså y Kessler 1996, Kessler 2006).

### 3.8.4 PLANTAS ÚTILES PARA EL SER HUMANO

Otro de los beneficios que el campesino percibe de los bosques, es el aprovechamiento directo de una gran variedad de especies vegetales que crecen en su sotobosque. El sotobosque incluye especies comestibles para el hombre, como plantas tuberosas (papas, *Oxalis tuberosa* “oca”, *Ullucus tuberosus* “ullucu”, *Tropaeolum tuberosum* “mashua”) y plantas con propiedades medicinales como los géneros *Minthostachys*, *Satureja* y *Baccharis* (Cárdenas 1989 y Beck 1998, citados por Kessler 2006). Un estudio realizado en una comunidad campesina en Bolivia describe que al menos el 91% de las 204 plantas que crecen en el sotobosque tienen uso; 56% medicinal (mas de un tercio de estas plantas se restringen al hábitat del bosques de *Polylepis*), 12% para consumo humano y 9% para rituales (Hensen 1991, citado por Kessler 2006).

En el Perú la historia es similar, ya que Mindreau (2005) en un estudio realizado en el departamento de Cusco, describió mas de 200 plantas medicinales, asociados a bosques de *Polylepis*, que eran usados por los pobladores de la zona.

### 3.8.5 REFUGIOS DE BIODIVERSIDAD

La Cordillera de los Andes Tropicales, se caracteriza por presentar una compleja geografía y climas variados, por lo que otorgan una gama enorme de ecosistemas y una alta diversidad biológica (CAN 2009). Aproximadamente 131 de las 247 especies de aves endémicas del mundo y siete de los catorce *hotspots* tropicales de plantas endémicas del mundo, están en áreas de montañas (Arévalo y Recharte 2003). La diversidad que albergan los bosques del género *Polylepis* serán descritos a continuación.

#### **Flora presente en los bosques del género *Polylepis*.**

Los bosques están formados generalmente por uno o dos especies del género *Polylepis*, aunque también se pueden encontrar hasta tres o cuatro especies en un mismo bosque, conllevando a la aparición de híbridos (Arévalo y Recharte 2003). Las diferentes especies del género *Polylepis* son los árboles dominantes del bosque (Kessler 2006). La extensión de estos bosques es muy variable y el nivel de diversidad que albergan no está directamente relacionado con su extensión (Arévalo y Recharte 2003).



La diversidad de plantas que crecen en el sotobosque varía significativamente, por lo que consiste en varias especies de helechos, musgos, orquídeas, árboles, arbustos, herbáceas y gramíneas (Arévalo y Recharte 2003). En zonas semihúmedas a áridas, predomina una densa cubierta herbácea. Las hierbas y arbustos son menos frecuentes en bosques húmedos, densos y oscuros, en los cuáles la presencia de helechos se hace constante y la de pastos es casi nula. Por último, en condiciones de aridez, la vegetación herbácea es la más dominante, encontrándose más abierta por la falta de agua (Kessler 2006).

En un estudio realizado durante los meses de setiembre y octubre, en bosques del género *Polylepis* (*P. incana*, *P. subsericans*, *P. tomentella* y *P. racemosa*) de cinco provincias del departamento Ayacucho, se registraron cinco familias de Pteridophytas, una familia de Gimnospermas (Ephedraceae) y 27 familias de Angiospermas (86 especies distribuidas en 57 géneros) (Mendoza y Roque 2007). Otro estudio de biodiversidad realizado en cuatro bosques de *Polylepis* (*P. lanata*, *P. pepeii* y *P. canoi*) de la zona Sur Oeste del Parque Nacional de Otishi – Ayacucho, registró 178 especies de plantas incluidas en 53 familias (21 Asteraceae, 11 Rosaceae y 9 Valerianaceae), encontrándose en situación crítica (INRENA *et al.* 2008) *Ephedra rupestris* Bentham, *Buddleia montana* Britton, *Ranunculus macropetalus* DC. y *Polylepis lanata* Kessler (ECOAN 2007).

En la Cordillera del Vilcanota (Departamento de Cusco), se estudió la flora de cuatro bosques de *Polylepis* obteniendo la presencia de 144 especies de plantas entre los bosques de las localidades de Pumahuanca (83), Yanacocha (64), Sacsamonte (57) y Queuñamonte (35) (Servat *et al.* 2002). Con respecto a la región de Puno, los bosques registran un total de 287 especies de plantas presentes en sus sotobosques, incluidas dentro de 150 géneros y 55 familias, siendo la de mayor importancia en cuanto al número de especies la familia Asteraceae (89 especies) (Boza 2006). En este estudio, 8 especies de plantas se encuentran en 4 categorías diferentes según la categorización de INRENA (Boza 2006, INRENA *et al.* 2008) y se puede observar en el Cuadro 6.

**CUADRO 6.** Caracterización según INRENA de las especies de flora presentes en los bosques del género *Polylepis* de Puno según su situación actual.

<b>Especies</b>	<b>Categorización INRENA</b>	<b>Símbolo</b>
<i>Ephedra rupestris</i> Bentham	Crítica	CR
<i>Puya raimondii</i> Harms	En Peligro	EN
<i>Baccharis genistelloides</i> (Lamarck) Persoon	Casi amenazada	NT
<i>Barnadesia dombeyana</i> Lessing	Casi amenazada	NT
<i>Myrosmodes paludosum</i> (Reichenbach f.) Garay	Casi amenazada	NT
<i>Azorella diapensoides</i> A. Gray	Vulnerable	VU
<i>Perezia coerulescens</i> Weddell	Vulnerable	VU
<i>Puya herrerae</i> Harms	Vulnerable	VU

**FUENTE:** Boza 2006; INRENA *et al.* 2008.

El estudio de la Biodiversidad de los bosques del género *Polylepis* del Corredor de Conchucos – Huaraz, en el cuál se evaluaron 13 bosques (*Polylepis weberbaueri*, *Polylepis sericea*, *Polylepis incana* y *Polylepis pepeii*) en la época de lluvias, identificó un total de 59 familias de plantas, con 386 especies (ECOAN 2005). En este estudio, 16 especies de plantas se encuentran en 5 categorías diferentes según la categorización de INRENA (Boza 2006, INRENA *et al.* 2008) y se muestra en el Cuadro 7.

**CUADRO 7.** Caracterización según INRENA de las especies de flora presentes en los bosques del género *Polylepis* del corredor de Conchucos – Huaraz, según su situación actual.

<b>Especies</b>	<b>Categorización INRENA</b>	<b>Símbolo</b>
<i>Buddleja coriacea</i> Remy	Crítica	CR
<i>Buddleja incana</i> Riuz & Pav	Crítica	CR
<i>Polylepis incana</i> Wedd	Crítica	CR
<i>Ranunculus macropetalus</i> DC.	Crítica	CR
<i>Valeriana longifolia</i> Kunth	Crítica	CR
<i>Puya raimondii</i> Harms	En Peligro	EN
<i>Solanum aff acaule</i> Bitter	Casi amenazada	NT
<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	Casi amenazada	NT
<i>Chuquiraga spinosa</i> (Ruiz & Pav.) D. Don	Casi amenazada	NT
<i>Azorella compacta</i> Phil.	Vulnerable	VU
<i>Gentianella thyrsoides</i> (Hook.) Fabris	Vulnerable	VU
<i>Perezia coerulescens</i> Wedd.	Vulnerable	VU
<i>Polylepis pepeii</i> B.B. Simson	Vulnerable	VU
<i>Polylepis sericea</i> Wedd	Vulnerable	VU
<i>Polylepis weberbaueri</i> Pilg.	Vulnerable	VU
<i>Valeriana nivalis</i> Wedd.	Vulnerable	VU

**FUENTE:** Boza 2006; INRENA *et al.* 2008

Los estudios anteriormente mencionados son muestra de la gran diversidad de plantas que puede llegar a albergar el sotobosque de los bosques del género *Polylepis*, llegando a ser una fuente importante de germoplasma y recursos para la población que vive cerca a ellos (Arévalo y Recharte 2003)

**b. Fauna presente en los bosques del género *Polylepis***

Uno de los hábitats frecuentemente visitado por los observadores de aves son los bosques del género *Polylepis*, debido a la presencia de aves “raras” (especialistas); por ello Valqui (2004) incluye a este ecosistema dentro de su libro “*Where to watch birds in Peru*” (“Dónde observar aves en el Perú”, traducido al español).

Como se indicó en la parte de flora, la extensión de los bosques no está relacionado directamente con la biodiversidad que ellos presentan (Arévalo y Recharte 2003). Parches de pocas hectáreas de bosque pueden albergar entre 35 y 45 especies diferentes de aves (Fjeldså y Kessler 1996). No es característica de los bosques andinos presentar varias aves endémicas, pero en ciertas zonas de los Andes existe un número de aves estrechamente relacionada al bosque, alrededor de 120 especies, de las cuáles aproximadamente 15 son especialistas, lo que quiere decir que sólo prosperan en bosques del género *Polylepis* (Arévalo y Recharte 2003). Dentro de esta gama de especies, algunas se encuentran en estado de amenaza según la IUCN y se muestran en el Cuadro 8.

**CUADRO 8.** Aves relacionadas a los bosques de *Polylepis* que se encuentran en estado de amenaza según la IUCN

Especies	Hábitat	Categoría de amenaza (IUCN)
<i>Anairetes alpinus</i> <sup>1,2,3</sup>	Polylepis, 4000 - 4600 m.	En Peligro de extinción
<i>Leptasthenura xenothorax</i> * <sup>2</sup>	Polylepis, 3900 - 4300 m.	En Peligro de extinción
<i>Poospiza garleppi</i> <sup>1</sup>	Polylepis, 3000 - 3800 m.	En Peligro de extinción
<i>Oreotrochilus adela</i> <sup>1</sup>	Bosque semi árido, 2600 - 4000 m.	Peligro crítico
<i>Asthenes heterura</i> <sup>1</sup>	Polylepis, 3000 - 4150 m.	Vulnerable
<i>Saltator rufiventris</i> <sup>1</sup>	Polylepis, 2750 - 3800 m.	Vulnerable
<i>Zaratornis stresemanni</i> * <sup>3</sup>	Polylepis, 3800 - 4400 m.	Vulnerable
<i>Asthenes urubambensis</i> <sup>1,2</sup>	Bosque semi húmedo, 3050 - 4300 m.	Casi amenazado
<i>Cinclodes aricomae</i> <sup>1</sup>	Bosque semi húmedo, 3200 - 5200 m.	Casi amenazado
<i>Leptasthenura yanacensis</i> <sup>1,2</sup>	Polylepis, 3200 - 4600 m.	Casi amenazado
<i>Oreomanes fraseri</i> <sup>1,2,3</sup>	Polylepis, 2700 - 4850 m.	Casi amenazado
<i>Vultur gryphus</i> <sup>2</sup>	Polylepis, 3600 - 4600 m.	Casi amenazado
* Especie endémica de Perú		

**FUENTE:** <sup>1</sup>Andersen *et al.* 1999; <sup>2</sup>Servar *et al.* 2002 y <sup>3</sup>TMI 2010.

### 3.9 ECOLOGÍA DE LOS BOSQUES DEL GÉNERO POLYLEPIS

Según Kessler (2006), las condiciones ecológicas de los bosques del género *Polylepis* se pueden caracterizar principalmente en relación a condiciones de temperatura, humedad y suelos. Ya que se localiza a mucha altura en los Andes, estos bosques están sujetos a amplias fluctuaciones diurnas de temperatura, normalmente con diferencias de 20 – 30°C entre las temperaturas máximas del día y las heladas nocturnas, representando un alto estrés para las plantas.

Por encima de los 4 000 msnm de altura, según es el caso del estudio, la gran mayoría de las especies muestra adaptaciones a temperaturas bajas que pueden ser morfológicas como las gruesas cortezas del género *Polylepis* y el crecimiento en cojines del género *Azorella*, o fisiológicas como la resistencia al congelamiento que también presenta el género *Polylepis* (Hoch y Korner 2005, citado por Kessler 2006). En un estudio realizado a la especie *Polylepis sericea* ubicada por encima de los 4 000 msnm, se obtuvo que esta especie mantiene un equilibrio de carbono altamente positivo a lo largo de los días, a pesar de que hay un efecto de ligero estrés hídrico durante la estación seca, lo que sugiere que su mecanismo de asimilación de carbono se adapta muy bien a las bajas temperaturas y al estrés hídrico estacional que encuentra en las montañas tropicales altas (Rada *et al.* 1995). Además en otro estudio realizado a la misma especie, se menciona que la especie presenta otras adaptaciones como: (i) Alta capacidad fotosintética y altas tasas de respiración oscura que permitan un adecuado suministro de energía química para el trabajo metabólico, como la reparación de daño celular, la apertura de estomas en la mañana temprano, y la producción de sustancias crioprotectoras. (ii) El ajuste osmótico diario para mejorar la capacidad de sobreenfriamiento de las hojas y bajar el punto de congelación de la savia celular durante la noche. (iii) Los cambios estacionales en el potencial osmótico que pueden ayudar a mantener la absorción de agua y turgencia, y así un balance positivo de carbono durante la estación seca (Goldstein *et al.* 1994).

Las condiciones semiáridas a áridas de gran parte de los bosques del género *Polylepis* también conllevan a adaptaciones especiales de las plantas. En la época seca, que coincide con la época relativamente más fría, muchas plantas que crecen en el bosque se encuentran en estados inactivos, sobreviviendo como semillas (plantas anuales), bulbos o rizomas subterráneos o al menos no mostrando crecimiento (muchos

arbustos). Las plantas suculentas son raras en bosques del género *Polylepis*, ya que las amplias reservas de agua de éstas son muy susceptibles al congelamiento. En el caso de plantas del género *Polylepis*, el crecimiento vegetativo tiene lugar sobre todo en la época húmeda y relativamente caliente, mientras que la floración ocurre principalmente en la época seca y fría. Esto probablemente es una adaptación a una eficiente polinización por viento en la época seca y tiene efectos en las semillas que llegan a estar maduras al comienzo de la época de lluvias para aprovechar al máximo las condiciones favorables (Kessler 2006).

Además de las condiciones climáticas, en muchas zonas altoandinas existen condiciones de suelo desfavorables debido a que las bajas temperaturas y aridez limitan a la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes. Sobre todo nitrógeno y fósforo parecen ser los factores limitantes para el desarrollo de las plantas (Geyger 1985, citado por Kessler 2006).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

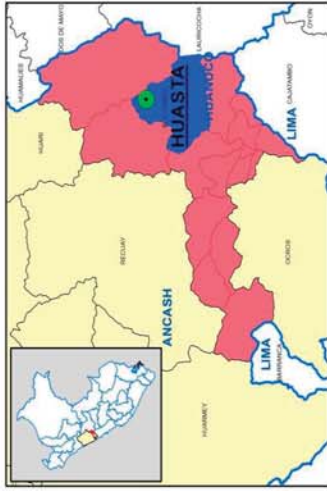
### 4.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en Jurau (4350 a 4700 msnm), microcuenca de Paria, perteneciente al distrito de Huasta, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash.

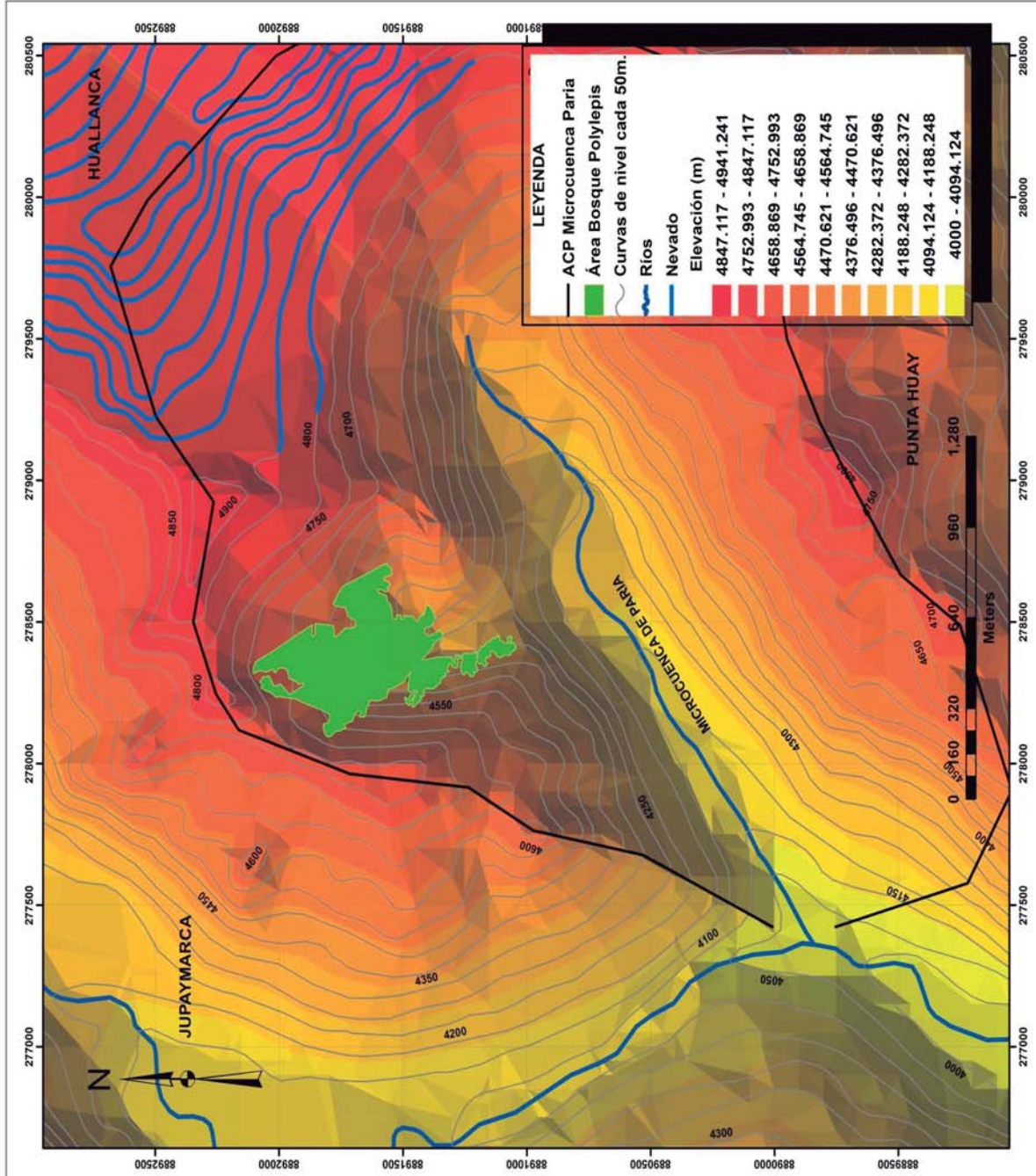
De acuerdo a Cobbing *et al.* (1996), el bosque en estudio se encuentra ubicado en la formación geológica Oyón. Esta formación se compone de una secuencia de 100 m de capas delgadas y oscuras de grano fino de areniscas subgrawacas y lutitas intercaladas con mantos de carbón en alrededores de Oyón (Wilson 1963 citado por Cobbing *et al.* 1996). La formación Oyón consiste de limonitas, lutitas gris oscuras en estratos delgados de 5 a 30 cm intercaladas con areniscas pardo amarillentas, grises y gris claras en estratos más gruesos con las cuáles se intercalan niveles de carbón que han sido explotados irregularmente. Además se encuentra mayormente al Este de la Cordillera Blanca y en ambos flancos de la Cordillera de Huayhuash, siendo su límite oriental la falla de Chonta.


El área de estudio abarca el bosque de *Polylepis* (Plano 1), que presenta los siguientes límites (UTM WGS84 Zone 18S): Al norte, 278378.234 / 8892024.591; al sur, 278425.079 / 8891034.455; al este, 278755.125 / 8891626.407 y al oeste, 278129.103 / 8891815.917. El bosque en estudio cumple lo mencionado por Yallico (1992), quien afirma que los bosques del género *Polylepis* se caracterizan por ubicarse sobre laderas con afloramientos rocosos y en valles glaciares en forma de “U” (Mapa 2), donde los árboles tienden a ubicarse en ambas laderas del valle glaciar aprovechando hasta los últimos intersticios dejados por las fisuras rocosas desde las partes medias de las laderas hasta los suelos más profundos de la base del valle; sin embargo, no llegan a establecerse en la sección aplanada cuyo suelo está dominado por gramíneas.

PLANO I: Ubicación del bosque de *Polytepis* en estudio.



DATUM: WGS\_1984\_UTM\_ZONE\_18S



 <b>Universidad Nacional Agraria la Molina</b> TESIS DE PRE GRADO	ESTUDIO: "CARACTERIZACIÓN DEL BOSQUE DE POLYTEPIS DE JURAU, DISTRITO DE HUASTA, PROVINCIA DE BOLOGNESI, DEPARTAMENTO DE ANCASH"	
	PLANO UBICACIÓN DEL BOSQUE DE POLYTEPIS DE JURAU	
PLANO N°: <b>P01</b>	ESCALA: <b>1:10000</b>	ELABORADO POR: Juan A. Castro Gonzales FECHA: Noviembre, 2012

FUENTE: Elaboración propia. Software utilizado ArcGis 9.3



IMAGEN 3: Vista 3D del bosque de *Polylepis* ubicado en un valle glaciar en forma de "U", confirmando lo mencionado por Yallico (1992).



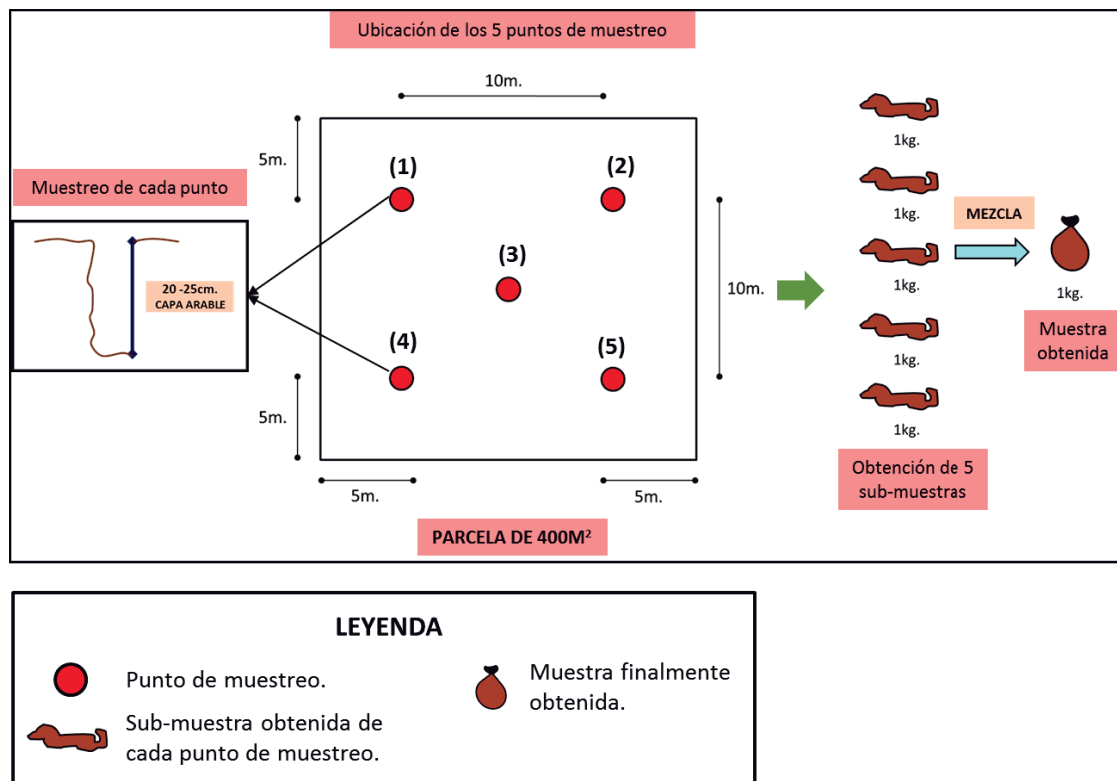
FUENTE: Google Earth (imagen satelital de fecha 08/12/13).

## 4.2 Identificación y medición de variables

### 4.2.1 Con relación al suelo.

El suelo fue analizado mediante un muestreo superficial, que consiste en la toma de un kilogramo de muestra de la capa arable, 20-25 cm a partir de la superficie del suelo (Bazán *et al.* 2011), pudiéndose observar en la Figura 1. Las muestras fueron obtenidas mediante el método libre que consiste en este caso, en la extracción de cinco submuestras (un kilogramo cada una) siguiendo la forma de una “X” en cada parcela de 400 m<sup>2</sup> (Figura 1). Estas submuestras fueron mezcladas para obtener finalmente una muestra de un kilogramo que fue enviada al laboratorio para ser analizada (Anexo 15).

**FIGURA 1:** Muestreo de suelo en parcelas de 400 m<sup>2</sup>.



**FUENTE:** Elaboración propia (2012)

### **Acotaciones:**

- La muestra de suelo fue retirada entre árboles y no junto a éstos, debido a que se podría afectar la raíz de los mismos.
- En el kilogramo de suelo obtenido, no se incluyeron piedras ni raíces.

Las variables de suelo analizadas en el presente estudio, fueron las siguientes:

#### **a. pH del suelo**

Matemáticamente, se define como el logaritmo decimal negativo de la concentración del ión  $H^+$ , en la fase líquida del suelo (Bazán *et al.* 2011). Esta concentración está directamente relacionada con algunas propiedades del suelo. El pH no depende del volumen de la disolución, sino de la relación suelo-agua utilizada para realizar la medida, por lo que el pH es una variable intensiva, es decir, un factor de intensidad de la acidez o de la basicidad (Porta *et al.* 2010).

**Método que se utilizó para su medición:** Medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5 (Soil Survey Division Staff 1993).

#### **b. Materia orgánica**

La materia orgánica está constituida por los compuestos de origen biológico que se encuentran en el suelo y pueden ser de origen vegetal o animal. Está parcialmente descompuesta, es incorporada al suelo por los seres vivos, combinándose con las más finas partículas de arcilla constituyendo el complejo coloide-biológico, el cual desempeña un rol muy importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Bazán *et al.* 2011).

**Método que se utilizó para su medición:** Método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. % M.O. = % C x 1.724. Resultado en porcentaje (Junta de Extremadura 1992).

**c. Fósforo disponible**

El fósforo es un elemento que forma parte de las nucleoproteínas y fosfolípidos, cuya función más importante es ser el principal agente de transferencia de energía en el metabolismo de la planta (Donoso 1981). Es absorbido por éstas en forma de fosfatos mono y diácido. El fósforo soluble e intercambiable constituye lo que se denomina fósforo disponible. El fósforo soluble son las formas que se encuentran en la solución suelo y son aprovechables para las plantas en forma inmediata, por el contrario el fósforo intercambiable, que es la fracción que se encuentra adsorbida en el complejo de cambio, presenta formas con disponibilidad más lenta (Sanzano s.f.).

**Método que se utilizó para su medición:** Método del Olsen modificado, extracción con  $\text{NaHCO}_3 = 0.5 \text{ M}$ , pH 8.5. Resultado en unidades ppm (Gilabert *et al.* 1990).

**d. Potasio disponible**

El potasio es un macronutriente absorbido por las plantas en grandes cantidades y que menores problemas de disponibilidad presenta, ya que, en general, la provisión de este elemento en los suelos es aceptable (Sanzano s.f.). Una de sus principales funciones es como activador de muchas enzimas, además de cumplir funciones en el movimiento de apertura y cierre de estomas (Donoso 1981). A diferencia del fósforo, el potasio está presente en la solución del suelo solamente como un catión cargado positivamente,  $\text{K}^+$ . El potasio soluble e intercambiable constituye lo que se denomina potasio disponible (Sanzano s.f.).

**Método que se utilizó para su medición:** Extracción con acetato de amonio ( $\text{CH}_3 - \text{COONH}_4$ ), pH 7.0. Resultado en unidades ppm (Gilabert *et al.* 1990).

**e. Clase textural**

El United States Department of Agriculture (USDA), reconoce tres grupos de separatas del suelo: arena, limo y arcilla. Las proporciones relativas de las separatas del suelo, determinan la clase textural del suelo. Determinar y conocer la textura de un suelo es muy importante ya que es la propiedad física fundamental del suelo (Bazán *et al.* 2011).

**Método que se utilizó para su medición:** % de arena, lima y arcilla; método del hidrómetro (Gilabert *et al.* 1990).

**f. Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CIC efectiva o suma de cationes)**

Es definida como la suma total de los cationes intercambiables que un suelo puede adsorber (Bazán *et al.* 2011).

**Método que se utilizó para su medición:** Saturación con acetato de amonio ( $\text{CH}_3 - \text{COOCH}_4\text{N}$ ); pH 7.0. Resultado en unidades meq/100 g (Kloster *et al.* 2010).

Además de las variables obtenidas en el laboratorio, también se analizó la siguiente variable:

**g. Pendiente**

La persona encargada de la medición se ubicó aproximadamente al centro de la parcela de  $400 \text{ m}^2$  y midió la pendiente con la ayuda de un clinómetro. El dato se obtuvo en grados.

#### **4.2.2 Con relación a los individuos de *Polylepis*.**

Los individuos fueron analizados por separado utilizando como criterio el DAP (diámetro a la altura del pecho), ya que en la salida piloto se observó y comprobó la no presencia de individuos con un DAP menor a 3 cm, sino que por el contrario los individuos o eran bastante pequeños o ya presentaban un porte arbóreo evidente ( $DAP \geq 3$  cm). Por ende, no había presencia de individuos con porte arbustivo.

##### **4.2.2.1 Individuos con $DAP < 3$ cm (regeneración natural)**

Los individuos que fueron tomados en cuenta para la medición, son aquellos cuyo tallo se encuentra dentro de la parcela de 25 m<sup>2</sup> en su totalidad (Figura 4).

Las variables que fueron analizadas de estos individuos, fueron las siguientes:

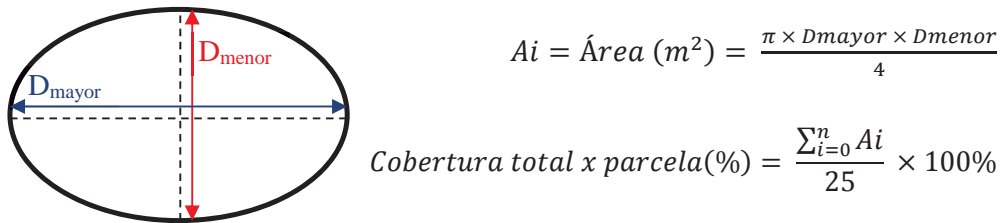
##### **a. Altura**

La altura de los individuos fue medida desde la intersección de la base del tallo con el suelo hasta la rama más alta (Anexo 14, Foto 14.2). Para realizar la medición se utilizó una cinta métrica debido a que son individuos bastante pequeños. En caso la rama más alta se encontraba lejos de la cinta de medición, esta fue proyectada con el uso de una regla con la finalidad de disminuir el sesgo. El resultado se anotó en centímetros (cm).

**b. Cobertura total por parcela**

Según comunicación personal con Ceroni (2012)<sup>2</sup> y de acuerdo a lo observado en la salida piloto, la cobertura de cada individuo fue obtenida utilizando el área de una elipse. La forma de obtener la cobertura total por parcela (%) se puede observar en la Figura 2. El diámetro mayor ( $D_{\text{mayor}}$ ) y el diámetro menor ( $D_{\text{menor}}$ ) fueron las medidas que se tomaron en el campo (Anexo 14, Foto 14.3). En gabinete se halló la cobertura en porcentajes.

**FIGURA 2:** Medición de la cobertura vegetal.



**FUENTE:** Conversación personal Ceroni (2012)<sup>2</sup>

**c. Densidad**

La densidad fue obtenida en cada parcela de la siguiente manera:

$$\text{Densidad} = \frac{\# \text{ total de individuos vivos}}{\text{área de la parcela}} \text{ (ind./m}^2\text{)}$$

<sup>2</sup> Ceroni, A. 2012. Cobertura vegetal (entrevista). Lima, PE, UNALM.

#### **4.2.2.2 Con relación a los individuos de DAP $\geq$ 3 cm (estrato arbóreo)**

##### **a. Altura**

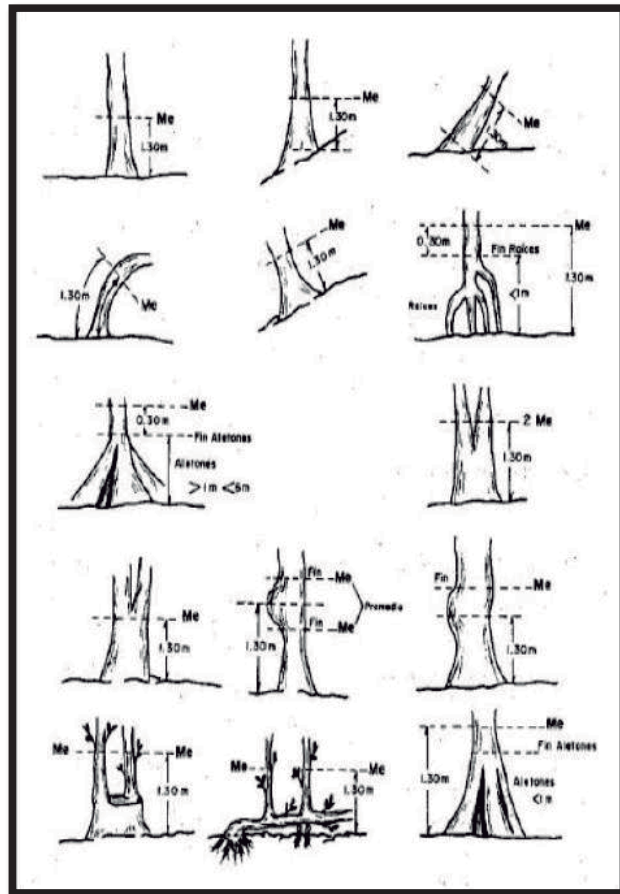
Para el presente estudio se midió la altura total que es la medida entre el suelo y el extremo de la yema terminal del fuste (ápice). La medición de la altura en los árboles de *Polylepis* se realizó mediante proyecciones visuales. Una persona se ubicó junto al árbol sosteniendo una rama en línea recta de cuatro metros de longitud, y luego el anotador desde una zona más alta realizó la proyección con la vista y anotó la altura. Debido a que es un método de medición rápido pero no muy exacto, se trabajó con un error de estimación de  $\pm 10$  %.

##### **b. Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

El diámetro del árbol se mide con la corteza, a la altura del pecho a 1,3 m, sobre el terreno (Imagen 4). Según Balderrama y Ramírez (2001) la medición del DAP en *Polylepis* se debe de realizar entre los 20-60 cm del suelo para evitar el sector de bifurcación de los troncos; sin embargo de acuerdo a lo observado y medido en la salida piloto, el bosque presenta en su gran mayoría árboles sin bifurcación a poca altura por lo que la medición del DAP se realizó a 1.3 m (Anexo 8).



