

ESTADO ACTUAL DEL BOSQUE DE POLYLEPIS Y SU EFICIENCIA EN LA CAPTURA DE CO₂ EN LA PROVINCIA TARATA, DEPARTAMENTO DE TACNA

CURRENT STATUS OF POLYLEPIS FOREST AND ITS EFFICIENCY IN CO₂ CAPTURE IN TARATA PROVINCE IN TACNA DEPARTMENT

¹Luis Fortunato Morales Aranibar

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las poblaciones actuales de *Polylepis* y su eficiencia en la captura de CO₂ en la Provincia de Tarata (Susapaya, Estique Pueblo, Tarucachi, Sitajara, Ticaco y Tarata). Se establecieron parcelas de 25 x 20 m (0,1 ha); ubicado al azar, con la ayuda de estacas, rafia y brújula; luego se levantó información del estado actual para calcular su eficiencia de captura de CO₂. En una área de 453 km²; la capacidad de captación de CO₂ fue de 31 387,6 Tn de CO₂/ha/año; las densidades poblacionales son variables, siendo el distrito de Tarucachi con mayor densidad poblacional (2,48 Ind/ha), y Estique (0,28 Ind/ha) con la menor densidad. En cuanto a la regeneración natural, predomina los latizales con 116 individuos (50,2 %) y con menor cantidad los individuos adultos con 28 individuos (12,2 %). La flora acompañante corresponde a *Azorella compacta*, *Baccharis tricuneata*, *Parastrephia quadrangularis*, *Pycnophyllum molle*, *Stipa ichu* y *Festuca orthophylla*. El estado actual de las Influencias Antrópicas se encuentra categorizada como intacta, teniendo un porcentaje de 93,3 %. Entre las características se determinó la altura promedio 3,52 m, el largo del foliolo 1,51 cm, ancho del foliolo de 0,76 cm, inflorescencia 3,34 cm, flor 0,59 cm, vaina estipular 0,42 cm. Tallos torcidos, corteza delgada y exfoliante, de color marrón rojizo. Los foliolos trifoliados; pelos glandulares blancos; raquis lanoso, las vainas estipulares con ápice protuberante y densamente lanoso. Flor de color rojo cereza, dialipétala. Los frutos de color naranja-marrón, con espinas de color negro cubiertos de pelos blancos. Caracterización que correspondió a *Polylepis rugulosa* y no *Polylepis besseri* como la literatura señalaba.

Palabras clave: Estado actual de los bosques de *Polylepis*, carbono almacenado, dióxido de carbono

ABSTRACT

This research aimed to evaluate current populations of *Polylepis* and its efficiency in the capture of CO₂ in the Province of Tarata (Susapaya, Estique Pueblo, Tarucachi, Sitajara, Ticaco and Tarata). Plots of 25 x 20 m were established. (0,1 ha); randomly located with the help of sticks, raffia and compass; current status information was rose and then the efficiency of CO₂ capture was calculated. In an area of 453 km²; the CO₂ uptake capacity was 31 387,6 tonnes of CO₂/ha/year; population densities are variable being Tarucachi district with the highest population density (2,48 Ind/ha), and Estique (0,28 Ind/ha) with the lowest density. As for natural regeneration, the saplings with 116 individuals (50,2 %) and fewer adult individuals with 28 individuals (12,2 %) dominate. The accompanying flora are *compact Azorella*, *Baccharis tricuneata*, *Parastrephia quadrangularis*, *Pycnophyllum molle*, *Stipa ichu* and *Festuca .orthophylla*. The current state of Anthropogenic Influences is categorized as intact, having a percentage of 93,3 %. Among the characteristics the average height was determined 3,52 m, also the length of the leaflet 1,51 cm, the leaflet width of 0,76 cm, 3,34 cm inflorescence, flower 0,59 cm stipular sheath, 0,42 cm. Twisted stems, thin and exfoliating bark reddish brown. The leaflets trifoliolate; white glandular hairs; woolly spine, the stipular pods protruding apex and densely woolly. Cherry blossom red, dialipétala flower. The fruits of orange-brown with black colored spines covered with white hairs. Characterization corresponded to *Polylepis rugulosa* not to *besseri* *Polylepis* as literature points.

Keywords: Current status of the *Polylepis* forests, carbon storage, carbon dioxide

INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Polylepis*

Keñue, queñoa, queñua, quiñua, keviña, qiñwa son los nombres que ha adquirido este árbol de las alturas, propio de los Andes cordilleranos y las culturas altoandinas. Aymaras y quechuas son quienes principalmente han coexistido junto a él, y a quienes ha brindado calor, soporte para viviendas, medicina y bienestar, contribuyendo al desarrollo

de las familias altoandinas. Cumpliendo también un importante rol en la biodiversidad andina, sobre todo en la formación de comunidades vegetales altamente especializadas para soportar los rigores climáticos del altiplano, en especial con la *Azorella compacta* o llareta, con las cuales constituye verdaderas asociaciones de supervivencia, también forman parte vital del hábitat de la fauna existente en la zona y del paisaje andino.

Los bosques de queñoas no siempre son homogé-

¹Magister Scientiae con mención Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible. Docente de la Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua - Perú.

neos, a veces muestran mezclas de árboles de dos especies o se acompañan con otras especies arbóreas. En un estudio realizado en Puno se obtuvieron como resultado a *Polylepis Tomentella* y *Polylepis Incana*, el mayor número de individuos lo tenía *Polylepis Tomentella* con lo que se deducía que este cerro era el límite de distribución de *Polylepis Incana* (Yallico, 1992).

