

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL:**

**“CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN DE DIÁMETROS Y ALTURAS DE
ÁRBOLES VIVOS DE *Polylepis flavipila* (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.”**

EJECUTOR: Vicente Manuel Masías Camino

ASESOR: Ing. Juan Carlos Ocaña Canales

La Molina, 2017

INDICE

RESUMEN DEL TRABAJO	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 MEDICIÓN FORESTAL Y SU IMPORTANCIA.....	3
2.1.1 PARÁMETROS CUANTITATIVOS: DIÁMETROS Y ALTURAS.....	3
2.1.1.1 DIÁMETRO	3
IMPORTANCIA DEL DIÁMETRO.....	3
MEDICIÓN DEL DIÁMETRO.....	4
INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE DIÁMETROS	7
2.1.1.2 ÁLTURA	12
TIPOS DE ALTURA.....	12
IMPORTANCIA DE LA ALTURA.....	13
MEDICIÓN DE ALTURAS.....	13
INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE ALTURAS.....	14
2.2 EL GÉNERO <i>Polylepis</i> EN EL PERÚ	16
2.2.1 IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES DEL GÉNERO <i>Polylepis</i>	20
2.2.2 AMENAZAS DE LOS BOSQUES DE <i>Polylepis</i>	21
2.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRBOLES DEL GÉNERO <i>Polylepis</i> QUE INFLUYEN EN LOS PARÁMETROS CUANTITATIVOS: DIÁMETRO Y ALTURA. 22	
2.3. ÁREA DE ESTUDIO Y BOSQUE DE <i>Polylepis</i> EVALUADO.....	23
2.3.1. ÁREA DE ESTUDIO	23
2.3.2. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE <i>Polylepis flavipila</i>	25
2.3.3 DISTRIBUCIÓN DE <i>Polylepis flavipila</i>	28
III. CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN DE DIÁMETROS Y ÁLTURAS EN ARBOLES DE <i>Polylepis</i>	29
3.1 CONSIDERACIONES PARA MEDIR EL DIÁMETRO EN ARBOLES VIVOS DE <i>Polylepis flavipila</i>	30
3.2 CONSIDERACIONES PARA MEDIR LA ALTURA EN ARBOLES VIVOS DE <i>Polylepis flavipila</i>	37
IV. CONCLUSIONES.....	42
V. RECOMENDACIONES	43
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
VII. ANEXO	47

RESUMEN DEL TRABAJO

Se da a conocer algunos criterios y consideraciones que se deben de tener en cuenta para la medición de diámetros y alturas de árboles vivos de *Polylepis flavipila*, a través del análisis de diferentes casos y circunstancias que se presentan en campo durante la evaluación de un bosque relicto de ésta especie.

Actualmente las metodologías aplicadas para evaluar árboles con fustes irregulares y de ramificaciones retorcidas son adaptaciones de metodologías utilizadas en otros ecosistemas, principalmente de bosques tropicales, que no necesariamente se ajustan para éste tipo de formaciones vegetales. Es por ésta razón que resulta importante desarrollar nuevos criterios que se adapten al tipo de crecimiento de éstas especies y nos brinden información más exacta. Por otro lado ésta información servirá de base para el desarrollo de metodologías y manuales de medición de especies de similar crecimiento.

Cabe resaltar que todos estos criterios deben ser validados en campo y a diferentes condiciones para así ser mejorados y ajustados con el tiempo.

I. INTRODUCCIÓN

La Medición Forestal nos permite medir el bosque y conocer sus principales características, tales como la estructura, crecimiento y calidad de sitio, con la finalidad de proporcionar información necesaria para el manejo de los recursos forestales. Toda ésta información resulta importante ya que permitirá a las autoridades y pobladores locales, una mejor toma de decisiones en la gestión y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Para esto es importante tener metodologías claras que se ajusten a la ecología y morfología de la especie

Durante el Inventario Nacional Forestal – Ecozona Sierra (2015) se encontró ciertas inconsistencias en la metodología empleada para medir diámetros y alturas de árboles de queñual (*Polylepis flavipila*), esto debido al crecimiento irregular y particular que tiene el árbol. Éste trabajo monográfico se vuelve necesario e importante ante la siguiente problemática observada:

- Poco conocimiento de la importancia que tiene este género para las poblaciones altoandinas y sus múltiples beneficios socioeconómicos y ecológicos.
- Se utiliza una metodología estándar para la evaluación de toda la Ecozona Sierra, sin considerar que a lo largo de ésta hay diferentes formaciones vegetales, cada una con características de crecimiento diferente, ya que son influenciadas por la altitud, condiciones edáficas y clima (temperatura y precipitación).
- Se establecen metodologías para medir parámetros dasométricos siguiendo recetas utilizadas en otros lugares, sin conocer la ecología y morfología de la especie a evaluar, siendo ésta información sumamente importante para conocer cómo es que crecen y que influye en su estructura y forma de crecimiento.
- Las metodologías aplicadas no son validadas en campo con el suficiente tiempo, tampoco a diferentes condiciones fisiográficas y climáticas (favorables y adversas).

Es a partir de ésta situación que en el presente documento plantea evaluar y analizar algunos casos particulares que se presentaron durante la medición de diámetros y alturas, a fin de establecer y homogenizar criterios.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MEDICIÓN FORESTAL Y SU IMPORTANCIA

La Medición Forestal nos permite medir el bosque y sus productos, además de conocer sus principales características, tales como la estructura, crecimiento, y calidad de sitio, con la finalidad de proporcionar información necesaria para el manejo de los recursos forestales.

2.1.1 PARÁMETROS CUANTITATIVOS: DIÁMETROS Y ALTURAS

2.1.1.1 DIÁMETRO

El diámetro es la línea recta que pasa por el centro del fuste y une los extremos de este (Figura 1).

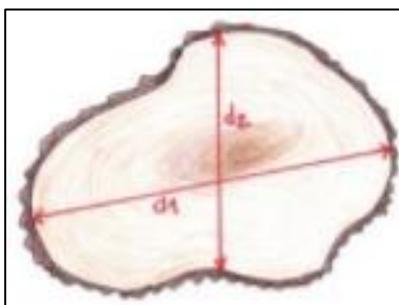


Figura 1: Diámetro del árbol

IMPORTANCIA DEL DIÁMETRO

Dentro de la estructura del árbol, el fuste viene a ser el órgano vegetativo que se encuentra más accesible para su evaluación, es por ello que la medición del diámetro del fuste se convierte en una de las más importantes actividades de la medición forestal puesto que nos brinda facilidades para que a través del diámetro, conozcamos las características del bosque en pie (FAO, citado por BosqueNatural s.f).

Malleux (1982) indica que el diámetro es el parámetro cuantitativo más importante en una evaluación forestal por tres motivos fundamentalmente:

- Puede ser medido en forma directa y por lo tanto, se pueden obtener datos precisos
- En base a él se pueden obtener por relación todos los demás parámetros más importantes del árbol como volúmenes, diámetros de copa, área basal, crecimiento, etc.
- Nos permite caracterizar la estructura de la población arbórea.

MEDICIÓN DEL DIÁMETRO

En todo el mundo, el diámetro del tronco se mide a una altura estándar conocida como “altura del pecho”. Se llama así porque se toma a la altura del pecho de la persona que está realizando la medición. Esta altura varía con relación a la altura de las personas; va ser mayor en las personas altas en comparación con las personas bajas. Por esta razón, se ha estandarizado la “altura del pecho” en 1.3 metros para que todas las personas tomen la medida en el mismo punto del árbol (Stockdale 2008).

Para la medición adecuada de diámetros se debe tener las siguientes consideraciones:

- Antes de la medición de diámetros, se deberá limpiar elementos ajenos a la corteza del árbol alrededor de la zona a medir, de tal forma que no hayan lianas, musgos y otros sobre el fuste que distorsionen la medición.
- Por definición, se debe colocar el instrumento de medición (forcípula o cinta diamétrica) en forma perpendicular al eje de la troza o fuste.
- En caso que el diámetro no pueda ser medido directamente debido a algún obstáculo no removible, la medida debe ser proyectada. De igual manera cuando se tiene fustes con diámetros grandes que no puedan ser medidos con la forcípula o la cinta diamétrica, la medida será proyectada, para lo cual un evaluador deberá colocarse frente al árbol y colocar el instrumento de manera perpendicular, midiendo los extremos del fuste, un segundo evaluador verificará que los extremos del instrumento coincidan con el eje del fuste, para esto deberá ubicarse a una distancia que le permita tener una correcta visión.
- Cuando el fuste del árbol tiene una forma irregular se debe hacer como mínimo dos mediciones del diámetro y sacar el promedio (diámetros mayor y menor). Se debe considerar que al tomar mayor número de mediciones se disminuirá el error.

Se consideran otros puntos de medición de diámetro de tipo comercial en árboles en pie son la altura del tocón, mitad del fuste, cualquier punto sobre el fuste, diámetro a la altura de comienzo de copa, diámetros límites comerciales, etc. En trozas normalmente se miden los diámetros intermedios (Prodan *et al.* 1997).

El diámetro del árbol se mide con la corteza a 1.3 m sobre el terreno, con la excepción de casos particulares que se mencionan a continuación en la Figura 2 (FAO 2004).

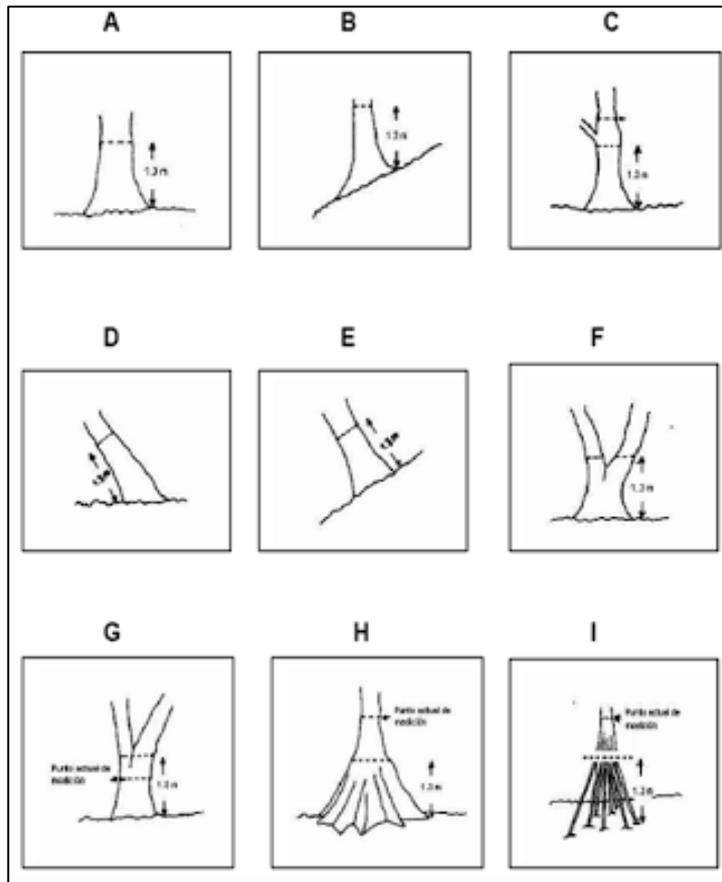


Figura 2: Casos particulares en la medición del diámetro a la altura de pecho.