**IMAGEN 4:** Medición del DAP y casos particulares.



**FUENTE:** Rügnitz *et al.* 2009

La medición del DAP se realizó indirectamente, ya que inicialmente se midió la circunferencia del árbol con una cinta métrica de costura. Luego se obtuvo el DAP realizando el siguiente cálculo:

$$DAP = C/\pi$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

C = Circunferencia del árbol (cm)

$\pi = 3.1416$

**c. Densidad**

La densidad fue obtenida en cada parcela de la siguiente manera:

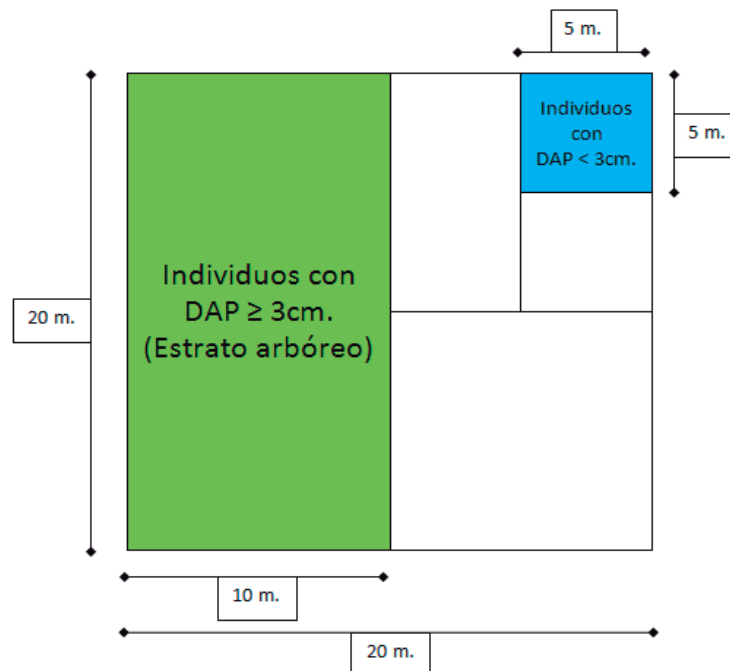
$$Densidad = \frac{\# \text{ total de individuos vivos}}{\text{área de la parcela}} \text{ (ind/m}^2\text{)}$$

### 4.3 Diseño de investigación

El bosque presenta un área total de 23 ha, contando de esta manera con aproximadamente 575 parcelas de 400 m<sup>2</sup> cada una. Cada parcela fue dividida en sub-parcelas de menor área con la finalidad de poder analizar por separado a los individuos que presentaban un DAP (diámetro de altura de pecho) menor que 3 cm (sub-parcela de 25 m<sup>2</sup>), con respecto a otros que presentaban un DAP mayor o igual a 3 cm (sub-parcela de 200 m<sup>2</sup>). Esto se debió a que en la salida piloto se observó y comprobó la no presencia de individuos con un DAP menor a 3 cm, sino que por el contrario los individuos o eran bastante pequeños o ya presentaban un porte arbóreo evidente (DAP  $\geq$  3 cm). Por ende no hubo presencia de individuos con porte arbustivo.

En total se realizó un muestreo aleatorio simple de 109 parcelas (Plano 2) de 400 m<sup>2</sup> cada una, tomando en cuenta las consideraciones ya descritas. A continuación se muestra gráficamente el diseño de cada parcela (Figura 3):

**FIGURA 3:** Diseño de muestreo que se utilizó en el campo.



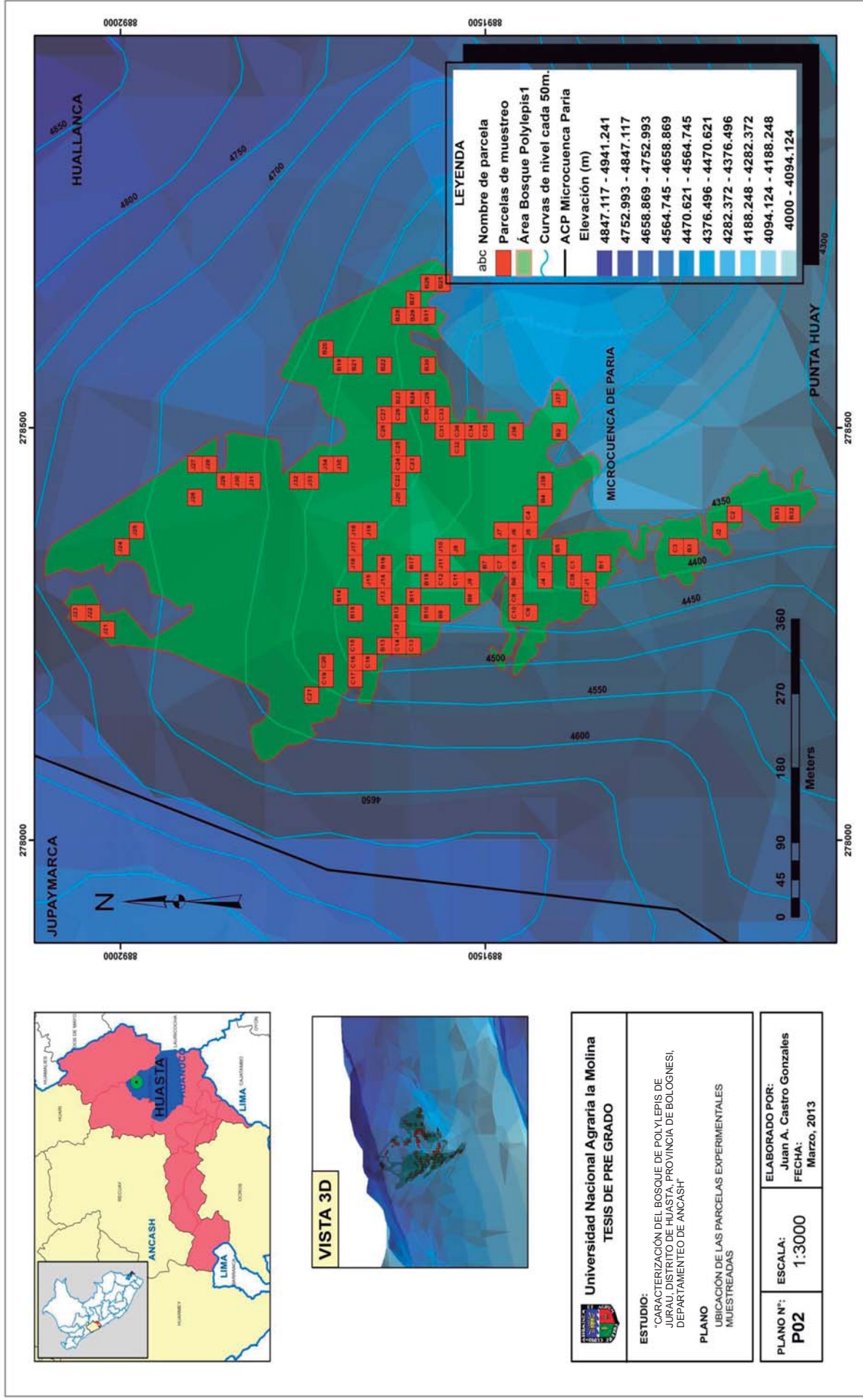
**FUENTE:** Elaboración propia (2012)

La elección de cada parcela de 400 m<sup>2</sup> se realizó de la siguiente manera:

- Se generó un mapa del bosque de *Polylepis* ubicado en Jurau, microcuenca de Paria, el cuál fue delimitado mediante el uso del *software* ArcGis 9.3.
- El bosque delimitado fue cuadrículado, conteniendo de esta forma parcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m). Cada cuadrado fue enumerado.
- Se seleccionaron al azar las 109 parcelas a muestrear.
- La construcción de cada parcela se realizó de la siguiente manera: Mediante el uso del GPS primero se ubicó el punto superior derecho de cada parcela, luego mediante el uso de una brújula se localizaron los demás vértices y por último se midió la distancia entre vértices con la ayuda de una cinta métrica (Rügnitz *et al.* 2009).

Las variables derivadas del muestreo de suelo, la pendiente y la altitud son datos que representan a toda la parcela (400 m<sup>2</sup>).

PLANO 2: Ubicación de las 109 parcelas experimentales muestreadas.



FUENTE: Elaboración propia (2013). Software utilizado ArcGis 9.3

#### **4.4 Salida Piloto – Población y muestra.**

Del 20 al 23 de abril del año 2010, se llevó a cabo la salida piloto al bosque de *Polylepis* de Jurau, microcuenca de Paria, con la finalidad de obtener datos que nos permitan estimar la muestra que se requerirá para el presente estudio. En dicha salida de campo se realizó el conteo del total de individuos por parcela, llegándose a muestrear 6 parcelas (ubicadas dentro del bosque) de 100 m<sup>2</sup> cada una. Los datos obtenidos fueron separados en dos grupos. El primero consta de individuos cuyo DAP (Diámetro de altura de pecho) es menor que 3 cm (regeneración natural), y el segundo grupo está conformado por individuos cuyo DAP es mayor o igual a 3 cm (estrato arbóreo). Esto se realizó para poder analizar por separado a los individuos que constituyen la regeneración natural y a los que constituyen el estrato arbóreo. Según Balderrama y Ramírez (2001) y de acuerdo a lo observado y medido, la separación se realizó tomando como referencia un DAP de 3 cm. Además en base a los datos colectados, al parecer el bosque ha permanecido en estado estacionario durante mucho tiempo, debido a que por un lado se tenían individuos bastante pequeños y por otro lado ya presentaban un porte arbóreo evidente ( $DAP \geq 3$  cm). Por ende, no había presencia de individuos con porte arbustivo.

##### **4.4.1 Selección del tamaño de muestra – Individuos con DAP < 3 cm (Regeneración natural)**

La densidad de individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) menor de 3cm. presentes en cada una de las 6 parcelas de 100 m<sup>2</sup>, sometidas a un muestreo aleatorio simple, se puede observar en el siguiente cuadro:

**CUADRO 9.** Densidad de individuos de *Polylepis* con un DAP < 3 cm obtenidos en parcelas de 100 m<sup>2</sup> sometidas a un muestreo aleatorio simple.

Parcela	Densidad (DAP < 3 cm)
1	0.1075
2	1.05
3	0.77
4	0.72
5	0.22
6	0.69

**FUENTE:** Elaboración propia (2010).

Mediante el manejo de los datos anteriores con el programa Microsoft Excel 2010, y suponiendo que los datos siguen una distribución normal, se obtuvieron las siguientes variables estadísticas:

$$\mathbf{Varianza\ muestral = S^2 = 0.3579\ ind/m^2 \dots\dots (1)}$$

$$\mathbf{Media = \bar{x} = 0.5929\ ind/m^2 \dots\dots (2)}$$

Debido a que se obtuvo la varianza muestral ( $s^2$ ) en la salida piloto, es posible reemplazar la varianza poblacional ( $\sigma^2$ ) por este valor (Scheaffer *et al.* 2007).

Se trabajó con un nivel de confianza del 90 %, por lo que el valor de “z” fue igual a 1.65 según tablas estadísticas de distribución normal. El error de estimación fue de  $\pm 0.094$  individuos/m<sup>2</sup> (3). Se trabajó con estos valores, debido a que se contaba con recursos limitados y al alto esfuerzo de muestreo que se empleó en cada parcela.

$$\text{Error de estimación} = e = 15.85\% (\hat{x}) = 15.85\% (0.5929) = \pm 0.094 \text{ ind./m}^2$$

.....(3)

El área total del bosque es aproximadamente 23 ha o 230 000 m<sup>2</sup> (dato obtenido mediante el uso del *software* ArcGis 9.3). Se deseaba trabajar con parcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 metros), por lo que el número total de parcelas (N) con estas dimensiones es alrededor de 9200. Se seleccionó una unidad de muestreo de 25 m<sup>2</sup> por la alta presencia de individuos (regeneración natural), que deriva en un gran esfuerzo de muestreo.

El número de parcelas necesarias (n) para estimar la densidad promedio de individuos de regeneración natural, con un límite para el error de estimación de ±0.094 individuos/m<sup>2</sup>; se obtuvo mediante la siguiente expresión (Scheaffer *et al.* 2007):

$$n = \frac{z^2 \times \sigma^2 \times N}{(e^2 \times (N - 1)) + (z^2 \times \sigma^2)} \dots \dots (4)$$

Reemplazando (1), (2) y (3), en (4), se obtuvo un tamaño de muestra de:

$$n = \frac{z^2 \times \sigma^2 \times N}{(e^2 \times (N - 1)) + (z^2 \times \sigma^2)} = \frac{1.65^2 \times 0.3579 \times 9200}{(0.094^2 \times (9200 - 1)) + (1.65^2 \times 0.3579)}$$

$$n = 109$$

Fueron necesarias aproximadamente 109 parcelas para estimar la densidad promedio de individuos de regeneración natural, con un límite para el error de estimación de ±0.094 individuos/m<sup>2</sup> y trabajando con un nivel de confianza de 90 %.



**4.4.2 Selección del tamaño de muestra – Individuos con DAP  $\geq$  3 cm (individuos de porte arbóreo)**

La densidad de individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual de 3 cm presentes en cada una de las 6 parcela de 100 m<sup>2</sup>, sometidas a un muestreo aleatorio simple, se puede observar en el siguiente cuadro:

**CUADRO 10.** Densidad de individuos con un DAP  $\geq$  3 cm obtenidos en parcelas de 100 m<sup>2</sup> sometidas a un muestreo aleatorio simple.

Parcela	Densidad (DAP $\geq$ 3 cm)
1	0.0275
2	0.13
3	0.01
4	0.08
5	0.02
6	0.09

**FUENTE:** Elaboración propia.

Mediante el manejo de los datos anteriores con el programa Microsoft Excel 2010, y suponiendo que los datos siguen una distribución normal, se obtuvieron las siguientes variables estadísticas:

$$\text{Varianza muestral} = S^2 = 0.0023 \text{ ind/m}^2 \dots \dots (5)$$

$$\text{Media} = \bar{x} = 0.0596 \text{ ind/m}^2 \dots \dots (6)$$

Debido a que se obtuvo la varianza muestral ( $s^2$ ) en la salida piloto, es posible reemplazar la varianza poblacional ( $\sigma^2$ ) por este valor (Scheaffer *et al.* 2007).

Se trabajó con un nivel de confianza del 90 %, por lo que el valor de “z” fue igual a 1.65 según tablas estadísticas de distribución normal. El error de estimación fue de  $\pm 0.00721$  individuos/m<sup>2</sup> (7). Se trabajó con estos valores, debido a que se contaba con recursos limitados y al alto esfuerzo de muestreo que se empleó en cada parcela.

$$\text{Error de estimación} = e = 12.10\% (\bar{x}) = 12.10\% (0.0596) = \pm 0.00721 \text{ ind./m}^2 \dots\dots(7)$$

El área total del bosque es aproximadamente 23 ha o 230 000 m<sup>2</sup> (dato obtenido mediante el uso del *software* ArcGis 9.3). Se deseaba trabajar con parcelas de 200 m<sup>2</sup> (20 x 10 metros), por lo que el número total de parcelas (N) con estas dimensiones es alrededor de 1150. Se seleccionó una unidad de muestreo de 200 m<sup>2</sup> por la alta presencia de individuos, que deriva en un gran esfuerzo de muestreo.

El número de parcelas necesarias (n) para estimar la densidad promedio de individuos de porte arbóreo, con un límite para el error de estimación de  $\pm 0.00721$  individuos/m<sup>2</sup>; se obtuvo mediante la siguiente expresión (Scheaffer *et al.* 2007):

$$n = \frac{z^2 \times \sigma^2 \times N}{(e^2 \times (N - 1)) + (z^2 \times \sigma^2)} \dots\dots (8)$$

Reemplazando (5), (6) y (7), en (8); se obtuvo un tamaño de muestra de:

$$n = \frac{z^2 \times \sigma^2 \times N}{(e^2 \times (N - 1)) + (z^2 \times \sigma^2)} = \frac{1.65^2 \times 0.0023 \times 1150}{(0.00721^2 \times (1150 - 1)) + (1.65^2 \times 0.0023)}$$

$$n = 109$$

Fueron necesarias aproximadamente 109 parcelas para estimar la densidad promedio de individuos de porte arbóreo, con un límite para el error de estimación de  $\pm 0.00725$  individuos/m<sup>2</sup> y trabajando con un nivel de confianza de 90 %.

#### 4.5 Instrumentos de colecta de datos

Los instrumentos y herramientas que se utilizaron en la colecta de datos fueron los siguientes (Cuadro 11):

**CUADRO 11:** Instrumentos y herramientas que se utilizaron en la colecta de datos.

N°	Instrumento y/o herramienta	Unidades	Marca	Modelo	Dato colectado
1	GPS (sistema de posicionamiento global)	2	Garmin	Map 60 CSX	Posición (ubicación de parcelas). En Formato UTM y Datum WGS84 Zona 18S
2	Clinómetro	3	Suunto	PM-5/360 PC	Pendiente en grados
3	Cinta métrica de costura	3	-	-	DAP (Diámetro de altura de pecho). Medición de diámetro mayor, diámetro menor y altura
4	Rama de 4 m de longitud	3	-	-	Medición de altura
5	Lampa pequeña	6	Tramontina	-	Colecta de muestra de suelo
6	Pesola	2	Pesola	-	Pesado de la muestra de suelo (1 kg)
7	Tijera de podar	2	Ergo	By Pass	Colecta de <i>Polylepis</i> para identificación

**FUENTE:** Elaboración propia (2012).

Adicionalmente en el Cuadro 12 se puede apreciar los materiales complementarios que se utilizaron en la salida de campo, pero que no intervienen en la colecta de datos.

**CUADRO 12.** Materiales complementarios que se utilizaron en la salida de campo.

<b>N°</b>	<b>Instrumento y/o herramienta</b>	<b>Unidades</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Utilidad</b>
<b>1</b>	Cinta métrica 10 m	3	-	-	Construcción de parcela de 400 m <sup>2</sup> y 200 m <sup>2</sup>
<b>2</b>	Cinta métrica 50 m	3	-	-	Construcción de parcela de 25 m <sup>2</sup>
<b>3</b>	Rollos de rafia de colores vistosos	10	-	-	Construcción y delimitación de parcelas de trabajo
<b>4</b>	Bolsas plásticas	100	-	-	Traslado de muestras de suelo
<b>5</b>	Brújula	2	Suunto	MC2 Global	Construcción de la parcela de trabajo
<b>6</b>	Prensa botánica	1	-	-	Mantener en buen estado muestras colectadas de <i>Polylepis sp.</i>
<b>7</b>	Cámara digital	3	Canon	PowerShot ELPH 100 HS	Toma de fotografías

**FUENTE:** Elaboración propia (2012).

## **4.6 Procedimiento de análisis de datos**

### **4.6.1 Objetivo 1**

Analizar la regeneración natural de *Polylepis* presente en el bosque, a través de la medición de altura, cobertura y densidad.

Para alcanzar lo que se plantea en el objetivo, se realizará el estudio de cada una de las tres variables mediante lo siguiente:

- Agrupación de datos en intervalos de clase y uso de gráficos de distribución.
- Gráfico de cajas.
- Estadísticas descriptivas.
- Mapas de distribución mediante el uso del método matemático de interpolación Kriging del programa Surfer 10.0.

### **4.6.2 Objetivo 2**

Analizar a los individuos de porte arbóreo de *Polylepis* existentes en el bosque, mediante la medición de altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y densidad.

Para lograr lo planteado en el objetivo, se realizará el estudio de cada una de las tres variables mediante lo siguiente:

- Agrupación de datos en intervalos de clase y uso de gráficos de distribución.
- Gráficos de cajas.
- Estadísticas descriptivas.
- Mapas de distribución mediante el uso del método matemático de interpolación Kriging del programa Surfer 10.0.

### 4.6.3 Objetivo 3

Caracterizar el suelo presente en el bosque de *Polylepis* por medio del análisis físico-químico.

Para alcanzar lo que se plantea en el objetivo, se realizará el estudio de cada una de las seis variables mediante lo siguiente:

- Agrupación en rangos conocidos y uso de gráficos de barras.
- Agrupación de datos en intervalos de clase y uso de gráficos de distribución.
- Gráficos de cajas.
- Estadísticas descriptivas.

### 4.6.4 Objetivo 4

Determinar la influencia de las variables del suelo y la altitud, en la regeneración natural.

Se utilizará un modelo de regresión lineal múltiple. Este modelo supone que existe una relación lineal entre alguna variable  $Y$ , a la cuál se le da el nombre de variable dependiente, y  $k$  variables independientes,  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ . A veces a las variables independientes se les llama *variables explicativas* porque se utilizan para explicar la variación en  $Y$ . También se les conoce como *variables de predicción*, pues se usan para predecir a  $Y$ .

En este caso se supone que existe una relación lineal entre la variable *densidad de la regeneración natural* ( $Y$ ) y las variables de suelo como es el *pH* ( $X_1$ ), *materia orgánica* ( $X_2$ ), *fósforo disponible* ( $X_3$ ), *potasio disponible* ( $X_4$ ), *capacidad de intercambio catiónico* ( $X_6$ ), *pendiente* ( $X_7$ ) y la *altitud* ( $X_8$ ) a la que crecen los individuos.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de *Polylepis* colectadas en la salida de campo fueron identificadas en el Herbario de San Marcos (USM) del museo de Historia Natural, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Las muestras vegetales fueron estudiadas y clasificadas como: *Polylepis reticulata* Hieron y *Polylepis sericea* Wedd. El especialista encargado de la determinación de las muestras vegetales a nivel especie fue el Mag. Wilfredo Mendoza (Anexo 1).

La especie predominante a lo largo de todo el bosque fue *Polylepis reticulata* Hieron, presente en el 80 % del área total del bosque (Anexo 3: Tabla 3.1); por lo que a continuación se discutirán los resultados contrastando con otros bosques conformados prioritariamente por esta especie. Cabe mencionar que la especie *Polylepis sericea* Wedd sólo se presentó en cinco parcelas (J21 a J25) muestreadas ubicadas en la zona más alta del bosque entre los 4659 a 4691 msnm (Plano 2 y Anexo 3: Tabla 3.2). Como dato adicional, se observó que las zonas colonizadas por los árboles de la especie *Polylepis reticulata* presentaban por lo general coberturas superiores al 80 % aproximadamente, en cambio los árboles de la especie *Polylepis sericea* se encontraban bastante dispersos y presentaban una cobertura por debajo del 25 % aproximadamente.

En el presente estudio se determinó que la especie *Polylepis reticulata* se encuentra en el rango altitudinal entre 4365 a 4641 msnm (Anexo 3: Tabla 3.1), contrastando de esta manera con el estudio de Mendoza y Cano (2011), ya que reportan una altitud máxima de 4450 msnm para la especie en mención. Lo mismo sucede con la especie *Polylepis sericea*, ya que Mendoza y Cano (2011) reportan una altitud máxima de 4100 msnm para la especie en mención, contrastando con individuos que en el presente estudio fueron encontrados entre los 4550 a 4691 msnm aproximadamente (Anexo 3: Tabla 3.2).

## 5.1 Análisis de la regeneración natural (DAP < 3 cm)

Se muestrearon en total a 2300 individuos a lo largo de todo el bosque.

### 5.1.1 Análisis de la altura (cm)

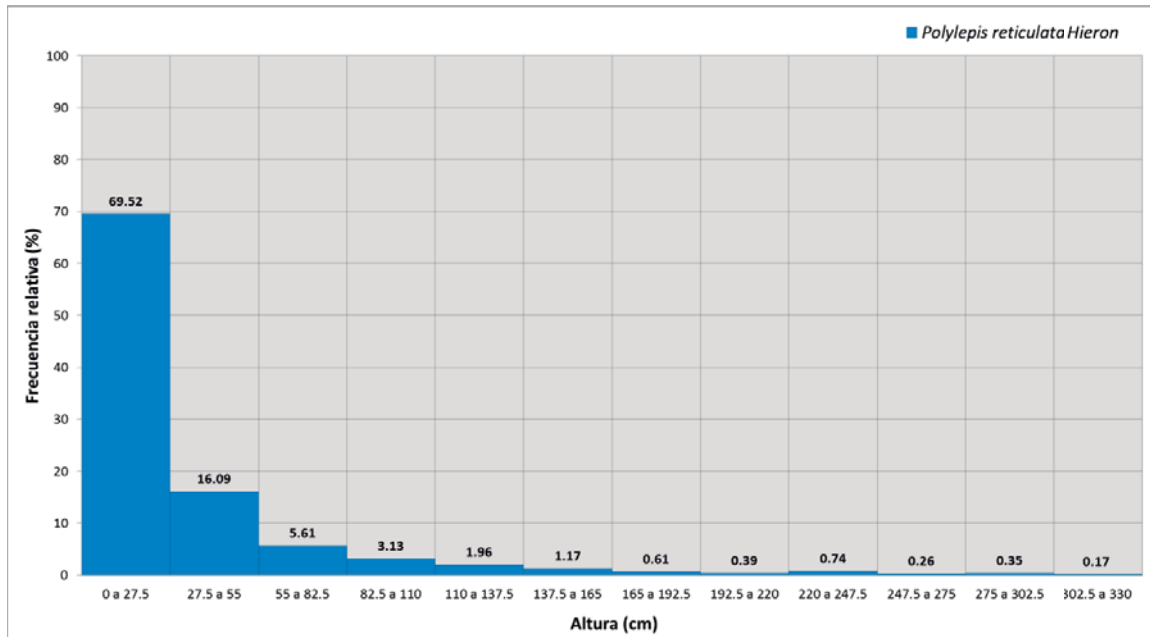
La distribución de alturas (cm) de los individuos muestreados de las especies de *Polylepis* presentes en el bosque se muestra en los Gráficos 1 y 2, donde se expone una distribución asimétrica positiva para ambas especies. El Gráfico 3 muestra que la altura mínima muestreada para la especie *Polylepis reticulata* fue de 0.5 cm y que la máxima fue de 330 cm; además que el 50 % de los individuos muestreados (datos centrales) presentan una altura entre los 8 y 33 cm.

El bosque se caracteriza por presentar individuos regenerados de tamaño pequeño (Anexo 14), debido posiblemente a que el bosque se ha encontrado en estado estacionario durante un largo periodo de tiempo y recién ha empezado el proceso de regeneración. Otra hipótesis válida, sobre la poca altura de los individuos regenerados, es que pudo deberse a la quema de pastos en algunos sectores lo que impidió que algunos individuos no prosperen (quema observada *in situ*, Anexo 7). Otra hipótesis se fundamenta en que hay zonas bastante densas con alta presencia de individuos de porte arbóreo, lo que conllevaría a los individuos regenerados a no poder desarrollar y expandir sus raíces.

Con respecto a la especie *Polylepis sericea*, el Gráfico 4 muestra que la altura mínima muestreada fue de 10 cm y que la máxima fue de 195 cm; además que el 50 % de los individuos muestreados (datos centrales) presentan una altura entre los 24.5 y 62.5 cm. Esto refleja que los individuos regenerados por lo general son más grandes en la zona más alta del bosque, debido seguramente a la baja densidad de árboles que permiten que los individuos regenerados puedan colonizar áreas libres y puedan desarrollarse sin inconvenientes (Anexo 9). A pesar de ello, también hay presencia de quema de pasto que afectan a las plántulas de *Polylepis sericea* (quema observada *in situ*, Anexo 7).

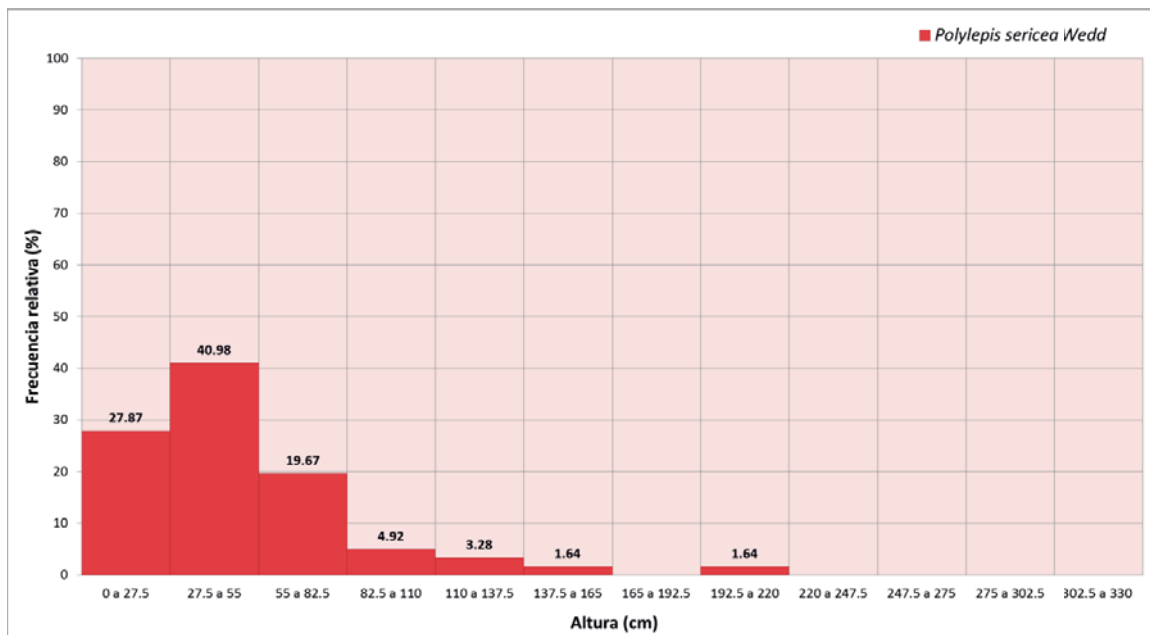


**GRÁFICO 1.** Distribución de alturas (cm) de los individuos regenerados de la especie de *Polylepis reticulata* presentes en el bosque.



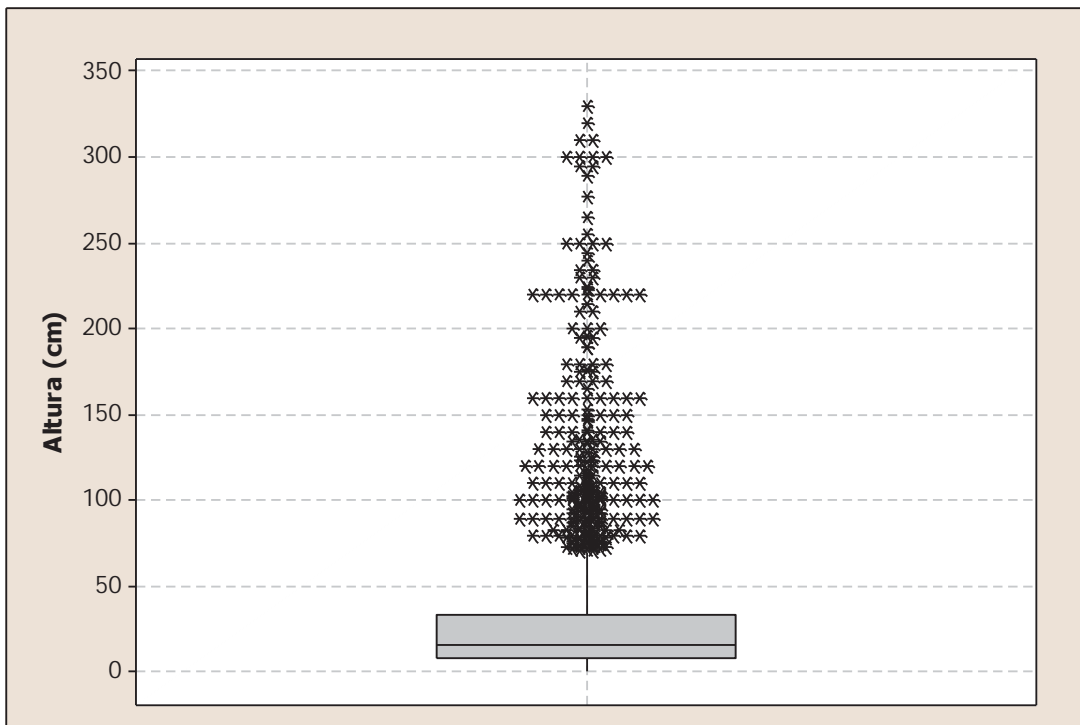
FUENTE. Elaboración propia (2013).

**GRÁFICO 2.** Distribución de alturas (cm) de los individuos regenerados de la especie de *Polylepis sericea* presentes en el bosque.



FUENTE. Elaboración propia (2013).

**GRÁFICO 3.** Gráfico de cajas de la variable Altura (cm) – Regeneración Natural de la especie *Polylepis reticulata*.

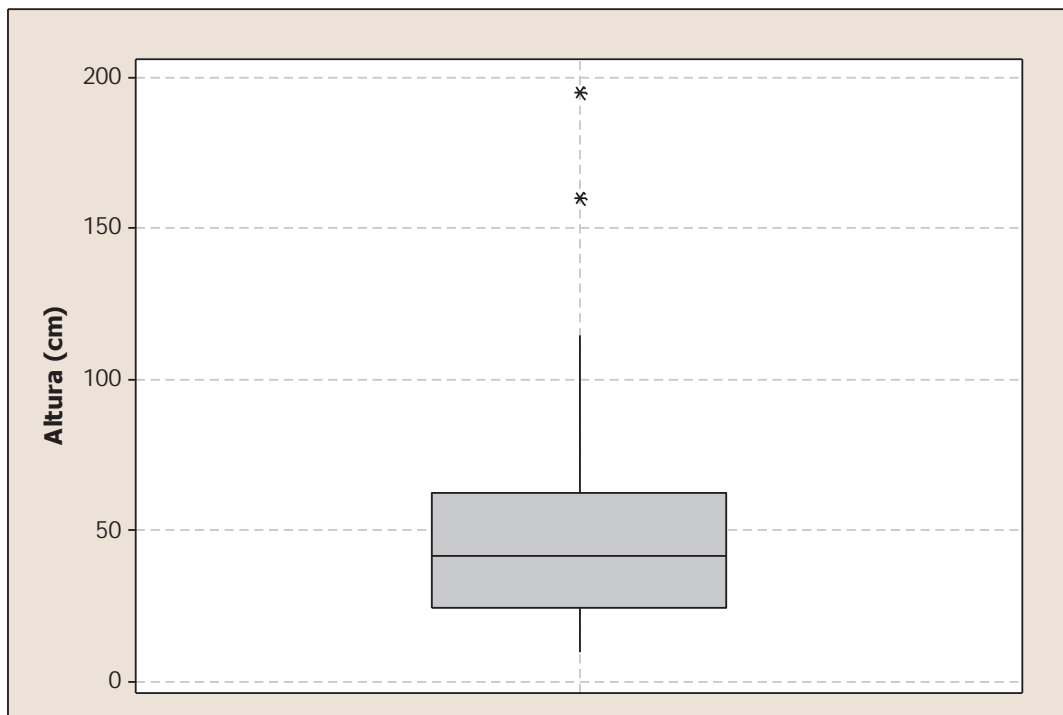


**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Altura	31.047	43.298	1874.681	139.46	0.500	8.000	16.000	33.000
	Máximo							
	330.000							

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

**GRÁFICO 4.** Gráfico de cajas de la Altura (cm) – Regeneración Natural de la especie *Polylepis sericea*.



**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Altura	48.46	34.82	1212.09	71.84	10.00	24.50	42.00	62.50
	Máximo							
	195.00							

**FUENTE.** Elaboración propia (2014) – Minitab 16.

### 5.1.2 Análisis densidad (número de individuos de regeneración natural por m<sup>2</sup>)

Con la finalidad de mostrar la distribución espacial de los individuos regenerados a lo largo del bosque de *Polylepis*, se trabajó con la variable densidad. Los datos de densidad fueron analizados espacialmente mediante el uso del método matemático de interpolación – Kriging, presente en el software Surfer 10. Es por ello que en el Plano 3 se observa cómo se distribuye la densidad de individuos regenerados de *Polylepis* a lo largo del bosque, dando como resultado presencia de 6 zonas de alta densidad, presentes principalmente entre los 4350 y 4600 msnm. Estas zonas cuentan con una densidad mayor a 2.33 individuos por m<sup>2</sup>, que se traduce en más de 58 individuos por cada parcela muestreada. Por otro lado, 20 parcelas muestreadas no presentan ningún individuo, representando el 18.35% del total (Anexo 3).