Desde las primeras referencias sobre los Queñoales dado por Juan López, en su obra Geografía y descripción universal de las Indias, *Polylepis* ha sido motivo de temprana y permanente preocupación botánica. En la primera mitad del siglo XX las investigaciones de los botánicos Humboldt, Bonpland y Kunth añadieron a la especie en referencia otras dos: *Polylepis Incana* y *Polylepis Villosa* (*Polylepis Racemosa*) reconocidos por Herrera (1943) como endémicos en nuestro territorio. En la flora del Perú (Macbride, 1938), se citan las siguientes especies: *Polylepis Multijuga*, *Polylepis Serrata*, *Polylepis Albicans*, *Polylepis Subsericans*, *polylepis Tarapacana*, *Polylepis Rugulosa*, *Polylepis Villosa*, *Polylepis Incana*, *polylepis Tomentella* y *Polylepis Subquinquefolia* (Franco, 2003).

La variabilidad morfológica antes descrita es indicativa de la gran amplitud ecológica de las diferentes especies de *Polylepis* y de los bosques formados por ellas (Weberbauer, 1945; Simpson, 1986; Kessler, 1995a; Kessler, 1995b). En regiones húmedas, a lo largo de la vertiente andina oriental y en la vertiente occidental de Ecuador, la línea superior de bosques es naturalmente dominada con varias especies de *Polylepis*, arriba de los bosques de neblina conformados por *Weinmannia*, *Oreopanax*, *Clebra* y *Clusia*, entre otros. La transición entre ambos tipos de bosque se encuentra alrededor de 3 500 m, con una zona intermedia de 100-200 m de diferencia (Kessler y Schmidt-Lebuhn, 2005).

Principales amenazas actuales y potenciales

Contexto Antropológico

Incluso con las limitaciones que presentan las intrincadas formas de sus troncos, la queñoa ha sido utilizada en vigas de la mayoría de las antiguas iglesias y casas del altiplano. Un ejemplo típico lo presenta la iglesia del pueblo de Isluga (Región de Tarapacá), que data del siglo XVII. También existen evidencias de su uso en múltiples construcciones prehispánicas. Se ha encontrado queñoa en los restos de maderas del tambo de Zapahuira las que corresponderían a la techumbre del mismo (Ugarte, 2004).

Algunas crónicas y antiguos escritos mencionan la queñoa y su importancia en la vida cotidiana del antiguo habitante andino. Y aunque hoy, por las labores tan seguidas que se traen en el cerro, no se halla rastro que hubiese tenido arboleada, cuando lo descubrieron le hallaron muy poblado de unos árboles que llaman quinoa, y de su madera se edificaron las primeras casas de este asiento. Un árbol grande, muy bueno para leña y carbón, la resina que se desprende del tronco o de las ramas se mastica, tal cual para fortificar el corazón (Girault, 1987).

Los bosques y la captura de Co₂

Montoya *et al.* (1995) afirma que, a través de la fotosíntesis, la vegetación asimila CO₂ atmosférico, forma carbohidratos y gana volumen. Los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema

terrestre y participan con el 90 % del flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra.

Castellanos *et al.* (1991) afirman que el carbono fijado por las plantas se transforma en moléculas móviles, que se asignan a las diferentes estructuras de la planta para satisfacer sus demandas fisiológicas y estructurales. Esta asignación determina las rutas por las cuales se dará posteriormente el flujo de C al suelo. Cada especie de planta asignará más o menos C para producir biomasa en la parte aérea o en la parte subterránea. Por ejemplo, la biomasa subterránea en la selva estacional representa entre 40 y 50 % de la biomasa total, mientras que en el bosque templado y la selva húmeda, la biomasa subterránea representa menos del 15 %.

Oliva y García-Oliva (1998) describen que la incorporación de C al suelo en los ecosistemas naturales se da por dos vías principales: por el mantillo (capa superficial de materia vegetal) y por la biomasa radicular. La velocidad de la descomposición de este material depende de las poblaciones microbianas del suelo y de las características del material vegetal.

Bienes y servicios ambientales

Montoya *et al.* (1995) indican que desde la celebración de la "Cumbre de la Tierra" en Río de Janeiro (1992), se enfatizó que a fin de alcanzar la conservación y manejo sostenible de los recursos naturales es necesario generar estructuras internalicen los costos y beneficios de los sistemas de mercado (Olguín, 2001).

Daily (1997) afirma que en este sentido varios autores han coincidido en incorporar una perspectiva integral económico-ecológica, basada principalmente en los bienes y servicios ambientales (BSA). El reconocimiento de los BSA, además de establecer un valor económico a los beneficios que la naturaleza brinda de forma gratuita, alerta a las sociedades sobre pérdidas de elementos y funciones ecológicas que son sustento de la actividad económica y de su propio bienestar (Olguín, 2001).

Constanza *et al.* (1997) y Scott *et al.* (1998) describen que, los BSA son diferentes entre sí, mientras los bienes ambientales son producto de las funciones ecológicas (e. g. alimentos y agua), los servicios son atributos de estas; por ejemplo, ciclaje de nutrientes, formación y retención del suelo, flujo y almacenamiento del agua (Olguín, 2001).

Christensen y Franklin (1997) afirman que ambos dependen de la estructura y diversidad presente en cada ecosistema (Olguín, 2001).

Scott *et al.* (1998) reafirman que la cantidad y calidad de los BSA se pone en peligro al deteriorarse los procesos u otros elementos de base que mantienen las condiciones óptimas de los ecosistemas (Olguín, 2001).

MATERIAL Y MÉTODOS

Estructura y densidad poblacional

Forma y delimitación de las parcelas

Se establecieron por cada zona 1 parcelas de 25 x 20 m (0,1 ha); cada uno fue ubicado al azar en todo el bosque y delimitado con la ayuda de estacas, rafia y brújula.