Fuente: FAO (2014)

Árbol en terreno inclinado:

En terreno inclinado, la medición del DAP del árbol se realiza desde la posición cuesta arriba y la medida debe ser en forma perpendicular al eje del árbol (Figura 3).

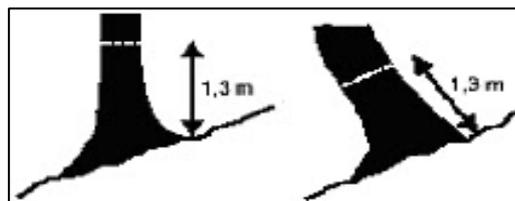


Figura 3: Casos en terreno inclinado. Fuente: FAO (2014)

Árbol horquillado:

Si la horquilla (punto en que se divide el duramen) comienza por debajo de 1.3 m. de altura, teniendo en cada tronco el diámetro requerido, será considerado como un árbol. La medición del diámetro de cada tronco se tomará a 1.3 m. de altura.

Si la horquilla comienza a 1.3 m. o un poco más arriba, el árbol se contará como uno solo. La medición del diámetro se realiza por debajo del punto de intersección de la horquilla, justo debajo de la protuberancia que podría influir en el DAP (Figura 4).

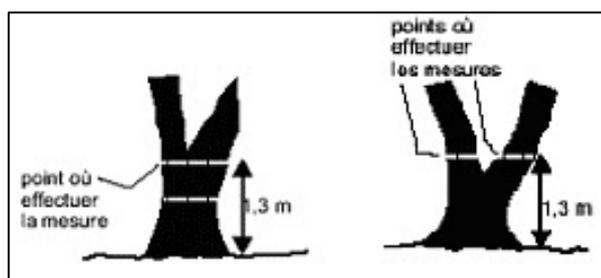


Figura 4: Casos en árboles horquillados. Fuente: FAO (2014)

Árboles con aletas:

La medición del diámetro se realiza a 30 cm. por encima de las aletas (Figura 5).

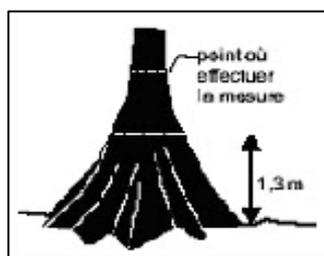


Figura 5: Medición de árboles con aletas. Fuente: FAO (2014)

Árboles con raíces aéreas:

La medición del diámetro se realiza a 30 cm. a partir del límite entre el tronco y las raíces (Figura 6).

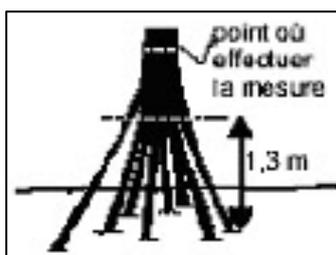


Figura 6: Medición de árboles con raíces aéreas. Fuente: FAO (2014)

Árboles con tronco irregular situados a 1.3 m:

Los árboles con protuberancias (heridas, huecos, ramas, etc.) a la altura del pecho, deben medirse justo por encima del punto irregular, allí donde la forma irregular no afecte al tronco (Figura 7).

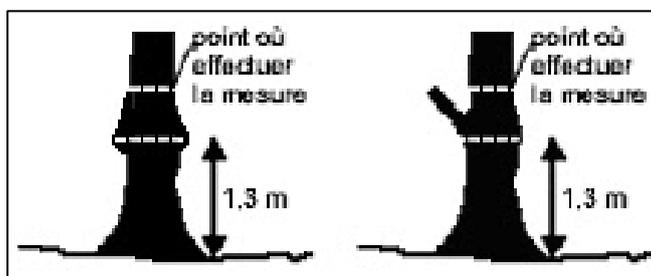


Figura 7: Casos en troncos irregulares situados a 1.3 m. Fuente: FAO (2014)

Árboles inclinados:

La medición del diámetro se realiza a 1.3 m, medido en el lado donde se forma el menor ángulo entre la superficie y el fuste. Siempre siguiendo la perpendicularidad del eje del fuste (Figura 8).

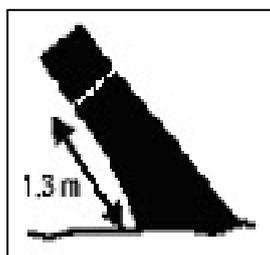


Figura 8: Medición de árboles inclinados. Fuente: FAO (2014)

INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE DIÁMETROS

Para la medición directa o indirecta de diámetros de árboles en pie o de trozas hay varios instrumentos disponibles basados en diferentes principios (Prodan *et al.* 1997).

a) Forcípula

Se compone de una barra graduada y dos brazos paralelos. Uno de los brazos es fijo, mientras que el otro se desplaza libremente sobre la barra (Figura 9).

Una forcípula debe cumplir las siguientes condiciones:

- La barra debe ser recta, suficientemente larga y estable, con una graduación precisa y legible.

- Los brazos deben estar en un plano, ser perpendiculares a la barra y paralelos entre sí.
- El movimiento del brazo debe realizarse con facilidad, pero en ningún caso debe estar suelto.

Dos son los errores que se cometen con mayor frecuencia

- La forcípula no se mantiene perpendicular al eje longitudinal del árbol; los errores son en ese caso de signo positivo (sobremedición).
- El brazo móvil suelto ha perdido su paralelismo con el brazo fijo, en cuyo caso el error de medición es sistemático y de signo negativo (submedición).



Figura 9: Forcípula de brazos paralelos

Se conocen diferentes modelos que son variedades de la forcípula de brazos paralelos y se basan en distintos principios.

Forcípula de horcaja (horqueta): tiene solo dos brazos rectos en ángulo y es adecuada solamente para diámetros pequeños (Figura 10a).

Forcípula finlandesa: consiste en un brazo recto y otro parabólico, graduado de forma tal que el diámetro se puede leer directamente en el punto de contacto con el árbol. Se usa especialmente para la medición directa de diámetros superiores, para lo cual se monta en varas de hasta 8 m de longitud (Figura 10b).

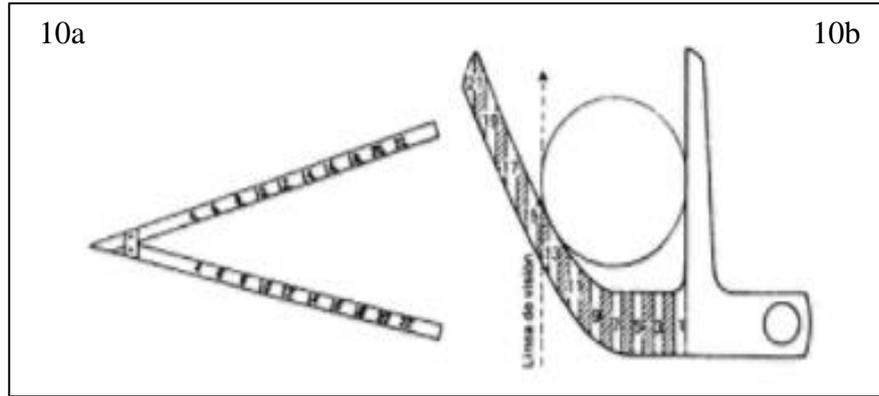


Figura 10: Forcípula de horcaja (10a) y finlandesa (10b). Fuente: Prodan *et al.* (1997)

b) Cinta diamétrica

Es de acero, material plástico o fibra de vidrio altamente estable y esta graduada por un lado en unidades π , y por reverso en el sistema métrico (cm). Permite medir directamente el diámetro, al rodear el tronco a la altura deseada, cuidando que ella se ubique en un plano exactamente perpendicular al eje longitudinal del fuste (Figura 11).

A partir de la fórmula de la circunferencia:

$$c = \pi \cdot d$$

Se lee directamente el diámetro

$$d = c / \pi$$

Las grandes ventajas de este instrumento son: su facilidad de transportarse y de comprobación de estado, el amplio rango de dimensiones para las cuales es útil y la precisión con la que permite efectuar las mediciones.

Su principal desventaja es que, en secciones no circulares, que son la mayoría, sobrestima sistemáticamente el diámetro.



Figura 11: Cinta diamétrica graduada (unidades π y sistema métrico)

c) Regla Biltmore

Es un medio práctico para la medición rápida y cómoda de diámetros en árboles en pie, cuyo principio óptico fue desarrollado por Schenck, Belyea (1932), Prodan (1957), y se desprende la Figura 12. Dependiendo de la distancia S desde el ojo del observador A al árbol y de los dos radios OT_1 y OT_2 , se puede leer directamente el diámetro sobre la regla graduada CD .

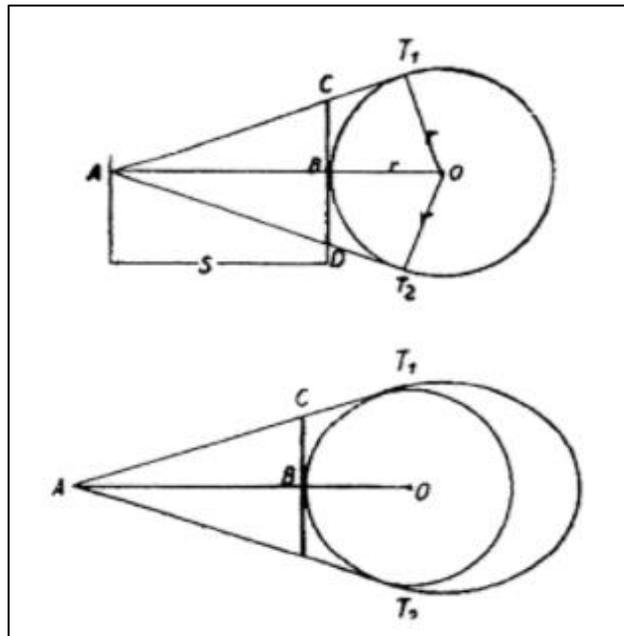


Figura 12: Principio de la regla Biltmore. Fuente: Prodan *et al.* (1997)

De la equivalencia de los triángulos ABC y AT_1O se obtiene que:

$$\frac{S}{AT_1} = \frac{CB}{r}$$

Como

$$\overline{AT_1} = \sqrt{(S+r)^2 - r^2} \text{ y } r = \frac{1}{2}d$$

Resulta:

$$\overline{CD} = \frac{2Sr}{\sqrt{S^2 + 2rS}} = \frac{Sd}{\sqrt{S^2 + Sd}} = \frac{Sd^2}{S+d}$$

La variable incierta en la fórmula, es el largo del brazo. Esta incertidumbre puede disminuirse calculando individualmente las graduaciones sobre la regla.

Reemplazando diferentes valores de d en la fórmula, se obtienen las graduaciones de la regla Biltmore. En la Figura 13 se incluye la graduación para diferentes largos de brazos. Para secciones que difieren fuertemente de una circunferencia, los errores de medición pueden ser muy grandes. Sin embargo, trabajando en forma correcta, con la longitud de brazo correspondiente y realizando varias mediciones se posibilita una compensación de errores.