La distribución de las densidades obtenidas en las 104 parcelas muestreadas de *Polylepis reticulata*, se pueden observar en el Gráfico 5 (histograma), donde se expone una distribución asimétrica positiva. En el Gráfico 6 se muestra que la parcela muestreada con mayor densidad de individuos regenerados fue la J4 (3.72 individuos/m<sup>2</sup> o 93 individuos/parcela) ubicada a 4410 msnm (Anexo 3). Además el gráfico expone que el 50% de las parcelas (datos centrales) presentan densidades entre 0.44 – 1.68 individuos/m<sup>2</sup>, lo que se traduce en 11 – 42 individuos/parcela.

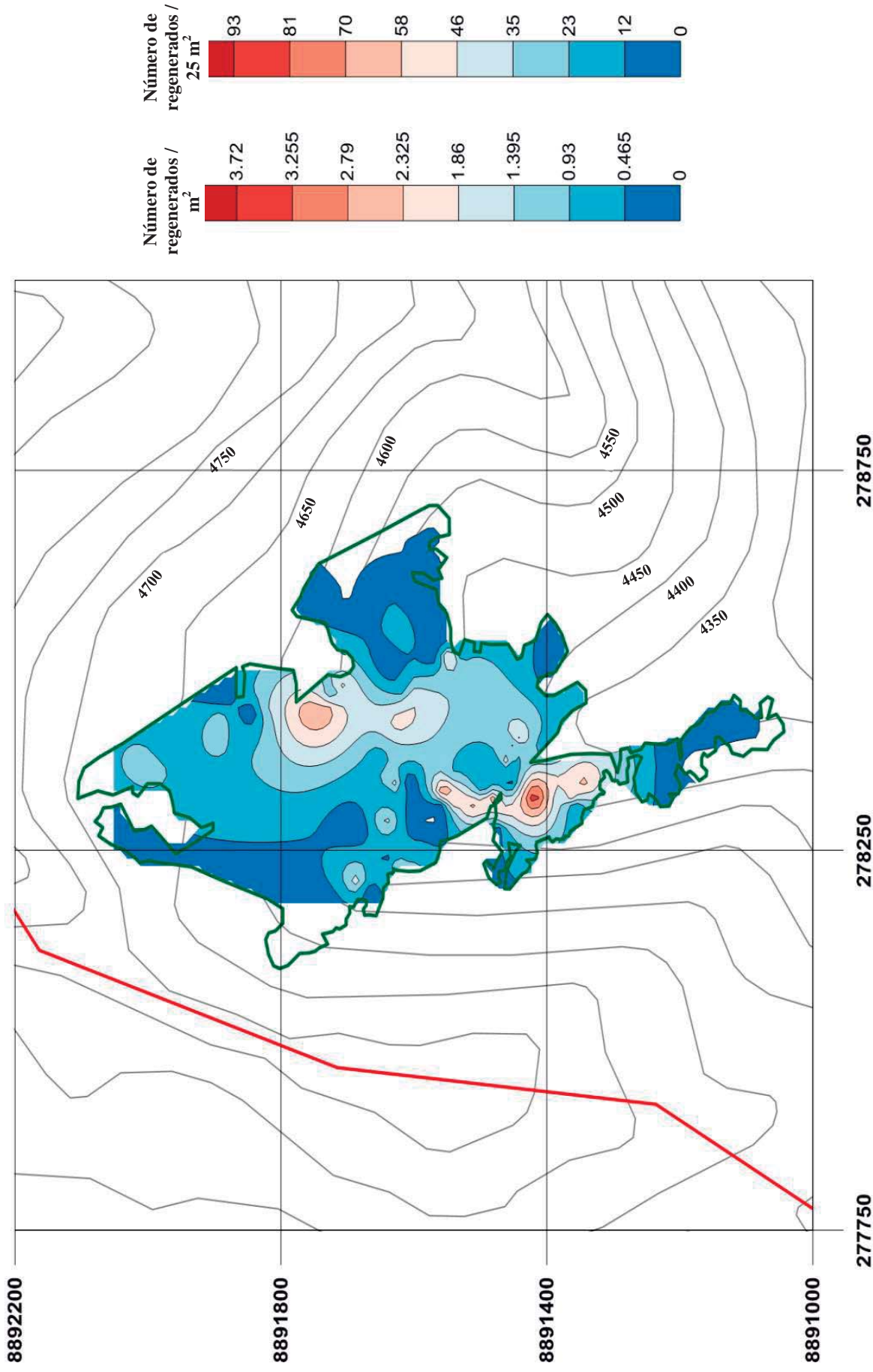
En la zona alta del bosque ocupada por la especie *Polylepis sericea*, se presentaron densidades entre 0.12 – 0.64 individuos/m<sup>2</sup>, lo que se traduce en 3 – 35 individuos/parcela (Anexo 3, Anexo 9), pero tan sólo fueron cinco parcelas muestreadas. La densidad es mucho más baja en comparación con *Polylepis reticulata*, pero los individuos regenerados son más altos.

En líneas generales se puede deducir que el bosque se encuentra en plena regeneración natural por la alta densidad y por la presencia de regeneración en el 81.65% de las parcelas muestreadas. Además según lo observado en campo, los individuos regenerados presentan una reproducción generalmente vegetativa por rizomas subterráneos y en menor proporción por acodos naturales, además de reproducción por semilla que como es sabido presentan bajo porcentaje de germinación (Betancourt y Rojas 2011). Yallico (1992) menciona que los individuos de *Polylepis* aparentemente tienen una reproducción vegetativa mediante acodos naturales y Clavijo

(2012) menciona que el género ha desarrollado modificaciones para adaptarse como bulbos o rizomas subterráneos para su reproducción. Ambos confirman lo observado.

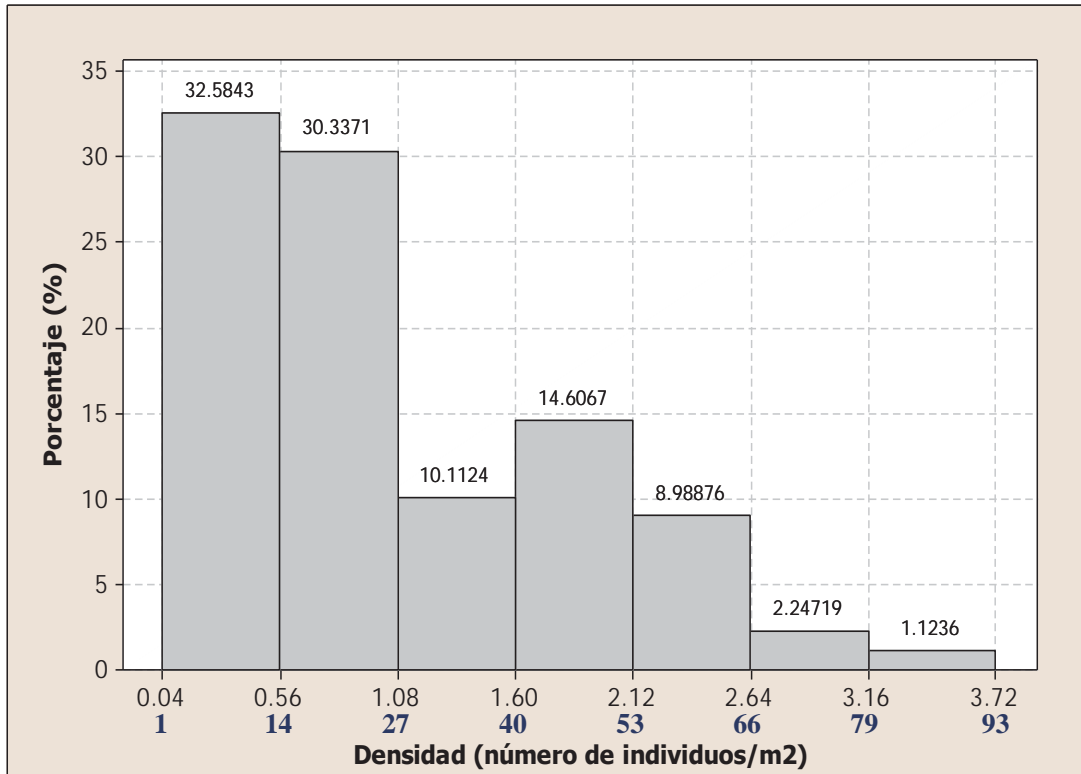
Cabe mencionar que no se ha estudiado a profundidad la reproducción vegetativa mediante acodos naturales y rizomas; por ello no se conoce si puede conducir a tener árboles grandes o solamente matas de hasta un metro (Yallico 1992).

PLANO 3. Análisis espacial de la variable densidad (individuos de regeneración natural por m<sup>2</sup>) a lo largo del bosque de *Polylepis*. Método de interpolación: Kriging. (Sí incluye datos con valor de cero).



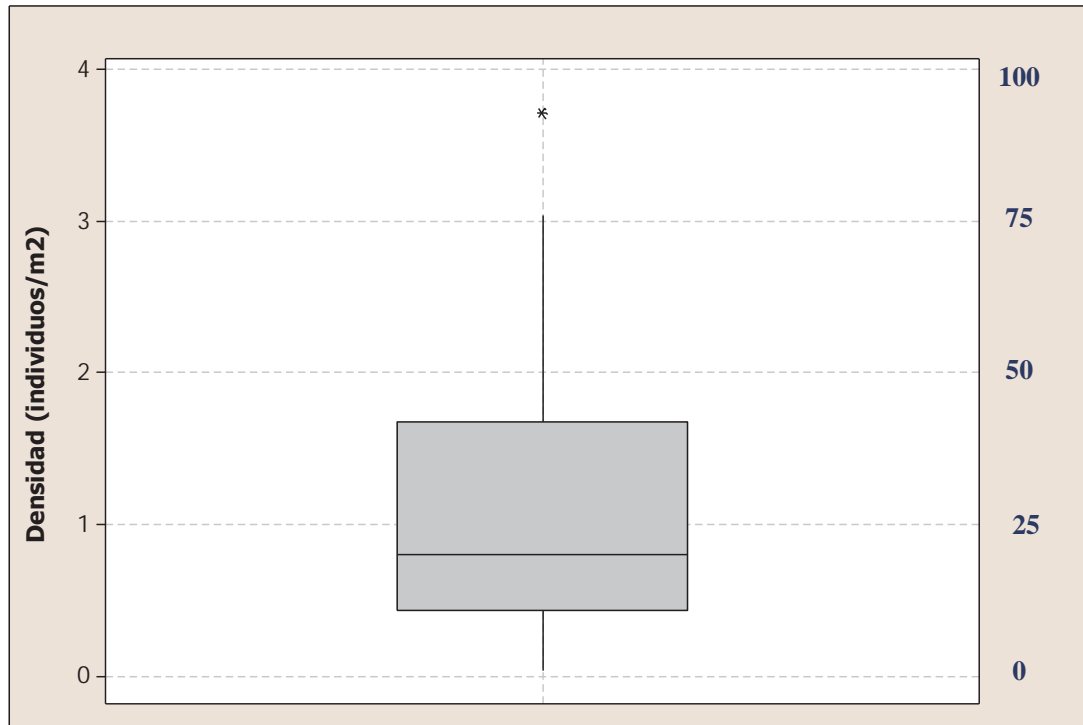
FUENTE: Elaboración propia (2013). Software utilizado Surfer 10.0

**GRÁFICO 5.** Histograma de la variable densidad de individuos de Regeneración natural de la especie *Polylepis reticulata* (No incluye datos con valor de cero). Los números en azul indican el número de individuos/parcela.



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

**GRÁFICO 6.** Gráfico de Cajas de Densidad de individuos de Regeneración natural de la especie *Polylepis reticulata*. Los números en azul indican el número de individuos/parcela.



**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Densidad	1.0337	0.8259	0.6822	79.90	0.0000	0.44	0.8000	1.68
	Máximo							
	3.7200							

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.



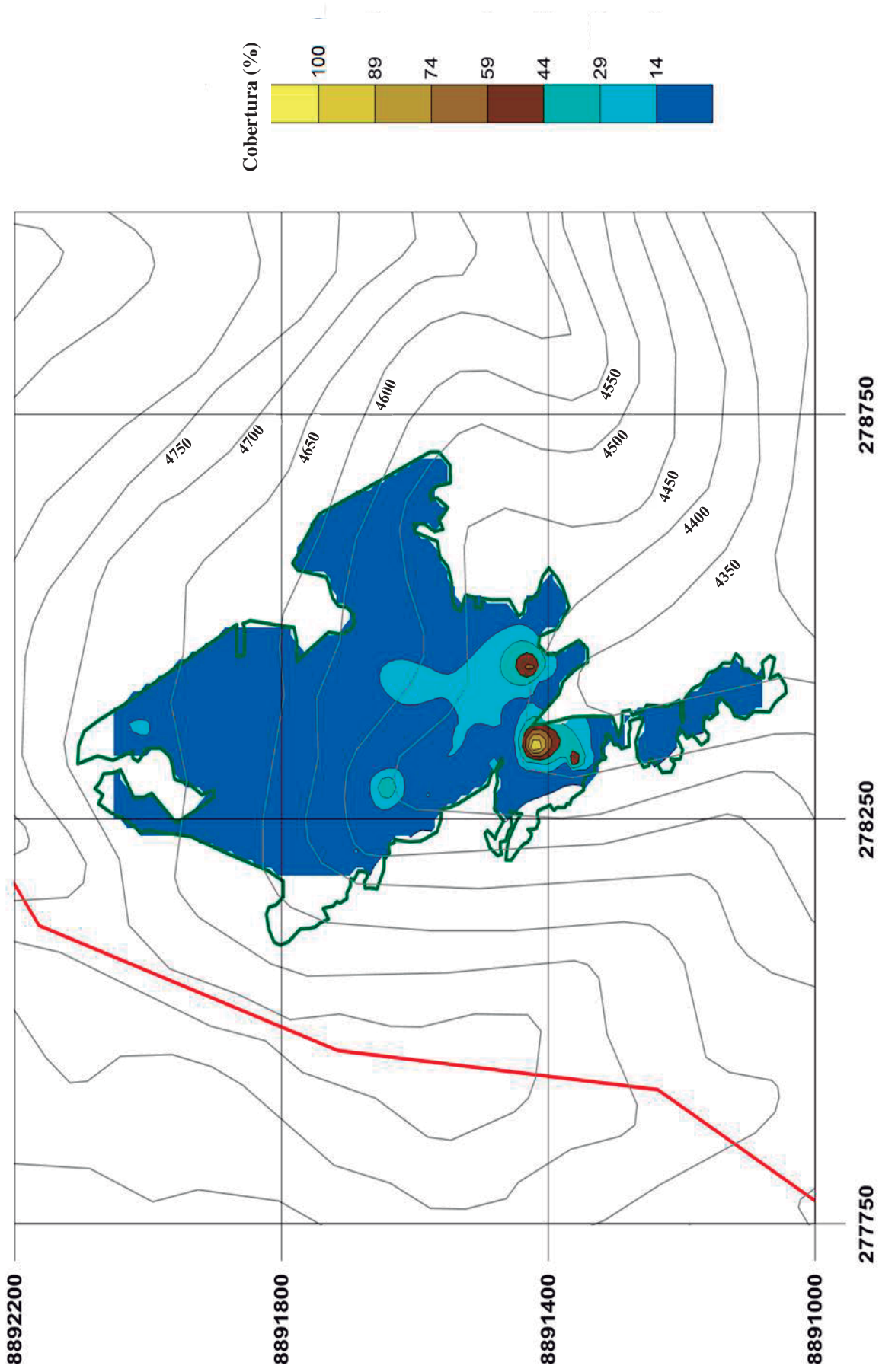
### 5.1.3 Análisis de cobertura vegetal por parcela (%)

Los datos de cobertura fueron analizados espacialmente mediante el uso del método matemático de interpolación – Kriging (software Surfer 10.0). El Plano 4 muestra cómo se distribuye la cobertura vegetal de los individuos regenerados a lo largo del bosque, dando como resultado una zona de alta cobertura (100%) ubicada al suroeste del bosque a 4390 msnm (Anexo 3).

Se debe de tomar en cuenta que el 18.35% de las parcelas muestreadas no presentan cobertura (Anexo 3). Dentro de las parcelas que presentan cobertura (81.65%), se muestra en el Gráfico 7 (histograma) la distribución de las coberturas obtenidas en las 104 parcelas muestreadas de *Polylepis reticulata*. En el Gráfico 8 se muestra que la parcela muestreada con cobertura de 100% fue la parcela J3 (Anexo 3: Tabla 3.1). Además el gráfico expone que el 50% de las parcelas muestreadas (datos centrales) presentan coberturas entre 1.26 – 11.72%.

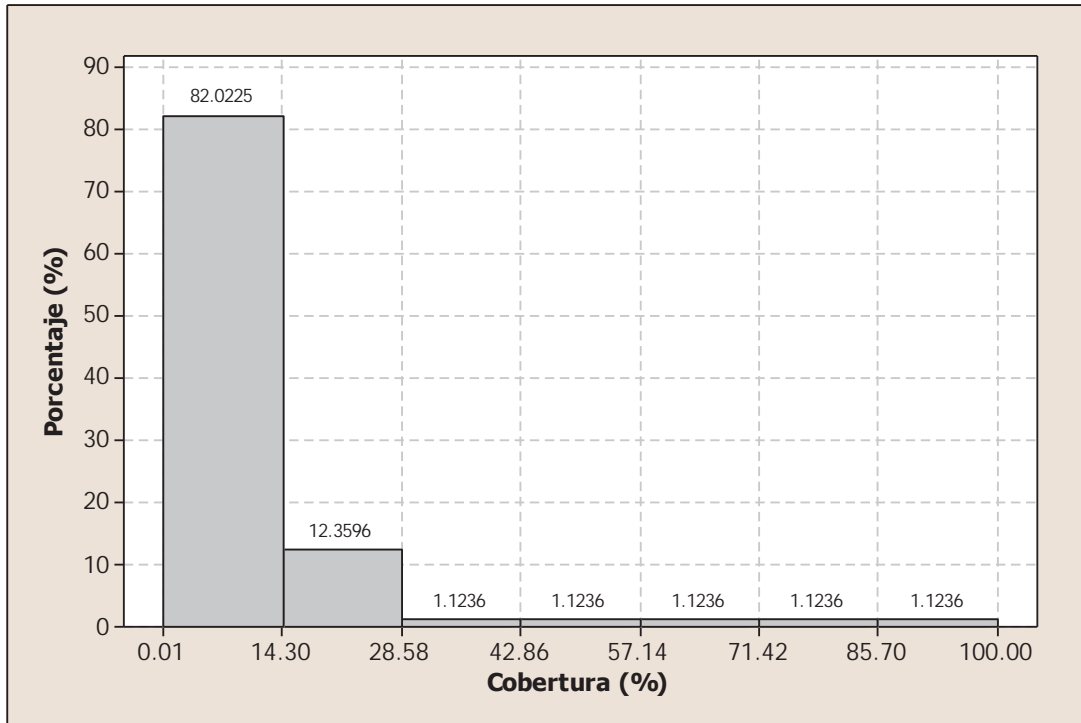
En general se deduce que el bosque se caracteriza por presentar cobertura baja de regeneración natural ya que por lo general se constituye de individuos bastante tiernos. Esto puede deberse a la quema de algunos sectores (especialmente los límites del bosque, Anexo 7) por parte los pobladores de la zona y a la presión ejercida por el ganado ovino que se alimenta de los *Polylepis* más tiernos. Otra hipótesis válida es que el bosque recién ha podido salir de un estado estacionario.

PLANO 4. Análisis espacial de la variable Cobertura (%) a lo largo del bosque de *Polyepis*. Método de interpolación: Kriging. (Si incluye datos con valor de cero).



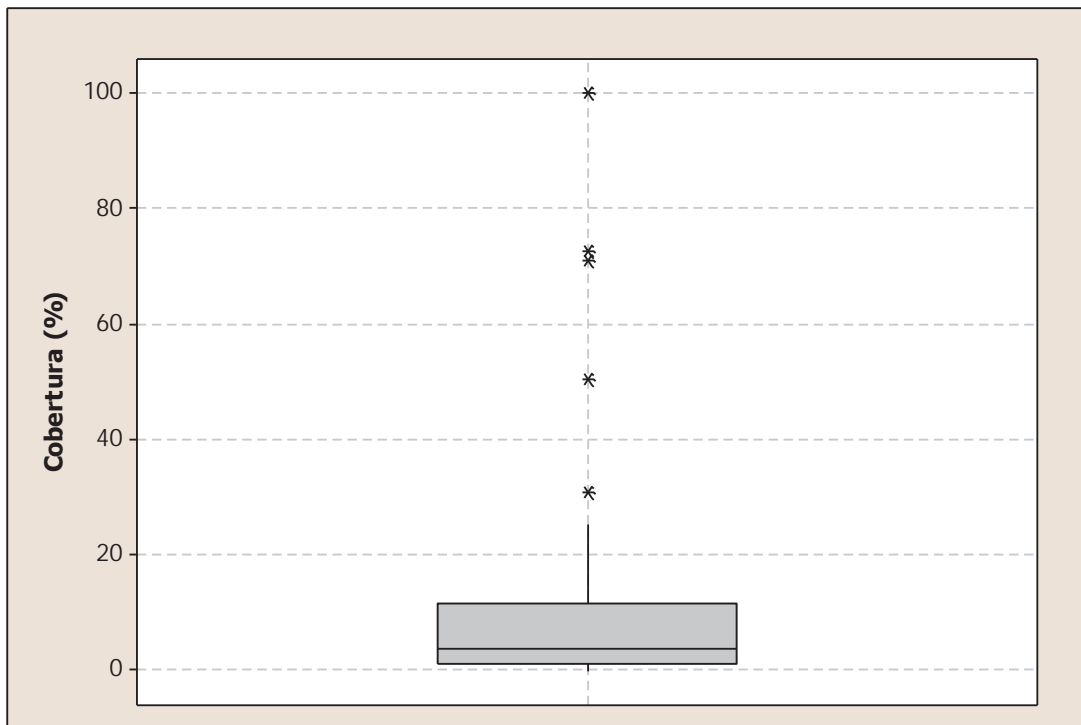
FUENTE: Elaboración propia (2013). Software utilizado Surfer 10.0

**GRÁFICO 7.** Histograma de Cobertura vegetal de individuos de Regeneración natural de la especie *Polylepis reticulata* Hieron (No incluye datos con valor de cero).



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

**GRÁFICO 8.** Gráfico de Cajas de Cobertura de individuos de Regeneración natural de la especie *Polylepis reticulata*.



**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Cobertura (%)	9.54	16.01	256.42	167.86	0.02	1.26	3.95
	Q3	Máximo					
	11.72	100.00					

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

## 5.2 Análisis de los individuos de porte arbóreo (DAP $\geq$ 3 cm)

Se analizaron en total a 1301 individuos a lo largo de todo el bosque. Para el caso de la variable altura se tomó en cuenta al 83 % de los individuos, ya que no se incluyeron los que estaban postrados o inclinados (17 %).

### 5.2.1 Análisis del Diámetro a la altura del pecho (DAP)

La distribución de los individuos de porte arbóreo muestreados, tomando en cuenta su DAP, se muestra en los Gráficos 9 y 10 donde se expone una distribución asimétrica positiva para ambas especies del género. El Gráfico 11 expone que el DAP mínimo muestreado, para la especie *Polylepis reticulata*, fue de 3.18 cm y que la máxima fue de 108.86 cm (parcela J13, Anexo 12); además que el 50% de los individuos muestreados (datos centrales) presentan un DAP entre los 9.43 y 26.42 cm.

Con respecto a la especie *Polylepis sericea*, el Gráfico 12 muestra que el DAP mínimo muestreado fue de 3.5 cm y que el máxima fue de 50.29 cm; además que el 50 % de los individuos muestreados (datos centrales) presentan un DAP entre los 10.82 y 20.37 cm. En comparación con los árboles de la especie *Polylepis reticulata*, los árboles de *Polylepis sericea* no presentan DAP tan grandes, por lo que se deduce que estos pudieron haber colonizado tiempo después la zona alta del bosque.

De los párrafos anteriores se deduce que por lo general el bosque está constituido por individuos relativamente jóvenes (DAP entre 9 y 26 cm), en contraste con la menor cantidad de árboles semilleros (representa 1% entre DAP de 80 a 110 cm), por lo que se puede afirmar estamos frente a un bosque primario. Ya que los árboles del género *Polylepis* son de lento crecimiento y presentan semillas de bajísimo porcentaje de germinación (Betancourt y Rojas 2011), han debido de pasar varios millones de años para que la capacidad de reproducción del bosque llegue a generar la gran cantidad de individuos jóvenes (dap entre 9.43 y 26.42 cm) que se observan actualmente. Finalmente el bosque pudo haberse encontrado en estado de latencia durante un periodo de tiempo largo hasta que empezara la regeneración del mismo nuevamente, es por ello que actualmente no hay presencia de individuos de porte arbustivo.

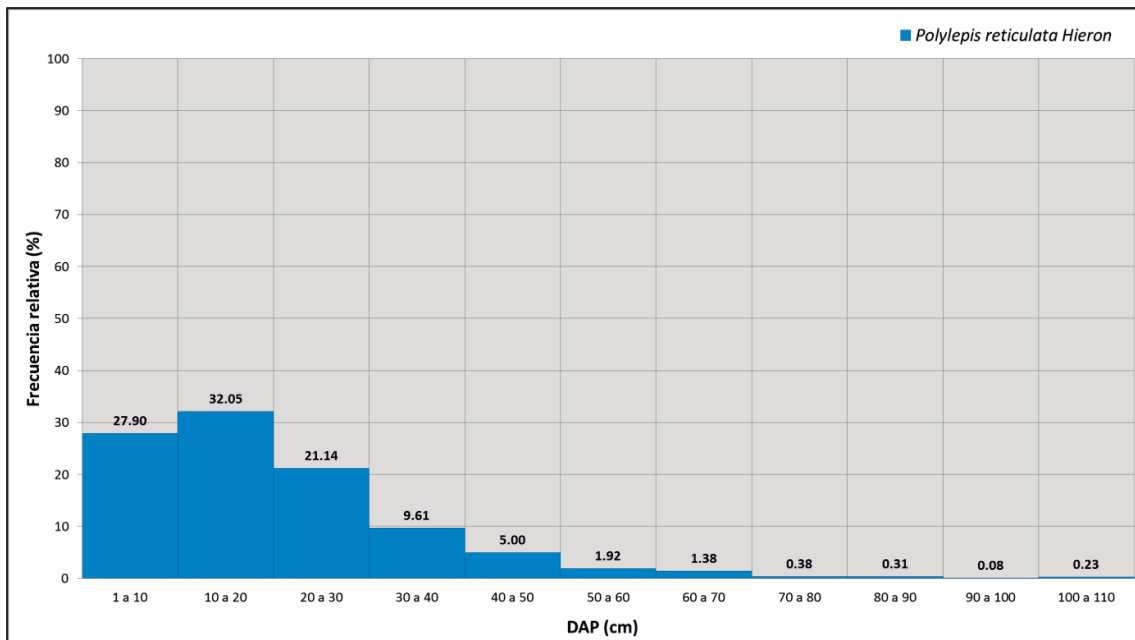
### Comparación con otros estudios:

- Yallico (1992) en un estudio realizado en las partes altas del bosque de Pumahuasi o Pomasi en Lampa (4300 msnm aproximadamente) al sur de Puno, bosque constituido por la especie *Polylepis incana*, describe que el diámetro más grande encontrado fue de 70 cm. También describe que el diámetro más grande encontrado en los bosques de *Polylepis tomentella* en el sur de Puno fue de 50 cm, ubicados en los bosques de San Francisco de Piñon en Santa Rosa de Juli a 4300 msnm. Además señala que los valores dendrométricos máximos para el género deben estar alrededor de los registrados en la quebrada Pucavado de la Cordillera Blanca (Ancash): 90 cm de diámetro (Fjeldsa 1987, citado por Yallico 1992).
- ECOAN (2005) evaluó 13 bosques de *Polylepis weberbaueri* ubicados en el departamento de Ancash, en las provincias de Huari y Bolognesi. En el bosque de Pumahuain (4765 msnm) se encontró una distribución de DAP bastante similar a la del bosque en estudio, con la diferencia de que el máximo DAP era sólo de 50 cm (Anexo 10: Gráfico 10.1). Por otro lado, el bosque Gague (3074 msnm) fue el único que presentó la especie *Polylepis sericea*, cuya distribución de DAP es bastante similar a la del bosque en estudio con respecto a esa especie, con la diferencia que el máximo DAP encontrado fue de sólo 25 cm (Anexo 10: Gráfico 10.2). Por último, en el bosque Winco (4440 msnm) se presentó el mayor DAP, llegando a presentar un DAP máximo de 90 cm (Anexo 10: Gráfico 10.3).
- Flores *et al.* (2009) evaluó un rodal de *Polylepis reticulata* ubicado en la orilla sur de la laguna de la Quinas (3800 msnm), región San Martín. Según lo describe el autor, es un bosque dominado casi exclusivamente por la especie en mención y presenta individuos muy “añejos” (aprox. 70 - 90 cm de DAP) y con fustes postrados, concluyendo que sin lugar a duda es uno de los rodales más añejos en el ámbito de la región.

En comparación con investigaciones anteriores, se deduce que el bosque en estudio sería uno de los más antiguos del Perú, ya que hay presencia de árboles que sobrepasan los 90 cm de DAP (parcelas J13, J14 y J18), dato máximo encontrado en

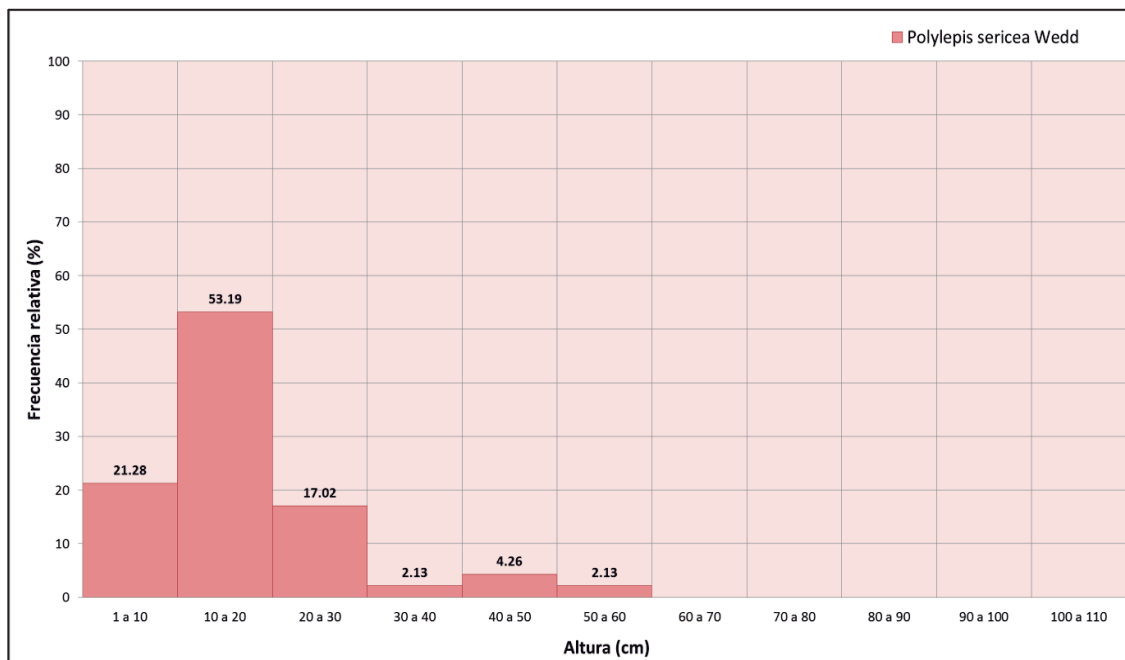
otros bosques del género. Esto confirmaría lo mencionado por los pobladores de la zona, que sugirieron estudiar el bosque porque a su parecer era el más alejado, mejor conservado (poca presión humana) y el que poseía los individuos de mayor envergadura del distrito, llevándolos a suponer que se trataría de uno de los bosques más antiguos de la zona y del Perú. Adicionalmente, el valor de DAP 108.86 cm (Anexo 12) es el mayor registro encontrado hasta la actualidad tanto para la especie *Polylepis reticulata*, como para el género *Polylepis*.

**GRÁFICO 9.** Distribución del DAP (cm) de los individuos de porte arbóreo de la especie de *Polylepis reticulata* presentes en el bosque.



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Excel 2010 y Minitab 16.

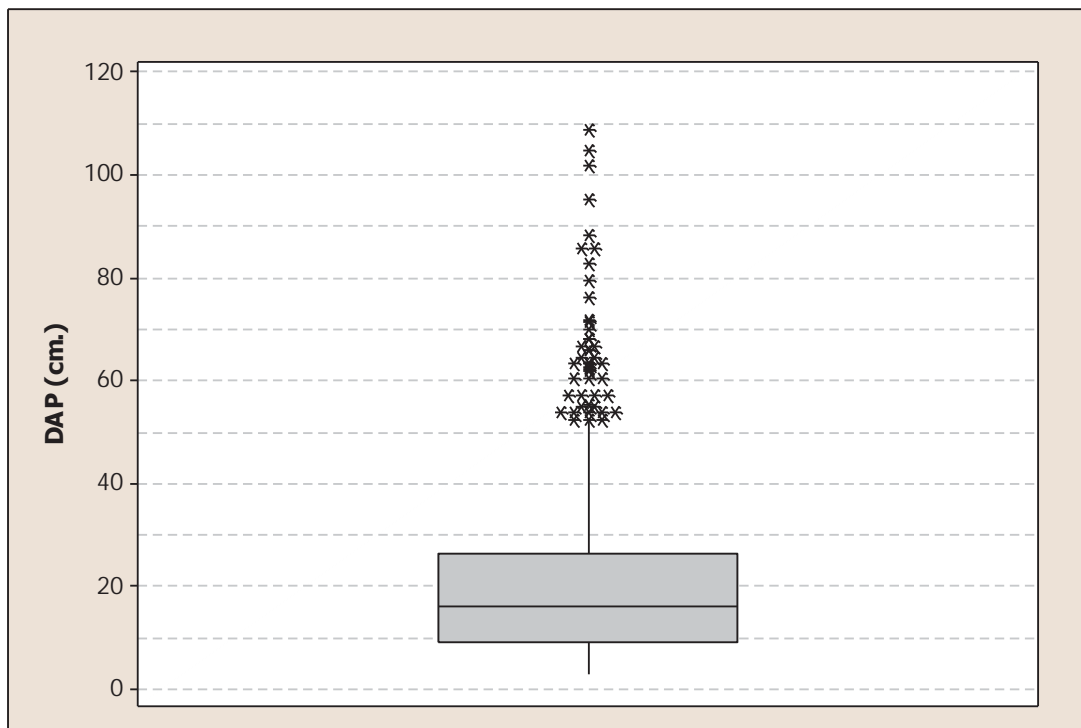
**GRÁFICO 10.** Distribución del DAP (cm) de los individuos de porte arbóreo de la especie de *Polylepis sericea* presentes en el bosque.



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Excel 2010 y Minitab 16.



**GRÁFICO 11.** Gráfico de cajas del Diámetro a la altura del pecho (DAP) de individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis reticulata* Hieron.