Dentro de estas parcelas se tomaron datos para la

Morales, L. Estado actual del bosque de *Polylepis* y su eficiencia en la captura de CO₂ en la provincia Tarata, departamento de Tacna.

determinación de la estructura y densidad poblacional (Ministerio de Agricultura, 2004).

Densidad poblacional.

Se procedió al conteo de todos los individuos dentro de cada parcela, así como su ubicación exacta mediante un GPS (Ministerio de Agricultura, 2004).

Estructura poblacional

Dentro de las parcelas se hizo una sub parcelas de 0,05 ha para el conteo de brinzales y latizales (Ministerio de Agricultura, 2004).

Diámetro del árbol

Se midió con una cinta diamétrica el DAP (diámetro a la altura del pecho), a todos los individuos arbóreos con un diámetro mayor o igual a 0,05 m; medidos a 3 m de altura siempre en dirección a la pendiente y del lado más cercano al suelo (Ministerio de Agricultura, 2004).

Altura del árbol.

Para obtener la altura de los árboles, se realizó la estimación directa, con la ayuda de una cinta metálica (Ministerio de Agricultura, 2004).

Conteo de Brinzales y Latizales

Para determinar la regeneración natural del bosque se realizó un conteo general de todos los brinzales de *Polylepis* clasificándolos en un rango de 0 a 30 cm; y los latizales en un rango de 30 cm a 1 m.

Composición florística: Flora acompañante.

La recolección de muestras botánicas se efectuó, tanto por dentro como por fuera de las parcelas, teniendo como límite el bosque. Se colectaron 2 ejemplares en estado fértil (flores, frutos) de todas las especies; con la ayuda de una tijera de podar, luego se procedió a etiquetarla y finalmente llevarlas a unas bolsas debidamente rotuladas. Las flores y frutos se recolectaron en envases de plásticos de rollos de fotografía en el cual se hizo una cama en donde se puso la flor y el fruto (Ministerio de Agricultura, 2004).

Impactos del bosque

Amenazas

Para determinar las amenazas y el estado físico se consideró éstos parámetros: factores antrópicos. No Intervenido (buen estado físico, hojas vigorosas y no presentan impacto antrópicos), Semi Intervenido (ligeramente dañadas, hay pocas hojas secas), e Intervenido (quebradas, rotas, secas, quemadas y muertas).

Metodología para estimación de la concentración de carbono en la biomasa aérea de los árboles

Biomasa aérea para árboles

Con los individuos seleccionados al azar se prosiguió de la siguiente manera:

1. Se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) con una

cinta métrica:

2. Se midió la altura total en metros de cada individuo.

3. Se calculó el volumen de los árboles.

4. Se convirtieron los diámetros a metros y se aplicó la siguiente fórmula:

$$V = AB H C_f \dots\dots\dots [1]$$

$$AB = \pi/4 D^2 \dots\dots\dots [2]$$

Donde:

V = Volumen en m³

AB = Área basal en m²

π/4 = Constante 0,7853

D = Diámetro a la altura del pecho en m

H = Altura en metros

C_f = Coeficiencia con forma (0,5)

5. Para la estimación de la concentración de carbono en la biomasa de los árboles:

5.1 Se calculó la biomasa multiplicando el volumen en m³ de cada individuo por el valor de la densidad de la madera.

5.2 Se calculó el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea de los árboles (materia seca por unidad de superficie contenida en el tronco de los árboles), multiplicando la biomasa encontrada por el factor de contenido de carbono (0,45).

5.3. El CO₂ capturado se determinó a partir del factor de conversión 3,66; es decir el Carbono obtenido multiplicado por 3,66 (Vásquez, 2010).

Procesamiento y análisis de datos

El análisis de información se efectuó en dos momentos: Primero, a partir de los datos obtenidos de la medición *Polylepis rugulosa* se elaboró una base de datos a la cual se realizó el control de calidad antes de procesar la información. El análisis de datos se efectuó mediante la aplicación del programa Stata v. 9,0 para Windows (StataCorp L.P, Collage Station, Texas, United Status of America).

Segundo, se realizó un análisis descriptivo, donde se calcularon medidas de tendencia central (media aritmética y desviación Estándar) para las mediciones realizadas. Para contrastar y verificar las hipótesis estadística, con relación a la comparación de las mediciones de la altura del árbol, DAP se utilizó el modelo de análisis de varianza de ANOVA, considerándose para todos los casos una confiabilidad de 99,9% (p < 0,01).

En la presentación de resultados, se utilizó cuadros y gráficos de Caja y líneas, gráficos de intervalo de confianza a fin de poner en evidencia la respuesta al problema.

RESULTADOS

Estructura poblacional

Morales, L. Estado actual del bosque de *Polylepis* y su eficiencia en la captura de CO₂ en la provincia Tarata, departamento de Tacna.

Tabla 1. Promedio de la altura (en metros) de los árboles de *Polylepis rugulosa* (queñoa) Provincia de Tarata, 2012-2013.

Distrito	Zona	Altura del arbusto (metros)					
		N	Media	Desviación típica	Error tip. de la media	Prueba t	Valor p
Estique	Talabaya Cerro Paquercara	6	1,10	1,28	0,52	2,105	0,089
Sitajara Challaguaya	Cerro Chuñave y huarahuarani	57	1,26	0,78	0,10	12,247	0,000
Susapaya	Cerro Taipescira	32	1,62	0,50	0,09	18,127	0,000
	Cerro Tancan	49	2,43	0,62	0,09	27,305	0,000
	Cerro Timilla Apacheta	133	1,25	0,54	0,05	26,584	0,000
	Cerro Yocata	16	1,62	0,64	0,16	10,150	0,000
Tarata	Queñoaplaza	11	1,30	0,71	0,21	6,113	0,000
Taruacachi	Quebrada Nuñamayane y cerro Yaurimojo	82	1,29	0,52	0,06	22,716	0,000
Ticaco	Chujovilque	45	1,37	0,63	0,09	14,656	0,000

Tabla 2. Análisis de varianza (Anova) de la altura del árbol de *Polylepis rugulosa* (queñoa) Provincia Tarata, 2012-2013.