Para	AB (largo de brazos)			Para	AB (largo de brazos)		
	59	65	71 cm		59	65	71 cm
d				d			
2	1,97	1,97	1,97	32	25,77	26,20	26,57
4	3,87	3,88	3,89	34	27,08	27,55	27,96
5	4,80	4,82	4,83	36	28,37	28,88	29,33
6	5,72	5,74	5,76	38	29,64	30,19	30,67
8	7,51	7,55	7,58	40	30,88	31,47	31,99
10	9,25	9,31	9,36				
12	10,94	11,02	11,10	42	32,10	32,73	33,29
14	12,59	12,69	12,80	44	33,30	33,97	34,57
16	14,19	14,33	14,46	46	34,48	35,19	35,83
18	15,75	15,93	16,08	48	35,64	36,40	37,07
20	17,28	17,49	17,67	50	36,79	37,59	38,30
22	18,77	19,02	19,23	52	37,92	38,76	39,51
24	20,23	20,52	20,75	54	39,03	39,91	40,70
26	21,66	21,98	22,24	56	40,12	41,05	41,87
28	23,06	23,41	23,71	58	41,19	42,17	43,03
30	24,43	24,82	25,15	60	42,25	43,27	44,17
				65	44,84	45,96	46,97
				70	47,34	48,57	49,68
				75	49,76	51,10	52,30
				80	52,12	53,56	54,86

Figura 13: Graduación de la regla Biltmore. Fuente: Prodan *et al.* (1997)

Actualmente en los inventarios desarrollados a nivel nacional, son dos los instrumentos más utilizados para la medición de diámetros, estos son la forcípula (medición directa) y la cinta diamétrica (medición indirecta), a continuación se presenta el Cuadro 1 en el cual se comparan dichos instrumentos.

Cuadro 1: Comparación entre forcípula y cinta diamétrica

Forcípula (madera)	Cintas diamétrica
Difícil de transportar	Fácil de transportar
Teóricamente no sesgado (en fustes irregulares se hacen varias mediciones para reducir el error)	Teóricamente sesgado (en fustes irregulares sobreestima) $(D= c/\pi)$
Mide de forma directa	Mide de forma indirecta
Barato	Más cara
Durable (madera higroscópica, cambios dimensionales)	No muy durable (se borra la numeración y se rompe)
Fácil de usar en trozas apeadas	No se puede usar en trozas apeadas

FUENTE: Elaboración propia

2.1.1.2 ÁLTURA

Distancia vertical de un cuerpo con respecto a la tierra o a cualquier otra superficie tomada como referencia.

Malleux (1982) menciona que el parámetro altura es probablemente uno de los menos estudiados o conocidos, al mismo tiempo, uno de los más difíciles de medir o evaluar en los inventarios forestales, a diferencia del diámetro, la altura requiere de mediciones indirectas ya que sea con instrumentos o estimaciones, lo cual determina generalmente una menor exactitud.

La altura es un parámetro que corresponde a una variable continua y sus límites extremos, inferior y superior no corresponden a puntos fijos sino relativos, de acuerdo al uso, características o estados de los árboles (Malleux 1982).

TIPOS DE ALTURA

FAO, citado por Barrera y Llerena (s.f) presenta las siguientes definiciones de altura:

- **Altura total (ht):** distancia vertical entre el nivel del suelo y la cima de un árbol.
- **Altura de fuste (hf):** distancia entre el nivel del suelo y el punto del inicio de la copa; expresa la altura del tronco limpio.
- **Altura comercial (hc):** distancia entre el nivel del suelo y la posición terminal de la última porción utilizable del árbol.

IMPORTANCIA DE LA ALTURA

FAO, citado por Barrena y Llerena (s.f) indica que en un proceso de evaluación del bosque se tiene a la medición de alturas como otra de las actividades de gran importancia, debido a que:

- La altura del árbol conjuntamente con el diámetro y la forma del fuste, permiten estimar el valor de volumen.
- Refleja la calidad del sitio.
- Nos permite caracterizar la estructura de la población arbórea

MEDICIÓN DE ALTURAS

Para la medición adecuada de las alturas se debe tener las siguientes consideraciones:

- Tener en cuenta que la altura siempre es perpendicular a la base (suelo).
- Para determinar la altura el evaluador se alejará del árbol a cierta distancia que le permita tener la visibilidad total del individuo a medir.

En la Figura 14 se muestran las diferentes situaciones en que se puede encontrar un árbol con relación a la ubicación del observador sobre el terreno (FAO 2004).

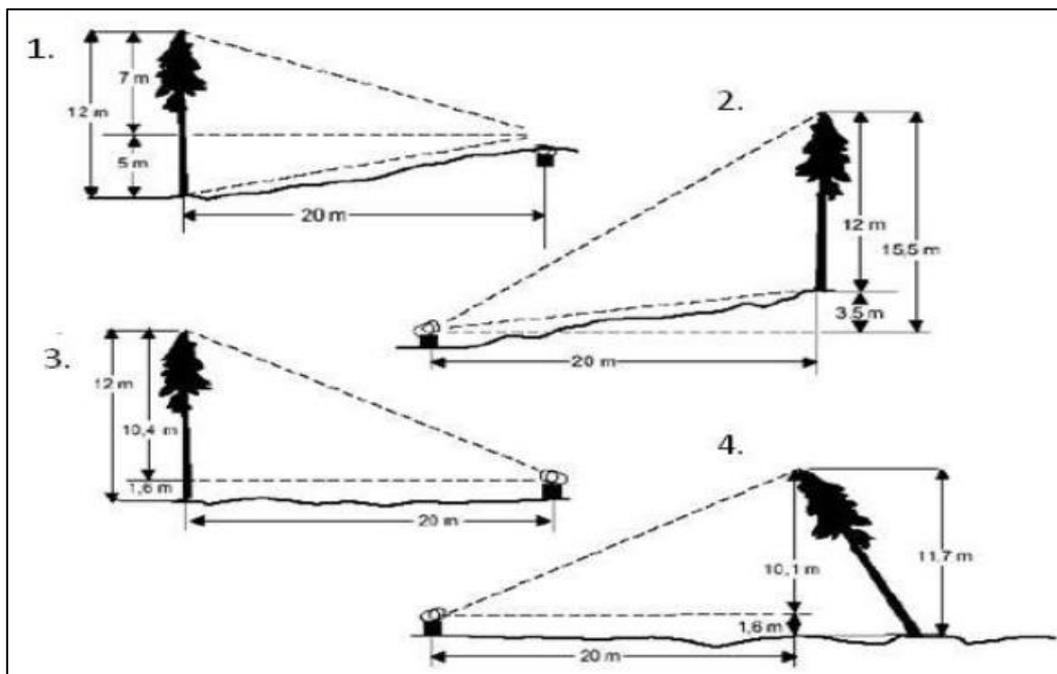


Figura 14: Casos de medición de alturas desde diferentes posiciones. Fuente: FAO (2014)

INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE ALTURAS

Se tienen dos métodos para la toma de datos de altura: directo e indirecto

- a) **Método directo:** cuando el instrumento o medidor está en contacto con el objeto a medir. Para este método se utilizan varas o reglas telescópicas. La desventaja de este método es que solo puede ser utilizado en individuos de bajas alturas, plántulas y plantones (Figura 15) (Stockdale 2008).

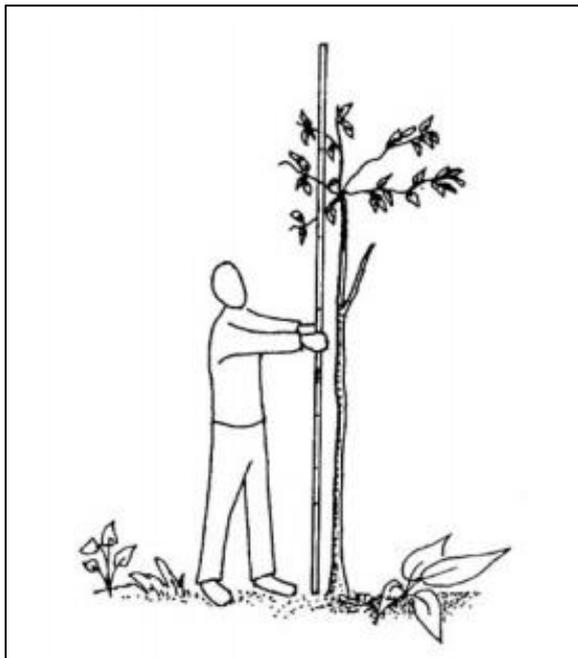


Figura 15: Toma de datos con varas o reglas telescópicas. Fuente: Stockdale (2008)

- b) **Método indirecto:** la persona que evalúa no está en contacto con el objeto a medir.

Dada la dificultad de emplear instrumentos de contacto o de medición directa como reglas o varas cuando las alturas sobrepasan a los 8 a 10 metros, se usan instrumentos de tipo óptico basados en principios geométricos y trigonométricos (Prodan *et al.* 1997).

Hipsómetros basados en principios geométricos

Entre los más comunes se encuentran los hipsómetros de Christen y Merritt. Ambos se fundamentan en la equivalencia de triángulos.

El hipsómetro de Christen presenta las siguientes ventajas:

- No se requieren mediciones adicionales de distancia.
- Utiliza todo el campo visual, de modo que se requiere solo una lectura en el instrumento.

El hipsómetro de Christen presenta las siguientes desventajas:

- Es difícil encontrar dentro del rodal cerrado una posición adecuada para la medición. Por lo tanto, el margen de libertad en el terreno es muy pequeño.
- Por el menor movimiento se pueden producir mediciones erróneas.
- Debido a la disminución de los inventarios de graduación, la medición de alturas se hace muy imprecisa.
- Trabajando prolijamente, tiene un error de +/- 5-6% de la altura

Hipsómetros basados en principios trigonométricos

Los más comunes son los hipsómetros Blume-Leiss, Haga y Suunto.

Actualmente el instrumento más utilizado para las mediciones de altura es el hipsómetro Suunto (Figura 16), a continuación se mencionan las principales ventajas y características:

- Bajo costo en comparación a los otros hipsómetros
- Es pequeño, ligero y resistente
- Cuenta con escalas de 15 y 20 metros (distancias al individuo a medir).
- Escala visible
- Más exacto



Figura 16: Hipsómetro Suunto

Si bien se recomienda el uso de instrumentos para la medición de alturas, se presentarán circunstancias en que la fisiografía y la visibilidad no permitirán utilizarlos. En estos casos se deberá estimar visualmente la altura, para lo cual el evaluador deberá alejarse del árbol a una distancia que le permita ver el árbol de manera completa. Es muy importante ejercitar esta modalidad de medición realizando prácticas previas con hipsómetro Suunto para tener un nivel de referencia y así calibrar el ojo.

2.2 EL GÉNERO *Polylepis* EN EL PERÚ

Los primeros estudios del género, se realizaron durante la expedición de Hipólito Ruiz y José Pavón a la provincia de Tarma (departamento de Junín), donde llegaron a colectar del 26 de mayo al 27 de julio de 1779, el árbol conocido localmente como “quinhuar” o “quinuar”, con el que describieron el género *Polylepis* (Herrera, citado por Mendoza y Cano 2012).

El género *Polylepis* Ruiz & Pav incluye alrededor de 27 especies restringidas a los bosques montanos y altoandinos de la Cordillera de los Andes, distribuidas desde Venezuela hasta el norte de Chile y Argentina, con una población extratropical en el noreste y centro de Argentina (Simpson, citado por Mendoza y Cano 2012) .