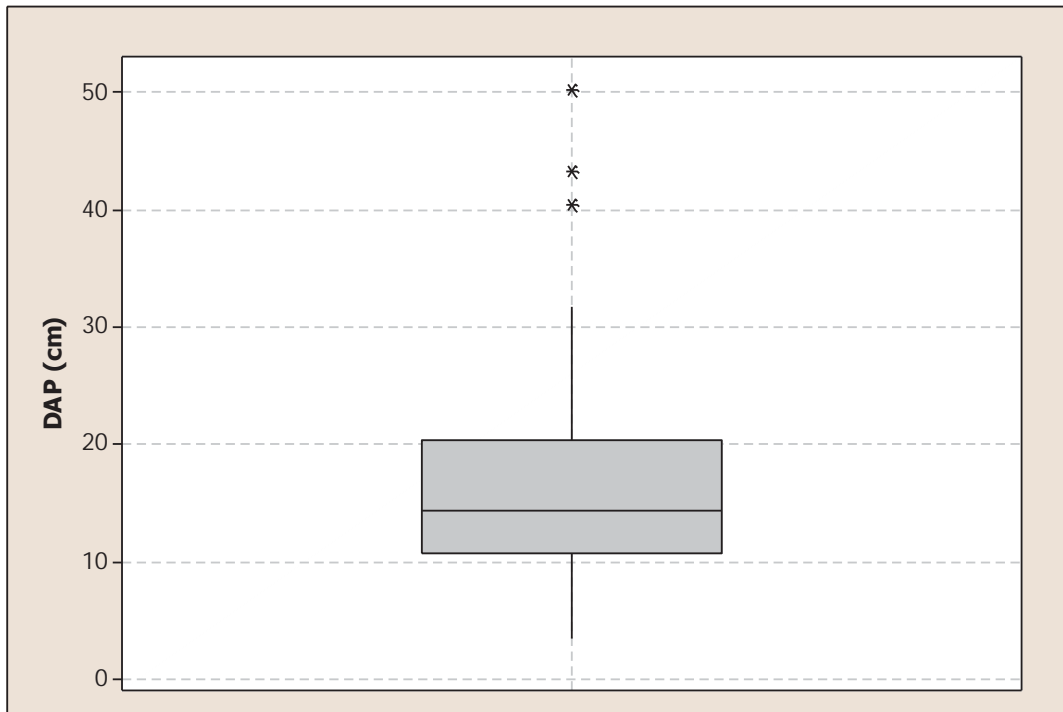


**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
DAP (cm)	19.966	14.702	216.163	73.64	3.183	9.231	16.234	26.420
	Máximo							
	108.862							

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

**GRÁFICO 12.** Gráfico de cajas del Diámetro a la altura del pecho (DAP) de individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis sericea* Wedd.



**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
DAP (cm)	16.92	10.39	107.90	61.38	3.50	10.82	14.32	20.37
	Máximo							
	50.29							

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

### 5.2.2 Análisis de la altura (m) de los individuos

La distribución de los individuos de porte arbóreo muestreados, tomando en cuenta su altura en metros, se muestra en los Gráficos 13 y 14 donde se expone la distribución de alturas para ambas especies del género. El Gráfico 15 expone que la altura mínima muestreada para la especie *Polylepis reticulata* fue de 1.14 m y que la máxima fue de 26 m aproximadamente (parcela B12); además que el 50% de los individuos muestreados (datos centrales) presentan una altura entre los 5.00 y 11.25 m.

Con respecto a la especie *Polylepis sericea*, el Gráfico 16 muestra que la altura mínima muestreada fue de 2 m y que la máxima fue de 11 m; además que el 50 % de los individuos muestreados (datos centrales) presentan una altura entre los 4 y 7 m. En comparación con los árboles de la especie *Polylepis reticulata*, los árboles de *Polylepis sericea* no presentan individuos con gran altura; por lo que se puede deducir que estos han colonizado tiempo después la zona alta del bosque o que simplemente la especie no llega a crecer tanto.

De los párrafos anteriores se deduce que por lo general el bosque está constituido por individuos relativamente jóvenes (alturas entre 5 a 11 m), en contraste con la menor cantidad de árboles semilleros que pueden llegar a tener hasta 26 m de altura.

#### Comparación con otros estudios:

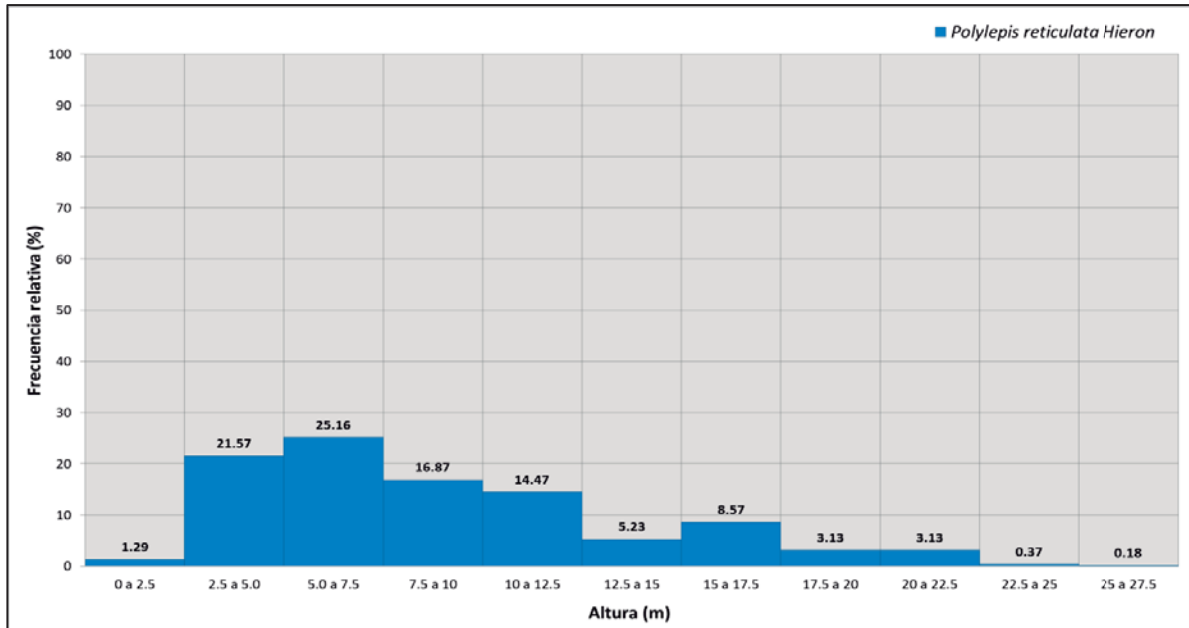
- Kessler (2006) describe que el género *Polylepis* presenta en su mayoría árboles de 5-10 m altura, pero también con algunas especies comúnmente arbustivas (*P. microphylla*, *P. pepeii*, *P. tarapacana*, *P. tomentella* subsp. *nana*) y otras que llegan a superar los 25 m (*P. lanata*, *P. pauta*).
- ECOAN (2005) evaluó 13 bosques de *Polylepis weberbaueri* ubicados en el departamento de Ancash, en las provincias de Huari y Bolognesi. En el bosque de Pacchac (4193 msnm) se encontró una distribución de alturas bastante similar a la del bosque en estudio, con la diferencia de que la máxima altura fue solamente de 13.5 m (Anexo 11: Gráfico 11.2). Por otro lado, el bosque Gague (3074 msnm) fue el único que presentó la especie *Polylepis sericea*, cuya altura máxima encontrada fue de 11.5 m (Anexo 11:

Gráfico 11.1). Por último, en el bosque Winco (4440 msnm) se presentó la mayor altura, llegando a presentar individuos con una altura de 18.5 m como máximo (Anexo 11: Gráfico 11.3).

- Flores *et al.* (2009) señala que los árboles más relictos evaluados en un rodal de *Polylepis reticulata* (región San Martín, 3800 msnm), se encontraban postrados por lo que no estimaron su altura.

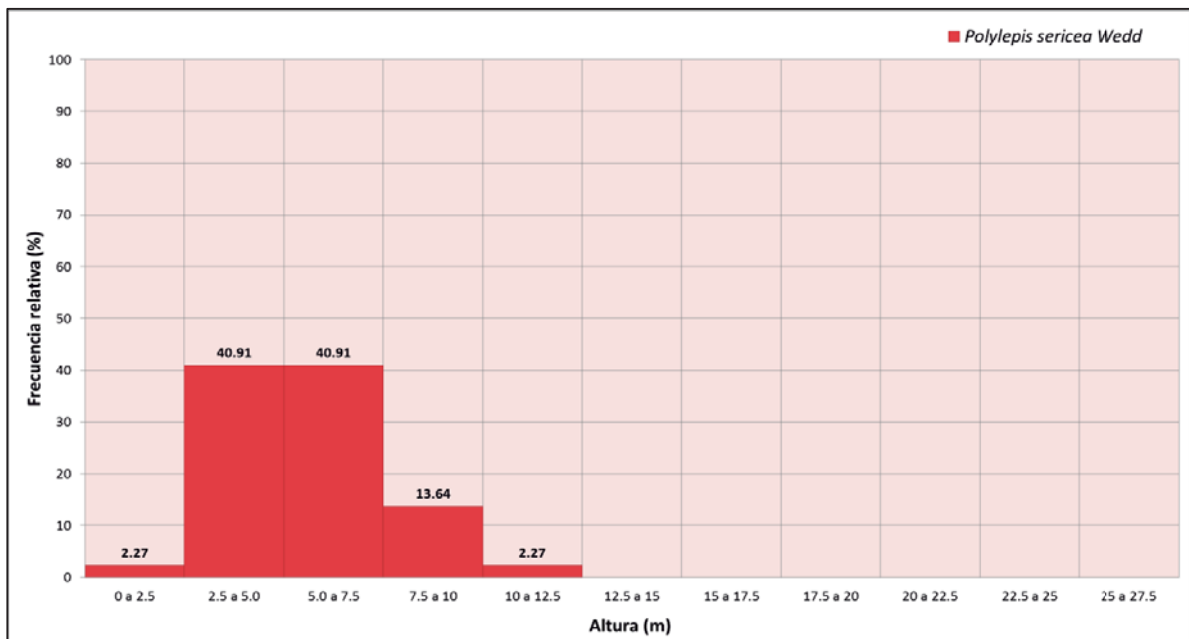
En comparación con investigaciones anteriores, se deduce que el bosque en estudio presentaría los árboles de *Polylepis* más altos del departamento de Ancash y del Perú, ya que se incluiría a la especie *Polylepis reticulata* dentro del selecto grupo de especies del género que superarían los 25 m de altura al igual que las especies *P. lanata* y *P. pauta* (Kessler 2006). Esto confirmaría lo mencionado por los pobladores de la zona, llevándolos a suponer que se trataría de uno de los bosques primarios más antiguos de la zona y del Perú.

**GRÁFICO 13.** Distribución de Alturas (m) de los individuos de porte arbóreo de la especie de *Polylepis reticulata* presentes en el bosque.



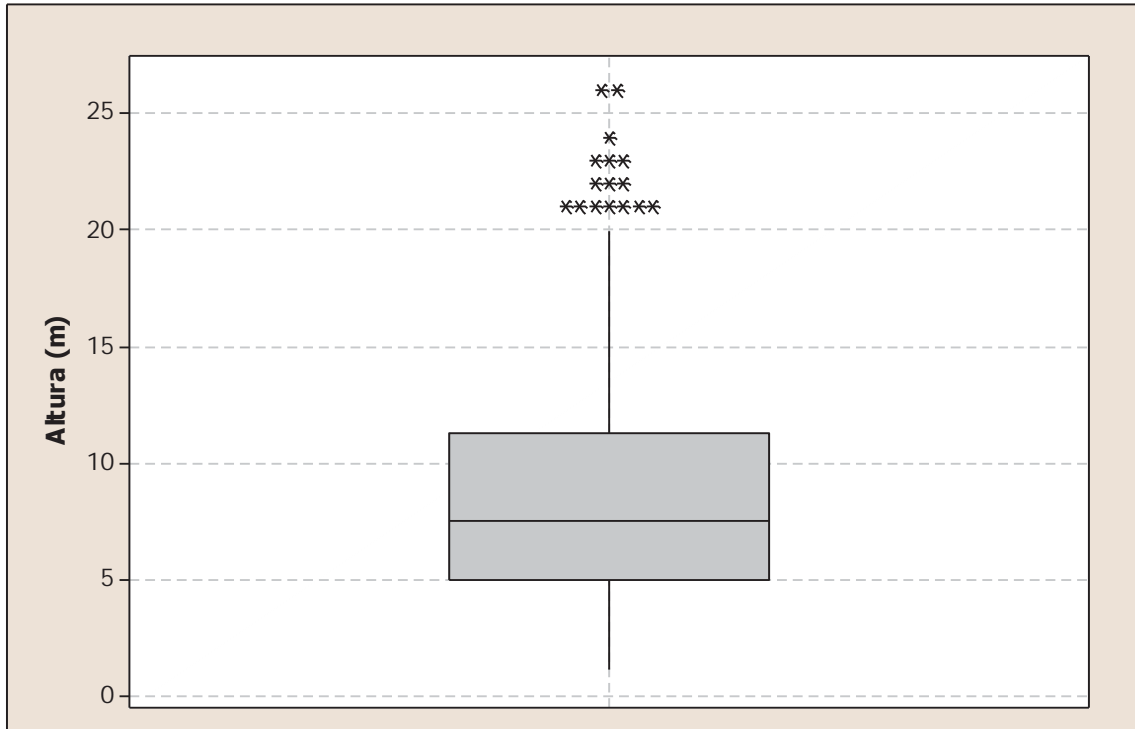
**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Excel 2010 y Minitab 16.

**GRÁFICO 14.** Distribución de Alturas (m) de los individuos de porte arbóreo de la especie de *Polylepis sericea* presentes en el bosque.



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Excel 2010 y Minitab 16.

**GRÁFICO 15.** Gráfico de cajas de la Altura (m) de individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis reticulata*.

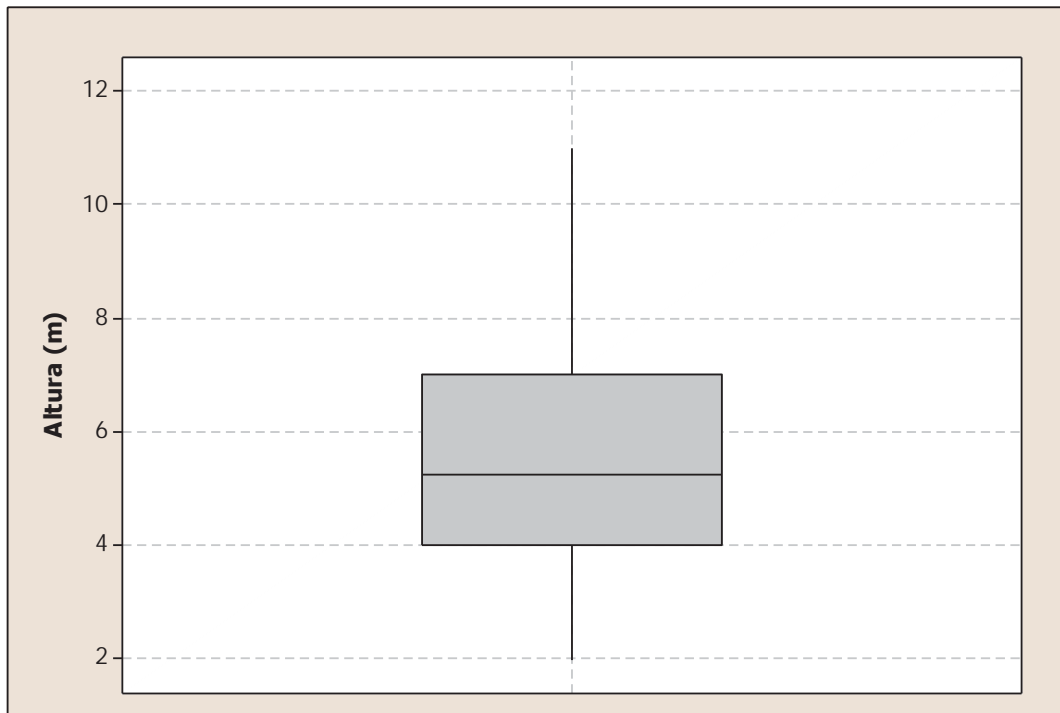


**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Altura	8.674	4.790	22.946	55.23	1.140	5.000	7.500	11.250
	Máximo							
	24.000							

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

**GRÁFICO 16.** Gráfico de cajas de la Altura (m) de individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis sericea*.



**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Altura (m)	5.352	1.993	3.972	37.24	2.000	4.000	5.250	7.000
					Máximo			
					11.000			

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

### 5.2.3 Análisis densidad (número de individuos de porte arbóreo por m<sup>2</sup>)

Con la finalidad de mostrar la distribución espacial de los individuos de porte arbóreo a lo largo del bosque de *Polylepis*, se trabajó con la variable densidad. Los datos de densidad fueron analizados espacialmente mediante el uso del método matemático de interpolación – Kriging, presente en el software Surfer 10. En el Plano 5 se observa cómo se distribuye la densidad de individuos de porte arbóreo de *Polylepis* a lo largo del bosque, dando como resultado presencia de siete zonas de alta densidad, presentes principalmente entre los 4450 y 4600 msnm. Estas zonas cuentan con una densidad mayor a 0.105 individuos por m<sup>2</sup>, que se traduce en más de 21 individuos de porte arbóreo por parcela (Anexo 3).

La distribución de las densidades obtenidas en las 104 parcelas muestreadas de *Polylepis reticulata*, se muestran en el Gráfico 17 (histograma), donde se expone una distribución asimétrica positiva. En el Gráfico 18 se muestra que las parcelas muestreadas con mayor densidad de individuos de porte arbóreo fueron la C20 (33 individuos/parcela, 4534 msnm) y J16 (34 individuos/parcela, 4503 msnm) (Anexo 3). Además el gráfico expone que el 50% de las parcelas muestreadas (datos centrales) presentan densidades entre 6 y 17 individuos/parcela (300 – 850 individuos/ha).

En la zona alta del bosque ocupada por la especie *Polylepis sericea* Wedd, se presentaron densidades entre 6 y 15 individuos/parcela derivados de sólo cinco parcelas de muestreo (Anexo 3, Anexo 9), por lo que no es posible generalizar pero si afirmar que es una zona de baja densidad (por lo general menor a 7 individuos/parcela) de acuerdo a lo observado *in situ*.

#### Comparación con otros estudios:

- Fernández *et al.* (2001) estimó que la densidad para todo el fragmento de *Polylepis besseri* subsp. *besseri* en estudio fue de 3 210 ind/ha, espaciados a un distancia promedio de 2.87 m. Vargas (2000) citado por Fernández (2001), obtuvo una densidad de 1 045 ind/ha en una superficie de 4.77 ha, en la localidad de Pilapata (Cochabamba) para un área alterada.
- Flores *et al.* (2009) señala que los rodales mixtos de *Polylepis multijuga* (región San Martín, Perú) exhiben densidades equivalentes entre 550 y 700

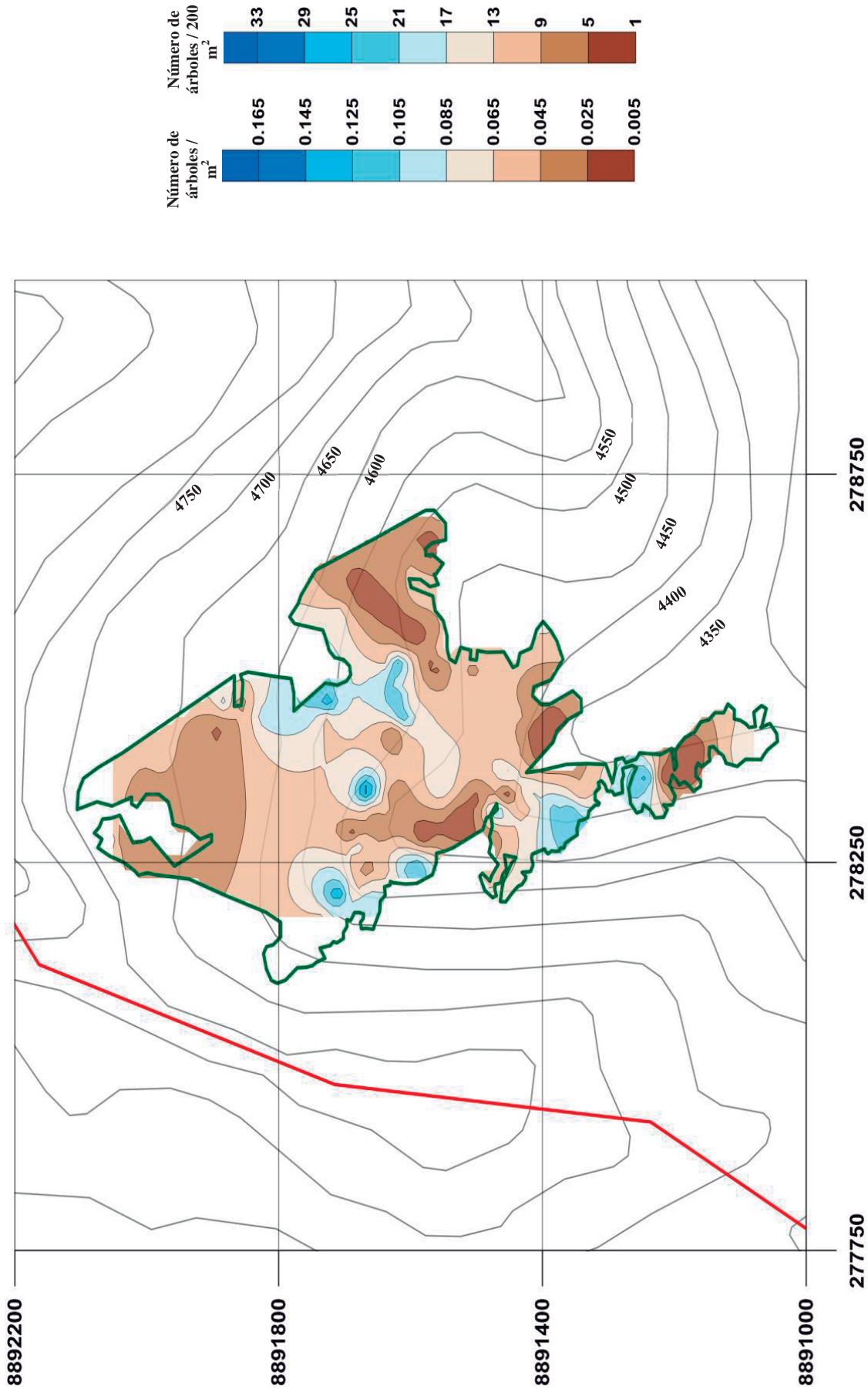


individuos/ha mayores a 10 cm de DAP; *P. multijuga* constituye entre el 22 y 39 por ciento de dicha densidad.

- Caranqui (2011) en un rodal de *Polylepis reticulata* Hieron, obtuvo un total de 217 individuos de la especie en estudio en aproximadamente 1 hectárea.

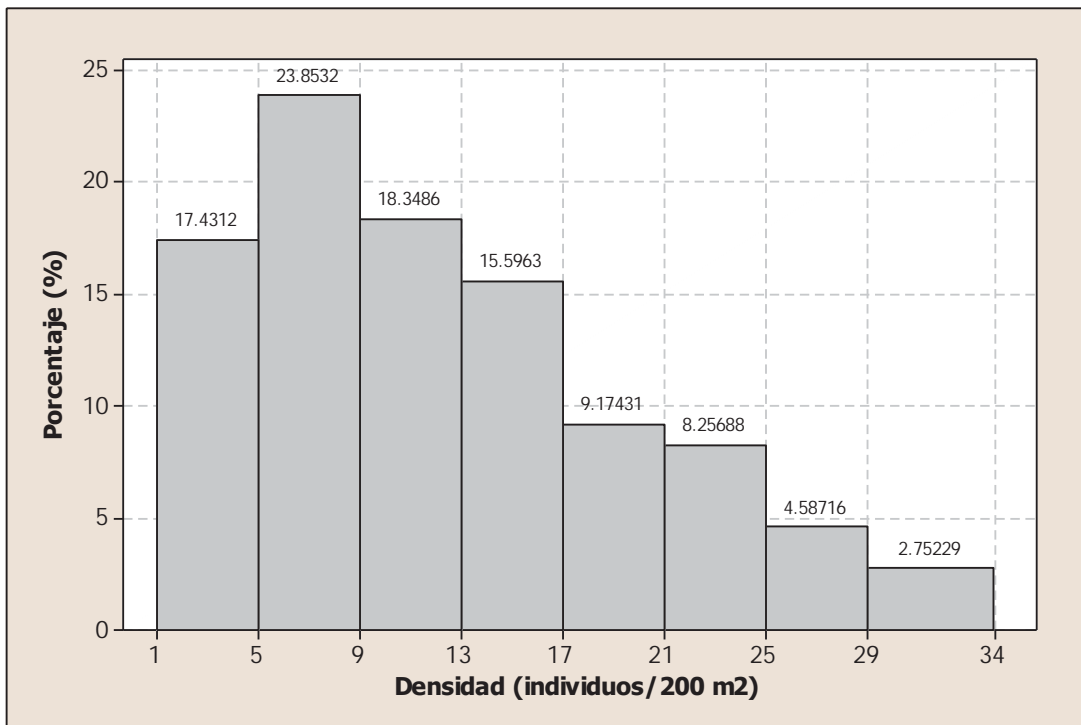
La mayoría de estudios pasados (Fernandez *et al.* 2001, ECOAN 2005, Flores *et al.* 2009 y Caranqui 2011) no son comparables con la presente investigación, ya que obtienen densidades tomando en cuenta todas las especies arbóreas presentes en cada bosque. Por el contrario, el estudio de Caranqui (2011) sí es comparable porque sólo contabilizó la especie *Polylepis reticulata* Hieron. En consecuencia se deduce que el bosque en estudio presenta una alta densidad en comparación con estudios anteriores realizados a la misma especie.

PLANO 5. Análisis espacial de la variable densidad (individuos de porte arbóreo por m<sup>2</sup>). Método de interpolación: Kriging.



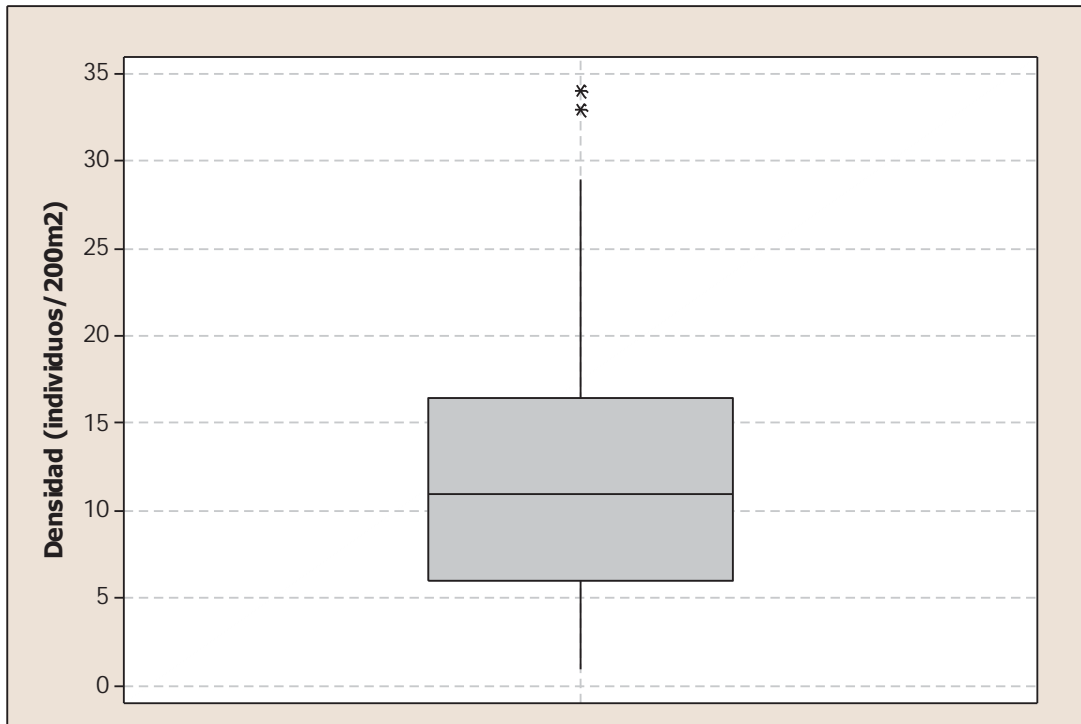
FUENTE: Elaboración propia (2013). Software utilizado Surfer 10.0

**GRÁFICO 17.** Histograma de la variable densidad de individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis reticulata*.



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

**GRÁFICO 18.** Gráfico de Cajas de Densidad de individuos de porte arbóreo de la especie *Polylepis reticulata*.



**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Densidad	11.963	7.497	56.202	62.67	1.000	6.000	11.000
	Q3	Máximo					
	16.500	34.000					

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

### 5.3 Análisis del suelo.

Las variables que fueron analizadas son las siguientes: pH, materia orgánica, fósforo disponible, potasio disponible, clase textural y CIC (capacidad de intercambio catiónico). Se debe tomar en cuenta que sólo se pudo obtener muestras del 32% de parcelas, debido a la alta presencia de roca en el suelo que no permitía la obtención de muestras (Plano 6).

#### 5.3.1 Análisis del pH.

Para determinar el pH que caracteriza al bosque se tomó como referencia los intervalos y términos descriptivos, presentes en el texto “Soil Survey Manual” (Soil Survey Division Staff 1993) (Anexo 5, tabla interpretativa 1). En el Gráfico 19 se observa que el bosque presenta un suelo por lo general *muy fuertemente ácido* (40.00%) y *extremadamente ácido* (42.86%). Además también hay presencia de suelos *moderadamente ácido* (5.71%), *fuertemente ácido* (8.57%) y *ultra ácido* (2.86%).

Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau se caracteriza por presentar un suelo *muy fuertemente ácido* y *extremadamente ácido*.

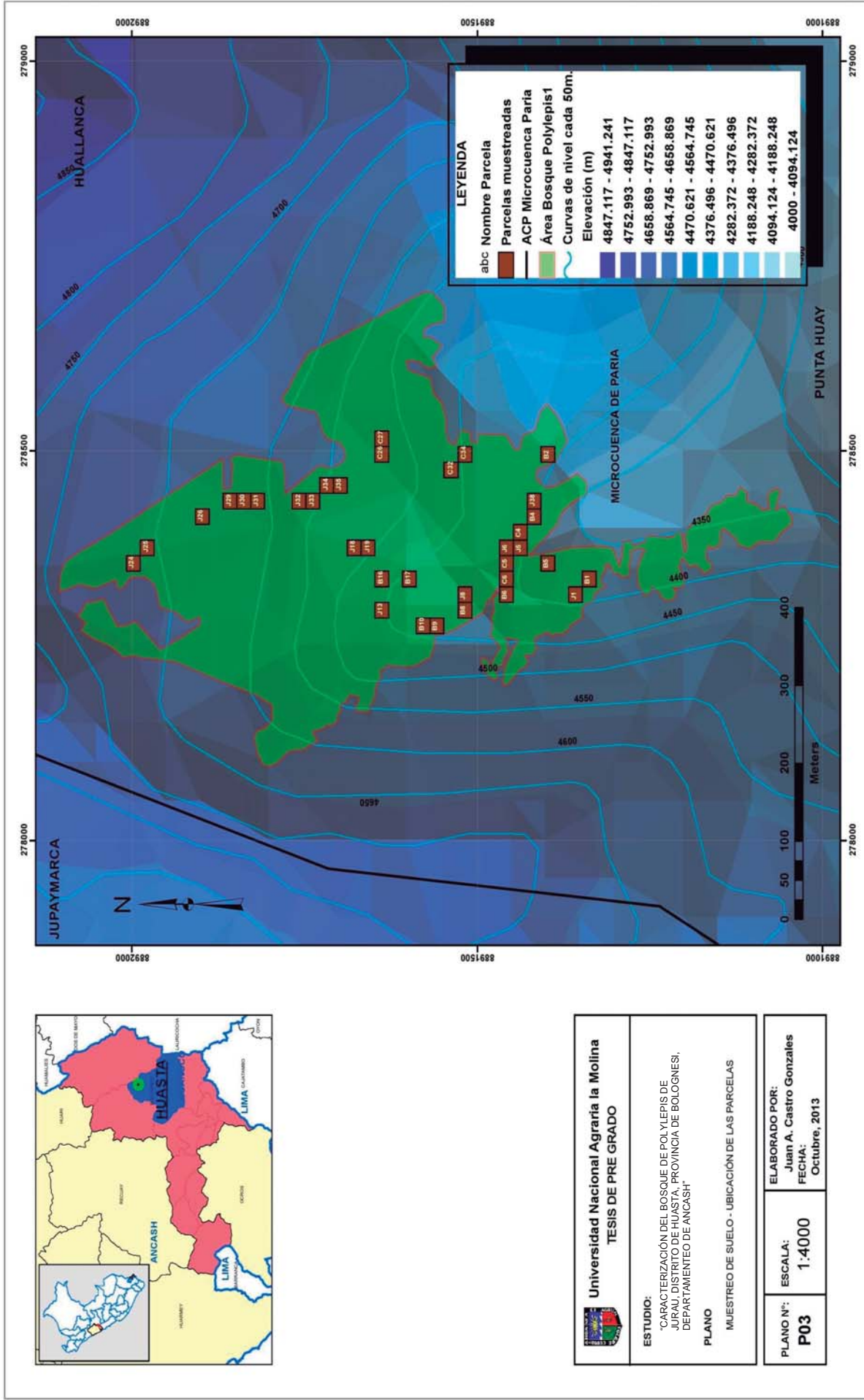
#### Comparación con otros estudios:

- Yallico (1992) en su estudio de bosques de *Polylepis* al sur de Puno, registra un pH promedio de 4.7 (*muy fuertemente ácido*) en el horizonte superficial del suelo colonizado por *Polylepis tomentella*.
- Flores *et al.* (2009) luego de analizar muestras de tres parcelas revela que los rodales evaluados de *Polylepis* (región San Martín, Perú) se desarrollan sobre un horizonte superficial con condiciones ácidas de pH (4.25 – 4.75, suelos *extremadamente ácidos* y *muy fuertemente ácidos*)
- Fernández *et al.* (2011) en un estudio realizado en un fragmento de bosque de *Polylepis besseri* subsp. *besseri*, obtuvo un pH promedio de 5.6 (suelo *moderadamente ácido*)
- Mancheno (2011) en un estudio comparativo de bosques de *Pinus* y *Polylepis*, registro valores de pH de 5.47 y 5.59 (suelos *fuertemente ácidos*) para dos rodales de *Polylepis reticulata*.

Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau presenta, al igual que en los estudios mencionados, un pH ácido que caracteriza a los bosques de este género. Cabe señalar que el bosque en estudio fue el único en presentar una zona con pH ultra ácido (parcela J5, Anexo 4), ampliando de esta forma el rango de pH al cuál podría crecer un árbol de *Polylepis*.