ANOVA de un factor de la altura del árbol					
	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	58,874	8	7,359	19,672	0,000
Intra-grupos	158,617	424	0,374		
Total	217,491	432			

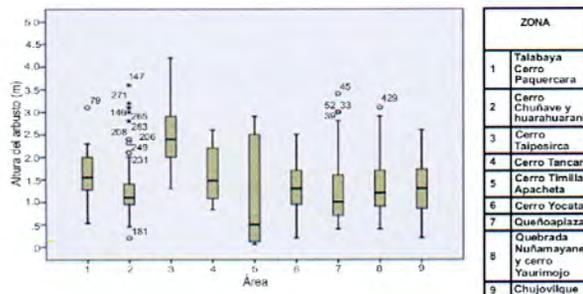


Figura 1. Promedio de altura del árbol (en metros) de *Polylepis rugulosa* por zona, prov. Tarata 2012-2013 en metros.

Tabla 3. Promedio del diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros de los árboles de *Polylepis rugulosa* (queñoa) Provincia de Tarata, 2012-2013.

Distrito	Zona	Diámetro de Altura de pecho (DAP) en metros					
		N	Media	Desviación típica	Error tip. de la media	Prueba t	Valor p
Estique	Talabaya Cerro Paquercara	6	0,193	0,212	0,087	2,231	0,076
Sitajara Challaguaya	Cerro Chuñave y huarahuarani	58	0,135	0,235	0,031	4,376	0,000
Susapaya	Cerro Taipescira	32	0,363	0,267	0,047	7,671	0,000
	Cerro Tancan	49	0,802	0,309	0,044	18,156	0,000
	Cerro Timilla Apacheta	134	0,165	0,272	0,024	7,025	0,000
	Cerro Yocata	16	0,475	0,488	0,122	3,895	0,001
Tarata	Queñoaplaza	10	0,350	0,331	0,105	3,346	0,009
Taruacachi	Quebrada Nuñamayane y cerro Yaurimojo	81	0,303	0,500	0,056	5,445	0,000
Ticaco	Chujovilque	45	0,258	0,554	0,083	3,118	0,003

Tabla 4. Análisis de varianza (Anova) del diámetro a la altura del pecho de *Polylepis rugulosa* (queñoa) Provincia Tarata, 2012-2013.

ANOVA de un factor DAP					
	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig
Inter-grupos	17,159	8	2,145	15,580	0,000
Intra-grupos	58,098	422	0,138		
Total	75,257	430			

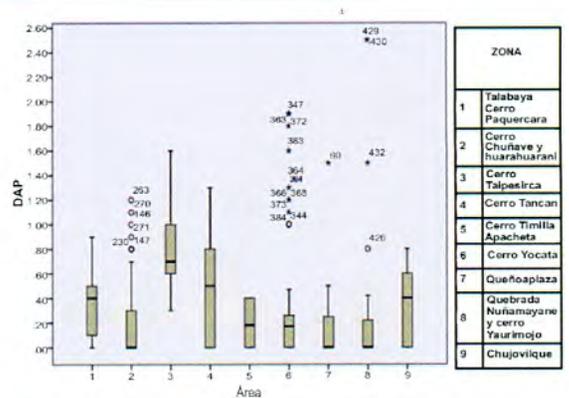


Figura 2. Promedio del diámetro a la altura (metros) del pecho (DAP) de *Polylepis rugulosa* por zona, Prov. Tarata 2012-2013.

Tabla 5. Promedio de la regeneración natural de *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata 2012-2013.

Regeneración natural	N° individuos	%
Brinzales	87	37,6%
Latizales	116	50,2%
Adultos	28	12,2%
Total	231	100,0%

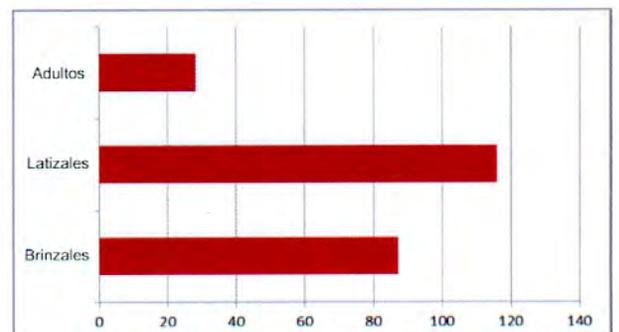


Figura 3. Promedio de la regeneración natural de *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata 2012-2013.

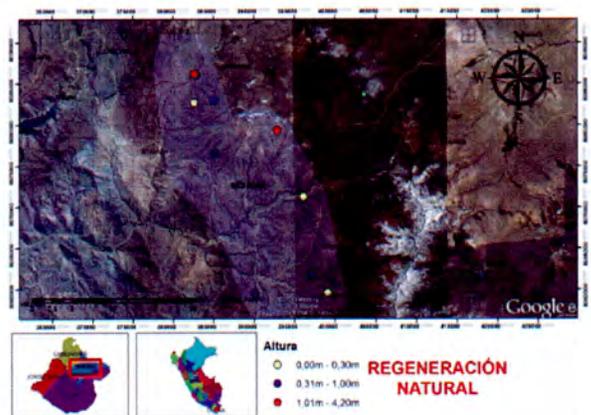


Figura 4. Georeferenciación de la regeneración natural de *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata 2012-2013.