Según Mendoza y Cano (2012) en el Perú se reportan 19 especies del Género *Polylepis* (más del 70% de las 27 registradas para toda el área Andina), convirtiéndose el Perú en el país con mayor diversidad de *Polylepis*, en comparación a Bolivia (13 especies - 40% de las 27 especies), Ecuador (7 especies – 25% de las 27 especies), Argentina (4), Colombia (3), Chile (2) y Venezuela (1) (Cuadro 2).

El Perú es el país con mayor riqueza y endemismo específico para el género *Polylepis* (Quija-Lamina et al. 2010). Lo que podría atribuirse a la gran diversidad ecológica y climática que posee el territorio peruano, que está determinado principalmente por dos factores, la cordillera de los Andes y la corriente peruana, esta última modifica notablemente las condiciones térmicas y la precipitación pluvial en la costa y la vertiente occidental y la primera crea una gran diversidad de zonas ecológicas entre las estribaciones de los Andes: valles profundos, altiplanicies y grandes cumbres. La cordillera andina en el Perú está conformada por la cordillera occidental (muy árida) y oriental (muy húmeda) que corren casi paralelas y están divididas a su vez en valles longitudinales y transversales profundamente cortados, de esta manera surgen los valles interandinos. Los bosques de *Polylepis* en el Perú están establecidos principalmente en la parte alta, tanto de la cordillera occidental, oriental y los valles interandinos de todo el territorio peruano (Milla, citado por Mendoza y Cano 2012).

De todas las especies encontradas en el Perú, cinco se distribuyen solamente en los Andes peruanos (endémicas): *Polylepis canoi* W. Mendoza, *P. flavipila* (Bitter) M. Kessler & Schmidt- Leb., *P. multijuga* Pilger, *P. racemosa* Ruiz & Pav. y *P. subsericans* J.F.

Macbride, que representa el 26% del total de especies del género en el Perú (Mendoza y Cano 2012).

Cuadro 2: Riqueza de especies del género *Polylepis* en los países de distribución y endemismo.

País	Especies	Endemismo
Perú	19	5
Bolivia	13	4
Ecuador	7	2
Argentina	4	1
Colombia	3	1
Chile	2	0
Venezuela	1	0

FUENTE: Mendoza y Cano (2012)

Estas 19 especies que se encuentran en el Perú se distribuyen en 19 departamentos, encontrándose la mayor cantidad en Cusco (10) y Ayacucho (8). Según Mendoza (2000) existe una alta concentración de especies en los Andes del sur del Perú, posiblemente se deba a la gran heterogeneidad de hábitats que existe en esta región del Perú, que van desde las yungas (ceja de selva) en la vertiente oriental, valles interandinos, puna húmeda y seca. El *Polylepis*, abarca las partes Altoandinas, de norte a sur, de los siguientes departamentos: Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, La Libertad, San Martín, Ancash, Huánuco, Lima, Pasco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Arequipa, Puno, Moquegua y Tacna (Cuadro 3).

Cuadro 3: Riqueza de especies del género *Polylepis*, en los departamentos de Perú.

Departamentos	Número de especies registradas
Cusco	10
Ayacucho	8
Ancash	6
Junín	6
Lima	6
Apurímac	5
Puno	4
Arequipa	3
Cajamarca	3
La Libertad	3
Tacna	3
Huánuco	2
Huancavelica	2
Lambayeque	2
Moquegua	2
Pasco	2
San Martín	2
Amazonas	1
Piura	1

FUENTE: Mendoza y Cano (2012)

El área de distribución del género *Polylepis* en el Perú, está caracterizado por la presencia de valles profundos y estrechos, mesetas onduladas en altitudes medias y elevadas, tanto en la Cordillera Oriental y Occidental, así como en la zona interandina que se encuentra entre estas dos Cordilleras. Con respecto a la distribución altitudinal la mayoría de las especies de *Polylepis* en el Perú se encuentran entre los rangos de 3000 a 4000 m de altitud, siendo *Polylepis subsericans* el registro a mayor altitud con 5100 msnm en la Cordillera Oriental de los Andes del sur. Es posible que en el futuro supere esta altitud debido a los cambios climáticos que ocurren en los altos Andes; como está ocurriendo en la Cordillera de Vilcanota, donde se ha observado establecimiento de *Polylepis subsericans* en las morrenas dejadas por el deshielo de los nevados que existen en la zona. Mientras que la

especie registrada a menor altitud en el Perú es *Polylepis pauta* a tan solo 1800 msnm en la Cordillera de Accanacu en el departamento de Cusco (Cuadro 4) (Mendoza y Cano 2012).

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).

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 AN, AP, AY, CA, CU, HU, JU, LI, LL
<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	2900 – 4000	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 (2012)

Se puede concluir que el género *Polylepis* tiene una amplia tolerancia ecológica, por distribuirse desde áreas muy húmedas (yungas), hasta las áreas xerofíticas (puna seca) (Mendoza y Cano 2012).

2.2.1 IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES DEL GÉNERO *Polylepis*

Ecológicamente el papel de estos bosques es funcionar como depósitos de agua, almacenando una gran cantidad de humedad proveniente de la lluvia y de las densas nieblas a las que están sometidas, y que además son especialmente importantes para la formación de suelos porque albergan gran cantidad de humedad, sin embargo existen lugares donde la precipitación y la niebla son escasas, en esta situación el bosque depende de la humedad disponible en el período de lluvias y eventualmente de acuíferos (González 2015).

Estos bosques a su vez tienen la función de mejoradores del suelo, ya que aportan una buena cantidad de hojarasca y ritidoma, ambas de fácil descomposición, es así que controlan el proceso de erosión, y aportan a la protección de cuencas hidrográficas (Mejía 2014).

Un rol importante de los bosques de *Polylepis* es también la formación de hábitats para muchas especies de plantas y animales (González 2015).

Los bosques del género *Polylepis* contribuyen además al secuestro de CO₂, 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, citado por Castro 2014).

De acuerdo a Mansilla, citado por Castro (2014), 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 CO₂).

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 (Castro 2014).

La importancia socioeconómica de los bosques de *Polylepis* es que pueden ser utilizados como combustible: leña y carbón de alta calidad, además en la fabricación de instrumentos de labranza (chaquitacla, partes de arado, yugos, combas, etc.), en artesanías y en la construcción de viviendas rústicas. Debido a que la madera es resistente a la pudrición bajo condiciones de humedad, la queñua es muy usada para postes de cercos, parantes de chozas y en galerías de minas (Mejía 2014).

Un valor agregado de estos bosques es la presencia de numerosas plantas silvestres como plantas medicinales y arbustos aromáticos que pueden ser cosechados. Un estudio realizado en el departamento de Cusco, describió más de 200 plantas medicinales, asociados a bosques de *Polylepis*, que eran usados por los pobladores de la zona (Mindreau, citado por Castro 2014).

También 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 (Reynel 2009).

Actualmente los árboles del género de *Polylepis* 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). Además son usados 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, citado por Castro 2014).

2.2.2 AMENAZAS DE LOS BOSQUES DE *Polylepis*

Entre las principales amenazas identificadas para los bosques de *Polylepis* están: deforestación para agricultura y pastoreo, tala de árboles y arbustos para leña y la producción de carbón vegetal, ramoneo y pisoteo por ganado, propagación incontrolada de quemas de pajonales por el uso regular del fuego para estimular el rebrote de los pastos, apertura de carreteras en áreas cercanas a los bosques y plagas y enfermedades, los cuales podría provocar la extinción de especies de flora y fauna que se encuentran asociadas a estos bosques (Fjeldsa, citado por González 2015).

La quema de pastizales se da para incentivar el rebrote, pero esta una actividad poco rentable a largo plazo, ya que produce una declinación en la calidad de los pastizales; además, causa grandes pérdidas dejando solamente remantes de bosques (Fjeldsa, citado por González 2015).

Como consecuencia de estas actividades, la extensión de los bosques de *Polylepis* se ha reducido, ha disminuido su regeneración y se han producido cambios en la estructura y composición de las especies de la vegetación asociada (Fjeldsa, citado por González 2015).

2.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRBOLES DEL GÉNERO *Polylepis* QUE INFLUYEN EN LOS PARÁMETROS CUANTITATIVOS: DIÁMETRO Y ALTURA

El género *Polylepis* que fue descrito por Ruiz & Pavón, recibe éste nombre atendiendo a la estructura de su corteza y proviene de dos voces griegas, poly que significa muchos y lepis láminas, refiriéndose a varias capas de ritidomas que posee el tallo que se desprenden en delgadas capas. Este tipo de corteza es común en todas las especies del género. La corteza es gruesa y cubre densamente el tronco, le sirve como aislante del frío, escarchas nocturnas y de la radiación diurna (Simpson, citado por Mendoza y Cano 2012).

A lo largo de los Andes es denominado con diferentes nombres comunes o vernaculares: “queñoa”, “quinuar”, “keshua”, “quinua”, “quiñual”, “quinhuar”, “queñual” y “queuna”(Simpson 1979); posiblemente este nombre derive de dos voces quechuas, q’ewe que significa torcido y wiñay crecer, en referencia a la forma crecimiento torcido de los troncos de estos árboles; el nombre quechua original posiblemente era “q’ewiña” que significa que crece torcido y que posteriormente se ha modificado con la llegada de los españoles (Fjeldsa, citado por Mendoza y Cano 2012).

La evolución de *Polylepis* siguió varios caminos principales: el número de flores se redujeron, las hojas se tornaron más gruesas y a menudo con una densa cubierta protectora de resina o pelos lanosos y el tamaño de los árboles disminuyó. Estas adaptaciones se produjeron debido a que colonizaron ambientes adversos y fríos de las elevaciones alto andinas, donde las hojas más pequeñas y más gruesas son más resistentes a las heladas y donde las inflorescencias pequeñas están mejor protegidas. Posiblemente la evolución de las especies de *Polylepis* se realizó paralela al desarrollo de los ambientes secos y cada vez más fríos durante el levantamiento de los Andes (Fjeldsa, citado por Mendoza y Cano 2012).

En su mayoría son árboles o arbustos que alcanzan tamaños de 1 a 15 m, ocasionalmente hasta 25 m como ocurre con *Polylepis pauta*, tienen el fuste torcido pudiendo ser único o varios, con abundante ramificación igualmente torcidas. La copa, generalmente, es difusa e irregular, el crecimiento torcido es a menudo asociado con el hábitat ventoso, frío o árido (Simpson, citado por Mendoza y Cano 2012).

El desarrollo edáfico es muy escaso en los lugares donde se encuentran los bosques de *Polylepis*, debido a que abundan grandes cantidades de afloramientos graníticos; en las grietas y fisuras dejada por las rocas, los árboles de *Polylepis* encuentran condiciones favorables para establecerse, donde tienen que penetrar sus raíces entre las rocas para no ser tumbados por los fuertes vientos que ocurren en estos hábitats. En los lugares donde hay gran cantidad de suelo, el enraizamiento de los árboles no es tan profundo por lo que llegan a caerse, al no poder sostener su copa que generalmente es muy irregular (Mendoza, citado por Mendoza y Cano 2012).

2.3. ÁREA DE ESTUDIO Y BOSQUE DE *Polylepis* EVALUADO

El presente trabajo se centra en mi experiencia durante el levantamiento de información primaria en el Inventario Nacional Forestal – Ecozona Sierra, desarrollado el año 2015. Específicamente durante la evaluación dasométrica de un Bosque de queñual, en el cual se identificaron situaciones particulares y atípicas durante la medición de los diámetros y alturas.