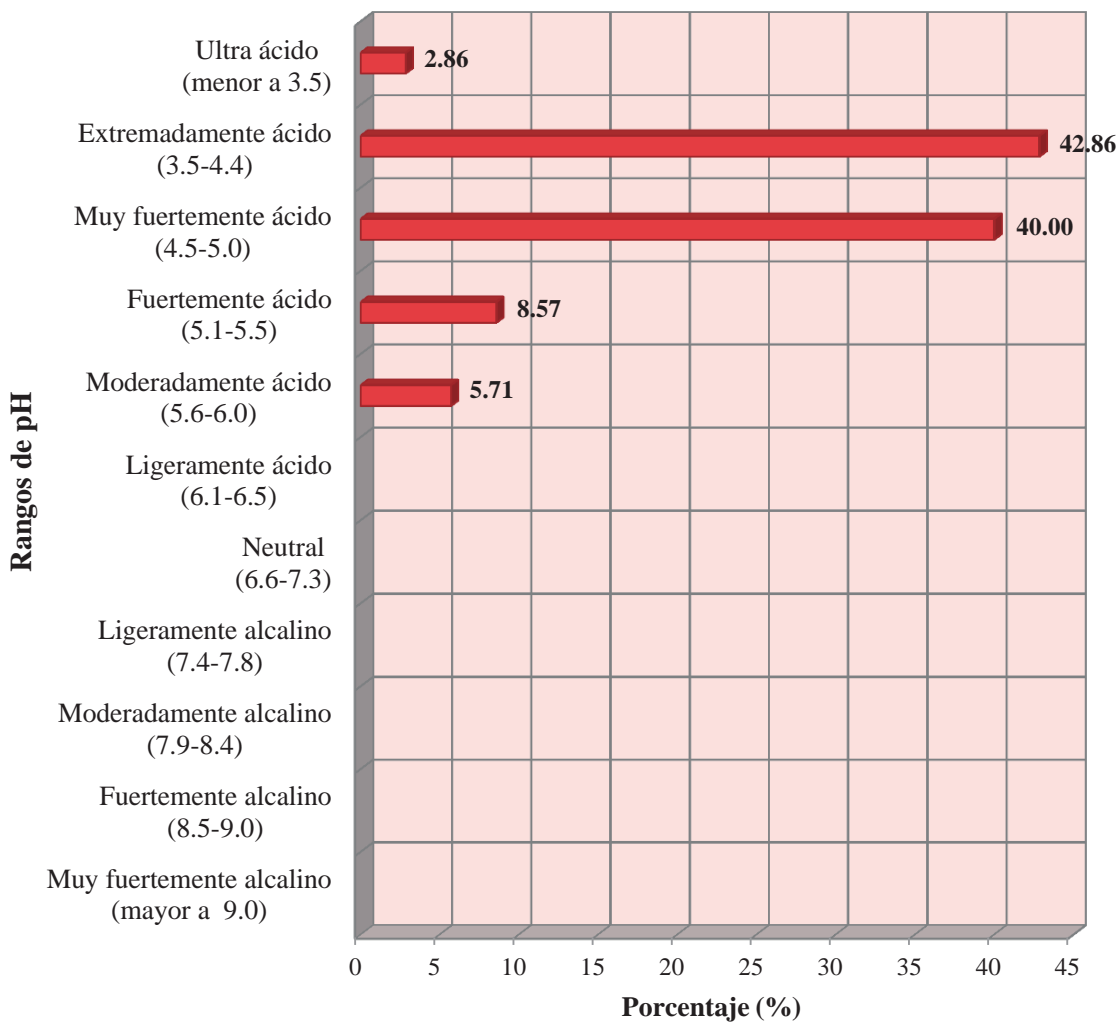
Donoso (1981) menciona que los árboles forestales pueden vivir en excelentes condiciones en suelos forestales con pH muy bajos y los árboles de *Polylepis* no son la excepción por la alta productividad que se presenta en el bosque (Gráfico 19). En contraste, la acidez del suelo es un factor que puede limitar la productividad de las plantas ya que reduce la disponibilidad de los nutrientes (Rao *et al.* 2000 citado por Cruz-Flores *et al.* 2007), por ello se puede deducir que las raíces de los árboles de *Polylepis* podrían interferir en el cambio de pH de la rizósfera (hasta 2 unidades con respecto al pH del suelo por encima), mejorando la solubilidad y la absorción de algunos nutrientes. Esta diferencia de pH dependería del suministro y la fuente de nitrógeno, el estado nutricional del *Polylepis* y la capacidad amortiguadora del suelo (Rao *et al.* 2000 citado por Cruz-Flores *et al.* 2007). Adicionalmente, de acuerdo al estudio de Cruz-Flores *et al.* (2007) describe que en especies de plantas que presentan una alta eficiencia en el uso de nitrógeno y fósforo, el pH en la rizósfera con respecto a la del suelo puede variar hasta en 2.5 unidades con una tendencia hacia la neutralidad. Por ello, se puede deducir que los árboles de *Polylepis* tendrían una alta eficiencia en el uso de nitrógeno y fósforo.

PLANO 6. Ubicación de las parcelas donde se muestreo suelo.



FUENTE: Elaboración propia (2013). Software utilizado ArcGis 9.3.

**GRÁFICO 19.** Gráfico de barras - pH del suelo.



**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
pH	4.5594	0.5723	0.3275	12.55	3.1700	4.1900	4.4700	4.8800
	Máximo							
	5.9300							

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Excel 2010 y Minitab 16.



### 5.3.2 Análisis de materia orgánica (%).

Para determinar la materia orgánica (%) que caracteriza al bosque se tomó como referencia los intervalos y términos descriptivos, presentes en el texto “Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego (Junta de Extremadura 1992) (Anexo 5, tabla interpretativa 2). En el Gráfico 20 se observa que el bosque presenta por lo general, un suelo con *muy alto* porcentaje de materia orgánica (94.28 %). Estos suelos representan a parcelas ubicadas en lo más alto del bosque (J24 y J25, ubicadas por encima de 4650 msnm) donde crece la especie *Polylepis sericea*, por lo que hay baja densidad arbórea y poca producción de biomasa.

En el Gráfico 21 (gráfico de cajas) se observa que el valor mínimo encontrado fue de 1.16 % (parcela J24) y el valor máximo 70.46 % (parcela J1) de materia orgánica. Además expone que el 50 % de las parcelas muestreadas (datos centrales) presentan valores de materia orgánica (%) en el rango de 8.19 – 28.40 %.

Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau se caracteriza por presentar un suelo con *muy alto porcentaje de materia orgánica*.

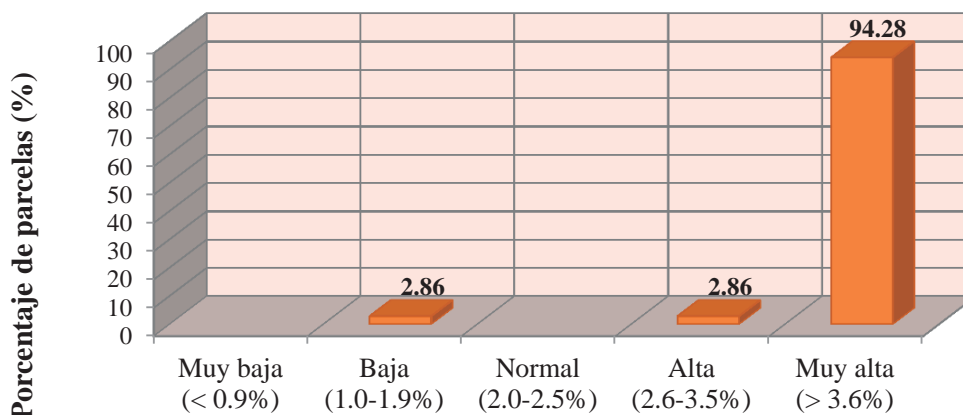
#### Comparación con otros estudios:

- Flores *et al.* (2009) luego de analizar muestras de tres parcelas revela que los rodales evaluados de *Polylepis* (región San Martín, Perú) se desarrollan sobre un horizonte superficial con valores altos de materia orgánica registrándose para cada parcela con valores de 14.33, 3.34 y 15.52% respectivamente.
- Fernández *et al.* (2011) en un estudio realizado en un fragmento de bosque de *Polylepis besseri* subsp. *besseri*, obtuvo un 28 % como promedio de materia orgánica presente en suelo.
- Mancheno (2011) en un estudio comparativo de bosques de *Pinus* y *Polylepis*, registro valores de % de materia orgánica de 38.89 y 18.55 % (*muy alto* porcentaje de materia orgánica) para dos rodales de *Polylepis reticulata*.

Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau presenta al igual que en los estudios mencionados, un *muy alto* porcentaje de materia orgánica que caracteriza a los bosques de este género. Además se puede mencionar, que el bosque en estudio ha producido mayor cantidad de biomasa en comparación con los otros bosques.

Donoso (1981) menciona que la acumulación de materia orgánica (proceso de mineralización limitado) se debe principalmente a condiciones ambientales del suelo (temperatura, pH, humedad y aireación del suelo) y a la calidad de los residuos generados como fuente de alimento para organismos. Además Corbella & Fernández (2008) sugieren que en zonas climáticas donde la vegetación natural incluye a bosques y pastizales, el contenido total de materia orgánica es más alto en los suelos desarrollados bajo pastizales que en los desarrollados bajo bosques; ya que la vegetación de pastos se descompone más rápido que la hojarasca de un bosque. De acuerdo a lo mencionado en el presente párrafo se podría deducir que el bosque de *Polylepis* en estudio, presenta un *muy alto* porcentaje de materia orgánica, debido probablemente a la baja tasa de mineralización de la materia orgánica, que es consecuencia de una baja actividad bacteriana, debido a condiciones limitantes como las bajas temperaturas de la zona, el pH *muy fuertemente ácido a extremadamente ácido* del suelo y la descomposición lenta de su hojarasca; lo que conllevaría a la acumulación de materia orgánica a lo largo de los años. Cabe señalar que de acuerdo a lo observado, actualmente también es fuente de materia orgánica la descomposición de las hierbas muertas del sotobosque.

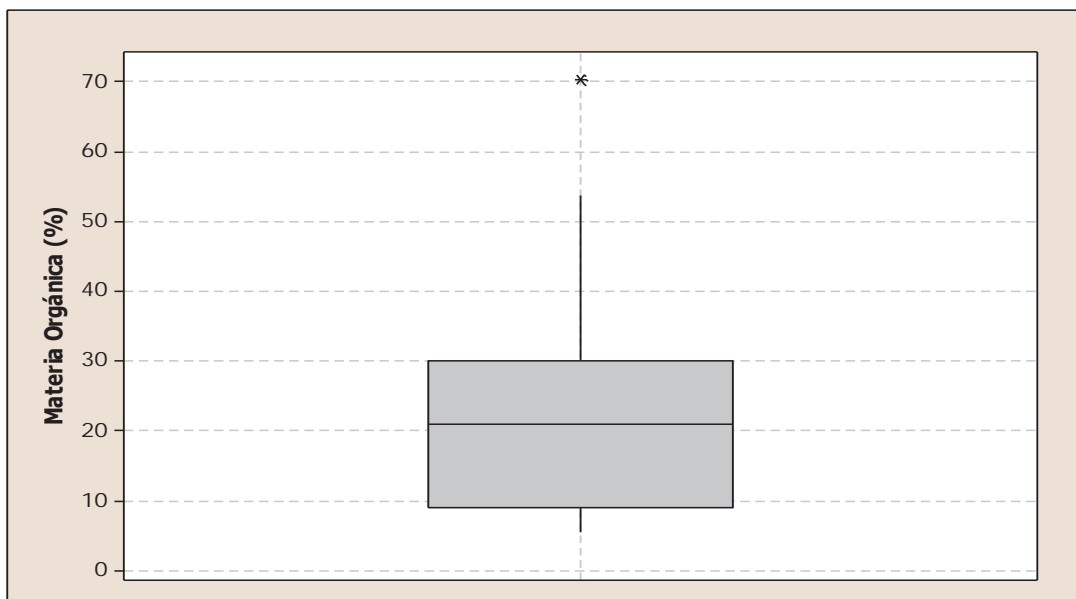
**GRÁFICO 20.** Gráfico de barras - % de Materia Orgánica del suelo.



**Rangos Materia Orgánica**

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

**GRÁFICO 21.** Gráfico de Cajas - % materia orgánica del suelo (parcelas con valores mayores a 4%).



**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Materia_Orgánica (%)	20.87	15.54	241.37	74.43	1.16	8.19	17.75
		Q3	Máximo				
	28.40	70.46					

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

### 5.3.3 Fósforo disponible (P).

Para determinar la cantidad de fósforo disponible en el suelo (ppm) que caracteriza al bosque se tomó como referencia los intervalos y términos descriptivos, presentes en el texto “Análisis de suelos para Diagnóstico de Fertilidad - Manual de métodos y procedimientos de referencia” (Gilabert *et al.* 1990) (Anexo 5, tabla interpretativa 3). En el Gráfico 22 se observa que el bosque presenta por lo general, un suelo con *muy baja* cantidad de fósforo disponible en suelo (65.7 %). Además también hay presencia de suelos con *baja* (25.7 %), *normal* (5.7 %) y *muy alta* (2.9 %) cantidad de fósforo disponible en el suelo.

En el Gráfico 23 (gráfico de cajas) se observa que el valor mínimo encontrado fue 2.0 ppm (parcela C27) y el valor máximo fue de 16.2 ppm (parcela B1) de fósforo disponible en el suelo. Además expone que el 50% de las parcelas muestreadas (datos centrales) presentan valores de fósforo disponible (ppm) en el rango de 3.0 – 6.5 ppm.

Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau se caracteriza por presentar un suelo con *muy baja* cantidad de fósforo disponible.

#### Comparación con otros estudios:

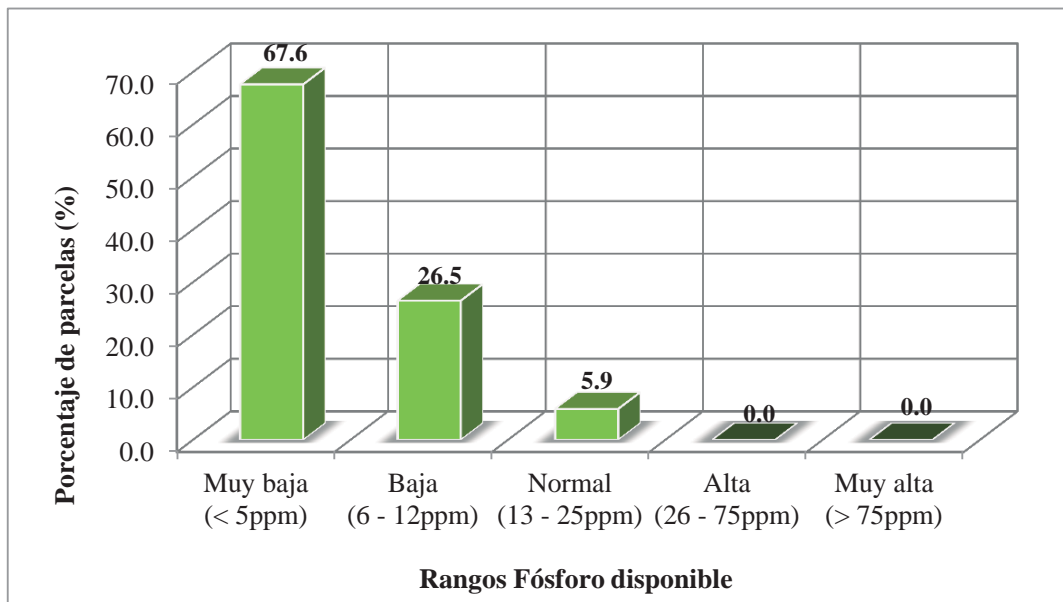
- Flores *et al.* (2009) luego de analizar muestras de tres parcelas revela que los rodales evaluados de *Polylepis* se desarrollan sobre un horizonte superficial con valores de 1.58 (*muy baja*) , 6.34 (*baja*) y 13.74 (*normal*) ppm respectivamente de fósforo disponible.
- Fernández *et al.* (2009) en un estudio realizado en un fragmento de bosque de *Polylepis besseri* subsp. *besseri*, obtuvo 4.7 (*muy baja*) ppm de fósforo disponible.
- Mancheno (2011) en un estudio comparativo de bosques de *Pinus* y *Polylepis*, registro valores de fósforo disponible de 7.71 (*baja*) y 7.85 (*baja*) ppm para dos rodales de *Polylepis reticulata*.

Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau presenta al igual que en los estudios mencionados, una cantidad *muy baja* y *baja* de fósforo disponible que caracteriza a los bosques del género de *Polylepis*. La presencia *muy baja*

y *baja* de potasio disponible se explica debido a que el suelo es pobre, ya que los nutrientes están en forma orgánica y no en forma mineral, por lo que no pasan a la solución suelo y no están disponibles para las plantas (Donoso 1981).

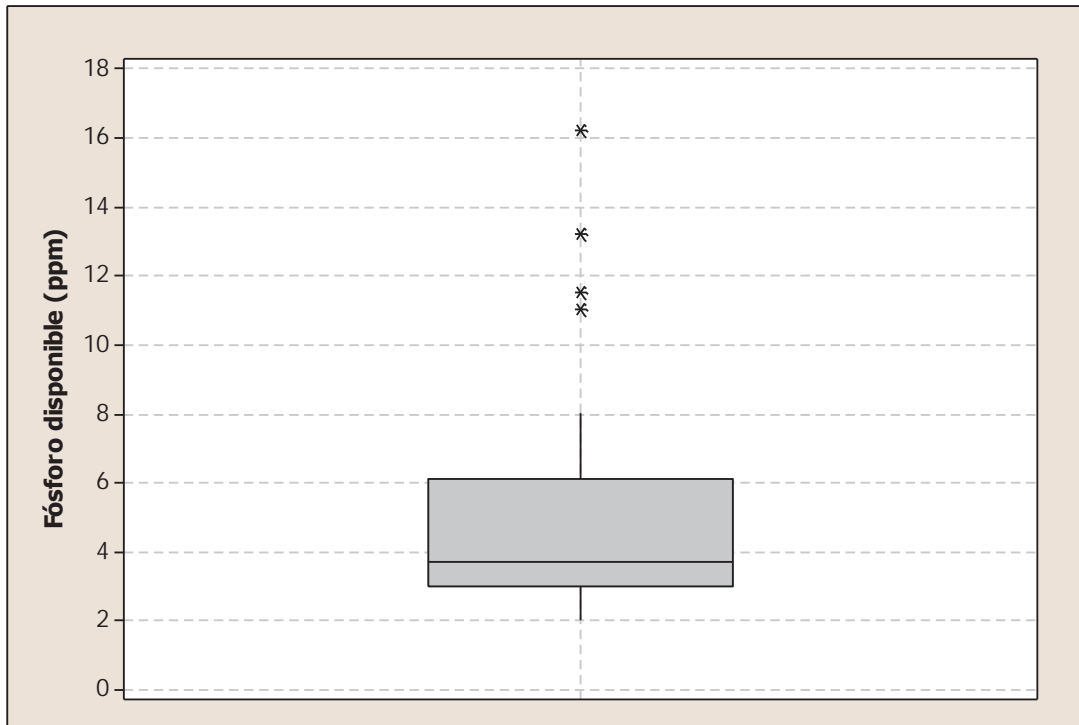
Como ya se mencionó en párrafos anteriores, el pH del complejo suelo-rizosfera influye en la solubilidad y en la disponibilidad de los nutrientes como el fósforo (Rao *et al.* 2000 citado por Cruz-Flores *et al.* 2007), por lo que un pH ácido en el complejo generaría problemas en la fijación de fosfatos. Naseby *et al.* (1998) y Schneider *et al.* (2000) mencionan que algunas plantas superiores en condiciones de pH ácido, alto contenido de materia orgánica y baja disponibilidad de fósforo, presentan adaptaciones a condiciones de estrés por deficiencia de fósforo, por lo que liberan enzimas conocidas como *fosfatasas ácidas* a nivel de sus raíces para poder hidrolizar el fósforo presente en el complejo suelo-rizosfera y contribuir de esta manera a la mineralización bioquímica del fósforo y poner a disposición de la planta este elemento desde la rizosfera. De acuerdo al análisis de laboratorio, el bosque de *Polylepis* de Jurau, presenta un suelo con un pH *muy fuertemente ácido* y *extremadamente ácido*, con muy alto porcentaje de materia orgánica y baja disponibilidad de fósforo, por lo que se deduce que los árboles del género *Polylepis* podrían presentar raíces que liberan enzimas fosfatasas que facilitarían la disponibilidad de fósforo presente en la materia orgánica.

**GRÁFICO 22.** Gráfico de barras – Fósforo disponible (ppm) en el suelo.



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

**GRÁFICO 23.** Gráfico de Cajas - Fósforo disponible en el suelo (ppm)



**Estadísticas descriptivas :**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Fósforo_P	9.21	24.64	607.03	267.39	2.00	3.00	3.80	6.50
	Máximo							
	149.50							

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

#### 5.3.4 Potasio disponible (K).

Para determinar la cantidad de potasio disponible en el suelo (ppm) que caracteriza al bosque se tomó como referencia los intervalos y términos descriptivos, presentes en el texto “Análisis de suelos para Diagnóstico de Fertilidad - Manual de métodos y procedimientos de referencia” (Gilabert *et al.* 1990) (Anexo 5, tabla interpretativa 4). En el Gráfico 24 se observa que el bosque presenta por lo general, un suelo con *baja* cantidad de potasio disponible en suelo (57.1 %). Además también hay presencia de suelos con *media* (22.9 %) y *alta* (20 %) cantidad de potasio disponible en el suelo.

En el Gráfico 25 (gráfico de cajas) se observa que el valor mínimo encontrado fue 21 ppm (parcela B10) y el valor máximo 490 ppm (parcela B1) de potasio disponible en el suelo. Además expone que el 50% de las parcelas muestreadas (datos centrales) presentan valores de potasio disponible (ppm) en el rango de 45 – 113 ppm.

Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau se caracteriza por presentar un suelo con *baja cantidad de potasio disponible*.

#### Comparación con otros estudios:

- Flores *et al.* (2009) luego de analizar muestras de tres parcelas revela que los rodales evaluados de *Polylepis* se desarrollan sobre un horizonte superficial con valores de 128 (*medio*), 71 (*bajo*) y 126 (*medio*) ppm respectivamente de fósforo disponible.

Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau presenta al igual que el estudio mencionado, una cantidad *baja a media* de potasio disponible que caracteriza a los bosques del género.

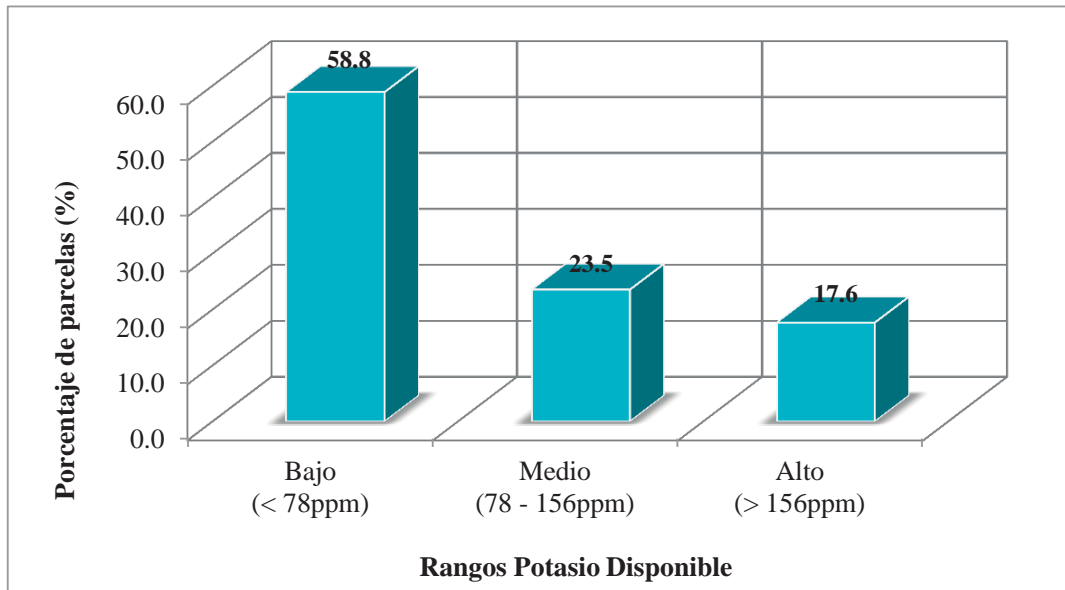
De acuerdo a Cobbing *et al.* (1996), el bosque en estudio se encuentra ubicado en la formación geológica Oyón, que se compone de areniscas y lutitas intercaladas. Los suelos originados en forma natural de este tipo de rocas, tienen un contenido *medio a alto* de potasio<sup>3</sup> (presente en las arcillas del suelo); es por ello que el suelo en estudio presenta un contenido *medio* de potasio en el 23.5 % y contenido *alto* en el 17.6 % de las parcelas muestreadas. Por estas condiciones se puede deducir que el tipo de roca en

---

<sup>3</sup> Tello, L. 2014. Geología de la zona y análisis de suelos (entrevista). Lima, PE, UNALM.

los que se desarrollan los árboles de *Polylepis*, permitirían mediante procesos de lixiviación, poner a disposición el elemento potasio para su desarrollo. Además se podría suponer que las raíces de los árboles de *Polylepis* podrían haber desarrollado adaptaciones que le permitan liberar enzimas con la finalidad de obtener potasio de la materia orgánica del suelo, en las zonas en las que el elemento esté en baja disponibilidad.

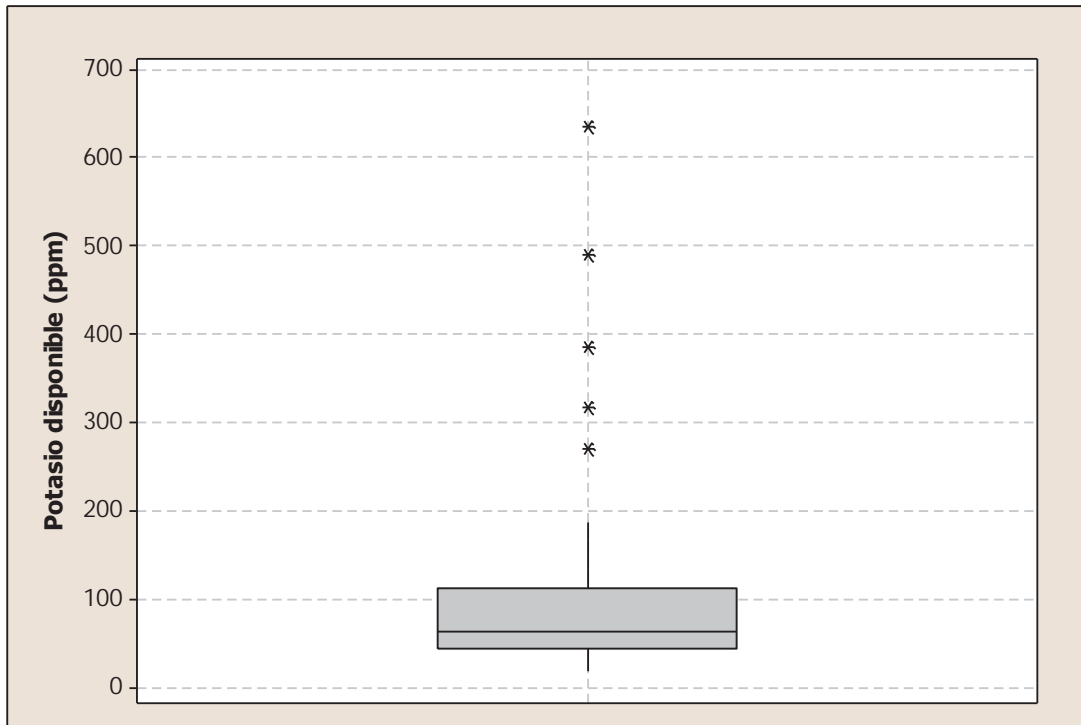
**GRÁFICO 24.** Gráfico de barras – Potasio disponible (ppm) en el suelo.



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.



**GRÁFICO 25.** Gráfico de Cajas - Potasio disponible en el suelo (ppm)



**Estadísticas descriptivas :**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Potasio_K	117.1	139.9	19560.8	119.45	21.0	45.0	65.0	113.0
	Máximo							
	490.0							

**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

### 5.3.5 Clase textura.

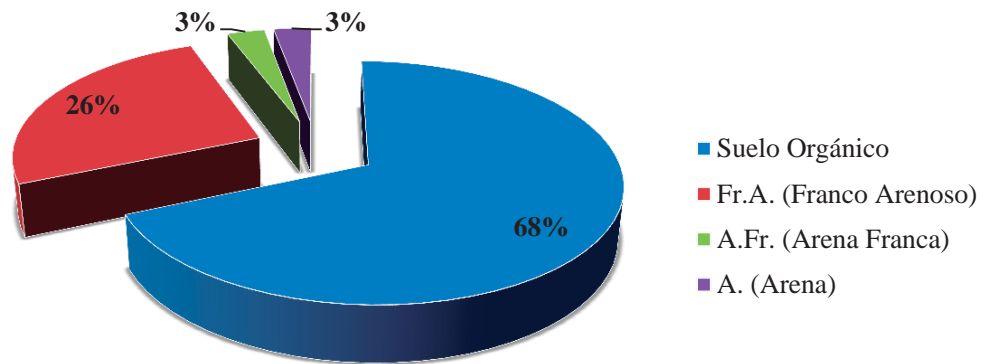
Para determinar la clase textural del suelo (ppm) que caracteriza al bosque se utilizó el triángulo textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA 1974, citado por Gilabert *et al.* 1990) (Anexo 6). De acuerdo a la gráfica circular elaborada (Gráfico 26), el suelo se caracteriza por ser mayormente un *suelo orgánico* (68 %), aunque también hay presencia en mediana cantidad de suelo *franco arenoso* (26 %), y en menor proporción suelos de textura *arena franca* (3 %) y *arena* (3 %). Esto es debido a la alta cantidad de materia orgánica presente en las muestras.

#### **Comparación con otros estudios:**

- Siltanen *et al.* (1987) mencionado por Yallico (1992), evaluando la producción de biomasa en función del suelo en rodales de *Polylepis incana* en Lampa (Puno), mencionaron que la textura del suelo fue *Franco arenosa*.
- Flores *et al.* (2009) luego de analizar muestras de tres parcelas revela que los rodales evaluados de *Polylepis* se desarrollan sobre un horizonte superficial con textura *franco arenosa*.
- Mancheno (2011) en un estudio comparativo de bosques de *Pinus* y *Polylepis*, registró que el suelo es de clase textural *Franco-Arcillo-Arenoso* y *Franco-Arenoso* para dos rodales de *Polylepis reticulata*.

Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau presenta al igual que los estudios mencionados, una textura *Franco Arenosa* que caracteriza a los bosques de *Polylepis*. Tomar en cuenta que para el bosque en estudio los suelos que presentan más del 10 % de materia orgánica fueron considerados por el laboratorio suelos orgánicos.

**GRÁFICO 26.** Gráfico circular seccionado 3D – Potasio disponible en el suelo (ppm)



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

### 5.3.6 CIC (capacidad de intercambio catiónico) efectiva.

En el histograma (Gráfico 27) se observa como se distribuyen los datos de CIC efectiva del suelo, obtenidos del muestreo. El Gráfico 28 (gráfico de cajas) expone que el menor valor de CIC efectiva muestreado fue 1.62 meq/100g y el máximo valor fue 35.73 meq/100g; además que el 50% de las parcelas muestreadas (datos centrales) presentan una CIC efectiva entre los 3.88 - 14.30 meq/100g.

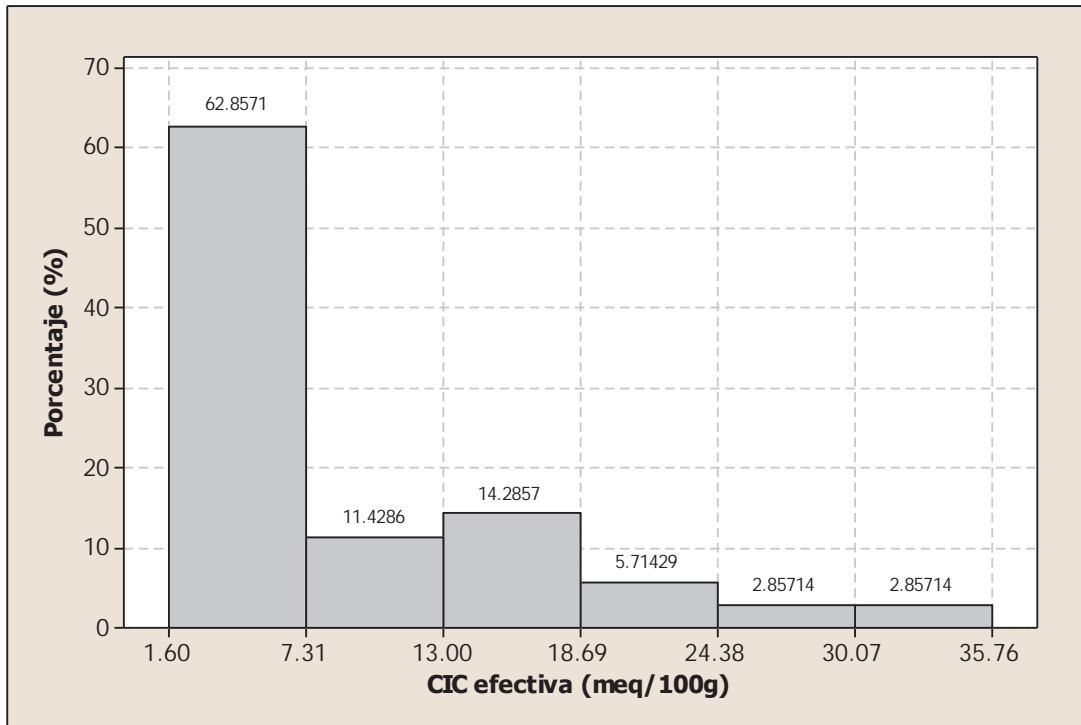
Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau se caracteriza por presentar una CIC efectiva *baja*.

#### Comparación con otros estudios:

- Siltanen *et al.* (1987) mencionado por Yallico (1992), evaluando la producción de biomasa en función del suelo en rodales de *Polylepis incana* en Lampa (Puno), obtuvo valores de CIC de hasta 21.6 meq/100 g.
- Flores *et al.* (2009) luego de analizar muestras de tres parcelas revela que los rodales evaluados de *Polylepis* se desarrollan sobre un horizonte superficial con valores de CIC (capacidad de intercambio catiónico) de 4.68, 3.34 y 5.85 meq/100g respectivamente.

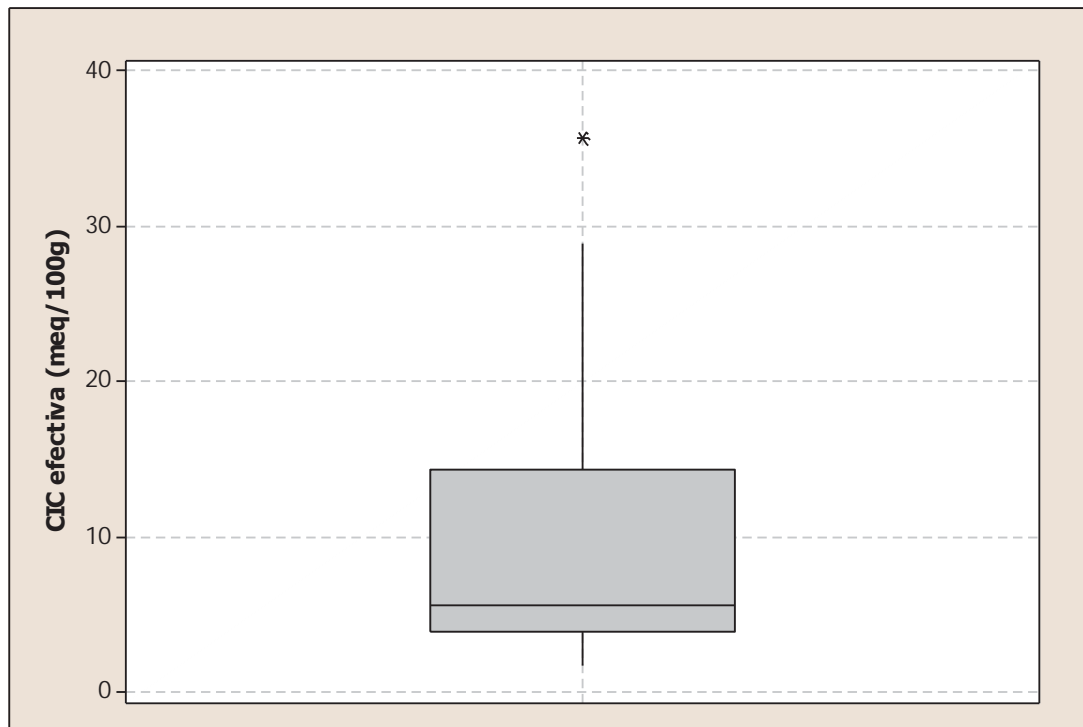
Por los resultados obtenidos se puede afirmar que el bosque de Jurau presenta al igual que en los estudios mencionados, *baja* CIC que caracteriza a los bosques del género. Esto podría deberse al limitado proceso de mineralización presente en el bosque de *Polylepis*, debido a grandes rangos de temperatura y la acidez del suelo.