Morales, L. Estado actual del bosque de *Polylepis* y su eficiencia en la captura de CO₂ en la provincia Tarata, departamento de Tacna.

Tabla 6. Promedio de la regeneración natural de *Polylepis rugulosa* por zona en la Provincia de Tarata 2012-2013.

Distrito	Zona	Brinzales		Latizales		Adultos		Total	
		Nº ind.	%	Nº ind.	%	Nº ind.	%	Nº ind.	%
EstiQUE	Talabaya Cerro Paquercara	0	0,00	3	1,31	0	0,00	3	1,31
Sitajara Challaguaya	Cerro Chuñave y huarahuarani	17	7,42	5	2,18	1	0,44	23	10,04
Susapaya	Cerro Yocata	0	0,00	8	3,49	2	0,87	10	4,37
	Cerro Timilla Apacheta	18	7,86	28	12,23	2	0,87	48	20,96
Tarata	Cerro Tancan	2	0,87	36	15,72	11	4,80	49	21,40
	Cerro Taipiesirca	8	3,49	18	7,86	0	0,00	26	11,35
Tarucachi	Queñoaplaza	0	0,00	6	2,62	0	0,00	6	2,62
Ticaco	Quebrada Nuñamayane y Cerro Yaurimojo	27	11,79	8	3,49	9	3,93	44	19,21
Ticaco	Chujovilque	15	6,55	4	1,75	3	1,31	22	9,61
Total		87	37,99	116	50,66	28	12,23	231	100,87

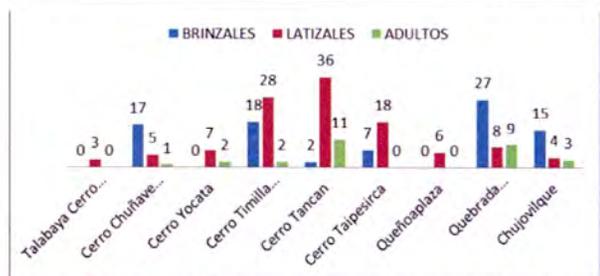


Figura 5. Promedio de la regeneración natural de *Polylepis rugulosa* por zona en la Provincia de Tarata 2012-2013.

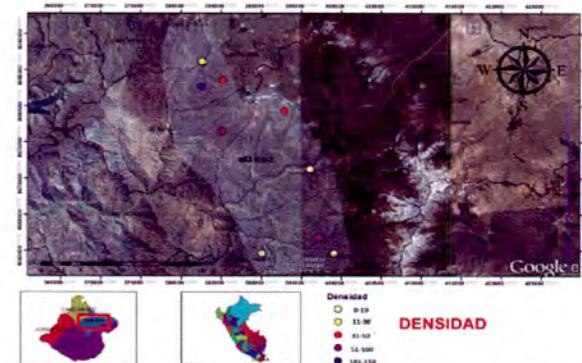


Figura 6. Densidad poblacional del bosque de *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata 2012-2013.

Tabla 7. Flora acompañante del bosque de *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata 2012-2013.

Especie	Nombre Común	Talabaya Cerro Paquercara	Cerro Chuñave y huarahuarani	Cerro Taipiesirca	Cerro Tancan	Cerro Timilla Apacheta	Cerro Yocata	Queñoaplaza	Quebrada Nuñamayane y Cerro Yaurimojo	Chujovilque
<i>Azorella compacta</i>	Yareta	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Baccharis tricanota</i>	Tola	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Baccharis boliviensis</i>	Tollilla							X		
<i>Cherodoma pedopapa</i>	Tola blanca		X					X		
<i>Chusqueira rotundifolia</i>	Guishuara								X	
<i>Panastrepbia quadrangulatis</i>	Tola	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Senecio unguis</i>	Chachacomo					X		X		
<i>Kanalia minor</i>								X		
<i>Werneria sp</i>					X					
<i>Opuntia ignescens</i>	Pulla pulla	X	X		X			X		X
<i>Opuntia soehrensii</i>	Airampo		X		X					
<i>Pycnosphyllum molle</i>		X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Fijubeta sp</i>	Perko panko						X		X	
<i>Aedesmia spinosissima</i>	Kanlla hembra	X	X			X		X	X	
<i>Nasturtium sp</i>			X							
<i>Stipa ichu</i>	Ichu	X			X	X	X	X		X
<i>Yucca orthophylla</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Arctostaphylos cristatum</i>		X							X	
<i>Baccharis sp</i>		X								
<i>Valeriana nitida</i>							X			

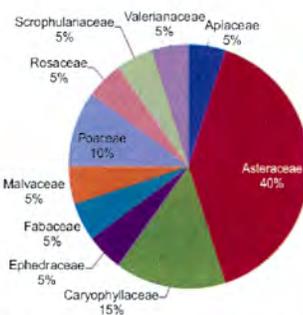


Figura 7. Flora acompañante del bosque de *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata 2012-2013.

Tabla 8. Estado actual de las influencias antrópicas del bosque de *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata 2012-2013.

Influencias antrópicas	Nº individuos	%
Intacta	403	93,3 %
Semiintervenido	22	5,3 %
Intervenido	6	1,4 %
Total	431	100,0 %

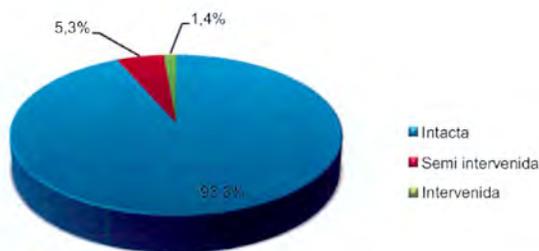


Figura 8. Estado actual de las influencias antrópicas del bosque de *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata 2012-2013.