2.3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El levantamiento de información en campo se realizó por medio de parcelas de medición forestal llamadas Unidades de muestreo (UM), que es un conglomerado de 10 subunidades circulares dispuestas en forma de “L”. Del Punto central (PC) parten el eje Norte (de longitud de 276.20 m, donde se establecen 5 subunidades), y el eje Este, con similar conformación (Figura 17).

La UM evaluada fue la codificada con nombre SI-1918, Políticamente se encuentra en la Región Lima, Provincia Yauyos, Distrito Tauripampa - Anexo Carhua. Se ubicó a 4090 msnm en un terreno de pendiente pronunciada con presencia de bosque relicto de queñual en ambos ejes (Figura 18). La especie de queñual evaluada fue *Polylepis flavipila*, la identificación fue realizada por un especialista botánico quién trabajo en forma conjunta con el Herbario Forestal (MOL) de la UNALM. Las muestras colectadas en campo fueron secadas, herborizadas e ingresadas al herbario para su identificación. Se cuenta con la constancia de determinación botánica (ANEXO 1).



Figura 17: Instalación de la UM SI-1918 en el Bosque de *Polylepis flavipila*



Figura 18: Vista panorámica del Bosque de *Polylepis flavipila*

2.3.2. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE *Polylepis flavipila*

Mendoza y Cano (2012) proporcionan información sobre la taxonomía y distribución de la especie *Polylepis flavipila* (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb. Árbol 4-8 m de alto; ritidomas del tronco marrón. Vaina estipular con la superficie exterior densamente villosa. Hojas agrupadas en el extremo de las ramas; pecíolo 1.5-2 cm de largo, ligeramente villosa; hojas 2.5-6.0 x 2-3.5 cm, con 1 - (2) pares de folíolos, raquis ligeramente villosa, punto de unión de los folíolos con un mechón de pelos; folíolos obovado, (1.5)-2.0-2.5 x 0.4-1.4 cm, base acuminado, ápice acuminado, margen completamente crenado, fuertemente revoluto, envés densamente panoso además y con una capa moderada a densamente villosa, mezclado con tricomas glandulares amarillentos, haz ligeramente piloso a moderadamente villosa, con pelos glandulares marrones, dispersos principalmente en la depresión de la vena media. Racimo simple, 3-8 cm de largo, con 5-8 flores; bráctea floral 4-10 mm de largo, marrón. Flor de 0.8-1.2 cm de diámetro; hipantio ligeramente villosa, con pequeñas espinas planas; sépalos 3-4 ovados marrón rojizos, exterior villosa especialmente cerca al ápice, interior villosa; antera 1-3 mm de largo, villosa; estilo fimbriado de 1-4 mm de largo, con un mechón de pelos seríceos en la base. Hipantio en fruto 0.6-0.9 x 0.4-0.8 cm incluyendo protuberancias, turbinado, ligeramente piloso con 3-4 protuberancias irregulares rojas usualmente con dos espinas (Figura 19, 20, 21 y 22).



Figura 19: Fotografía de un árbol de *Polylepis flavipila* en el distrito de Tauripampa, Provincia Yauyos, Departamento de Lima.



Figura 20: Fotografías de la hoja de *Polylepis flavipila*



Figura 21: Fotografías de la inflorescencia tipo racimo del *Polylepis flavipila*



Figura 22: Fotografías de la corteza externa (ritidoma) del *Polylepis flavipila*

2.3.3 DISTRIBUCIÓN DE *Polylepis flavipila*

Esta especie se distribuye desde 3650-4100 m de altitud, básicamente se encuentra en la cordillera Occidental, en los departamentos de Lima y Huancavelica. Es endémica para Perú, se encuentre protegida dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos-Cocha. Las poblaciones más extensas fueron localizadas en Huansa en el bosque de Japani (Huarochirí), sin embargo en estos últimos años ha incrementado la extracción masiva, para leña por parte de los pobladores de Huansa, Carampoma y otras comunidades aledañas a este bosque; lo mismo puede estar ocurriendo con las poblaciones que se encuentran en Huancavelica (Figura 23) (Mendoza y Cano 2012).

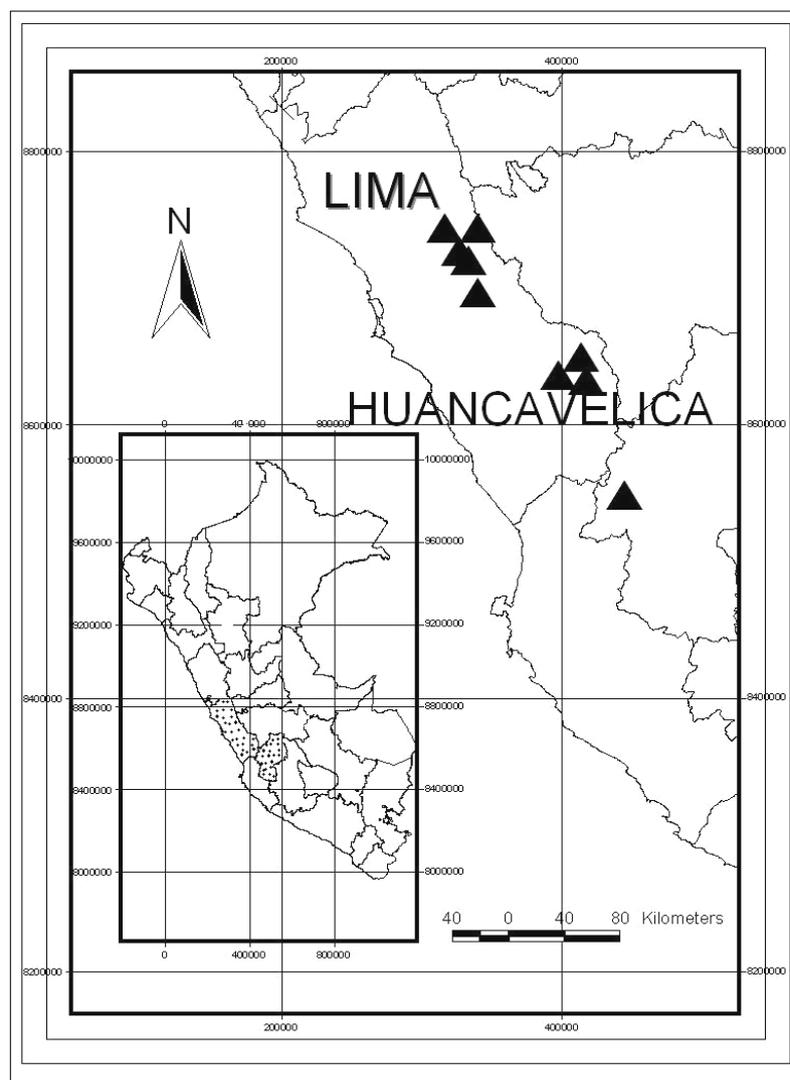


Figura 23: Distribución de *Polylepis flavipila* (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.

Fuente: Mendoza y Cano (2012)

III. CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN DE DIÁMETROS Y ÁLTURAS EN ARBOLES DE *Polylepis*.

Durante los últimos años he participado en el levantamiento de información primaria de diferentes inventarios forestales, en los cuales se evaluó distintos ecosistemas y formaciones vegetales. Fue durante el Inventario Nacional Forestal – Ecozona Sierra (2015) que se encontraron ciertas inconsistencias en la metodología empleada para medir diámetros y alturas de árboles de queñual (*Polylepis flavipila*), debido al crecimiento irregular y particular que tiene el árbol. Éste trabajo monográfico se vuelve necesario e importante ante la siguiente problemática observada:

- Se quiere establecer una metodología estándar para la evaluación de toda la Ecozona Sierra, sin considerar que a lo largo de ésta hay diferentes formaciones vegetales, cada una con características de crecimiento diferente, debido a que son influenciadas por la altitud, condiciones edáficas y climáticas (temperatura y precipitación) del sitio.
- Muchas veces se establecen metodologías para medir parámetros dasométricos siguiendo recetas utilizadas en otros lugares sin conocer la ecología y morfología de la especie a evaluar, siendo ésta información sumamente importante para conocer cómo es que crecen o que influye en su estructura y forma de crecimiento.
- Las metodologías aplicadas no son validadas en campo con el suficiente tiempo, tampoco a diferentes condiciones tanto fisiográficas y climáticas (favorables y adversas).

Es a partir de ésta situación que se plantea evaluar y analizar algunos casos particulares que se presentaron durante la medición de diámetros y alturas, a fin de establecer y homogenizar criterios.

3.1 CONSIDERACIONES PARA MEDIR EL DIÁMETRO EN ARBOLES VIVOS DE *Polylepis flavipila*

Definir donde se debe realizar la medición del diámetro y cuales son ramas o individuos independientes:

- A nivel mundial el diámetro se mide a una altura estándar conocida como “altura del pecho” (DAP), la cual se ha estandarizado en 1.3 metros para que todas las personas tomen la medida en el mismo punto del árbol (Figura 24a).
- Otra premisa importante y estandarizada a nivel mundial es: si la bifurcación del árbol es por debajo de 1.3 metros se consideran dos individuos y a cada uno de ellos se le mide el diámetro donde corta el 1.3 m (Figura 24b).

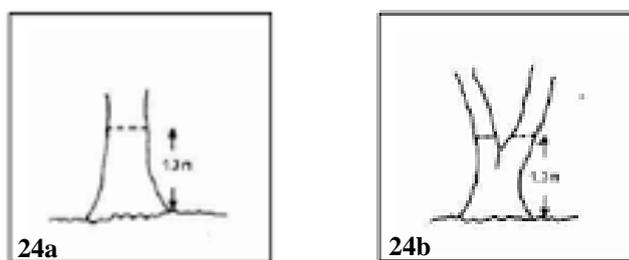


Figura 24: Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP). Fuente: FAO (2014)

Discusión: En el caso de árboles de *Polylepis flavipila* ¿Estas dos premisas se ajustan a la estructura y forma del árbol?, ¿Es viable aplicar como altura de medición el 1.30 m y considerar como nuevos individuos las ramas que se forman por debajo de ésta altura?

Lo primero que se debe de tener en cuenta es que ésta especie tiene un crecimiento de tipo arbustivo con ramas postradas y que suele ser muy ramificada por debajo del 1.30 m y que en algunos casos inicia su ramificación por debajo nivel del suelo (Figura 25).

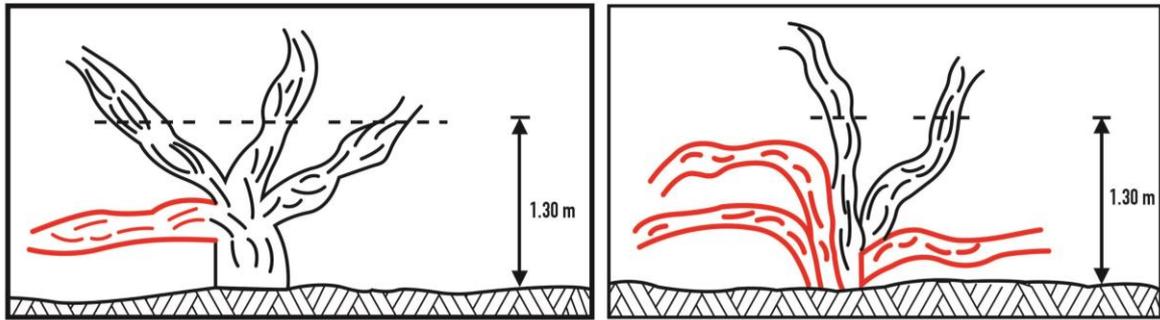


Figura 25: Medición del diámetro a la altura del pecho en árboles de *Polylepis flavipila*. Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la Figura 25 si se considera como altura de medición del diámetro el 1.30 m ¿Qué sucede con las ramas postradas (ramas en rojo)?, ¿Dónde se miden sus diámetros?, ¿Se consideran individuos independientes o no?

