



## Diversidad, estructura y composición de árboles forestales nativos en el valle del Cusco

### Diversity, structure and composition of native forest trees in the Cusco Valley

Isau Huamantupa-Chuquimaco <sup>1,2\*</sup>

Martha N. Mostajo-Zavaleta <sup>3</sup>

Fructuosa de La Torre-Mayorga <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Herbario Alwyn Gentry (HAG), Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Av. Jorge Chávez 1160. Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú.

<sup>2</sup>Centro Ecológico INKAMAZONIA, Valle de Kosñipata, vía Cusco-Reserva de Biósfera del Manú. Cusco, Perú.

<sup>3</sup>Escuela profesional de Biología, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). Av. de la Cultura, 733 Cusco, Perú.

\*Autor de correspondencia: andeanwayna@gmail.com

Recibido: 20/04/2023 Aceptado: 22/06/2023 Publicado: 25/07/2023

**Resumen:** Los forestales nativos en los valles interandinos están severamente amenazados, existiendo solo como remanentes en áreas escarpadas, producto de cambios históricos desde los primeros asentamientos humanos. Este estudio evaluó la diversidad, composición y estructura de los árboles forestales nativos en el valle del Cusco, mediante muestreo en cuatro microcuencas: Huancaro, Salineras, Saphi y Tankarpata utilizando 8 parcelas de 0.1 ha, incluyendo árboles con alturas y DAP  $\geq 10$  cm. En total se registraron 111 individuos, 28 especies forestales y 14 familias botánicas, destacando Fabaceae y Rosaceae con 4 especies. Tankarpata (15) y Salineras (13) fueron las más diversas en especies; destacando Salineras con 46 perteneciente a 6 especies. En todas las cuencas la especie *Escallonia resinosa*, fue la más abundante con 64 individuos, seguida de *Kageneckia lanceolata* con 26 individuos. La diversidad alfa fue baja, el índice de Chao-1, muestra que en la parcela Salineras 2 es donde mayor número de especies se puede registrar con hasta 9. El análisis de similitud de Bray-Curtis, indica que las 8 parcelas son altamente similares. Los resultados subrayan la importancia de los forestales nativos ya que aún mantienen servicios ecosistémicos locales y necesitan medidas de conservación y recuperación.

**Palabras clave:** chachacomo; diversidad beta; microcuenca; Huatanay

**Abstract:** Native forests in the inter-Andean valleys are severely threatened, existing only as remnants in steep areas, a product of historical changes since the first human settlements. This study evaluated the diversity, composition and structure of native forest trees in the Cusco valley by sampling in four micro-watersheds: Huancaro, Salineras, Saphi and Tankarpata using 8 plots of 0.1 ha, including trees with heights and DBH  $\geq 10$  cm. A total of 111 individuals, 28 forest species and 14 botanical families were recorded, highlighting Fabaceae and Rosaceae with 4 species. Tankarpata (15) and Salineras (13) were the most diverse in species; Salineras with 46 belonging to 6 species. In all the basins, *Escallonia resinosa* was the most abundant species with 64 individuals, followed by *Kageneckia lanceolata* with 26 individuals. The alpha diversity was low, the Chao-1 index shows that in the Salineras 2 plot is where the highest number of species can be registered with up to 9. The Bray-Curtis similarity analysis indicates that the 8 plots are highly similar. The results underline the importance of native forests as they still maintain local ecosystem services and need conservation and recovery measures.

**Keywords:** chachacomo; chachacomo; beta diversity; microbasin; Huatanay



## 1. Introducción

En el valle del Cusco la pérdida de la cubierta vegetal y el aprovechamiento de estas se remonta hasta inicios del establecimiento de las primeras culturas pre incas, atribuyéndose en principio a las culturas Marcavalle y Chanapata, maximizándose durante el Incanato (Barreda, 2005), sin embargo la pérdida y degradación generalizada y masiva se remonta a la época colonial con la sobreexplotación de especies arbóreas y arbustivas para uso como combustible (leña), construcción, ampliación de las zonas agrícolas, ganaderas y la introducción de otras especies exóticas como el eucalipto, acerca de esta situación algunos cronistas como Valverde (1986) refieren que a la llegada de los europeos el valle del Cusco correspondía a una gran ciudad pétreo de clima cálido rodeado de bosques con abundantes árboles atravesados por tórridas quebradas y ríos, donde además se podía reconocer diversas especies forestales como el al "mulli", "quishuar", "lambran", "pisonay", "siwis" entre los árboles útiles para las estructuras de las viviendas y como combustible (Galiano et al., 2005; Herrera, 1941; Tupayachi, 2005).