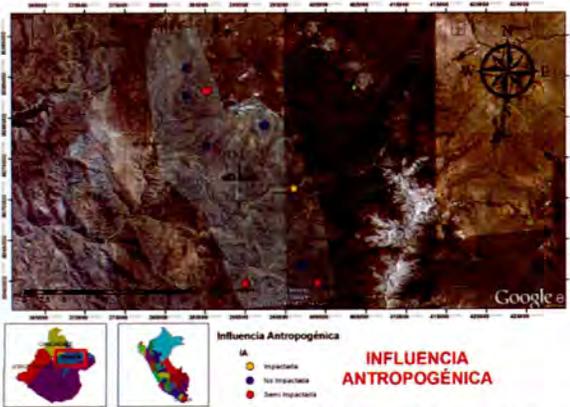


Figura 9. Georeferenciación del estado actual de las influencias antrópicas del bosque de *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata 2012-2013.

Estimación de absorción de CO₂ de *Polylepis rugulosa* en la provincia de Tarata 2012-2013

Con los resultados adquiridos en el laboratorio para el cálculo de CO₂ en los diferentes distritos de Tarata, se obtuvo un promedio de 31 387,6 Tn de CO₂/ha/año, capacidad que tiene este árbol para poder almacenar CO₂ entre sus partes, en especial la de la parte aérea.

Este resultado evidencia la importancia ambiental que tiene este árbol para poder captar las emisiones de CO₂ y poder contribuir en la difícil tarea de combatir el calentamiento global.

Si esta especie desapareciera, sería fatal para especies que conviven con él, además de la fauna que se albergan en ella, y las concentraciones de CO₂ seguirían.

DISCUSIÓN

En un área total de 453 km², el estudio evidenció resultados importantes en cuanto al estado actual de la Queñoa en la zona altoandina de la Provincia Tarata. Después de evaluar los resultados de una serie de mediciones de características fenotípicas, tanto de variables cuantitativas y cualitativas, llegamos a concluir que la nominación de la especie en las zonas muestreadas es *Polylepis rugulosa*. Esta clave "Taxonomía y Distribución de *Polylepis* (Rosaceae)" fue establecida por Kessler y Schmidt-Lebuhn (2005).

En lo que respecta a la altura de *Polylepis rugulosa*, se observó una gran variabilidad y dentro de las parcelas muestreadas, estos varían rotundamente y que se encontraron árboles desde 1,10 m el árbol más pequeño y 2,43 m el de mayor tamaño y cabe destacar que estos resultados son normales porque en cada zona de muestreo la altura variaba. En muchos casos solo se encontraron brinzales (nuevos individuos) y en otros latizales (individuos juveniles). Además que al hacer el estudio, los resultados sobre la regeneración de la queñoa en mayor porcentaje se encontró los latizales (individuos juveniles). Se observó gran variabilidad en toda la zonas muestreadas, lo que es normal porque cada una de ellas es especial. En la ficha de antecedentes descrita por Muñoz & Serra (2006) se menciona que en bosques de *Polylepis rugulosa* se han encontrado árboles de 3-5 m de alto. En otros estudios hechos por Fjeldsa y Kessler (2004), y por

Fjeldsa y Krabbe (1990) en los bosques de *Polylepis rugulosa*, se indica que la altura de estas especies están en promedio de 3 a 10 m. Estos resultados nos dan a entender que la Provincia de Tarata es un bosque primario, con un alto grado de naturalidad que nunca ha sido explotado, fragmentado, o influenciado directa o indirectamente por el hombre.

Pero por contacto de lo argumentado anteriormente, los pobladores de la zona nos comentaron que en una época anterior tenían una altura superior a la actual y estaban en mayor proporción. Entonces podemos deducir que aquellos bosques no serían primarios sino secundarios y en este momento están sufriendo resiliencia (regeneración natural de hace mucho tiempo sobre un bosque antes destruido, significativamente modificado o explotado por el hombre).

Para el caso del diámetro de la altura del pecho (DAP) es muy variable por zonas de muestreo como anteriormente se mencionó. Este tipo de bosque varía ya que hubo mayor cantidad de latizales (individuos jóvenes). El rango del DAP encontrado en las diferentes zonas de muestreo son de 0,135 – 0,802 m. Muchos de ellos no se pudieron medir porque eran brinzales (individuos nuevos). Sólo se midieron el DAP en individuos adultos mayores 1,5 m, pues a esta altura se puede medir recién el DAP. Los resultados están en relación con el tamaño de los árboles. Según Kessler (2006) los rangos del DAP encontrados para la especie *Polylepis rugulosa* están dentro del rango establecido. Este tipo de árbol tiene una variabilidad natural. Se ha evidenciado que este parámetro depende de la zona. En algunas de ellas es muy extremo con razón de la otra.

Para la regeneración de los bosque nuestro estudio demostró que la Provincia de Tarata es un bosque joven ya que la proporción entre zonas de estudio varía. En las zonas muestreadas se encontró un total 37,6 % (87 individuos) que son brinzales y 50,2 % (116 individuos) latizales y tan sólo el 12,2 % (28 individuos) eran adultos; pero cabe rescatar que en cada zona varía. En la zona de Talabaya Cerro Paquercara y zona Queñoaplaza no se observó brinzales y adultos sólo se evidenciaron 3 latizales, comparándolo con otras zonas como el Cerro Tancan que se observó tan solo 2 brinzales, 36 latizales y 11 adultos. Fue la zona que tuvo mayor predominancia sobre las otras. Comprender la estructura y composición de los bosques es clave para lograr una adecuada gestión y restauración de estos ecosistemas. Los bosques de esta zona configuran paisajes muy heterogéneos, con una alta diversidad biológica, en los que las alteraciones debidas a las actividades humanas han jugado un papel determinante. Existe una información todavía limitada sobre qué factores han configurado la estructura y composición actual de los bosques, y de cómo las especies encontradas responden al estrés ambiental, particularmente en sus primeras etapas de desarrollo, que pueden ser clave para comprender su dinámica y respuesta ante cambios ambientales.