Ante estas interrogantes se propone homogenizar criterios de medición que se ajusten a la morfología del árbol y que permitan obtener datos más reales y significativos del diámetro.

- a) Según lo visto durante la evaluación en campo, lo primero a definir es donde se medirá el diámetro (no diámetro a la altura del pecho) de tal manera que se ajuste al crecimiento del fuste y permita estandarizar un solo punto de medición.
- b) Lo segundo será definir y estandarizar cuando una rama será rama como tal o un individuo independiente. Y en caso de ser considerado como rama definir su identificación con letras minúsculas.

A continuación se presentan tres de los casos más comunes de ramificación en ésta especie y como se debe proceder:

❖ Caso 1

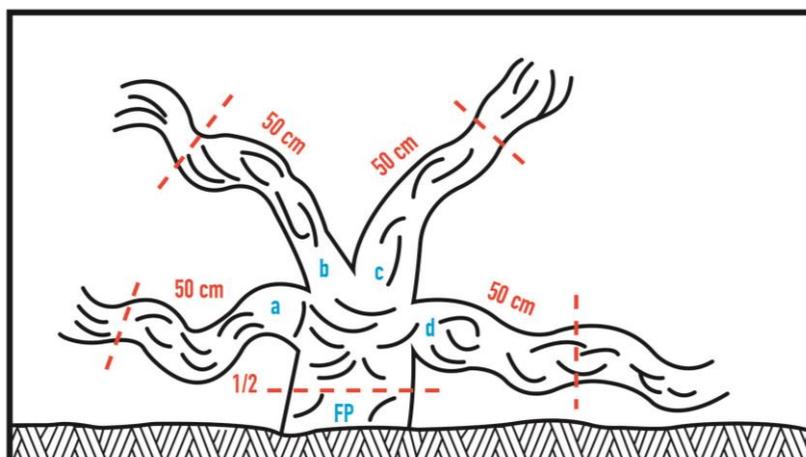


Figura 26: Ramificación de *Polylepis flavipila* – Caso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 26 se aprecia que el árbol tiene un Fuste Principal (FP) a partir del cual se ramifica. Aquí se considera todo como un solo individuo con ramas, las cuales serán codificadas en sentido horario con letras minúsculas desde la a, b, c, etc. Ahora para definir la medición de los diámetros se procederá de la siguiente manera: El fuste principal se codificará con FP y su diámetro se medirá en todos los casos a la mitad de su longitud, no en la base ni debajo del inicio de la ramificación, evitando así el ensanchamiento que se genera en una ramificación. Para el caso de las ramas se medirán siempre los diámetros a 50 cm de longitud desde donde se inicia la ramificación, evitando así sobreestimaciones por el ensanchamiento o abultamiento de éstas. Tener en cuenta que la medición de ramas se hará sólo hasta la primera ramificación. En el Cuadro 5 se detalla éste procedimiento.

Cuadro 5: Codificación del fuste principal (FP) y las ramas en el Caso 1

N° ind.	FP/Letra Rama	DAP (cm)	Lf (m)	hT (m)
1	FP	20		
	a	10		
	b	08		
	c	08		
	d	10		

FUENTE: Elaboración propia.

❖ Caso 2

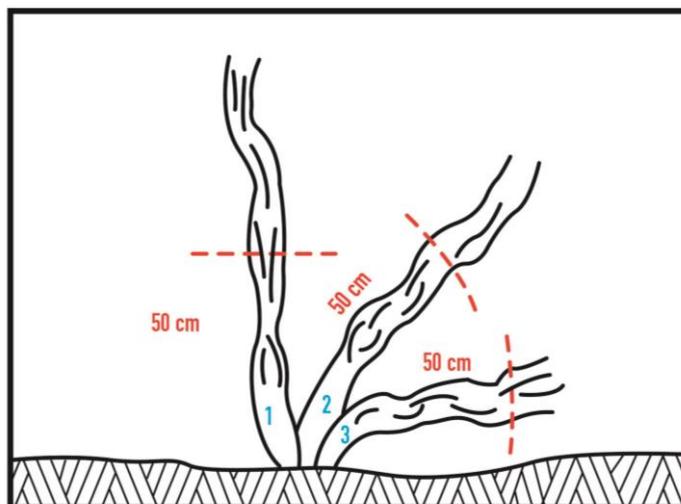


Figura 27: Ramificación de *Polylepis flavipila* – Caso 2. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 27 se aprecia que la ramificación se da desde la base o por debajo del suelo y no tiene un fuste principal (FP). En ésta situación cada rama es considerada como un individuo independiente, el cual se codificará con números arábigos en sentido horario. El diámetro de cada uno de estos individuos será medido siempre a 50 cm de longitud desde la base (siempre y cuando cumpla con la talla mínima que corresponda). En el Cuadro 6 se detalla éste procedimiento.

Cuadro 6: Codificación de los individuos independientes en el Caso 2

Nº ind.	FP/Letra Rama	DAP (cm)	Lf (m)	hT (m)
1	-	12		
2	-	13		
3	-	15		

FUENTE: Elaboración propia.

❖ **Caso 3**

Éste caso es una variación del Caso 2 en donde los individuos independientes (1, 2 y 3) presentan ramificaciones. Lo primero que se debe hacer es codificar las ramas con letras minúsculas en sentido horario desde la a, b, c, etc. y medir como en el Caso 1. Sólo se evaluará hasta las primeras ramificaciones (Figura 28).

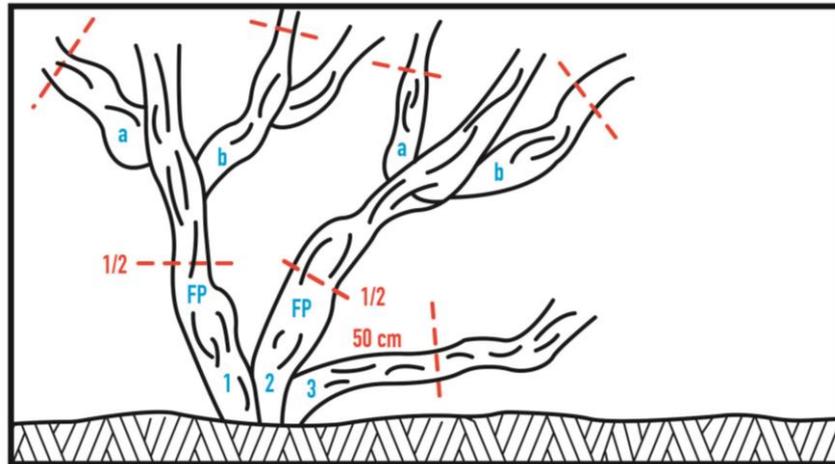


Figura 28: Ramificación de *Polylepis flavipila* – Caso 3. Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 7 se presenta un ejemplo de cómo proceder en la toma de datos.

Cuadro 7: Codificación del fuste principal (FP) y sus ramas en el Caso 3

Nº ind.	FP/Letra Rama	DAP (cm)	Lf (m)	hT (m)
1	FP	10		
	a	9		
	b	9		
2	FP	13		
	a	8		
	b	9		
3	-	9		

FUENTE: Elaboración propia.

Otra consideración que se debe tener en cuenta durante la medición del diámetro de árboles de *Polylepis flavipila* es la corteza externa, que se desprende en delgadas capas. Ésta es una característica típica de todo el género *Polylepis*, cuyo nombre atiende a la estructura de su corteza y proviene de dos voces griegas, poly que significa muchos y lepis láminas. . La corteza es gruesa y cubre densamente el tronco, le sirve como aislante del frío, escarchas nocturnas y de la radiación diurna (Figura 29) (Simpson 1979, Mendoza 2000).



Figura 29: Ritidoma característico del género *Polylepis*

Ésta es una característica que influye directamente en la medición del diámetro, sobrestimando éste valor y por consiguiente la estimación del volumen.

Muchas veces en campo se procedió a limpiar la corteza alrededor de la zona donde se medía el diámetro, a fin de evitar sobrestimaciones, pero ¿esto afecta al árbol, puede llegar a matar al individuo?

Para próximas evaluaciones se debe considerar medir los espesores de corteza de todos los individuos, utilizando el “medidor de corteza Suunto”, que es un instrumento fácil de usar y que no requiere mucho tiempo, con la finalidad de poder ajustar y reducir la sobrestimación de éste parámetro y evitar dañar al árbol. Con éstos datos se podría obtener un valor promedio del espesor de corteza para ésta especie (Figura 30).

Por ejemplo en experiencias pasadas como en el Proyecto Caoba se realizaron mediciones de diámetros con corteza de todos los individuos evaluados y se logró obtener gracias a los espesores de corteza, el valor real (que es el volumen sin considerar la corteza del árbol), siendo la diferencia entre el volumen con corteza y el volumen sin corteza el 5%. Así, en las clases diamétricas mayores, a partir de los 170 cm de DAP, se observa que la corteza puede llegar a tener más de 1 m³ de volumen (Proyecto UNALM-ITO, 2009).



Figura 30: Medidor de corteza Suunto

3.2 CONSIDERACIONES PARA MEDIR LA ALTURA EN ARBOLES VIVOS DE *Polylepis flavipila*

Definir las alturas a evaluar y cuáles son los criterios a considerar.

Las dos alturas evaluadas durante el Inventario Nacional Forestal fueron: las alturas totales y las alturas del fuste (Figura 30), que se definen de la siguiente manera:

- **Altura total (hT):** distancia perpendicular entre el nivel del suelo hasta el ápice del árbol.
- **Altura de fuste (hF):** distancia perpendicular entre el nivel del suelo y el punto del inicio de la copa.

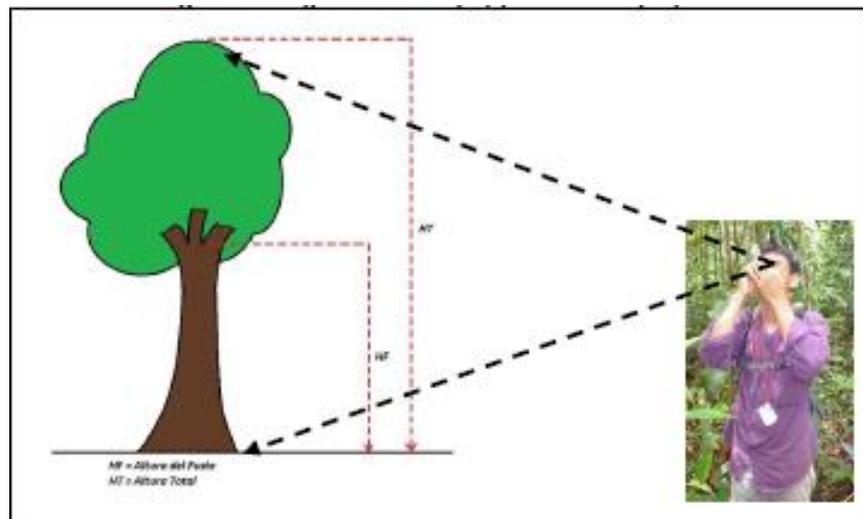


Figura 31: Altura total y altura del fuste. Fuente: SERFOR (2017)

Discusión: En el caso de árboles de *Polylepis flavipila* que tienen un crecimiento de tipo arbustivo, con ramas postradas y enraizadas ¿El valor de la altura del fuste sirve para calcular volúmenes?