**GRÁFICO 27.** Histograma – CIC efectiva del suelo (meq/100g)



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

**GRÁFICO 28.** Gráfico de Cajas - CIC del suelo (meq/100g)



**Estadísticas descriptivas:**

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
CIC efec.	9.05	7.89	62.26	87.14	1.62	3.88	5.49	14.30
	Máximo							
	35.73							

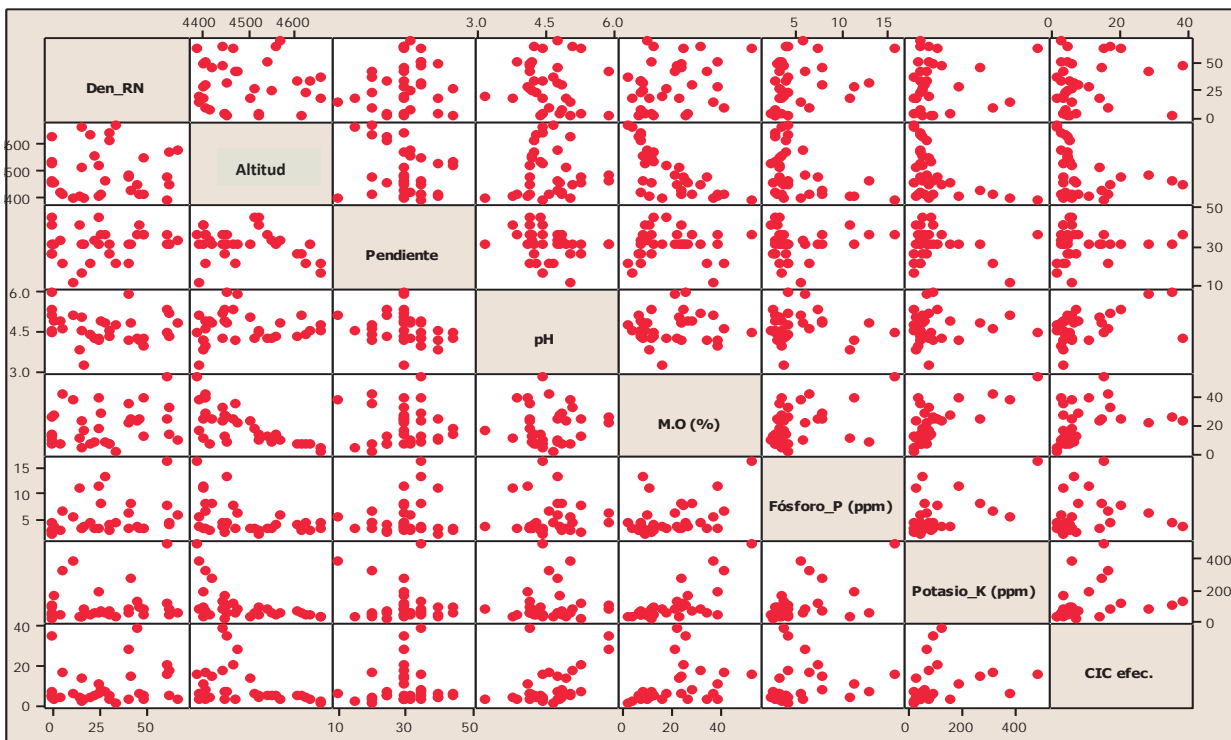
**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

## 5.4 Regresión lineal múltiple

El presente estudio pretende determinar la influencia de las variables del suelo y la altitud (variables predictoras o explicativas), en la densidad de los individuos regenerados (variable dependiente). Para tal propósito se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple suponiendo que existe una relación lineal entre la variable *densidad de la regeneración natural* (Y) y las variables de suelo como es el *pH* ( $X_1$ ), *materia orgánica* ( $X_2$ ), *fósforo disponible* ( $X_3$ ), *potasio disponible* ( $X_4$ ), *CIC* ( $X_6$ ), *pendiente* ( $X_7$ ) y la *altitud* ( $X_8$ ) a la que crecen los individuos. Se debe tomar en cuenta que los datos analizados pertenecen a 35 parcelas muestreadas (Anexo 4 y Plano 6).

Antes de realizar la regresión propiamente, se elaboró una gráfica de matriz (Gráfica 29) con la finalidad de visualizar las posibles relaciones que pudieran tener la variable *densidad de la regeneración natural* con las variables del suelo y la altitud. A simple vista parece no haber ninguna relación entre las variables descritas.

**GRÁFICO 29.** Grafica de matriz de las variables *densidad de regeneración natural* (Den\_RN), altitud (msnsm), pendiente ( $^{\circ}$ ), pH, M.O. (materia orgánica), fósforo disponible, potasio disponible y CIC efectiva.



**FUENTE.** Elaboración propia (2013) – Minitab 16.

La regresión lineal múltiple realizada mediante el empleo del software *Minitab* 16.0 se muestra a continuación:

**Hipótesis estadística:**

**H<sub>0</sub>:** El modelo es significativo.

**H<sub>1</sub>:** El modelo no es significativo.

**Análisis de regresión: Den\_RN vs. Altitud (msnm), Pendiente (°), ...**

La ecuación de regresión es  
 Den\_RN = - 583 + 0.135 Altitud (msnm) + 0.346 Pendiente (°) - 7.58 pH  
 + 1.04 M.O. (%) + 2.17 Fósforo disp. (ppm) - 0.0585 Potasio disp.  
 (ppm) + 0.430 CIC efec.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-583.4	308.0	-1.89	0.069
Altitud (msnm)	0.13513	0.06551	2.06	0.049
Pendiente (°)	0.3458	0.5426	0.64	0.529
pH	-7.575	7.744	-0.98	0.337
M.O. (%)	1.0432	0.5000	2.09	0.047
Fósforo disp. (ppm)	2.173	1.315	1.65	0.110
Potasio disp. (ppm)	-0.05854	0.05362	-1.09	0.285
CIC efec.	0.4296	0.4888	0.88	0.388

S = 20.3900    R-cuad. = 27.7%    R-cuad. (ajustado) = 8.2%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	7	4136.2	590.9	1.42	0.239
Error residual	26	10809.6	415.8		
Total	33	14945.8			

De acuerdo a los resultados obtenidos pareciera ser que las únicas variables que podrían influenciar en que los individuos de la regeneración natural prosperen, son el % de materia orgánica (X<sub>2</sub>) presente en el suelo y la altitud (X<sub>8</sub>) a la crecen los individuos; ya que presentan un P-valor menor a 0.05. Es por ello que a continuación se realizará nuevamente la regresión lineal múltiple pero con la diferencia que sólo se tomarán en cuenta como variables explicativas las anteriormente mencionadas.

**Hipótesis estadística:**

**H<sub>0</sub>:** El modelo es significativo.

**H<sub>1</sub>:** El modelo no es significativo.



## Análisis de regresión: Den\_RN vs. Altura (msnm), M.O. (%)

La ecuación de regresión es

$$\text{Den\_RN} = -346 + 0.0802 \text{ Altura (msnm)} + 0.773 \text{ M.O. (\%)}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-346.4	276.0	-1.26	0.219
Altitud (msnm)	0.08017	0.06021	1.33	0.193
M.O. (%)	0.7729	0.3941	1.96	0.059

S = 20.7068 R-cuad. = 11.1% R-cuad. (ajustado) = 5.3%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	1653.9	826.9	1.93	0.162
Error residual	31	13291.9	428.8		
Total	33	14945.8			

De los resultados obtenidos se deduce que tanto el porcentaje de materia orgánica ( $X_2$ ) presente en el suelo como la altitud ( $X_8$ ) a la que crecen los individuos, NO influyen en el desarrollo de la regeneración natural, por lo que se rechaza la hipótesis planteada. En líneas generales se deduce que las variables del suelo y la altitud no influyen (no existe una relación lineal) en la aparición de los individuos regenerados.

Lo mencionado anteriormente puede deberse a que los individuos de *Polylepis* presentan una reproducción generalmente vegetativa (asexual) por rizomas subterráneos (Clavijo 2012) y en menor proporción por acodos naturales (Yallico 1992), lo que llevaría a pensar que el suelo no sería un factor determinante para la aparición de nuevas plántulas. Por otro lado, otros estudios (Yallico 1992, Kessler 2006) señalan que generalmente las semillas prosperan en laderas rocosas y no en suelos formados, por lo que la presente investigación confirmaría que el suelo no es un factor vital para la aparición de nuevas plántulas. Además, se fortalece la idea de que el factor fundamental para la aparición y desarrollo de individuos regenerados sea la cantidad de rocas presentes en los bosques de *Polylepis*, que en este caso son areniscas y lutitas (permiten la infiltración de agua) que permiten el desarrollo de las plantas de *Polylepis* (Yallico 1992, Cobbing et. al. 1996). Por el contrario, el suelo formado por el bosque de *Polylepis* sí podría influir en la vegetación asociada representada principalmente por plantas herbáceas.

## VI. CONCLUSIONES

- En el bosque de Huasta, hay presencia de regeneración natural en el 81.65% de las parcelas muestreadas a lo largo de todo el bosque. Los individuos regenerados de la especie *Polylepis reticulata*, tienen alturas entre los 8 – 33 cm, densidades por lo general entre 0.44 – 1.68 individuos/m<sup>2</sup> (11 – 42 individuos/parcela) y una cobertura vegetal entre 1.26 – 11.72 %.

Con respecto a los individuos regenerados de la especie *Polylepis sericea* Wedd, estos se caracterizan por presentar alturas entre 24.5 – 62.5 cm.

- En 95 % de parcelas muestreadas *Polylepis reticulata* presentó DAP entre los 9.43 – 26.42 cm. Además se caracterizó por presentar densidades entre 6 – 17 individuos / 200 m<sup>2</sup> y alturas entre 5 – 11.25 m.

Con respecto a los individuos de porte arbóreo de *Polylepis sericea* (presente sólo en 5 % de parcelas muestreadas), estos se caracterizan por presentar DAP entre 10.82 – 20.37 cm y alturas entre 4 – 7 m. No obstante se encontraron individuos con hasta 11 m de altura.

El estudio muestra que los individuos arbóreos de la especie *Polylepis reticulata* Hieron presentaron valores de DAP que llegaron hasta los 108.86 cm. Este es un nuevo registro para la especie y para el género, ya que es el mayor DAP hallado hasta la fecha en comparación con otros estudios del género. Con relación a la especie *Polylepis sericea* se hallaron individuos de hasta 50.29 cm de DAP, constituyéndose en el mayor registro hasta ahora reportado para la especie.

En esta investigación se hallaron individuos arbóreos de *Polylepis reticulata* con alturas cercanas a los 26 m, que en comparación con investigaciones anteriores, se incluiría dentro del selecto grupo de especies del género que superan los 25 m de altura, al igual que las especies *P. lanata* y *P. pauti*. Además constituye el mayor registro de altura reportado para la especie.

- El bosque en estudio se caracteriza por presentar generalmente un suelo con pH *muy fuertemente ácido a extremadamente ácido* (3.5 a 5.0), *muy alto* porcentaje de materia orgánica (8.19 – 28.40 %), *muy baja* cantidad de fósforo disponible (3.0 – 6.5 ppm), *baja* cantidad de potasio disponible (45 – 113 ppm), de clase textural

*orgánico* (68 %) y *franco arenoso* (26 %), y por presentar bajos niveles de Capacidad de Intercambio Catiónico (3.88 - 14.30 meq/100 g).

- En base a los resultados obtenidos, se demostró estadísticamente que el suelo y el terreno no influyen (no existe una relación lineal) en la aparición de nuevos individuos regenerados de *Polylepis sp.*
- El bosque de Huasta está conformado por dos especies, *Polylepis reticulata* Hieron que ocupa el 80 % del área total y *Polylepis sericea* Wedd que ocupa el 20 %.
- En comparación con otras investigaciones, se podría afirmar que el bosque de Huasta, es uno de los más antiguos y mejor conservados del departamento de Ancash y del Perú y posiblemente de Sudamérica, confirmando de esta manera lo mencionado por los pobladores del distrito de Huasta.
- El estudio muestra que la especie *Polylepis reticulata* Hieron se encuentra formando bosque hasta una altitud máxima de 4641 msnm, ampliando su rango de crecimiento, ya que es la mayor altitud registrada a la fecha en comparación con otras investigaciones. Lo mismo sucede con la especie *Polylepis sericea* Wedd que se encuentra formando bosque hasta una altitud máxima de 4691 msnm.

## VII. RECOMENDACIONES

- Debido a la presencia de quema inducida en algunos sectores del bosque (Anexo 7), se recomienda monitorear de manera continua el cumplimiento de la resolución ministerial N° 306-2011-MINAM (Anexo 13) que reconoce a la microcuenca de Paria como un Área de Conservación Privada. El bosque en estudio se ubica en la microcuenca mencionada y está destinado a prácticas de conservación y ecoturismo.
- Realizar futuros trabajos de investigación que tengan como propósito el seguimiento de los nuevos individuos que crecen dentro de bosques de *Polylepis*, con la finalidad de obtener información sobre su fenología.
- Considerar el estudio de la edad de los árboles del género *Polylepis* para futuras investigaciones, al igual que estudios de micrometeorología al interior y exterior del bosque.
- Realizar futuras investigaciones en las que se incluya un estudio biológico de la diversidad de flora, fauna y microfauna presente a lo largo del bosque. Adicionalmente, estudios que describan la posible simbiosis que presenta *Polylepis* con hongos, bacterias o Bryophytas.
- Dirigir los resultados obtenidos de la presente y futuras investigaciones a la concientización de comunidades con respecto a la protección de bosques nativos, con la finalidad de reducir las quemadas inducidas y el sobrepastoreo en zonas de bosques.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar L., Piepenstock A. y Burgoa W. 2008. Especies Nativas kewiña (*Polylepis sp.*) y kiswara (*Buddleja sp.*) en barreras vivas: Una alternativa para reducir la degradación de suelos y mejorar las condiciones de vida en la zona altoandina de Bolivia (en línea). Potosí, BO. Consultado 10 nov. 2010. Disponible en <http://pdfsb.com/readonline/5a564a4665773930576e5a394158566855513d3d-4597653>
2. Andersen P. N., Hjarsen T. y Williams N. M. 1999. Monitoring and management of high Andean biodiversity – a study from Cochabamba, Bolivia Centre for Research on the Cultural and Biological Diversity of Andean Rainforests (DIVA). DIVA Technical Report no 6:110.
3. APG (Angiosperm Phylogeny Group). 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III (en línea). Botanical Journal of the Linnean Society 141:399-436.
4. Arce R; Toivonen J. 2002. Estudio de los bosques del género *Polylepis* en el Santuario Histórico de Machupicchu. Cusco, PE, FANPE-INRENA/GTZ. 91 p.
5. Arévalo R. y García B. 2001. Hablemos de nuestros árboles: Potencial y caracterización campesina de árboles nativos andinos. Huaraz, PE, TMI. 27p.
6. Arévalo R. y Recharte J. 2003. Bosques de montaña: Ecosistemas relictos. In J Recharte, J; Arévalo, R; Glave M. eds. Islas del cielo. Huaraz, PE. p. 11-19.
7. Baied, C. 1999. Distribución actual de matorrales altoandinos de *Polylepis* en los Andes centro-sur: Oscilaciones climáticas y el impacto de la actividad humana en el pasado. In Aschero, C; Korstanje, M; Vuoto P. eds. Los tres reinos: prácticas de recolección en el cono sur de América. Tucumán, AR, Instituto de Arqueología y Museo - Universidad Nacional de Tucumán. p. 129-139.
8. Balderrama J. y Ramírez M. 2001. Diversidad y endemismo de aves en dos fragmentos de bosque de *Polylepis besseri* en el Parque Nacional Tunari

- (Cochabamba, Bolivia) (en línea). Rev. Bol. Ecol. 9:45-60. Consultado 12 oct. 2012. Disponible en [www.cedsip.org/PDFs/Balderrama%209.pdf](http://www.cedsip.org/PDFs/Balderrama%209.pdf)
9. Bazán R., Estrada J., Felipe-Morales C. y Villachica H. 2011. Manual de Prácticas de Edafología. Lima, PE, UNALM. 88 p.
  10. Betancourt J. y Rojas M. 2011. Rizogénesis *in vitro* a partir de yemas de *Polylepis incana* Kunth., y *Polylepis pauta* Hieron., con la ulterior determinación de la especie viable para crecimiento *in situ* en la zona de Papallacta. Tesis (Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales). Quito, EC. Universidad Politécnica Salesiana Sede-Quito. Consultado el 14 abr. 2014. Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3598/1/QT03005.pdf>.
  11. Boza, T. 2006. Estructura y flora acompañante de los bosques de *Polylepis* de la región Puno. In ECOAN (Asociación de Ecosistemas Andinos, PE) eds. Proyecto: Evaluación de la biodiversidad en bosques de *Polylepis* de la región Puno. Cusco, PE. p. 18 – 87.
  12. CAN (Comunidad Andina de Naciones) 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. 96p.
  13. Capriles J. y Flores E. 2002. The economic, symbolic, and social importance of the “Keñua” (*Polylepis spp.*) during prehispanic times in the andean highlands of Bolivia. Ecotrópica no. 8:225 – 231.
  14. Caranqui J. 2011. Demografía de un rodal de *Polylepis reticulata* Hieron en la reserva de producción faunística Chimborazo. Herbario Escuela Superior Politécnica del Chimborazo - Escuela de Ingeniería Forestal. Chimborazo, EC. Consultado 15 mar. 2014. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/500>
  15. Clavijo X. 2012. Monitoreo de poblaciones de plantas en bosques de Quínoa (*Polylepis spp.*) en el Parque Nacional Cajas. Universidad del Azua, Facultad de Ciencia y Tecnología, EC. Consultado 02 abr. 2014. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Monitoreo-De-Poblaciones-De-Plantas-En/4327422.html>

16. Cobbing J., Sánchez A., Martínez W. y Zárata H. 1996. Geología de los cuadrángulos de Huaráz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca – Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i y 21-j. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Boletín N° 76, Serie A: Carta Geológica Nacional. Lima, PE. p. 74 – 83.
17. Copa-cogeca (La voz de los agricultores y de sus cooperativas en la Unión Europea). 2010. Ficha técnica: Los cultivos y el cambio climático (En línea). Bruselas, BE. Consultado 21 oct. 2010. Disponible en [http://www.copa-cogeca.be/img/user/file/FT\\_EN/DOC/5658ES.pdf](http://www.copa-cogeca.be/img/user/file/FT_EN/DOC/5658ES.pdf)
18. Corbella R. y Fernández J. 2008. Cátedra de Edafología: Materia Orgánica del Suelo. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia. Tucumán, AR Consultado 01 jun. 2014. Disponible en <http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Materia%20Organica%20del%20Suelo.pdf>
19. Cruz-Flores G., Flores D., Alcántar G., Trinidad A., Alvarez M. & Bautista A. 2007. Actividad fosfatasa y pH del suelo adyacente a la rizosfera de maíz, trigo y triticale en suelos ácidos. Universidad Autónoma Chapingo, ME. TERRA Latinoamericana, Vol. 25, Núm. 2, pp. 115-125.
20. Daud A., Habib N. & Sánchez A. 2007. Actividad diurética de extractos acuosos de *Polylepis australis* Bitter (Queñoa) (En línea). Revista Cubana de Plantas Medicinales 12 (4):1-6. Consultado 25 oct. 2010. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v12n4/pla07407.pdf>
21. Daud A., Habib N. y Sánchez A. 2008. Actividad antimicrobiana de extractos alcohólicos de hojas y corteza de *Polylepis australis* Bitter (Queñoa) (en línea). Revista Cubana de Plantas Medicinales 13 (3):1-11. Consultado 25 oct. 2010 Disponible en [http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol13\\_3\\_08/pla06308.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol13_3_08/pla06308.htm)
22. Donoso Zegers C. 1981. Ecología Forestal el Bosque y su Medioambiente. Facultad Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Santiago, CH. 557 pp.
23. ECOAN (Asociación de Ecosistemas Andinos, PE) 2007. Evaluación de la biodiversidad de los bosques de *Polylepis* en la zona sur oeste del Parque

- Nacional Otishi (En línea). In Proyecto: Caracterización para el monitoreo de los bosques de *Polylepis* en la zona sur oeste del Parque Nacional Otishi. Perú. Consultado 17 nov. 2010. Disponible en: [http://www.ecoanperu.org/pdf/divers\\_otishi.pdf](http://www.ecoanperu.org/pdf/divers_otishi.pdf)
24. ECOAN (Asociación de Ecosistemas Andinos, PE). 2005. Evaluación de la biodiversidad de los bosques de *Polylepis* del corredor de Conchucos – Huaraz (en línea). In Proyecto: Corredor de conservación de los bosques de *Polylepis* en el sur de los Conchucos. Perú. Consultado 20 nov. 2010. Disponible en: [http://www.ecoanperu.org/pdf/divers\\_conchucos.pdf](http://www.ecoanperu.org/pdf/divers_conchucos.pdf)
25. El Peruano Diario Oficial. 2012. Reconocen el Área de Consevación Privada Microcuenca de Paria, ubicada en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash: Resolución Ministerial N° 306-2011-MINAM. Lima, PE, ene. 4.
26. Fernandez M., Mercado M., Arrázola S. y Martínez E. 2001. Estructura y composición florística de un fragmento boscoso de *Polylepis besseri* Hieron subsp *besseri* en Sacha Loma (Cochabamba). Rev. Bol. Ecol. 9: 15 - 27, 2001. Cochabamba, BO. Consultado 15 mar. 2014. Disponible en: <http://www.cedsip.org/PDFs/Fernandez%209.pdf>
27. Fjeldså J. y Kessler M. 1996. Conserving the Biological Diversity of *Polylepis* Woodlands of the highlands of Perú and Bolivia: A contribution to sustainable natural resource management in the andes. NORDECO, Copenhagen, DK. 249p.
28. Flores C., Cruzado L.m, Panduro J., Valdez M., Peche F., Cusquipoma A., Valle E., Valle V. y Egoavil M. 2009. Queñuales (*Polylepis* spp.) en la Concesión para Conservación Alto Huayabamba, San Martín: Primera aproximación. Amazónicos por la Amazonía – AMPA, Moyobamba, PE. Consultado 05 abr. 2014. Disponible en: [http://www.ampaperu.info/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=35&Itemid=62](http://www.ampaperu.info/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=35&Itemid=62)
29. Gilabert J., López I. & Pérez R. 1990. Análisis de suelos para Diagnóstico de Fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Ministerio de



Agricultura y Cria, Fondo nacional de investigaciones agropecuarias, Centro nacional de investigaciones agropecuarias. Maracay, VE. Consultado 17 oct. 2013. Disponible en

[http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/manuales\\_suelos/analisis\\_suelos\\_fertiid\\_ad/](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/manuales_suelos/analisis_suelos_fertiid_ad/)

30. Glime J. 2007. Economic and Ethnic Uses of Bryophytes. In: Flora of North America Editorial Committee, eds. Flora of North America North of Mexico. New York & Oxford vol. 27, pp. 14-41.
31. Goldstein, G., Meinzer, F.C., Rada, F. 1994. Environmental Biology of a Tropical Treeline Species, *Polylepis sericea* (en línea). In Tropical Alpine Environments: Plant form and function. Eds. PW Rundel; AP Smith; FC Meinzer. Cambridge. Consultado 27 set. 2012. Disponible en: <http://www.ciencias.ula.ve/icae/publicaciones/ecofisiologia/pdf/goldstein1994.pdf>
32. Goreau T. 1990. Balancing atmospheric carbon dioxide (en línea). AMBIO magazine 19:230-236. Consultado 26 oct. 2010. Disponible en: <http://www.seawaterfoundation.org/articles/GoreauAmbio-2.pdf>
33. Gosling W., Hanselman J., Knox C., Valencia B. & Bush M. 2009. Long-term drivers of change in *Polylepis* woodland distribution in the central Andes. Journal of Vegetation Science no. 20(6). p.1041 – 1052.
34. INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales, PE) y Ministerio de Agricultura del Perú. 1994. Mapa ecológico del Perú: Guía explicativa. Lima, PE.
35. INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales, PE) y Ministerio de Agricultura (PE). 1995. Mapa Forestal del Perú. Lima, PE. Esc. 1:1.000.000. Color.
36. INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales, PE); GTZ (Organismo Alemán para la Cooperación Técnica) y PDRS (Programa Desarrollo Rural Sostenible, PE). 2008. ¿Cómo establecer áreas de conservación? El proceso y el expediente técnico. Ed. L Rodríguez. In Caja de herramientas para la gestión de

- áreas de conservación. Lima, PE, Imprenta PULL CREATIVO SRL. Fasc. 3, p. 119 – 131.
37. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, CH). 2008. Cambio climático 2007: Informe de síntesis (en línea). Eds. R Pachauri; A Reisinger. Ginebra, Suiza. 104 p. Consultado 26 oct. 2010. Disponible en [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
38. IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2013. IUCN Red List of Threatened Species 2013.2 homepage (en línea). Consultado 07 abr. 2014. Disponible en <http://www.iucnredlist.org>.
39. Jones S. 1988. Sistemática vegetal. 2 ed. Mexico. 536 p.
40. Kerr M. 2004. A phylogenetic and biogeographic analysis of the Sanguisorbeae (Rosaceae) with emphasis on the pleistocene radiation of the high Andean genus *Polylepis* (en línea). Ph.D. Thesis. Maryland, US, Universidad de Maryland. 189 p. Consultado 8 nov. 2010. Disponible en <http://drum.lib.umd.edu/bitstream/1903/1678/1/umi-umd-1643.pdf>
41. Kessler M. & Schmidt-Lebuhn A. 2006. Taxonomical and distributional notes on *Polylepis* (en línea). *Organisms Diversity & Evolution* 6. Consultado el 22 ago. 2010. Disponible en [senckenberg.uni-frankfurt.de/odes/06-01.pdf](http://senckenberg.uni-frankfurt.de/odes/06-01.pdf)
42. Kessler M. 2002. The *Polylepis* problem: “Where do we stand?” (en línea). *Ecotrópica* no. 8:97-110. Consultado 19 oct. 2010. Disponible en <http://www.reg.wur.nl/NR/rdonlyres/57CEFEFF-D946-4C45-9205-2DB977C8EDD2/33766/KesslerThePolylepisproblem.pdf>
43. Kessler M. 2006. Bosques de *Polylepis* (en línea). La Paz, BO, Universidad Mayor de San Andrés. Consultado 4 ago. 2010. Disponible en [www.paramo.org/portal/files/BEISA\\_Polylepis.pdf](http://www.paramo.org/portal/files/BEISA_Polylepis.pdf).
44. Kessler M., & Driesch P. 1993. Causas e Historia de la destrucción de bosques altoandinos en Bolivia. *Ecología en Bolivia* no. 21:1 – 8.

45. Kloster N., Azcarate M., Ostinelli M. & Carreira D. 2010. Validación de método de ensayo: Determinación de CIC empleando Acetato de Amonio a pH 7.0. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario (AR).
46. Kopta F. 1999. Problemática ambiental con especial referencia a la Provincia de Córdoba (en línea). Córdoba, AR, UNESCO. Consultado 21 oct. 2010. Disponible en <http://www.fundacionacude.org/UserFiles/File/Sobrepastoreo.pdf>.
47. León Araujo, DP. 2009. Propagación de dos Especies de Yagual (*Polylepis incana* y *Polylepis racemosa*) utilizando dos Enraizadores Orgánicos y dos Enraizadores Químicos en el Vivero Forestal del Crea en el Cantón y Provincia del Cañar. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Riobamba, EC. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. 126 p.
48. Mancheno Herrera, AC. 2011. Análisis de los impactos en la calidad del suelo causados por el Pino (*Pinus patula*) en comparación con el suelo ocupado por *Polylepis* (*Polylepis reticulata*) en el Parque Nacional Cajas. Tesis (Ingeniero Ambiental). Cuenca, EC. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. 143 p.
49. Mansilla H. 2001. “Aspectos económicos del secuestro de carbono en especies nativas: Caso bosque de “Queuña Qocha”, Ollantaytambo, Cusco, Perú”. Eds Glave; Pizarro. Lima, PE, INRENA. Consultado 27 oct. 2010. Disponible en <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/852/3/BVCI0000698.pdf>
50. Mendoza W. y Roque J. 2007. Diversidad de la flora vascular asociada a los bosques de *Polylepis* (Rosaceae) en los Andes Meridionales del Perú (Ayacucho): Implicancias para su conservación (en línea). Lima, PE, INRENA. Consultado 17 nov. 2010. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/23867738/Mendoza-Roque-Polylepis-Ayacucho#>
51. Mendoza W. y Cano A. 2011. Diversidad del Género *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes Peruanos. Rev. peru. biol. 18(2): 197 – 200. Lima, PE. Consultado 07 abr. 2014. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v18n2/a11v18n2.pdf>

52. Mindreau, M. 2005. Importance of the flora associated to the polylepis forest of Quenacocha for the andean community of huilloc (Cuzco - Perú). Oslo, NO.
53. Naseby D., Moenne-Loccoz Y. & Powell J. 1998. Soil enzyme activities in the rhizosphere of field-grown sugarbeet inoculated with the biocontrol agent *Pseudomonas fluorescens* F113. Biol. Fertil. Soils 27: 39-43.
54. Porta J., Lopez-Acevedo M. y Poch R. 2010. Introducción a la Edafología: Uso y protección de suelos. 2 ed. Madrid, ES, Mundi-Prensa. 535 p.
55. Pretell J., Ocoña D., Jon R. y Barahona E. 1985. Apuntes sobre algunas Especies Forestales Nativas de la Sierra Peruana (en línea). FAO/Holanda/INFOR, Lima, PE. 86 p. Consultado 25 set. 2012. Disponible en [http://www.bosquesandinos.info/biblioteca/ECOBONA\\_0368.pdf](http://www.bosquesandinos.info/biblioteca/ECOBONA_0368.pdf).
56. Pucheta E., Cabido M. y Días S. 1997. Modelos de estados y transiciones para los pastizales de altura de las sierras de Córdoba, Argentina (en línea). Ecotrópica no.10:151-160. Consultado 21 oct. 2010. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/25623/1/articulo7.pdf>
57. Rada F., Azócar A., Briceño B., Gonzáles J. y García-Núñez C. 1996. Carbon and Water Balance in *Polylepis sericea*, a Tropical Treeline Species (en línea). S.A. Trees – Structure and Function 10:218-222. Consultado 27 set. 2012. Disponible en <http://www.ciencias.ula.ve/icae/publicaciones/ecofisiologia/pdf/rada1996.pdf>
58. Reich B., Peterson D., Wedin D. y Wrage K. 2001. Fire and vegetation effects on productivity and nitrogen cycling across a forest-grassland continuum (en línea). Ecology 82:1703-1719. Consultado 21 oct. 2010. Disponible en <http://www.cedarcreek.umn.edu/biblio/fulltext/t1814.pdf>
59. Renison D., Cingolani A. y Suárez R. 2002. Efectos del fuego sobre un bosquecillo de *Polylepis australis* (Rosaceae) en las montañas de Córdoba, Argentina (en línea). Revista Chilena de Historia Natural 75(4):719-727. Consultado 21 oct. 2010. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/incendios\\_y\\_uso\\_del\\_fuego/22-fuego\\_montanas\\_cordoba.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/incendios_y_uso_del_fuego/22-fuego_montanas_cordoba.pdf)

60. Reynel C. y Felipe-Morales C. 1987. Agroforestería tradicional en los Andes del Perú, un inventario de tecnologías y especies para la integración de la vegetación leñosa a la agricultura. FAO/Holanda/INFOR, Lima, PE. 139 p.
61. Reynel C., Pennington T., Pennington R., Marcelo J. y Daza A. 2006. Árboles útiles del ande peruano, una guía de identificación, ecología y propagación de las especies de la Sierra y los Bosques Montanos en el Perú. 466 p.
62. Ribera M., Liberman M., Beck S. y Moraes M. 1996. Vegetación de Bolivia y mapa de la vegetación y de áreas protegidas. Ed. K Mihotek. CIMAR, Santa Cruz, BO. p. 169 – 222.
63. Rodríguez L. y Kenneth R. 2000. Distribución de los bosques de Polylepis en áreas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica de las montañas del Perú. Esc. 1:100.000. Color. In J Recharte, J; Arévalo, R; Glave M. eds. Islas del cielo. Huaraz, PE, TMI. p. 54.
64. Rúnitz M., Chacón M. y Porro R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. Lima, PE, Centro Mundial de Agroforestal/Consortio Iniciativa Amazónica. p. 13-24.
65. Ruíz M., García C. y Sayer J. 2007. Los servicios ambientales de los bosques (en línea). Revista ecosistemas 16(3):81-90. Consultado 16 nov. 2010. Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=509>
66. Sanzano A. s.f. El Fósforo del Suelo. In Química del suelo. AR. 4p. Consultado 11 oct. 2012. Disponible en <http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Fosforo%20del%20Suelo.pdf>
67. Sanzano A. s.f. El Potasio del Suelo. In Química del suelo. AR. 3p. Consultado 11 oct. 2012. Disponible en <http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/El%20Potasio%20del%20Suelo.pdf>
68. Scheaffer L., Mendenhall III W. y Lyman R. 2007. Elementos de muestreo. Trad. JI Sánchez. 6 ed. Madrid, ES, Thomson. p. 82-108.

69. Schneider K., Turrion M. y Gallardo J. 2000. Modified method for measuring acid phosphatase activities in forest soils with high organic matter content. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31: 3077-3088.
70. Servat G., Mendoza W. y Ochoa A. 2002. Flora y fauna de cuatro bosques de *Polylepis* (Rosaceae) en la Cordillera del Vilcanota (Cusco, Perú) (en línea). *Ecología Aplicada*, 1(1):25-35. Lima, PE, UNALM. Consultado 17 nov. 2010. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/ecolapl/Artículo%205.pdf>
71. Simpson B. 1979. A revision of the genus *Polylepis*. Smithsonian institution press (en línea). Washington, US. Consultado 23 ago. 2010. Disponible en [sippddr.si.edu/dspace/bitstream/10088/7018/1/scb-0043.pdf](http://sippddr.si.edu/dspace/bitstream/10088/7018/1/scb-0043.pdf)
72. Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture Handbook N° 18. Washington, US. 192 p.
73. Stevens P. 2001-2012. Angiosperm Phylogeny Website (en línea). Versión 12. Consultado 17 oct. 2012. Disponible en <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
74. TMI (The Mountain Institute, PE). 2010. Guía de interpretación ambiental: Aves de las quebradas de Isco y Huamanhuque. Ed. S Conde. Conchucos Sur, Ancash, PE. 82 p.
75. TMI (The Mountain Institute, PE). 2009. Conociendo al Quenual nuestro tesoro natural. Eds. M Mindreau; S Conde. In Proyecto de conservación de *Polylepis* en el corredor Conchucos Sur, Ancash. Ancash, PE. 16 p.
76. Valqui T. 2004. Where to watch birds in Peru. Lima, PE. 382pp.
77. Venero J. y De Macedo H. 1983. Relictos de bosque en la Puna del Perú. *Boletín de Lima* 30:19 – 26.
78. Yallico E. 1992. Distribución de *Polylepis* en el sur de Puno. In Proyecto Árbol Andino. Puno, PE. 134 p.