Una de las bases fundamentales del manejo sostenible de los bosques es el mantenimiento de la regeneración natural. Esta forma de manejo requiere que las especies se regeneren de forma natural, para mantener sus poblaciones y asegurar la futura productividad del bosque (Bawa & Seidler, 1998; Mostacedo & Frederickse, 1999).

Con los resultados obtenidos de la regeneración natural nosotros podemos dar sostenibilidad, ya que estos

datos evidenciarían que son muy propensos a perderse en el tiempo y en su mayor parte son latizales (jóvenes) y brinzales (nuevos individuos). Durante el muestreo se ha observado que hay impactos antropogénicos y naturales. Uno de ellos es que los pobladores llevan a pastar sus vacas y son una comida ideal para el ganado; otro caso que se ha observado es que los mismos pobladores y el ganado pisan los nuevos individuos (brinzales). Estos son puntos que se deben tener en cuenta y evaluar para poder lograr la sostenibilidad de los bosques, ya que en una menor proporción son adultos y son los reproductores y mantienen el equilibrio poblacional.

La densidad poblacional en la Provincia de Tarata es variable. Cada zona cuenta con diferencias extremas. Uno de los factores que se observó principalmente es el antropogénico. Los pobladores aledaños hacen uso del mismo para leña, utensilios, remedios, construcción y pastoreo de su ganado. Como observamos en los resultados, el distrito de Tarucachi tuvo la mayor densidad poblacional con 2,48 Ind/ha, seguida muy de cerca por Sitajara con 2,47 Ind/ha y Susapaya con 2,3 Ind/ha. Estos resultados están en relación a la cantidad de individuos que habitan en las zonas antes nombradas; mientras los distritos que tuvieron menor densidad son Tarata con 0,53 Ind/ha y Estíque con 0,28 Ind/ha. Se puede decir que estas tienen una densidad menor a las demás porque quedan cerca a la población y los pobladores hacen uso de ella, también se observó que construyen sus casas y herramientas con queñoas; así también lo utilizan como energía (leña). Los lugareños comentan que pobladores de otras zonas talan y se llevan las queñoas o las queman para venderlas como carbón y por la fácil accesibilidad que tienen es fácil extraerlas.

En general, estos datos son muy importantes ya que nos ayudan a comprender mejor en qué estado poblacional están las queñoas y así dar sustentabilidad. Hay zonas en las que se necesitan una mayor atención que otras, sin que estas pierdan preferencias, ya que son únicas y están en peligro de extinción.

En el Decreto Supremo N° 43-2006-AG, aprueban la categorización de especies amenazadas de flora y fauna; la especie en estudio aparece en la categoría como vulnerable y entre líneas nos da el tamaño de la población de 10000 individuos especificada en 20 000 km². Estos datos deberían ser actualizados ya que *Polylepis rugulosa* debería estar en la categoría de EN PELIGRO, pues en menos de 50 000 km² el tamaño de la población es de 2500 individuos maduros, la cual en nuestro estudio no fue así. La mayor población es latizal y brinzal, pudiendo perecer con el tiempo y esta categorización para *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata, Departamento de Tacna, debería cambiar a EN PELIGRO.

Con respecto a la flora acompañante en los bosques de queñoas en Tarata, por las zonas muestreadas aparecían casi las mismas especies aunque otras variaban en 1 o 2 especies. Se registraron un total de 20 especies como muestras, distribuidas en 10 familias (Asteraceae y Caryophyllaceae). También se encontraron en mayor proporción *Baccharis boliviensis*, *Chuquiraga rotundifolia*, *Barstia* sp., *Valeriana nivalis*. Solo había especies endémicas para algunas zonas, es decir, una especie por cada una de ellas, como es el caso en que solo se encontraron para una zona de muestreo.

La gran variabilidad de flora acompañante dependen

de factores físico y químicos que hacen especial a estos ecosistemas para algunas especies. Estos bosques son de importancia para los pobladores de la zonas que hacen uso de ellas por sus valores etnobotánicos, culturales, etc. (Kessler y Schmidt-Lebuhn, 2005), en su interior albergan especies de importancia ambiental, que están en peligro de extinción como son *Parastrephia quadrangularis*, *Festuca orthophylla*, *Adesmia spinosissima* y *Baccharis tricuneata*, especies que se encontraron en todos las zonas de muestreo y que son típicas en estos ecosistemas altoandinos.

Las influencias antrópicas en la Provincia de Tarata evidencian que los bosques no están impactadas por actividades del hombre, es decir están Intactos (93,3 %); muy diferente a las Semi Intactas con (5,3 %) y solo el (1,4 %) esta intervenido. Estos resultados están en relación a la regeneración del bosque, ya que las especies encontradas son juveniles y brinzales, siendo estas poco utilizadas por el hombre que ve un negocio en los troncos de los árboles y son de importancia económica porque la utilizan para utensilios, casas, remedio, entre otros. Se encontró un bosque intacto. Muchos de los trabajos expresan como resultados que la mayor parte de las influencias antrópicas se dan por la tala indiscriminada de los árboles, quemas y actividades ganaderas. Algunos lo utilizan para proveer energía a las minas o como uso medicinal. En nuestro caso se evidenciaron talas, quemas, comida para su ganado y, en especial, el destrozo de los nuevos individuos ya que los caminos de los pobladores pasan por medio de estos bosques. Otros estudios indican que en ciertas épocas del año queman a estos bosques para poder fertilizar las tierras (Yallico, 1992), aunque en estudios anteriormente hechos se evidenciaron que los talan y en su lugar ponen a otro tipo de árbol (eucalipto, molle); siendo impactado no solo las queñoas sino la flora acompañante y la fauna que en muchos casos son endémicos para este tipo de bosque y no sobrevivirían otro ecosistema y perecerían en el tiempo (Kessler, M. & P. Dreisch, 1993).