Datos sobre los forestales nativos durante el periodo republicano en el valle del Cusco son escasos, sin embargo, algunos de estos hacen mención prioritariamente de la existencia de rodales de *Escallonia resinosa* (chachacoma), como la especie representativa, las que además estaban asociadas a la existencia de la larva conocida localmente como huaytampu (Herrera, 1941), los cuales servían de alimento a los pobladores y brindaron otros servicios ambientales como fuente leña, y como corredores biológicos naturales en los cultivos. Tupayachi (2005) describe que en los últimos 20 años (1950-1970) que los alrededores de la ciudad del Cusco como en las pequeñas quebradas y ríos afluentes del Huatanay todavía se observaban alrededor de 10-15 especies de forestales nativos, destacando de ellas: *Escallonia resinosa* (chachacoma), *Buddleja incana* (quishuar), *Schinus molle* (molle), *Kageneckia lanceolata* (lloq'e), *Sambucus nigra* (sauco), *Citharexylum herrerae* (huayruro cusqueño) y *Tecoma stans* var. *sambucifolia* (huananhuay).

En el presente estudio se da a conocer la diversidad, composición y estructura que presentan las poblaciones de árboles forestales nativos del valle del Cusco.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Área de estudio

Comprende el valle del Cusco, ubicado en el sur peruano teniendo como principal cuenca al río Huatanay, originándose en el afluente del Chcoco y discurre en una extensión total 42 km hasta la confluencia del Vilcanota, de estos 23 kilómetros corresponde al cercado de Cusco con 10-18 km ancho (Herrera, 1941), en este ámbito se identificaron ocho microcuencas principales, y para el presente estudio se consideró a cuatro principales, la microcuenca de Huancaro, Salineras, Saphi y Tankarpata, siendo además las principales (Figura 1).

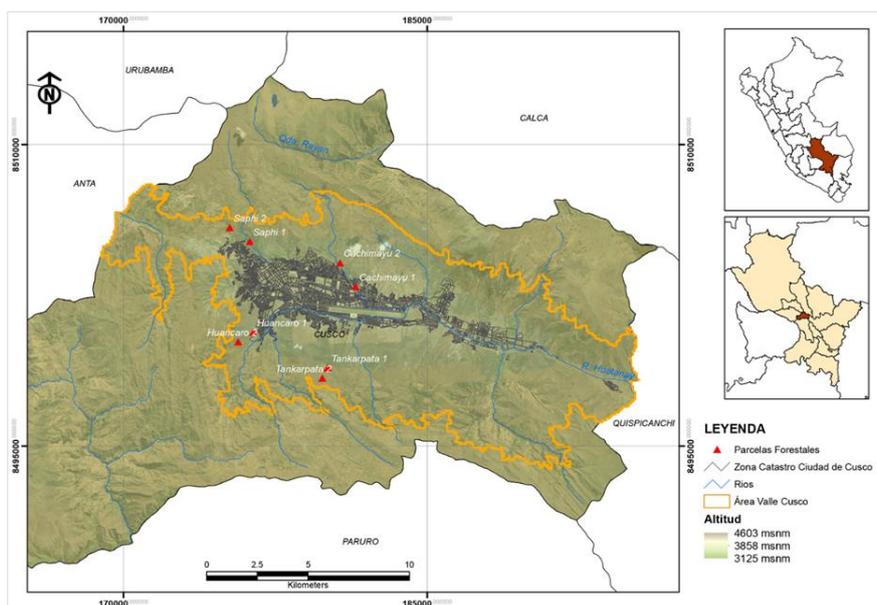


Figura 1. Ubicación de las parcelas y áreas muestreadas en los cuatro afluentes principales del valle del Cusco (Perú)

El valle del Cusco se encuentra entre los 3200 y 3900 msnm, presenta una temperatura media anual de 10-13 °C y una precipitación anual promedio de 574-690 mm (Tovar, 2002; Herrera, 1941). Según Tovar (2002) este ámbito pertenece al dominio andino y las provincias fitogeográficas de "Puneña" y "Mesoandina", según Holdridge (1969) pertenece al Bosque húmedo montano bajo subtropical, caracterizado por la presencia de vegetación de valle semiseco y la ecotonía con los pajonales altoandinos Aragón Romero & Chuspe Zans (2018). Considerando los sistemas ecológicos para la región de Cusco ubica al valle del cusco dentro de la Ecorregión valles interandinos peruanos, dentro de los tipos de vegetación bosques bajos y arbustales altimontanos de la Puna húmeda y Pajonales y matorrales altimontanos de la puna húmeda.