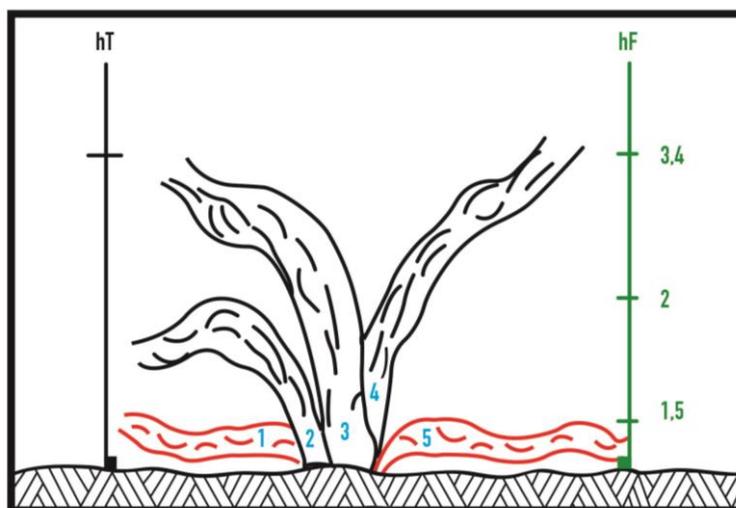


Figura 32: Medición de la altura total (hT) y la altura del fuste (hF) en árboles de *Polylepis flavipila*. Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la Figura 32 la determinación de la altura del fuste (hF) no se ajusta para árboles con éste tipo de crecimiento ya que al considerar la distancia perpendicular al suelo se está subestimando el valor, tal y como se aprecia con las ramas de color rojo (1 y 5) del ejemplo.

Para árboles que tienen éste tipo de crecimiento se debe medir la longitud del fuste (Lf) y no la altura de fuste (hF), ya que es un dato más real que permite realizar cálculos de volumen con mayor exactitud y sin subestimaciones.

La longitud del fuste (Lf) se define como la longitud desde la base del árbol hasta la primera rama donde empieza la copa del árbol y en el caso de ramas, se estima desde la base de la ramificación hasta el término de ésta. Para su medición se debe utilizar una cinta métrica o wincha.

Es importante tener en cuenta que la longitud del fuste (Lf) podrá ser mayor que la altura total (hT) por tratarse de una especie con ramificaciones retorcidas o tortuosas.

Debido a que la altura total promedio de los árboles de *Polylepis flavipila* es entre 5 y 6 m se recomienda realizar la medición de las alturas totales (hT) de manera directa con reglas telescópicas o con varas calibradas y marcadas cada medio metro. Para esto el medidor deberá mantener la regla o vara al costado del árbol y lo más vertical posible para minimizar el error. El uso del hipsómetro Suunto es muy complicado debido a que por lo

general el terreno donde se encuentran estos bosques relictos son de pendiente moderada a alta y de suelo pedregoso.

A continuación se presentan algunos casos de cómo se determinan las alturas totales (h_T) y las longitudes de fuste (L_f) según la ramificación que presente la especie:

❖ **Caso 1**

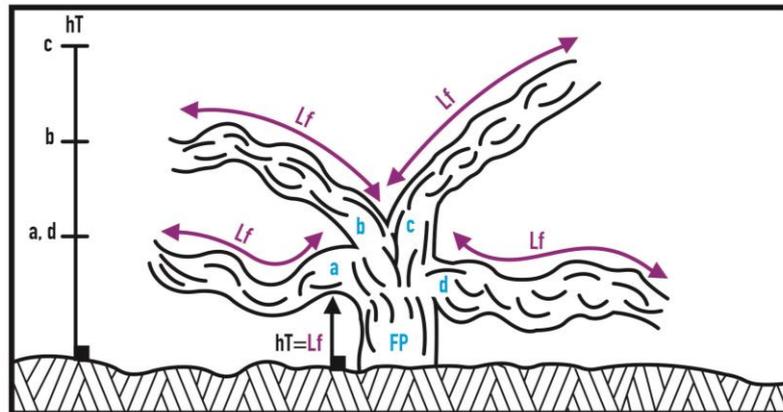


Figura 33: Medición de las alturas totales y longitudes de fuste - Caso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 33 se aprecia que el árbol tiene un Fuste Principal (FP) a partir del cual se ramifica. Aquí se considera todo como un solo individuo con ramas, las cuales están codificadas en sentido horario con letras minúsculas desde la a, b, c, etc.

El fuste principal (FP) y cada rama tendrán su propia h_T y L_f . Tener en cuenta que la medición de ramas se hará sólo hasta la primera ramificación. En el Cuadro 8 se detalla éste procedimiento.

Cuadro 8: Medición de alturas totales y longitudes del fuste en el Caso 1

N° ind.	FP/Letra Rama	DAP (cm)	L_f (m)	h_T (m)
1	FP	20	0.5	0.5
	a	10	1.8	0.7
	b	08	1.8	1
	c	08	2	1.6
	d	10	1.9	0.7

FUENTE: Elaboración propia.

❖ Caso 2

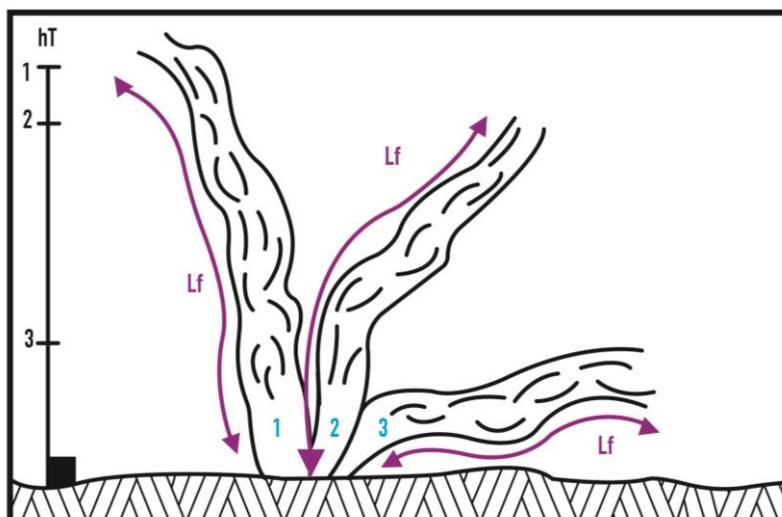


Figura 34: Medición de las alturas totales y longitudes de fuste - Caso 2. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 34 se aprecia que la ramificación se da desde la base o por debajo del suelo y no tiene un fuste principal (FP). En ésta situación cada rama es considerada como un individuo independiente, el cual se codificará con números arábigos en sentido horario. Cada individuo tendrá su hT y Lf. En el Cuadro 9 se detalla éste procedimiento.

Cuadro 9: Medición de las alturas totales y longitudes de fuste - Caso 2

Nº ind.	FP/Letra Rama	DAP (cm)	Lf (m)	hT (m)
1	-	12	2.9	2.5
2	-	13	2.8	2.2
3	-	15	2	0.7

FUENTE: Elaboración propia.

❖ Caso 3

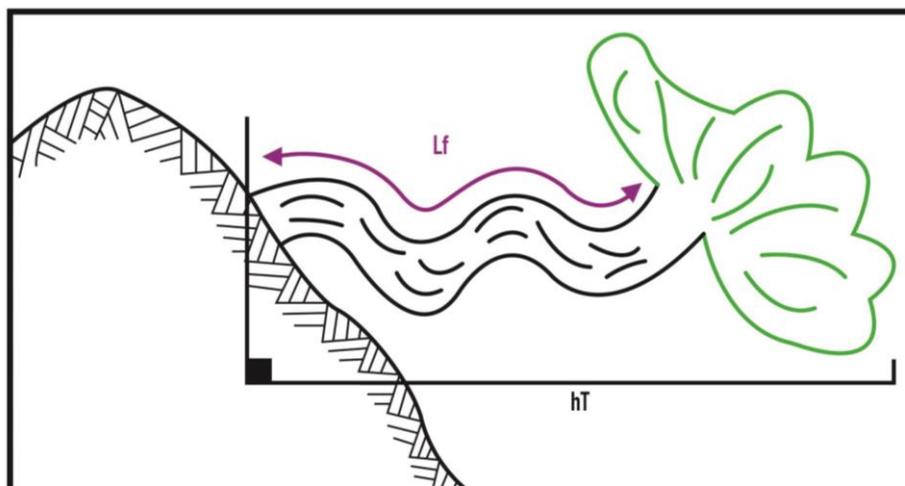


Figura 35: Medición de la altura total y longitud de fuste - Caso 3. Fuente: Elaboración propia

Es común encontrar árboles de ésta especie en terrenos de pendiente moderada a alta, donde abundan grandes cantidades de afloramientos rocosos, ya que en las grietas y fisuras dejadas por las rocas encuentran condiciones favorables para establecerse (Figura 35).

Para definir cuál es la altura total (hT) se parte de la definición general de altura, que es: distancia perpendicular entre el nivel del suelo (base) hasta el ápice del árbol. Mientras que la longitud del fuste (Lf) se mide desde la base del árbol hasta la primera rama donde empieza la copa del árbol. En el Cuadro 10 se detalla éste procedimiento.

Cuadro 10: Medición de la altura total y longitud de fuste - Caso 3

Nº ind.	FP/Letra Rama	DAP (cm)	Lf (m)	hT (m)
1	-	12	3.1	4.3

FUENTE: Elaboración propia.

IV. CONCLUSIONES

- En el Perú hay alrededor de 19 especies del género *Polylepis* de las 27 registradas para toda el área Andina, distribuidas a lo largo de 19 departamentos, por tal razón el Perú es considerado como el centro de mayor diversidad de especies de éste género. En el departamento de Lima encontramos 6 de estas especies, dentro de ellas se encuentra *Polylepis flavipila*, la cual es una de las 5 especies endémicas del Perú, he ahí la importancia de su estudio.
- No todas las especies del género *Polylepis* tienen el mismo crecimiento, dentro del género encontramos especies que tienen un crecimiento de tipo arbóreo y otras especies que tienen un crecimiento de tipo arbustivo con ramas postradas y enraizadas, es por eso que la metodología de medición para ambos tipos de crecimiento debería ser diferente.
- Para hacer medición forestal es necesario conocer la ecología y morfología de las especies que se van evaluar, para así poder definir metodologías que se ajusten a las características de éstas.
- Se cuenta con escasa información sobre lineamientos y metodologías exclusivas para la medición de diámetros y alturas de árboles del género *Polylepis* o de especies de similar crecimiento. La mayoría son metodologías que se han adaptado de bosques tropicales, cuyas especies son de crecimiento y comportamiento diferente a las de un bosque relicto de queñual.
- A partir del análisis de diferentes casos que se presentaron durante el Inventario Nacional Forestal - Ecozona Sierra se logró establecer algunas consideraciones que se deben de tener en cuenta para la medición de diámetros y alturas de árboles vivos de *Polylepis flavipila*.