## IX. ANEXOS

### ANEXO 1. Constancia de clasificación a nivel de especie (2013).



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
**MUSEO DE HISTORIA NATURAL**



---

**"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"**

**CONSTANCIA Nº 302-USM-2013**

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (Planta completa), recibida de **Juan Andres CASTRO GONZALES**, de la Universidad Nacional Agraria La Molina; ha sido estudiada y clasificada como: ***Polylepis reticulata* Hieron**; y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981):

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: MAGNOLIOPSIDA**

**SUB CLASE: ROSIDAE**

**ORDEN: ROSALES**

**FAMILIA: ROSACEAE**

**GENERO: Polylepis**

**ESPECIE: *Polylepis reticulata* Hieron**

Nombre vulgar: "Quinual".  
Determinado por: Mag. Wifredo Mendoza.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Fecha, 06 de diciembre de 2013



**Dra. HAYDEE MONTOYA TERREROS**  
JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

---

Av. Arenales 1256, Jesús María Apdo. 14-0434, Lima 14, Perú	Telfs. (511)471-0117, 470-4471 470-7918, 619-7000 anexo 5703	e-mail: <a href="mailto:museohn@unmsm.edu.pe">museohn@unmsm.edu.pe</a> <a href="http://museohn.unmsm.edu.pe">http://museohn.unmsm.edu.pe</a>
--	---	---



"Año de la Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático"

**CONSTANCIA N° 22-USM-2014**

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (Planta completa), recibida de **Juan Andres CASTRO GONZALES**, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina; ha sido estudiada y clasificada como: ***Polylepis sericea* Wedd.**; y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981):

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: MAGNOLIOPSIDA**

**SUB CLASE: ROSIDAE**

**ORDEN: ROSALES**

**FAMILIA: ROSACEAE**

**GENERO: Polylepis**

**ESPECIE: *Polylepis sericea* Wedd.**

Nombre vulgar: "Quenual".

Determinado por: Mg. Asunción Cano (Wilfredo Mendoza).

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Fecha, 31 de enero de 2014





ANEXO 2. Tablas de resultados entregados por el laboratorio de suelos LASPAF.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : THE MOUNTAIN INSTITUTE INC.  
 Departamento : ANCASH  
 Distrito : HUASTA  
 Referencia : H.R. 28608-071C-10

Provincia : BOLOGNESI  
 Predio :  
 Fecha : 02-11-10

Lab	Numero de Muestra Campo	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>				Na <sup>+</sup>
10650	A	3.90	0.18	0.00	38.78	3.2	38	Suelo Orgánico			32.80	1.75	0.20	0.05	0.07	0.70	2.76	2.06	6
10651	B	4.10	0.21	0.00	39.33	11.5	188	Suelo Orgánico			62.40	3.50	0.79	0.37	0.20	6.50	11.37	4.87	8
10652	C	5.04	0.26	0.00	37.14	5.5	386	Suelo Orgánico			50.56	3.93	0.47	0.35	0.12	1.30	6.16	4.86	10
10653	C5	4.39	0.04	0.00	12.40	2.6	84	Suelo Orgánico			27.52	0.76	0.25	0.10	0.07	4.10	5.28	1.18	4
10654	C6	4.47	0.03	0.00	8.47	2.0	45	24	8	Fr.A.	25.60	1.19	0.22	0.07	0.13	2.30	3.91	1.61	6
10655	C11	5.29	0.19	0.00	24.58	7.5	113	Suelo Orgánico			50.72	18.86	0.85	0.12	0.08	0.40	20.31	19.91	39
10656	C13	4.76	0.10	0.00	8.19	13.2	58	32	6	Fr.A.	25.12	5.87	0.32	0.06	0.07	0.50	6.82	6.32	25
10657	D	3.17	0.55	0.00	15.84	3.6	78	Suelo Orgánico			39.20	0.60	0.18	0.07	0.05	2.50	3.40	0.90	2
10658	DD	4.15	0.20	0.00	34.96	3.0	48	Suelo Orgánico			61.76	0.95	0.30	0.09	0.05	2.20	3.60	1.40	2
10659	E	3.78	0.32	0.00	10.65	11.0	30	Suelo Orgánico			33.60	2.06	0.23	0.04	0.05	1.50	3.88	2.38	7
10660	F	4.88	0.05	0.00	6.55	2.7	43	72	20	Fr.A.	20.48	2.56	0.23	0.05	0.24	1.50	4.58	3.08	15
10661	F1	4.47	0.05	0.00	3.28	3.2	26	94	4	A.	9.12	0.61	0.17	0.03	0.05	1.20	2.06	0.86	9

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Ing. Braulio La Torre Martínez  
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614 7800 Anexo 222 Telefax: 349 5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante :  
Departamento :  
Distrito :  
Referencia :

THE MOUNTAIN INSTITUTE INC.

ANCASH  
HUASTA  
H.R. 28608-071C-10

Provincia : BOLOGNESI  
Predio :  
Fecha : 02-11-10

Lab	Número de Muestra Campo	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases		
								Arenal %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	
10662	F2	4.67	0.02	0.00	1.16	4.0	24	86	10	4	A.Fr.	7.20	0.49	0.15	0.02	0.06	0.90	1.62	0.72	10
10663	F3	4.59	0.24	0.00	41.79	6.5	318			Suelo Orgánico	78.72	13.56	1.02	0.32	0.11	1.80	16.81	15.01	19	
10664	F4	4.43	0.59	0.00	53.80	16.2	490			Suelo Orgánico	72.80	12.80	1.12	0.40	0.12	1.00	15.44	14.44	20	
10665	F5	3.70	0.24	0.00	70.46	149.5	636			Suelo Orgánico	78.40	12.63	3.29	0.75	0.16	2.75	19.58	16.83	21	
10666	F6	4.31	0.05	0.00	6.55	4.1	45	66	24	10	Fr.A.	23.04	0.65	0.22	0.05	0.06	3.40	4.38	0.98	4
10667	G	4.76	0.20	0.00	24.03	8.0	271			Suelo Orgánico	38.72	13.17	1.13	0.42	0.05	0.40	15.17	14.77	38	
10668	PR	4.47	0.09	0.00	6.55	2.6	45	70	22	8	Fr.A.	18.08	1.05	0.28	0.05	0.08	1.70	3.16	1.46	8
10669	S	4.84	0.08	0.00	26.49	3.3	158			Suelo Orgánico	49.60	1.11	0.35	0.23	0.07	1.70	3.46	1.76	4	
10670	TT	5.89	0.39	0.00	21.03	6.0	73			Suelo Orgánico	40.00	27.07	1.20	0.11	0.19	0.30	28.87	28.57	71	
10671	UU	5.93	0.25	0.00	25.95	4.1	95			Suelo Orgánico	56.64	33.94	1.43	0.10	0.06	0.20	35.73	35.53	63	
10672	V	5.28	0.11	0.00	11.61	2.3	21			Suelo Orgánico	30.72	6.79	0.35	0.02	0.07	0.10	7.33	7.23	24	
10673	YY	4.19	0.15	0.00	17.75	3.1	53			Suelo Orgánico	42.24	2.75	0.65	0.12	0.07	2.50	6.09	3.59	9	
10674	ZZ	4.96	0.10	0.00	22.94	3.0	30			Suelo Orgánico	54.40	13.42	0.47	0.05	0.06	0.30	14.30	14.00	26	

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Ing. Braulio La Torre Martiñez  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614 7800 Anexo 222 Telefax: 349 5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : JUAN ANDRES CASTRO GONZALES  
 Departamento : ANCASH  
 Distrito : HUASTA  
 Referencia : H.R. 28609-071C-10

Provincia : BOLOGNESI  
 Predio :  
 Fecha : 02-11-10

Lab	Número de Muestra Campo	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g					Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
10675	H	4.15	0.08	0.00	24.31	2.9	91	Suelo Orgánico			51.20	1.02	0.28	0.15	0.07	4.50	6.03	1.53	3	
10676	H1	5.04	0.04	0.00	5.60	2.7	51	56	36	8	Fr.A.	19.68	3.33	0.25	0.06	0.08	1.20	4.92	3.72	19
10677	H2	4.27	0.07	0.00	6.69	3.8	69	60	34	6	Fr.A.	19.20	0.95	0.38	0.09	0.07	4.00	5.49	1.49	8
10678	H3	4.80	0.04	0.00	9.56	5.7	46	64	26	10	Fr.A.	21.60	1.48	0.43	0.05	0.05	1.00	3.02	2.02	9
10679	H4	4.27	0.04	0.00	12.56	3.8	45	72	20	8	Fr.A.	36.16	1.08	0.35	0.07	0.03	3.60	5.13	1.53	4
10680	H5	4.22	0.04	0.00	7.78	3.2	52	79	20	8	Fr.A.	22.08	1.02	0.42	0.06	0.05	3.60	5.14	1.54	7
10681	H6	4.22	0.04	0.00	11.20	3.1	79	79	20	8	Suelo Orgánico	32.00	0.65	0.23	0.07	0.02	4.10	5.08	0.98	3
10682	H9	4.88	0.04	0.00	28.40	8.0	65	65	20	8	Suelo Orgánico	51.20	5.73	0.28	0.11	0.05	1.80	7.97	6.17	12
10683	M	5.12	0.25	0.00	32.02	4.0	79	79	20	8	Suelo Orgánico	51.52	16.40	0.77	0.06	0.05	0.30	17.58	17.28	34
10684	N	4.19	1.55	0.00	22.12	3.6	125	125	20	8	Suelo Orgánico	39.04	8.25	0.35	0.06	0.02	1.80	10.48	8.68	22

A = Arena ; A Fr. = Franco Arenoso ; Fr.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso ;  
 L = Limoso ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;



Ing. Braulio La Torre Martínez  
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614 7800 Anexo 222 Telefax: 349 5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO 3. Tabla de los datos obtenidos en campo por parcela.

**TABLA 3.1.** Parcelas (104) conformadas por la especie *Polylepis reticulata*

Hieron.

N°	Parcela Antiguo	Parcela Nuevo	ESTE (WGS84 UTM 18S)	NORTE (WGS84 UTM 18S)	Altura (msnm)	Pendiente (°)	INDIVIDUOS DE <i>Polylepis reticulata</i> Hieron				
							PORTE ARBÓREO		REGENERACIÓN NATURAL		
							Densidad (ind./m <sup>2</sup> )	Densidad (ind./200m <sup>2</sup> )	Densidad (ind./m <sup>2</sup> )	Densidad (ind./25m <sup>2</sup> )	Cobertura por parcela (%)
1	F4	B1	278340	8891340	4388	35	0.045	9	2.48	62	15.309
2	F3	B2	278480	8891401	4408	20	0.03	6	0.24	6	0.138
3	14	B3	278361	8891220	4386	40	0.01	2	0.04	1	0.017
4	B	B4	278420	8891415	4402	30	0.015	3	1.04	26	13.170
5	C	B5	278384	8891401	4394	10	0.01	2	0.48	12	9.130
6	G	B6	278315	8891466	4423	30	0.11	22	1.72	43	4.197
7	L	B7	278332	8891496	4434	40	0.015	3	0.4	10	1.354
8	N	B8	278307	8891534	4445	35	0.005	1	1.84	46	4.421
9	S	B9	278273	8891567	4451	30	0.04	8	0.08	2	5.755
10	V	B10	278282	8891582	4452	25	0.005	1	0.04	1	19.352
11	Y	B11	278290	8891599	4454	25	0.03	6	0.04	1	1.244
12	BB	B12	278257	8891622	4464	35	0.08	16	0.6	15	0.634
13	EE	B13	278238	8891639	4481	35	0.055	11	0.36	9	3.002
14	GG	B14	278286	8891688	4505	30	0.015	3	0	0	0.000
15	RR	B15	278274	8891681	4492	40	0.08	16	0.08	2	0.090
16	TT	B16	278337	8891629	4478	30	0.025	5	1.64	41	7.145
17	UU	B17	278341	8891608	4457	30	0.04	8	0	0	0.000
18	VV	B18	278324	8891583	4451	20	0.045	9	0.64	16	2.375
19	I	B19	278572	8891705	4567	40	0.075	15	0	0	0.000
20	II	B20	278598	8891711	4588	45	0.03	6	0	0	0.000
21	III	B21	278580	8891684	4551	35	0.025	5	0.04	1	0.663
22	IV	B22	278576	8891633	4522	30	0.015	3	0.48	12	0.599
23	V	B23	278530	8891613	4510	25	0.035	7	1.12	28	0.987
24	VI	B24	278538	8891589	4501	25	0.005	1	0	0	0.000
25	VII	B25	278695	8891561	4500	30	0.05	10	0	0	0.000
26	VIII	B26	278672	8891566	4508	25	0.02	4	0	0	0.000
27	IX	B27	278662	8891594	4511	30	0.025	5	0	0	0.000
28	X	B28	278643	8891612	4519	30	0.045	9	0	0	0.000
29	XI	B29	278648	8891589	4502	25	0.04	8	0.36	9	1.452
30	XII	B30	278598	8891585	4489	20	0.065	13	0	0	0.000
31	XIII	B31	278645	8891575	4491	20	0.02	4	0	0	0.000
32	XIV	B32	278398	8891079	4372	35	0.085	17	0	0	0.000
33	XV	B33	278395	8891105	4370	30	0.075	15	0	0	0.000

N°	Parcela Antiguo	Parcela Nuevo	ESTE (WGS84 UTM 18S)	NORTE (WGS84 UTM 18S)	Altura (msnm)	Pendiente (°)	INDIVIDUOS DE <i>Polylepis reticulata</i> Hieron				
							PORTE ARBÓREO		REGENERACIÓN NATURAL		
							Densidad (ind./m2)	Densidad (ind./200m2)	Densidad (ind./m2)	Densidad (ind./25m2)	Cobertura por parcela (%)
34	33	C1	278321	8891380	4392	45	0.115	23	1.28	32	17.990
35	7	C2	278400	8891160	4365	35	0.020	4	0.04	1	0.377
36	15	C3	278360	8891239	4383	49	0.135	27	0.56	14	2.518
37	A	C4	278396	8891442	4410	35	0.055	11	1.96	49	11.458
38	E	C5	278364	8891453	4403	40	0.090	18	0.6	15	6.184
39	F	C6	278336	8891455	4418	32	0.005	1	0.2	5	0.070
40	I	C7	278319	8891481	4426	37.5	0.080	16	2.6	65	24.191
41	K	C8	278288	8891467	4436	40	0.040	8	1.72	43	3.037
42	O	C9	278282	8891470	4441	43	0.040	8	0.4	10	6.598
43	P	C10	278279	8891482	4451	45	0.025	5	0.48	12	6.794
44	U	C11	278311	8891542	4448	40	0.030	6	2.08	52	13.852
45	X	C12	278307	8891558	4449	40	0.030	6	0	0	0.000
46	Z	C13	278248	8891588	4465	33	0.120	24	0.88	22	0.304
47	CC	C14	278232	8891622	4473	40	0.075	15	1.52	38	0.863
48	FF	C15	278238	8891668	4496	35	0.030	6	0.8	20	3.151
49	HH	C16	278223	8891660	4498	42	0.075	15	0.48	12	1.192
50	MM	C17	278199	8891673	4516	45	0.105	21	0.32	8	1.277
51	NN	C18	278208	8891685	4507	35	0.055	11	1.76	44	17.611
52	OO	C19	278201	8891709	4540	40	0.115	23	0.68	17	3.954
53	PP	C20	278204	8891709	4534	33	0.165	33	0.76	19	9.962
54	QQ	C21	278180	8891737	4562	43	0.060	12	0	0	0.000
55	C1	C22	278436	8891611	4514	15	0.125	25	1.84	46	30.968
56	C2	C23	278454	8891603	4508	5	0.075	15	1.8	45	1.914
57	C3	C24	278462	8891616	4516	45	0.125	25	0.56	14	1.267
58	C4	C25	278478	8891613	4516	43	0.080	16	0.84	21	11.742
59	C5	C26	278490	8891632	4527	45	0.110	22	0	0	0.000
60	C6	C27	278508	8891639	4525	40	0.060	12	0.04	1	1.216
61	C7	C28	278506	8891619	4514	35	0.130	26	0.32	8	1.162
62	C8	C29	278527	8891583	4488	40	0.040	8	0.08	2	3.540
63	C9	C30	278511	8891572	4492	35	0.020	4	0.08	2	2.423
64	C10	C31	278496	8891563	4483	32	0.020	4	0.56	14	9.518
65	C11	C32	278504	8891547	4470	30	0.030	6	2.48	62	11.713
66	C12	C33	278518	8891553	4480	37	0.060	12	0.64	16	7.193
67	C13	C34	278490	8891532	4457	35	0.055	11	1.16	29	3.070
68	C14	C35	278500	8891509	4444	25	0.040	8	1.04	26	3.747
69	C15	C36	278509	8891532	4472	35	0.060	12	0.64	16	3.913
70	C16	C37	278312	8891358	4420	35	0.125	25	0.52	13	10.865
71	C17	C38	278319	8891373	4402	38	0.105	21	1.76	44	12.452

							INDIVIDUOS DE <i>Polylepis reticulata</i> Hieron				
							PORTE ARBÓREO		REGENERACIÓN NATURAL		
N°	Parcela Antiguo	Parcela Nuevo	ESTE (WGS84 UTM 18S)	NORTE (WGS84 UTM 18S)	Altura (msnm)	Pendiente (°)	Densidad (ind./m2)	Densidad (ind./200m2)	Densidad (ind./m2)	Densidad (ind./25m2)	Cobertura por parcela (%)
72	F5	J1	278319	8891360	4400	40	0.115	23	2.2	55	72.806
73	9	J2	278381	8891181	4376	35	0.010	2	0	0	0.000
74	60	J3	278340	8891420	4407	35	0.090	18	2.6	65	100.0
75	61	J4	278320	8891419	4410	50	0.060	12	3.72	93	25.174
76	D	J5	278388	8891448	4393	30	0.040	8	0.72	18	10.167
77	H	J6	278368	8891459	4405	40	0.090	18	1.88	47	5.804
78	J	J7	278368	8891475	4418	45	0.065	13	0.72	18	18.606
79	M	J8	278307	8891513	4446	30	0.015	3	2.52	63	4.628
80	Q	J9	278349	8891542	4452	40	0.075	15	0.92	23	19.048
81	T	J10	278349	8891554	4458	35	0.085	17	1.48	37	2.941
82	W	J11	278327	8891556	4451	25	0.060	12	3.04	76	15.936
83	AA	J12	278244	8891614	4467	40	0.105	21	0.52	13	0.900
84	DD	J13	278290	8891642	4473	20	0.035	7	1.64	41	50.364
85	JJ	J14	278322	8891641	4475	30	0.065	13	0.36	9	4.721
86	LL	J15	278317	8891654	4486	45	0.040	8	0.76	19	4.395
87	SS	J16	278343	8891668	4503	45	0.170	34	0.8	20	1.789
88	XX	J17	278350	8891686	4509	50	0.090	18	0.8	20	0.808
89	YY	J18	278371	8891682	4514	45	0.075	15	1	25	3.739
90	ZZ	J19	278376	8891654	4505	30	0.075	15	0.64	16	1.015
91	AAA	J20	278418	8891625	4505	25	0.020	4	2.12	53	25.478
92	PR	J26	278424	8891892	4637	30	0.020	4	1.24	31	0.198
93	PRI	J27	278452	8891898	4641	35	0.060	12	0.12	3	0.257
94	PRO	J28	278456	8891882	4633	17.5	0.095	19	0	0	0.000
95	F6	J29	278457	8891859	4626	20	0.030	6	0.84	21	0.072
96	H1	J30	278431	8891843	4619	25	0.060	12	0	0	0.000
97	H2	J31	278437	8891827	4611	25	0.095	19	1.24	31	0.029
98	H3	J32	278434	8891757	4572	32	0.095	19	2.72	68	2.357
99	H4	J33	278437	8891729	4562	30	0.060	12	2.52	63	4.035
100	H5	J34	278455	8891724	4553	32	0.145	29	0.92	23	2.002
101	H6	J35	278467	8891708	4545	35	0.090	18	1.96	49	11.730
102	H7	J36	278509	8891471	4428	30	0.055	11	0.8	20	1.752
103	H8	J37	278554	8891397	4421	20	0.070	14	0.48	12	9.794
104	H9	J38	278436	8891426	4408	35	0.045	9	1.08	27	71.019

**TABLA 3.2.** Parcelas (5) conformadas por la especie *Polylepis sericea* Wedd.

N°	Parcela Antiguo	Parcela Nuevo	ESTE (WGS84 UTM 18S)	NORTE (WGS84 UTM 18S)	Altura (msnm)	Pendiente (°)	INDIVIDUOS DE <i>Polylepis sericea</i> Hieron				
							PORTE ARBÓREO		REGENERACIÓN NATURAL		
							Densidad (ind./m <sup>2</sup> )	Densidad (ind./200m <sup>2</sup> )	Densidad (ind./m <sup>2</sup> )	Densidad (ind./25m <sup>2</sup> )	Cobertura por parcela (%)
1	MAMA	J21	278261	8892020	4682	30	0.030	6	0.12	3	1.298
2	PAPA	J22	278280	8892038	4685	35	0.030	6	0	0	0.000
3	MANO	J23	278278	8892051	4691	35	0.075	15	0.28	7	13.110
4	F2	J24	278364	8891999	4663	20	0.040	8	1.4	35	16.888
5	F1	J25	278380	8891983	4659	15	0.055	11	0.64	16	7.053

ANEXO 4. Tabla de los datos derivados del análisis de suelos.

TABLA 4.1. Parcelas (33) conformadas por la especie *Polylepis reticulata* Hieron.

Suelo donde se encontraba la especie <i>Polylepis reticulata</i> Hieron												
VARIABLES DEL ANÁLISIS DEL SUELO												
N°	Parcela Antigua	Parcela Nueva	ESTE (WGS84 UTM 18S)	NORTE (WGS84 UTM 18S)	Altura (msnm)	Pendiente (°)	pH	Materia Orgánica (%)	Fósforo_P (ppm)	Potasio_K (ppm)	Clase textural	CIC efectiva (meq/100g)
1	F4	B1	278340	8891340	4388	35	4.4	53.80	16.2	490	Suelo Orgánico	15.44
2	F3	B2	278480	8891401	4408	20	4.6	41.79	6.5	318	Suelo Orgánico	16.81
3	B	B4	278420	8891415	4402	30	4.1	39.33	11.5	188	Suelo Orgánico	11.37
4	C	B5	278384	8891401	4394	10	5.0	37.14	5.5	386	Suelo Orgánico	6.16
5	G	B6	278315	8891466	4423	30	4.8	24.03	8.0	271	Suelo Orgánico	15.17
6	N	B8	278307	8891534	4445	35	4.2	22.12	3.6	125	Suelo Orgánico	39.04
7	S	B9	278273	8891567	4451	30	4.8	26.49	3.3	158	Suelo Orgánico	3.46
8	V	B10	278282	8891582	4452	25	5.3	11.61	2.3	21	Suelo Orgánico	7.33
9	TT	B16	278337	8891629	4478	30	5.9	21.03	6.0	73	Suelo Orgánico	28.87
10	UU	B17	278341	8891608	4457	30	5.9	25.95	4.1	95	Suelo Orgánico	35.73
11	A	C4	278396	8891442	4410	35	3.9	38.78	3.2	38	Suelo Orgánico	2.76
12	E	C5	278364	8891453	4403	40	3.8	10.65	11.0	30	Suelo Orgánico	3.88
13	F	C6	278336	8891455	4418	32	4.9	6.55	2.7	43	Fr.A.	4.58
14	C5	C26	278490	8891632	4527	45	4.4	12.40	2.6	84	Suelo Orgánico	5.28
15	C6	C27	278508	8891639	4525	40	4.5	8.47	2.0	45	Fr.A.	3.91
16	C11	C32	278504	8891547	4470	30	5.3	24.58	7.5	113	Suelo Orgánico	20.31
17	C13	C34	278490	8891532	4457	35	4.8	8.19	13.2	58	Fr.A.	6.82



Suelo donde se encontraba la especie <i>Polylepis reticulata</i> Hieron												
VARIABLES DEL ANÁLISIS DEL SUELO												
N°	Parcela Antigua	Parcela Nueva	ESTE (WGS84 UTM 18S)	NORTE (WGS84 UTM 18S)	Altura (msnm)	Pendiente (°)	pH	Materia Orgánica (%)	Fósforo_P (ppm)	Potasio_K (ppm)	Clase textural	CIC efectiva (meq/100g)
18	F5	J1	278319	8891360	4400	40	3.7	70.46	149.5	636	Suelo Orgánico	19.58
19	D	J5	278388	8891448	4393	30	3.2	15.84	3.6	78	Suelo Orgánico	3.40
20	H	J6	278368	8891459	4405	40	4.2	24.31	2.9	91	Suelo Orgánico	6.03
21	M	J8	278307	8891513	4446	30	5.1	32.02	4.0	79	Suelo Orgánico	17.58
22	DD	J13	278290	8891642	4473	20	4.2	34.96	3.0	48	Suelo Orgánico	3.60
23	YY	J18	278371	8891682	4514	45	4.2	17.75	3.1	53	Suelo Orgánico	6.09
24	ZZ	J19	278376	8891654	4505	30	5.0	22.94	3.0	30	Suelo Orgánico	14.30
25	PR	J26	278424	8891892	4637	30	4.5	6.55	2.6	45	Fr.A.	3.16
26	F6	J29	278457	8891859	4626	20	4.3	6.55	4.1	45	Fr.A.	4.38
27	H1	J30	278431	8891843	4619	25	5.0	5.60	2.7	51	Fr.A.	4.92
28	H2	J31	278437	8891827	4611	25	4.3	6.69	3.8	69	Fr.A.	5.49
29	H3	J32	278434	8891757	4572	32	4.8	9.56	5.7	46	Fr.A.	3.02
30	H4	J33	278437	8891729	4562	30	4.3	12.56	3.8	45	Suelo Orgánico	5.13
31	H5	J34	278455	8891724	4553	32	4.2	7.78	3.2	52	Fr.A.	5.14
32	H6	J35	278467	8891708	4545	35	4.2	11.20	3.1	79	Suelo Orgánico	5.08
33	H9	J38	278436	8891426	4408	35	4.9	28.40	8.0	65	Suelo Orgánico	7.97

**TABLA 4.2.** Parcelas (2) conformadas por la especie *Polylepis sericea* Wedd.

Suelo donde se encontraba la especie <i>Polylepis sericea</i> Wedd.												
VARIABLES DEL ANÁLISIS DEL SUELO												
N°	Parcela Antigua	Parcela Nueva	ESTE (WGS84 UTM 18S)	NORTE (WGS84 UTM 18S)	Altura (msnm)	Pendiente (°)	pH	Materia Orgánica (%)	Fósforo_P (ppm)	Potasio_K (ppm)	Clase textural	CIC efectiva (meq/100g)
1	F2	J24	278364	8891999	4663	20	4.7	1.16	4.0	24	A.Fr.	1.62
2	F1	J25	278380	8891983	4659	15	4.5	3.28	3.2	26	A.	2.06

**ANEXO 5.** Tablas de interpretación para analizar variables del suelo.

**TABLA 5.1.** Términos descriptivos utilizados para los rangos de pH.

<b>Término descriptivo</b>	<b>Rango de Ph</b>
Ultra ácido	< 3.5
Extremadamente ácido	3.5-4.4
Muy fuertemente ácido	4.5-5.0
Fuertemente ácido	5.1-5.5
Moderadamente ácido	5.6-6.0
Ligeramente ácido	6.1-6.5
Neutral	6.6-7.3
Ligeramente alcalino	7.4-7.8
Moderadamente alcalino	7.9-8.4
Fuertemente alcalino	8.5-9.0
Muy fuertemente alcalino	> 9.0

**FUENTE:** Soil Survey Division Staff (1993).

**TABLA 5.2.** Términos descriptivos utilizados para los rangos materia orgánica (%), de acuerdo al Método Walkley-Black.

<b>Término descriptivo</b>	<b>Rango de Materia Orgánica (%)</b>
Muy baja	< 0.9
Baja	1.0-1.9
Normal	2.0-2.5
Alta	2.6-3.5
Muy alta	> 3.6

**FUENTE:** Junta de Extremadura (1992).

**TABLA 5.3.** Términos descriptivos utilizados para los rangos fósforo disponible (ppm), de acuerdo al Método de Oslén. Los criterios de interpretación propuestos son en base a la agrupación de los suelos por tipos o grupos texturales.

	<b>Fósforo disponible (ppm)</b>	
<b>Término descriptivo</b>	<b>Rangos para grupo textural Grueso (ppm)</b>	<b>Rangos para grupo textural media y fina (ppm)</b>
Muy baja	0 – 9	0 - 5
Baja	10 – 18	6 - 12
Normal	19 – 36	13 - 25
Alta	37 – 108	26 - 75
Muy alta	> 108	> 75

**FUENTE:** Gilabert et. al. (1990).

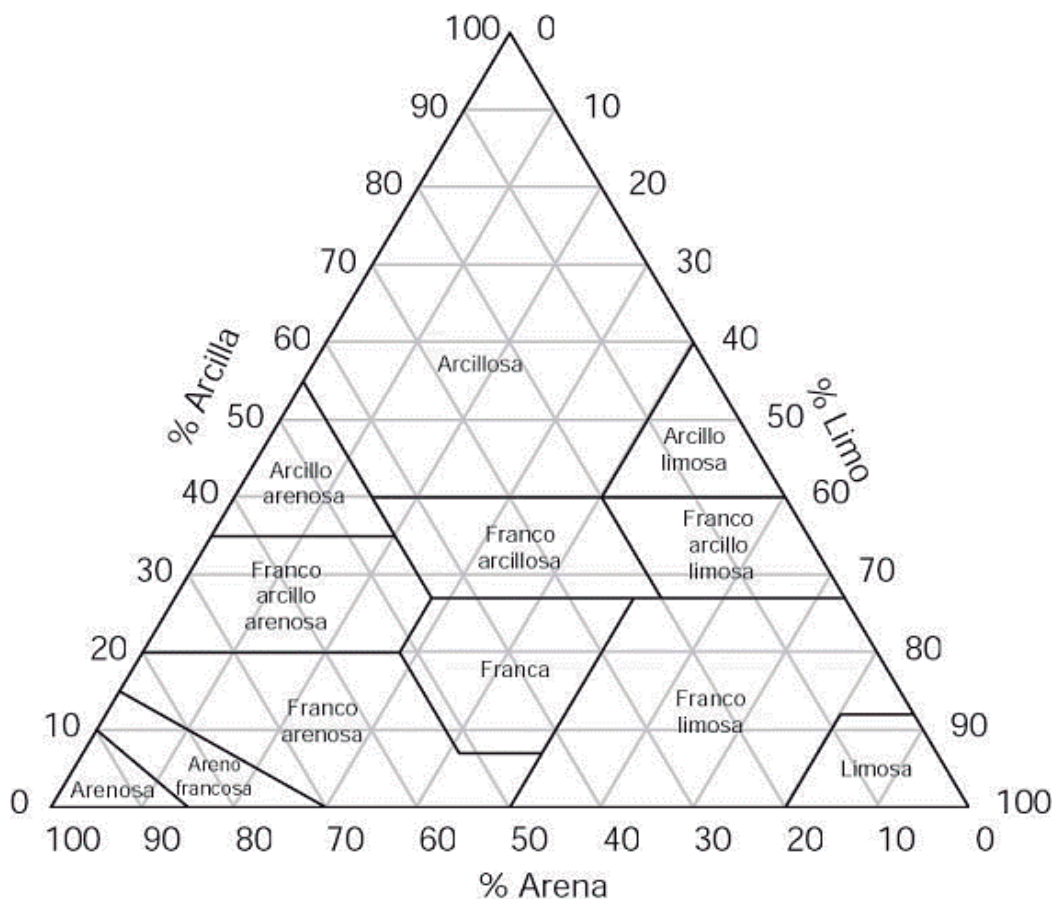
**TABLA 5.4:** Términos descriptivos utilizados para los rangos potasio disponible (ppm), de acuerdo al Método Extracción con Acetato de Amonio, UCLA – Barquisimeto.

<b>Término descriptivo</b>	<b>Potasio disponible (ppm)</b>
Bajo	< 78
Medio	78 – 156
Alto	> 156

**FUENTE:** Gilabert et. al. (1990).

**ANEXO 6.** Triángulo Textural para determinación de texturas de suelo.

**TÍTULO.** Triángulo Textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1974), utilizado en la determinación de las texturas, de acuerdo a los porcentajes Arena, Limo y Arcilla que presente la muestra.



**CLASES TEXTURALES**

<b>A</b> = Arena	<b>Fr.Ar.A</b> = Franco Arcillo Arenoso
<b>A.Fr</b> = Arena Franca	<b>Fr.Ar</b> = Franco Arcilloso
<b>Fr.A</b> = Franco arenoso	<b>Fr.Ar.L</b> = Franco Arcilloso Limoso
<b>Fr.</b> = Franco	<b>Ar.A</b> = Arcilloso Arenoso
<b>Fr.L.</b> = Franco Limoso	<b>Ar.L.</b> = Arcilloso Limoso
<b>L</b> = Limoso	<b>Ar.</b> = Arcilloso

**FUENTE:** USDA 1974, citado por Gilabert et. al. 1990.

**ANEXO 7.** Fotografías que evidencian la quema del bosque de *Polylepis Reticulata* Hieron.

**FOTO 7.1:** Presencia de quema al sur del bosque (área de la línea roja).



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**FOTO 7.2:** Toma más cercana de zona quemada al sur del bosque (área de la línea roja).



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**FOTO 7.3:** Un árbol de *Polylepis reticulata* Hieron con signos de haber sido quemado.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**FOTO 7.4:** Un árbol de *Polylepis sericea* con signos de haber sido quemado.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

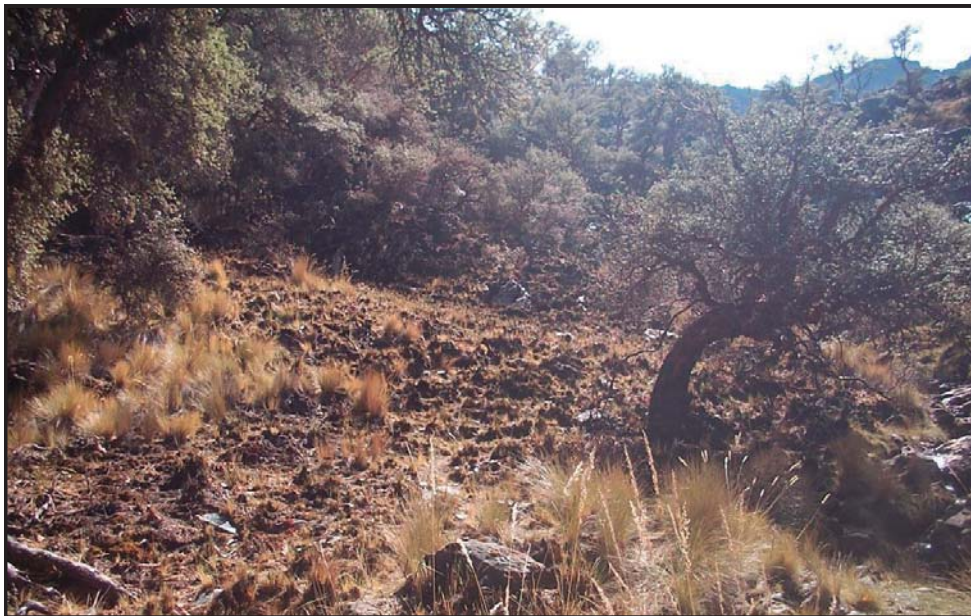


**FOTO 7.5:** Pequeñas plantas pertenecientes a la regeneración natural del bosque son afectadas por la quema.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**FOTO 7.6:** El pasto natural del bosque también se ve afectado por la quema.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**ANEXO 8.** Fotografías que evidencian que los árboles de *Polylepis* muestreados no presentan troncos doblados o retorcidos.