Los bosques de queñoas en la Provincia de Tarata tienen una eficiencia de la captura de CO₂ de 31 387,6 Tn de CO₂/ha/año. Estos resultados expresan la importancia de mantener aquellos ecosistemas alto andinos y no dañarlos ya que logran una mayor asimilación de CO₂. Comparándolos con otros árboles observamos que captan mayor CO₂. Cabe resaltar que la mayor cantidad de árboles son brinzales y latizales, quiere decir que son bosques jóvenes, que si sobreviven con el tiempo lograrán una mayor captación de CO₂ y, aún más, se suman otros beneficios ambientales como la lucha contra la erosión del suelo y la captación de agua en el subsuelo.

Zamora (2003) muestra en su trabajo que en el caso del género *Abies*, se observa que es uno de los géneros más importantes debido a que presenta la mayor cantidad de carbono almacenado, capturan 25304 tCO₂ en una superficie de 721,5 ha. Y el género *Quercus* un promedio de 6,58 tCO₂/ha. A diferencia de nuestros resultados los datos presentados son de individuos adultos y no son brinzales y latizales; si comparamos estos dos géneros con las queñoas, estos serían superiores y al ser adultos tendrían una mayor cobertura vegetal, por lo tanto, una mayor asimilación de CO₂.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y recorridos un área total de 453 km² en la presente investigación llegamos a las siguientes conclusiones:

La especie de *Polylepis rugulosa* en los bosques nativos de la provincia Tarata, departamento de Tacna, tienen una eficiencia de la captura de CO₂ de 31 387,6 Tn de CO₂/ha/año.

Las densidades poblacionales para *Polylepis rugulosa* en la Provincia de Tarata son; el distrito de Tarucachi tiene una densidad poblacional con 2,48 Ind/ha, Sitajara 2,47 Ind/ha, Susapaya 2,3 Ind/ha, Ticaco 1,02 Ind/ha, Tarata con 0,53 Ind/ha y Estique con 0,28 Ind/ha.

La flora acompañante que se registraron en el bosque de queñoas alcanzan un total de 20 especies, distribuidas en 10 familias. Las familias con mayor riqueza de especies fueron: Asteraceae y Caryophyllaceae con 40 y 15%, entre las especies de mayor frecuencia se encuentra *Parastrephia quadrangularis*, *Festuca orthophylla*, *Adesmia spinosissima* y *Baccharis tricuneata*, también abundan, musgos y líquenes que se hallan adheridos a rocas y árboles de *Polylepis*.

La influencia antrópica en la Provincia de Tarata son ecosistemas Intactos con 93,3 % de individuos en condiciones buenas, Semi intervenidas con un 5,3 % y la Intervenida con 1,4 %.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daily, G. (1997). Introduction: what are ecosystem services?. En: G. C Daily (editor). *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystem*. Island Press, Washinton, D.C.
- Fjeldsá, J. y Kessler M. (2004). *Conservación de la biodiversidad de los Bosques de Polylepis de las tierras altas de Bolivia. Una contribución al manejo sustentable en los Andes*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Editorial FAN.
- Franco, J. (2003). *Importancia del Bosque de Queñoas para el Desarrollo Sostenible de las Comunidades de la Provincia de Candarave, Tacna - Perú*. Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.
- Herrera, F. (1943). Sinopsis de las especies del género *Polylepis* (La Qqueuña). *Boletín del Museo de Historia Natural "Javier Prado"*.
- Kessler, M. (1995). Revalidación de *Polylepis rugulosa* Bitter Rosaceae. *Gayana Bot.*
- Kessler, M. (1995). The genus *Polylepis* (Rosaceae) in Bolivia. *Candollea*.
- Kessler, M. (2006). Bosque de *Polylepis*. Universidad Mayor San Andrés. La Paz- Bolivia.
- Kessler, M. y Schmidt-Lebuhn, A. (2005). Taxonomía y Distribución de *Polylepis* (Rosaceae), Alemania.
- Kessler, M. y Dreisch, P. (1993). Causas e historia de la destrucción de bosques altoandinos en Bolivia. *Ecología en Bolivia*.
- Ministerio de Agricultura. (2004). *Monitoreo de la Biodiversidad*. Instituto Nacional de Recursos Naturales Lima-Perú.
- Montoya, G y otros (1995). Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las Zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Cuadernos de Trabajo 4. México.
- Olguín, M. (2001). *Incorporación de la captura de carbono como propuesta de manejo forestal integral: Estudio de caso en una comunidad de la Meseta Purépecha*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Simpson, B. (1986). Speciation and specialization of *Polylepis* in the Andes. In: Vuilleumier, F., Monasterio, M. (Eds.), *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford University Press, Oxford.
- Vasquez, A. (2010). Técnicas de Monitoreo y evaluación de impacto ambiental. (slidechare). Revisado en: <http://es.slideshare.net/anterovasquez/tecnicas-de-monitoreo-ambiental>
- Weberbauer, A. (1945). *El mundo vegetal de los Andes peruanos*. Ministerio de Agricultura, Lima.
- Yallico, E. (1992). *Distribución de Polylepis en el Sur de Puno*. Proyecto Árbol Andino, Puno - Perú.

Correspondencia:

Luis Morales Aranibar: lmoralesa@unam.edu.pe

Fecha de Recepción: 04/03/2015

Fecha de Aceptación: 25/05/2015