V. RECOMENDACIONES

- Es importante conocer la morfología y la ecología de la especie, además de sus características particulares, para poder definir una metodología de evaluación con criterios que se ajusten al crecimiento y la estructura de la especie. Actualmente la mayoría son metodologías que se han adaptado de bosques tropicales, cuyas especies son de crecimiento y comportamiento diferente a las de un bosque relicto de queñual.
- Es importante que toda metodología sea validada en campo con el debido tiempo y a diferentes condiciones, tanto fisiográficas y climáticas, para así ir ajustando y reformulando la metodología propuesta.
- Para la medición de diámetros se recomienda usar cinta diamétrica, dado que es mucho más fácil y práctico de manipular durante las evaluaciones. Por lo general estas especies presentan fustes muy ramificados y el espacio resulta ser muy reducido como para utilizar una forcípula.
- Los árboles de *Polylepis* presentan grandes espesores de corteza externa (ritidoma), lo cual influye en las mediciones de diámetro y por consiguiente en las estimaciones de volumen. Es por esto que se recomienda que en futuras evaluaciones se considere medir espesores de corteza de cada uno de los individuos a evaluar para así obtener un valor promedio del espesor de corteza de la especie, con el fin de reducir las sobrestimaciones en los cálculos de volumen.
- Debido a que la especie *Polylepis favipila* tiene una altura total promedio entre 5 y 6 metros, se recomienda realizar mediciones directas, utilizando reglas telescópicas o varas debidamente calibradas para estas mediciones. De igual manera se recomienda utilizar cintas métricas o winchas para la medición de la longitud de fuste, debido a que las ramas son postradas y accesibles para ser medidas directamente, obteniéndose así valores más exactos que reducirán significativamente los errores de estimación visual.
- Adicionalmente se recomienda contar con un especialista botánico o dendrólogo para el desarrollo de la metodología, ya que dichos profesionales conocen la morfología,

fenología y otras características propias de la especie. Así mismo son imprescindibles para la identificación de la especie a evaluar.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrena, V; Llerena, C.** s.f. Influencia de los errores de estimación de la altura en el cálculo del volumen. *Revista forestal del Perú* 15(1):1-11
- BosqueNatural.** s.f. Medición de Diámetros (en línea). Consultado 28 ago. 2017. Disponible en <http://amazoniaforestal.blogspot.pe/2011/10/medicion-de-diametros.html>.
- Castro, A; Flores, M.** 2015. Caracterización de un Bosque de Queñual (*Polylepis spp.*) ubicado en el Distrito de Huasta, Provincia de Bolognesi (Ancash, Perú). *Ecología Aplicada* 14(1):1-9.
- Castro Gonzales, JA.** 2014. Caracterización del Bosque de *Polylepis* de Jurau, Microcuenca de Paria, Distrito De Huasta, Provincia de Bolognesi, Departamento De Ancash. Tesis Blgo. Lima, Perú, UNALM. 172 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia).** 2004. Inventario forestal nacional: Manual de campo modelo (en línea). Guatemala. Consultado 29 ago. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/008/ae578s/AE578S00.htm#TopOfPage>.
- Gonzalez Alfaro, GJ.** 2015. Caracterización de la infiltración en Bosques plantados con *Polylepis spp.*, de 11 y 29 años, Parque Nacional Huascarán, Quebrada Quilcayhuanca, Huaraz, Ancash. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 133 p.
- Malleux, J.** 1982. Inventarios forestales en bosques tropicales. Lima, Perú, s.e. 414 p.
- Martinez, O; Villarte, F.** 2009. Estructura dasométrica de las plantas de un parche de *Polylepis besseri incarum* y avifauna asociada en la Isla del Sol (Lago Titicaca, La Paz - Bolivia). *Ecología en Bolivia* 44(1):36-49.
- Mendoza, W; Cano, A.** 2011. Diversidad del genero *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes peruanos. *Revista Peruana de Biología* 18(2):197-200.

- Mendoza, W; Cano, A.** 2012. El Género *Polylepis* en el Perú: Taxonomía, Morfología y Distribución. Perú. Academia Española. 114 p.
- Mejía Ríos, AA.** 2014. Metodología para la cartografía de bosques del genero *Polylepis*, aplicando Geomática. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 104 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú).** 2011. Inventario y evaluación del Patrimonio Natural en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas. Lima, Perú. 259 p.
- Prodan, M; Peters, R; Cox, F; Real, P.** 1997. Mesura forestal. San José, Costa Rica, s.e. 586 p.
- Proyecto UNALM-ITO.** 2006. Evaluación de las existencias comerciales y estrategia para el manejo sostenible de la caoba (*Switenia macrophylla*) en el Perú. Lima, Perú, s.e. 248 p.
- Reynel, C; Marcelo, J.** 2009. Árboles de los ecosistemas forestales andinos. Manual de identificación de especies. Lima, Perú, TAGE. 159 p.
- Stockdale, M; Corbett, J.** 2008. Inventario forestal participativo: Manual de campo. Lima, Perú, s.e. 360 p.
- Yallico, E.** 1992. Distribución de en el Sur de Puno. Puno, Perú. 133 p.
- Zutta, B; Rundel, P; Saatchi, S; Casana, J; Gauthier, P; Soto, A; Velazco, Y; Buermann, W.** 2012. Prediciendo la distribución de *Polylepis*: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. Revista Peruana de Biología 19(2):205-212.

VII. ANEXO

ANEXO 1

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203 / 244, APDO. 12-056 LA MOLINA LIMA PERU</p>	
<h3>CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA</h3>		
<p>A solicitud de CONSULTORES ASOCIADOS EN NATURALEZA Y DESARROLLO SAC (CANDES), se proporciona la identidad de los especímenes indicados, los cuales se hallan depositados en el Herbario Forestal (MOL), con la sigla consignanada.</p>		
<p>Procedencia: Provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac; provincias de Lucanas, Huanta y Vilcashuaman, departamento de Ayacucho; provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica; y provincia de Yauyos en el departamento de Lima, producto del trabajo de investigación "Levantamiento en Campo de Informacion Primaria para el Inventario Nacional Forestal en la Ecozona Sierra del Perú"</p>		
SIGLA	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
SI-3433-08-05	<i>Polylepis triacotandra</i> Bitter	ROSACEAE
SI-2686-03-01	<i>Delostoma dentatum</i> D. Don	BIGNONIACEAE
SI-2735-01-03	<i>Hesperomeles heterophylla</i> Hook.	ROSACEAE
SI-2735-04-03	<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f. var. <i>myrtilloides</i>	ESCALLONIACEAE
SI-2735-05-01	<i>Polylepis microphylla</i> (Wedd.) Bitter	ROSACEAE
SI-2735-05-02	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.	BERBERIDACEAE
SI-2735-06-01	<i>Saracha</i> sp.	SOLANACEAE
SI-2783-05-01	<i>Polylepis microphylla</i> (Wedd.) Bitter	ROSACEAE
SI-2989-03-01	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.	BERBERIDACEAE
SI-2989-03-02	<i>Vallea stipularis</i> L.f.	ELAEOCARPACEAE
SI-2989-03-03	<i>Hesperomeles lanuginosa</i> Ruiz & Pav. ex Hook.	ROSACEAE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203 / 244, APDO. 12 -056 LA MOLINA LIMA PERU



SI-2989-03-04	<i>Senna birostris</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	FABACEAE
SI-2989-06-01	<i>Brachyotum naudinii</i> Triana	MELASTOMATACEAE
SI-2989-07-01	<i>Baccharis tricuneata</i> (L.f.) Pers.	ASTERACEAE
SI-2989-09-01	<i>Hesperomeles heterophylla</i> Hook.	ROSACEAE
SI-2989-10-01	<i>Brachyotum</i> sp.	MELASTOMATACEAE
SI-3029-01-01	<i>Senna birostris</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	FABACEAE
SI-3029-01-02	<i>Baccharis tricuneata</i> (L.f.) Pers.	ASTERACEAE
SI-3029-02-01	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.	BERBERIDACEAE
SI-3269-04-01	<i>Citharexylum</i> sp.	VERBENACEAE
SI-3269-07-01	<i>Escallonia resinosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	ESCALLONIACEAE
SI-3269-08-01	<i>Colletia spinosissima</i> J.F. Gmel.	RHAMNACEAE
SI-3269-10-09	<i>Vallea stipularis</i> L. f.	ELAEOCARPACEAE
SI-3353-01-01	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	BIGNONIACEAE
SI-3353-01-07	<i>Dunalia spinosa</i> (Meyen) Dammer	SOLANACEAE
SI-3353-01-08	<i>Sebastiania obtusifolia</i> Pax & K. Hoffm.	EUPHORBACEAE
SI-3353-01-11	<i>Schinus pearcei</i> Engl.	ANACARDIACEAE
SI-3353-01-12	<i>Colletia spinosissima</i> J.F. Gmel.	RHAMNACEAE
SI-3353-05-01	<i>Dasyphyllum horridum</i> (Muschl.) Cabrera	ASTERACEAE
SI-2986-05-01	<i>Escallonia resinosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	ESCALLONIACEAE
SI-3027-03-03	<i>Tripodanthus acutifolius</i> (Ruiz & Pav.) Tiegh.	LORANTHACEAE
SI-3027-03-L	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	SAPINDACEAE
SI-3027-05-04	NN	ASTERACEAE
SI-3027-05-07	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	BIGNONIACEAE
SI-3027-05-15	<i>Maytenus andicola</i> Loes.	CELASTRACEAE
SI-3027-05-16	<i>Maytenus andicola</i> Loes.	CELASTRACEAE
SI-3027-05-27	<i>Jatropha</i> sp.	EUPHORBACEAE
SI-3027-05-32	<i>Berberis</i> sp.	BERBERIDACEAE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203 / 244, APDO. 12 -056 LA MOLINA LIMA PERU



SI-3027-05-52	<i>Colletia spinosissima</i> J.F. Gmel.	RHAMNACEAE
SI-3027-07-L	<i>Berberis</i> sp.	BERBERIDACEAE
SI-3028-01-01	<i>Escallonia myrtilloides</i> L.f.	ESCALLONIACEAE
SI-3028-05-01	<i>Escallonia resinosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	ESCALLONIACEAE
SI-3028-05-02	<i>Otholobium</i> sp.	FABACEAE
SI-3028-09-01	<i>Hesperomeles heterophylla</i> Hook.	ROSACEAE
SI-3028-09-02	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.	BERBERIDACEAE
SI-1918-01-01	<i>Polylepis flavipila</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	ROSACEAE
SI-2068-07-01	<i>Polylepis flavipila</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	ROSACEAE
SI-2120-05-01	<i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav.	ROSACEAE

Determinador:


Carlos Reynel Rodríguez Ph.
 Profesor Principal, Dpto. Manejo Forestal
 Director del Laboratorio de Dendrología
 y Herbario FCF - UNALM (MOL)



La Molina, 31 de Mayo de 2013

* ROGAMOS A LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS DEL HERBARIO FORESTAL (MOL) TENER ESPECIAL CUIDADO EN TRANSCRIBIR CORRECTAMENTE LOS NOMBRES PROPORCIONADOS