**FOTO 8.1:** Individuos de *Polylepis reticulata* Hieron presentes en el bosque.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**FOTO 8.2:** Observando la copa de un árbol de *Polylepis reticulata* Hieron.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**ANEXO 9.** Fotografías que evidencian la baja densidad de árboles y la presencia exclusiva de la especie *Polylepis sericea* Wedd en las parcelas ubicadas en la zona más alta del bosque.

**FOTO 9.1:** Zona más alta del bosque de *Polylepis sp.*



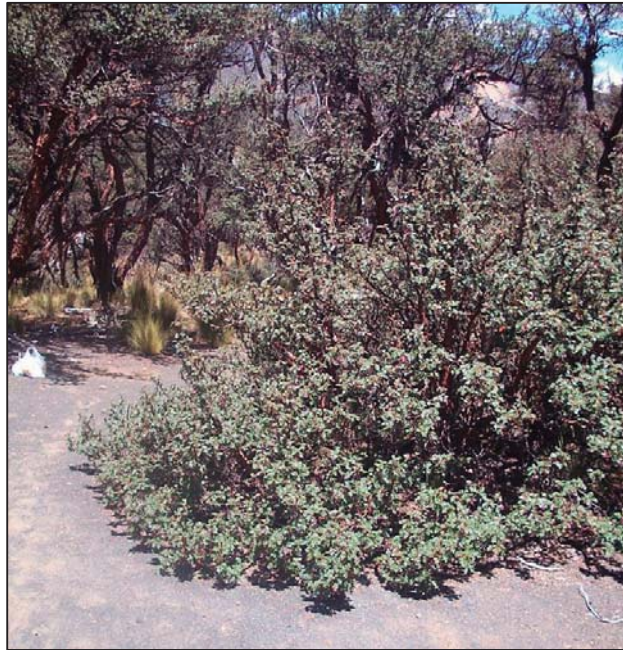
**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**FOTO 9.2:** Aníbal luego de haber muestreado una de las parcelas en la zona alta



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**FOTO 9.3:** Primer plano de uno de los individuos regenerados de *Polylepis sericea* Wedd encontrados en la zona más alta del bosque.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

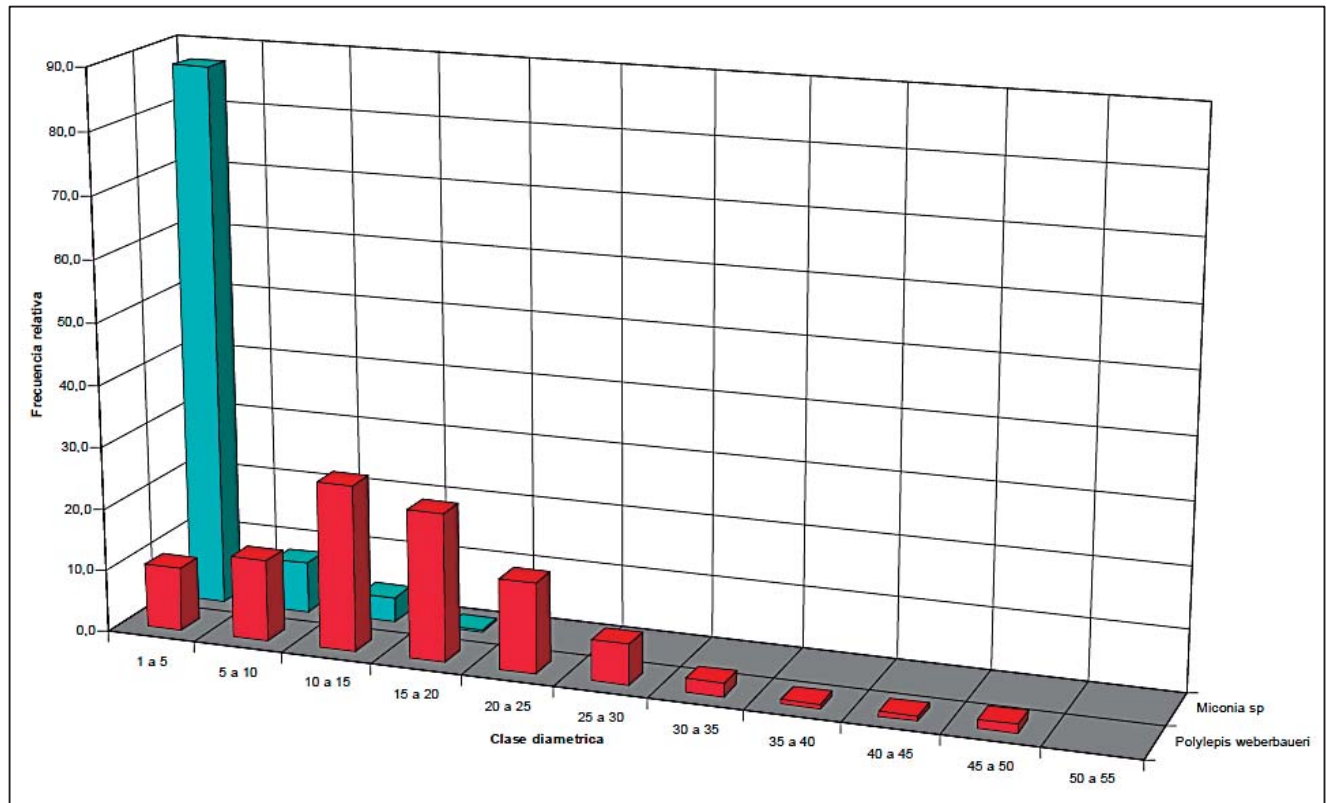
**FOTO 9.4:** Zona alta del bosque con poca pendiente.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

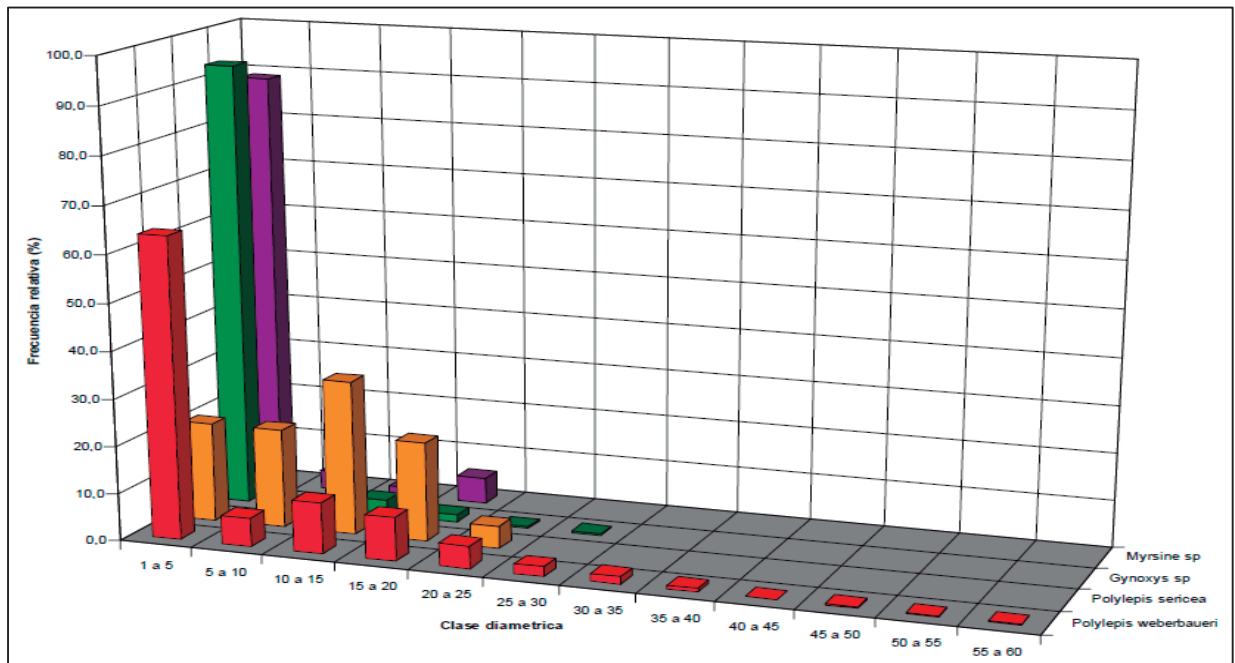
**ANEXO 10.** Gráficas de distribución de DAP (diámetro a la altura del pecho) elaboradas por ECOAN (2005) en su estudio “Evaluación de la biodiversidad de los Bosques de *Polylepis* del Corredor de Conchucos – Huaraz”.

**GRÁFICO 10.1:** Distribución de DAP de los árboles del bosque de Pumahuain (4465 msnm), ubicado en la localidad de Challhuayacu, distrito de Chavin de Huantar, provincia de Huari.



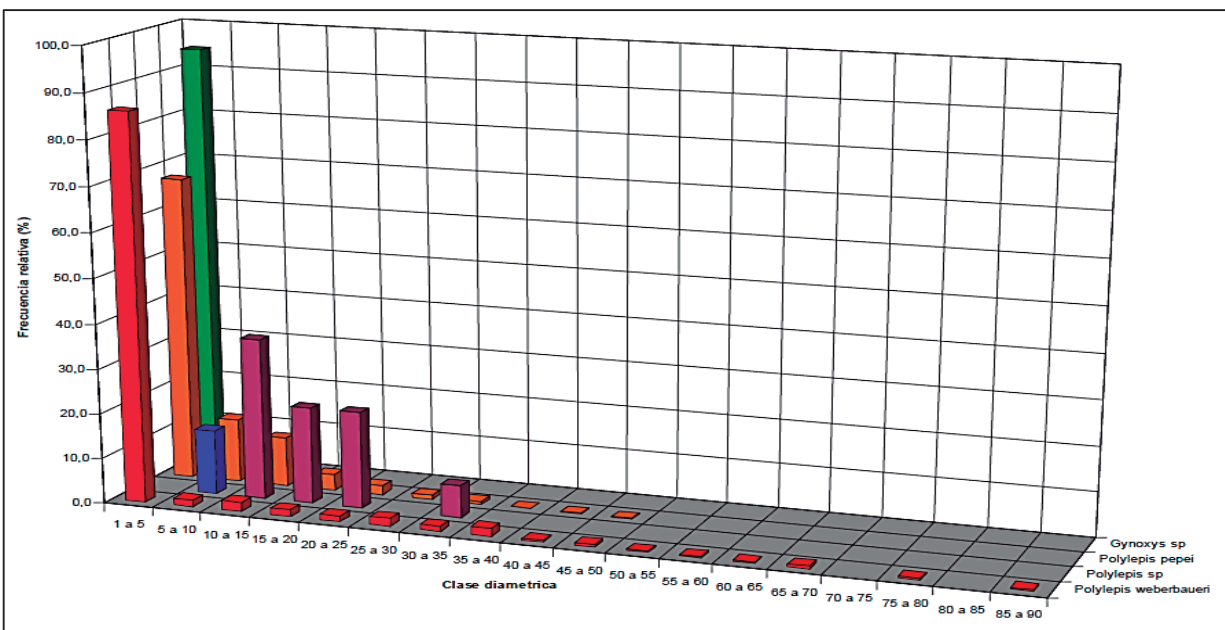
**FUENTE:** ECOAN (2005)

**GRÁFICO 10.2:** Distribución de DAP de los árboles del bosque de Gague (3074 msnm), ubicado en localidad de Challhuayacu, distrito de Chavin de Huantar, Provincia de Huari.



FUENTE: ECOAN (2005)

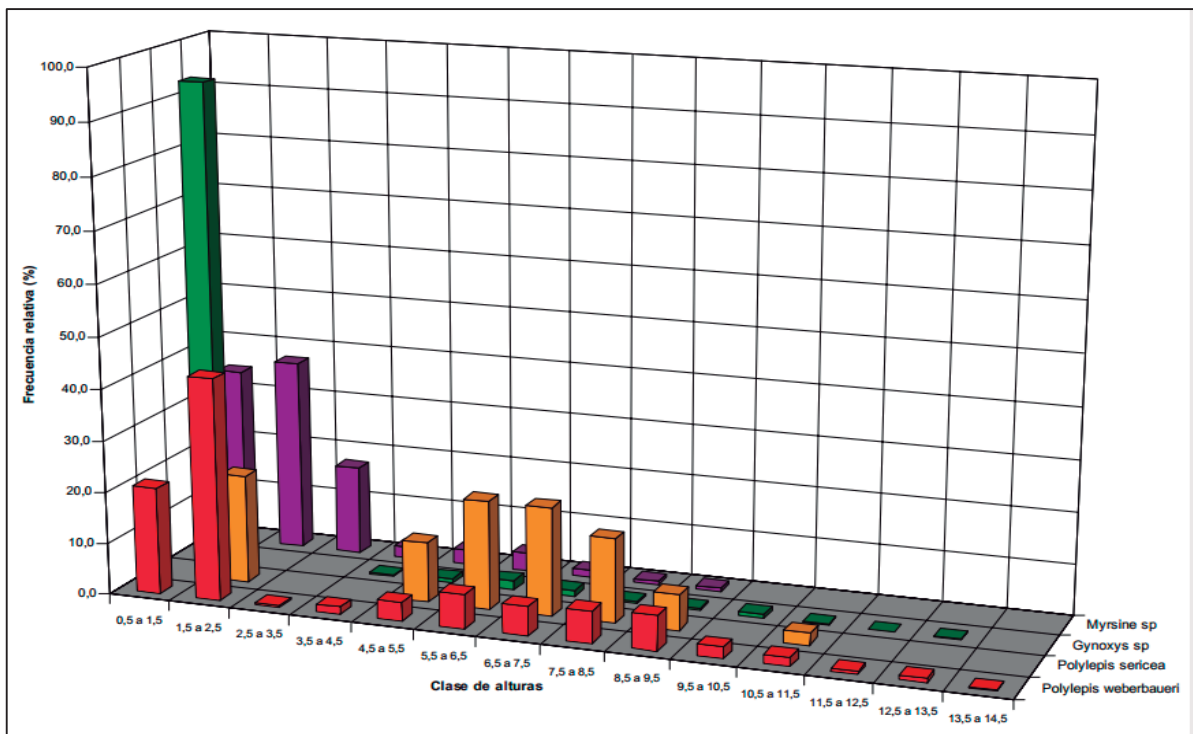
**GRÁFICO 10.3:** Distribución de DAP de los árboles del bosque de Winco (4440 msnm), ubicado en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi.



FUENTE: ECOAN (2005)

**ANEXO 11.** Gráficas de distribución de Alturas (m) elaboradas por ECOAN (2005) en su estudio “Evaluación de la biodiversidad de los Bosques de *Polylepis* del Corredor de Conchucos – Huaraz”.

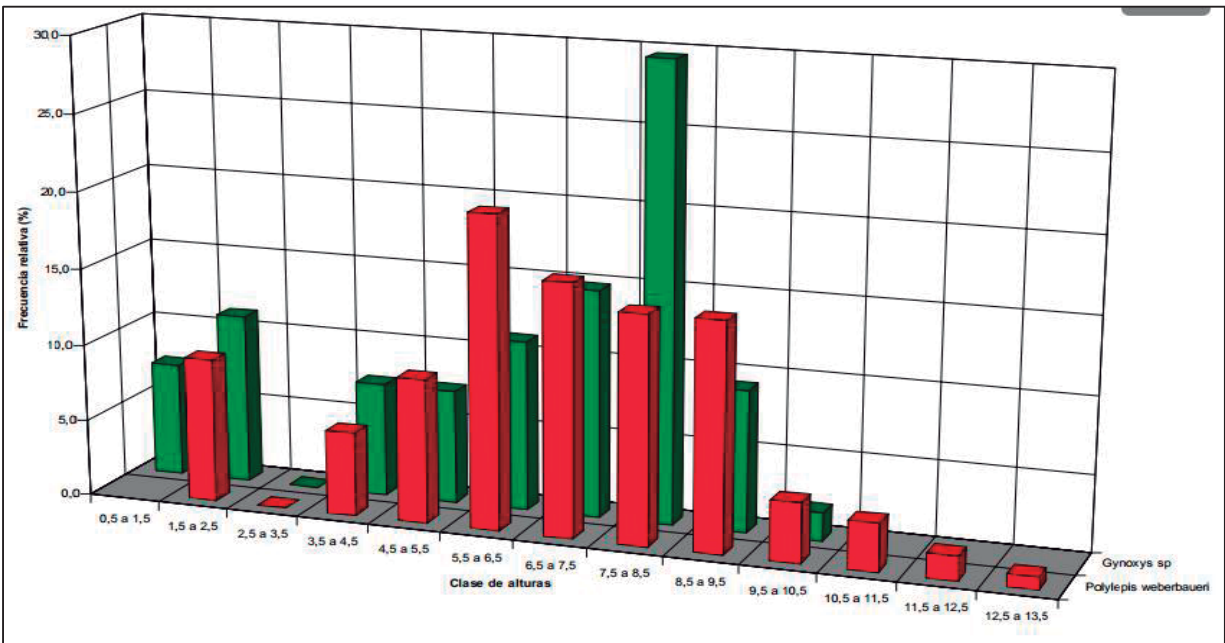
**GRÁFICO 11.1:** Distribución de Altura de los árboles del bosque de Gague (3074 msnm), ubicado en localidad de Challhuayacu, distrito de Chavin de Huantar, Provincia de Huari



**FUENTE:** ECOAN (2005)

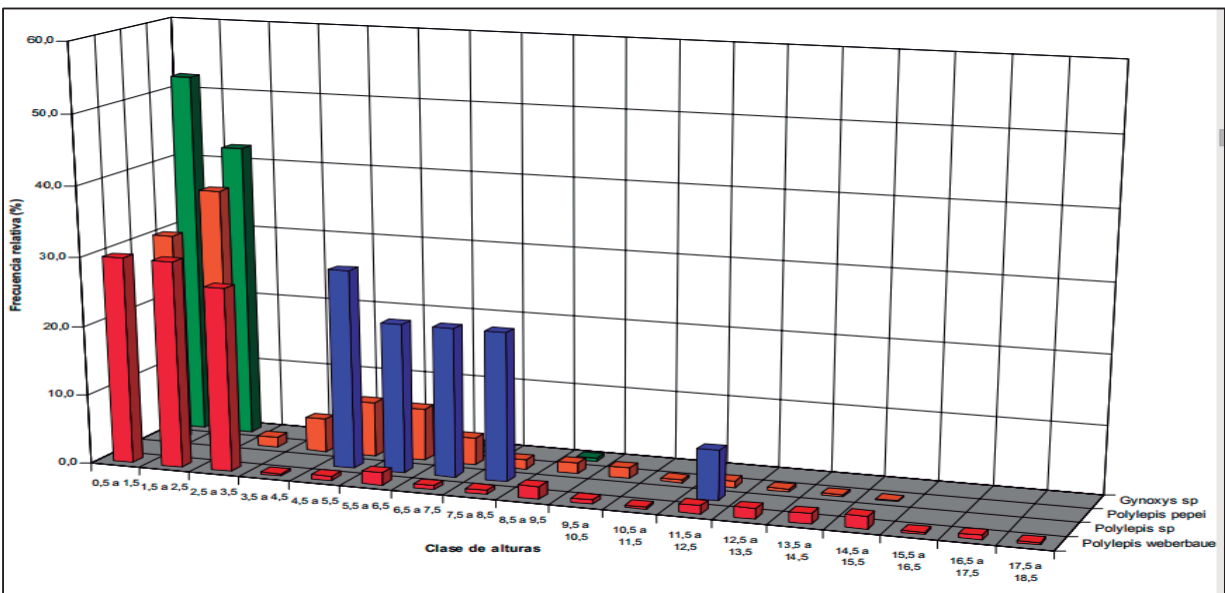


**GRÁFICO 11.2:** Distribución de Altura de los árboles del bosque de Pacchac (4193 msnm), ubicado en localidad de Challhuayacu, distrito de Chavín de Huantar, Provincia de Huari.



FUENTE: ECOAN (2005)

**GRÁFICO 11.3:** Distribución de Altura de los árboles del bosque de Winco (4440 msnm), ubicado en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi.



FUENTE: ECOAN (2005)

**ANEXO 12.** Fotografía del árbol de *Polylepis reticulata* Hieron con mayor DAP encontrado (108.86 cm)

**FOTO 12.1:** Fotografía del árbol con mayor DAP encontrado.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**ANEXO 13.** Resolución Ministerial N° 306-2011-MINAM que reconoce a la microcuenca de Paria, lugar donde se encuentra el bosque en estudio, como un Área de Conservación Comunal.



## Resolución Ministerial

### N° 306 -2011-MINAM

Lima, 29 DIC. 2011



Visto, el Oficio N° 539-2011-SERNANP-J con registro N° 0026195-2011 del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP y demás antecedentes, relacionados a la solicitud del Presidente de la Comunidad Campesina de Huasta, sobre reconocimiento de Área de Conservación Privada; y,

#### CONSIDERANDO:



Que, el artículo 68° de la Constitución Política del Perú establece que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica y de las Áreas Naturales Protegidas;

Que, el artículo 12° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, establece que los predios de propiedad privada podrán, a iniciativa de su propietario, ser reconocidos por el Estado, en todo o en parte de su extensión, como Áreas de Conservación Privada, siempre que cumplan con los requisitos físicos y técnicos que ameriten su reconocimiento;



Que, el artículo 70° del Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas aprobado por Decreto Supremo N° 038-2001-AG, establece que constituyen Áreas de Conservación Privada aquellos predios de propiedad privada que por sus características ambientales, biológicas, paisajísticas u otras análogas, contribuyen a complementar la cobertura del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SINANPE, aportando a la conservación de la diversidad biológica e incrementando la oferta para investigación científica y la educación, así como de oportunidades para el desarrollo de turismo especializado. Las Áreas de Conservación Privada pueden zonificarse en base a lo establecido por la Ley;



Que, de conformidad con lo establecido en el literal h) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, el Ministerio del Ambiente – MINAM tiene como función específica dirigir el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SINANPE; asimismo, en el numeral 2 de la Segunda Disposición Complementaria Final del citado Decreto Legislativo, se crea el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP, adscrito al MINAM, constituyéndolo como ente rector del SINANPE;

Que, las funciones de la Intendencia de Áreas Naturales Protegidas del ex Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA fueron absorbidas por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP;

Que, de conformidad con lo establecido en el inciso c) del artículo 42° y el numeral 71.1 del artículo 71° del Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas, las Áreas de Conservación Privada se reconocen mediante Resolución Ministerial del MINAM a solicitud del propietario del predio y a propuesta del SERNANP, en base a un acuerdo con el Estado, a fin de conservar la diversidad biológica en parte, o la totalidad de dicho predio, por un período no menor a diez (10) años renovables;

Que, mediante Resolución Presidencial N° 144-2010-SERNANP, se aprueban las Disposiciones Complementarias para el Reconocimiento de las Áreas de Conservación Privadas, las cuales son aplicables al presente procedimiento administrativo por encontrarse vigentes en la fecha de presentación de la solicitud de reconocimiento del Área de Conservación Privada; conforme a lo establecido en el artículo 1° de la Resolución Presidencial N° 155-2010-SERNANP;

Que, mediante Documentos con Registros Nos. 07040-2011, 08703-2011 y 12291-2011 presentados ante el SERNANP, el Presidente de la Comunidad Campesina de Huasta, solicita el reconocimiento del Área de Conservación Privada Microcuenca de Paria, por un plazo de diez (10) años, sobre parte del predio de propiedad de la Comunidad, equivalente a una superficie de setecientos sesenta y siete hectáreas con tres mil cuatrocientos metros cuadrados (767,34 ha), el mismo que se encuentra ubicado en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash, cuyo derecho se encuentra inscrito en la Partida N° 11051029 de la Oficina Registral de Huaraz de la Zona Registral N° VII - Sede Huaraz;



Que, mediante Informe N° 100-2011-SERNANP-DDE-OAJ, la Dirección de Desarrollo Estratégico y la Oficina de Asesoría Jurídica del SERNANP, concluyen que el área propuesta cuenta con valores naturales, ecológicos, faunísticos y florísticos que conceden a este espacio, un nivel de importancia que amerita ser reconocido por conservar bosques relictos y contribuir con la conectividad y continuidad de los procesos ecológicos entre Áreas Naturales Protegidas de carácter nacional; asimismo, señalan que el área propuesta cumple con los requisitos técnicos y legales establecidos en las Disposiciones Complementarias para el Reconocimiento de las Áreas de Conservación Privadas, aprobadas por Resolución Presidencial N° 144-2010-SERNANP;



Que, las áreas naturales protegidas hoy en día juegan un rol fundamental para el proceso de adaptación a los efectos del cambio climático y contribuyen significativamente a reducir sus impactos; la biodiversidad que éstas conservan constituyen un componente necesario para una estrategia de adaptación al cambio climático y sirven como amortiguadores naturales contra los efectos del clima y otros desastres, estabilizando el suelo frente a deslizamientos de tierra, servicios como regulación del clima, y absorción de los gases de efecto invernadero, entre otros; y mantienen los recursos naturales sanos y productivos para que puedan resistir los impactos del cambio climático y seguir proporcionando servicios ambientales a las comunidades que dependen de ellos para su supervivencia;



De acuerdo a lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas y su Reglamento aprobado por el Decreto Supremo N° 038-2001-AG;

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.-** Reconocer el Área de Conservación Privada Microcuenca de Paria, por un periodo de diez (10) años, sobre una superficie de setecientos sesenta y siete hectáreas con tres mil cuatrocientos metros cuadrados (767,34 ha), del predio de propiedad de la Comunidad Campesina de Huasta, inscrito en la Partida N° 11051029 y ubicado en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash; debidamente delimitada según la memoria descriptiva y el mapa adjuntos, los mismos que forman parte integrante de la presente Resolución Ministerial.

**Artículo 2°.-** Establecer como objetivo general del Área de Conservación Privada Microcuenca de Paria, conservar la diversidad biológica de la microcuenca de Paria, y en especial los bosques de Polylepis como reguladores del recurso hídrico.



**Artículo 3°.-** En aplicación del segundo párrafo del artículo 3° del Decreto Supremo N° 008-2009-MINAM, el mismo que establece las Disposiciones para la Elaboración de los Planes Maestros de las Áreas Naturales Protegidas, el expediente de reconocimiento del Área de Conservación Privada Microcuenca de Paria, se constituye en su Plan Maestro, ello por cuanto éste contiene el listado de obligaciones y restricciones, así como la propuesta de zonificación del Área de Conservación Privada.

**Artículo 4°.-** En aplicación del artículo 11° de la Resolución Presidencial N° 144-2010-SERNANP, que aprueba las Disposiciones Complementarias para el Reconocimiento de las Áreas de Conservación Privadas, las obligaciones que se derivan del reconocimiento del Área de Conservación Privada, son inherentes a la superficie reconocida como tal, y el reconocimiento del área determina la aceptación por parte de los propietarios, de condiciones especiales de uso que constituyen cargas vinculantes para todas aquellas personas que durante el plazo de vigencia del reconocimiento del Área de Conservación Privada, sean titulares o les sea otorgado algún derecho real sobre el mismo.

**Artículo 5°.-** En aplicación del Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas, aprobado mediante Decreto Supremo N° 038-2001-AG, y de los numerales 1) y 5) del artículo 2019° del Código Civil, así como del artículo 12° de la Resolución Presidencial N° 144-2010-SERNANP, el SERNANP procederá a inscribir en la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos - SUNARP, las cargas de condiciones especiales de uso del Área de Conservación Privada Microcuenca de Paria, por un periodo de diez (10) años, las cuales son las siguientes:



Obligaciones de Hacer:

1. Usar el área del Área de Conservación Privada para el fin que ha sido reconocido.
2. Desarrollar prácticas ambientales sostenibles en el aprovechamiento de los recursos naturales.
3. Preservar servicios ambientales en el Área de Conservación Privada.
4. Dar cumplimiento a la normatividad de Áreas Naturales Protegidas, directivas, disposiciones, y recomendaciones emitidas por el SERNANP, así como las normas conexas aplicables a la conservación del Área de Conservación Privada.
5. Brindar al representante del SERNANP, o a quien éste designe, las facilidades que estén a su alcance para la supervisión del área.
6. Presentar un informe anual de avance respecto al cumplimiento de lo establecido en el Plan Maestro.



Obligaciones de No Hacer:

1. No efectuar cambios de usos, distintos a los permitidos en los documentos de planificación.
2. No realizar cambio de uso del suelo en la zonificación de uso limitado del Área de Conservación Privada.
3. No realizar actividades que pongan en riesgo los objetivos del área.
4. No desarrollar proyectos de infraestructura que deteriore la calidad del paisaje.



**Artículo 6°.-** Lo dispuesto en el artículo 1° de la presente Resolución Ministerial no implica la convalidación de algún derecho real sobre el área reconocida así como tampoco constituye medio de prueba para ningún trámite que pretenda la formalización de la propiedad ante la autoridad estatal competente.



**Regístrese, comuníquese y publíquese.**

  
Manuel Púlgar-Vidal  
Ministro del Ambiente

### MEMORIA DESCRIPTIVA

**Nombre** : Área de Conservación Privada "Microcuenca de Paria"

**Área** : 767,34 ha

**Límites** : La demarcación referencial de los límites se realizó en base a la Carta Nacional de escala 1/100,000, elaborada y publicada por el Instituto Geográfico Nacional - IGN, utilizando la información siguiente:

Código	Nombre	Datum
21 - i	Chiquian	WGS 84
21 - j	Yanahuanca	WGS 84

**Ubicación política** : Se realizó en base a la información elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI.

Distrito	Provincia	Departamento
Huasta	Bolognesi	Ancash

#### NORTE

Partiendo del punto N° 1, ubicado en la cima del cerro Cuchupunta, el límite continúa en dirección noreste por divisoria de aguas hasta el punto N° 2, ubicado en la cordillera Chaupijanca, límite de la comunidad campesina de Huasta.

#### ESTE Y SURESTE:

Desde el último punto mencionado, se prosigue en dirección sureste por el límite de la comunidad campesina de Huasta ; para continuar en dirección suroeste siguiendo el límite de la comunidad campesina antes mencionada, por la divisoria de aguas del cerro Contaycochapunta, hasta llegar al punto N° 3.

#### SUR:

El límite continúa del último punto mencionado en dirección noroeste hasta la desembocadura de la quebrada Huishcash en la quebrada Juitococha.

#### OESTE

Del último lugar en mención el límite prosigue en dirección noreste por la cima del cerro Yanajaque y continua por el cerro Cuchupunta hasta alcanzar el punto N° 1, inicio de la presente memoria descriptiva.



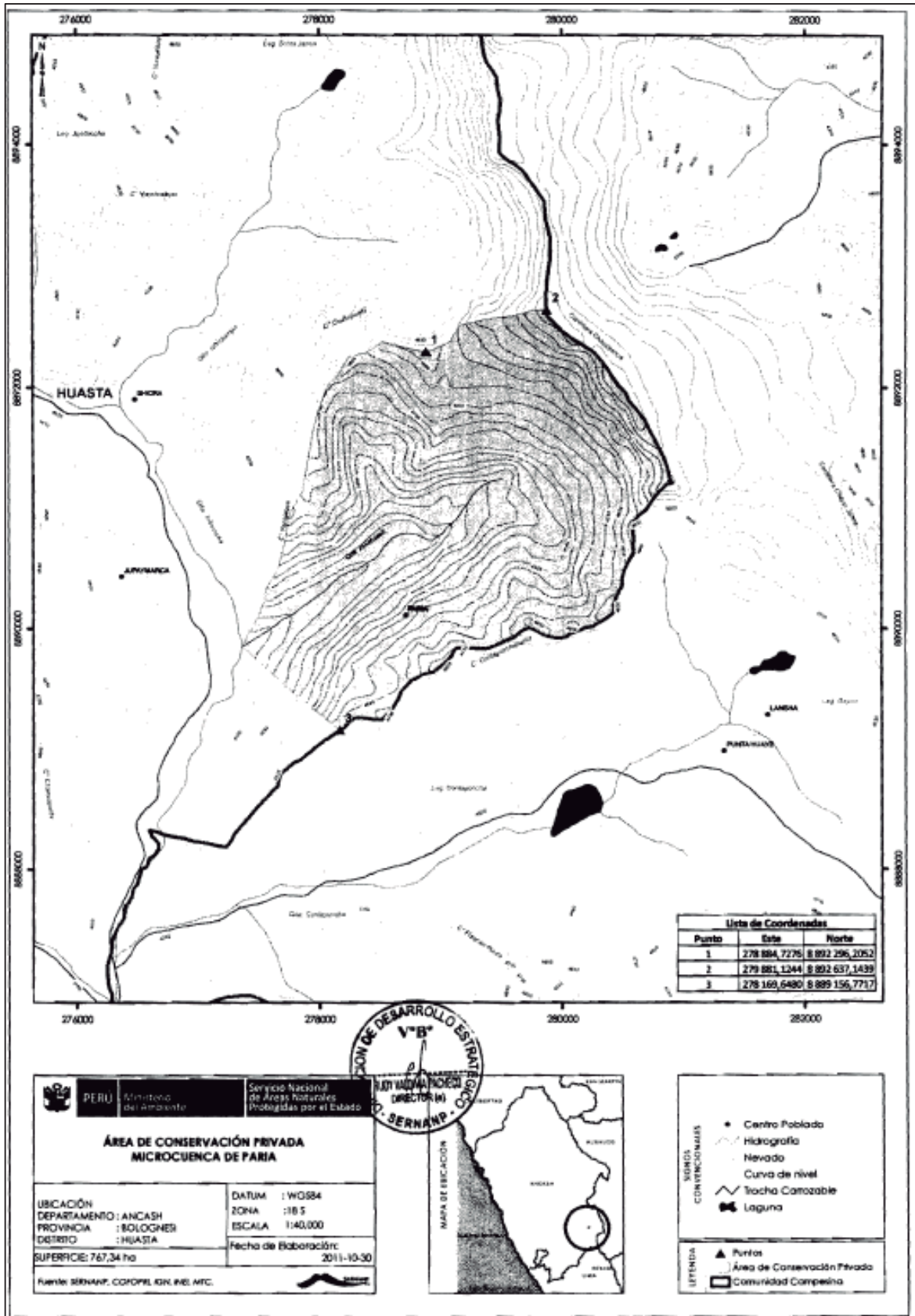
#### Listado Referencial de Puntos

Punto	COORDENADAS UTM	
	Este	Norte
1	278 884,7276	8 892 296,2052
2	279 881,1244	8 892 637,1439
3	278 169,6480	8 889 156,7717

Las coordenadas están expresadas en proyección UTM,

El Datum de referencia es el WGS 84, la zona de proyección es 18S.

Nota: El límite del Área de Conservación Privada, se han elaborado a partir de la información referencial alcanzada por COFOPRI y la Comunidad Campesina de Huasta; por lo que deberá ser tomada con carácter referencial



**ANEXO 14.** Fotografías que evidencian la presencia de regeneración natural.

**FOTO 14.1:** Presencia de regeneración natural



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**FOTO 14.2:** Medición de la altura de los individuos regenerados.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)



**FOTO 14.3:** Medición de la cobertura de los individuos regenerados.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**ANEXO 15.** Fotografías que muestran la forma en la que se muestreo el suelo.

**FOTO 15.1:** Obtención del kilo de muestra por parcela para ser enviado al laboratorio.



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**FOTO 15.2:** Toma de muestra de suelo de la capa arable (25-30 cm).



**FUENTE:** Fotografía propia (09/2010)

**EL EXCELENTE GRUPO DE TRABAJO QUE HIZO POSIBLE LA PRESENTE  
TESIS...**



**De izquierda a derecha:** Andrés Castro Gonzales, Aníbal Loyola Medina, Manilda Julca Montes, Irving Loyola Julca, Betzabeth Ávila Páucar, Christian Julca Montes, Cciary Alegría Mont y José Julca Montes.

FOTOS QUE QUEDARÁN PARA EL RECUERDO...