## 2.2. Metodología

Para conocer la diversidad, estructura y composición de los forestales nativos, en los relictos de bosques se instalaron 8 parcelas de 50 m x 20 m (0.1 hectárea), método que viene siendo ampliamente usado por la efectividad en términos de tiempo y recursos (Phillips & Baker., 2002; Campbell et al., 1986). Dentro de cada parcela se evaluaron todos los individuos  $\geq 10$  cm de DAP (diámetro a la altura del pecho). Se midieron todas las formas de vida o hábito (en algunos casos arbustos y cactáceas). Las variables consideradas para cada parcela fueron: número de individuos, familia botánica, especie, DAP, altura, estado fenológico, hábito, nombre vernacular, utilidad y notas. En todas las evaluaciones se procedió a coleccionar muestras botánicas cuando en las identificaciones se tenían dudas. El tratamiento taxonómico de las familias sigue los planteamientos filogenéticos del Grupo de Filogenia de las Angiospermas (The Angiosperm Phylogeny Group et al., 2016), y la consulta en línea de páginas referidas a estas ([www.tropicos.org](http://www.tropicos.org), [www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)).

Hemos considerado a una especie como forestal nativo aquella planta leñosa proveniente de un bosque nativo que posee madera o leño (Font Quer, 1953), y que tiene algún beneficio para el hombre (leña, construcción, barrera natural, etc.). Si bien son varias de las especies en la región andina no presentan una altura y diámetro de tronco desarrollado, pero presenta una fisonomía representada por un fuste principal y ramificación por encima de ella, por tanto, aplica consistentemente a las especies arbóreas forestales del ámbito del valle del Cusco.

## Análisis de datos

**Diversidad alfa:** Los valores de diversidad alfa por parcela fueron calculados de dos maneras: considerando cuántas especies fueron encontradas en cada parcela (riqueza) y calculando el valor Alfa de Fisher por parcela. Alfa de Fisher es un índice de diversidad que es sensible ante variaciones de abundancia comparado con otros índices de diversidad (Phillips & Baker., 2002; ter Steege et al., 2006; Huamantupa-Chuquimaco et al., 2018). Los análisis de los datos se realizaron utilizando los softwares estadísticos PAST v 3.01 (Hammer et al., 2001) y R (The R Development Core Team, 2011).

**Estructura y composición:** Para cada parcela y cuenca se calculó los parámetros poblacionales de abundancia relativa, dominancia relativa, frecuencia relativa, a partir de estos para cada cuenca se calculó el índice de Valor de Importancia de especie (IVI) (Curtis & McIntosh, 1951), usando las siguientes fórmulas: Abundancia Relativa:  $DeR_j = 100 \times De_j / \sum De_j$ ; Dominancia Relativa:  $DoR_j = 100 \times Do_j / \sum Do_j$ ; Frecuencia Relativa:  $FR_j = 100 \times F_j / \sum F_j$  y el Índice de Valor de Importancia =  $IVI_j = DeR_j + DoR_j + FR_j$ . Dónde:  $De_j$  es el número total de tallos de la especie  $j$  en todas las parcelas,  $Do_j$  es el área basal total de la especie  $j$  en todas parcelas,  $F_j$  es el número de parcelas donde esta presenta la especie  $j$ .

**Diversidad beta:** El porcentaje de similitud florística entre parcelas fue a través del cálculo del coeficiente de similitud de Bray-Curtis (usando datos de abundancia) (Magurran, 1988). Para representar visualmente las similitudes (o diferencias) de la flora entre sitios, se utilizó dos métodos de ordenación. En el análisis de agrupamiento se usó el índice de distancia de Bray-Curtis (Sorensen cuantitativo) con datos de abundancia para calcular la similitud florística entre parcelas y el promedio de grupos (UPGMA) como método de enlace entre grupos y pares de grupos.

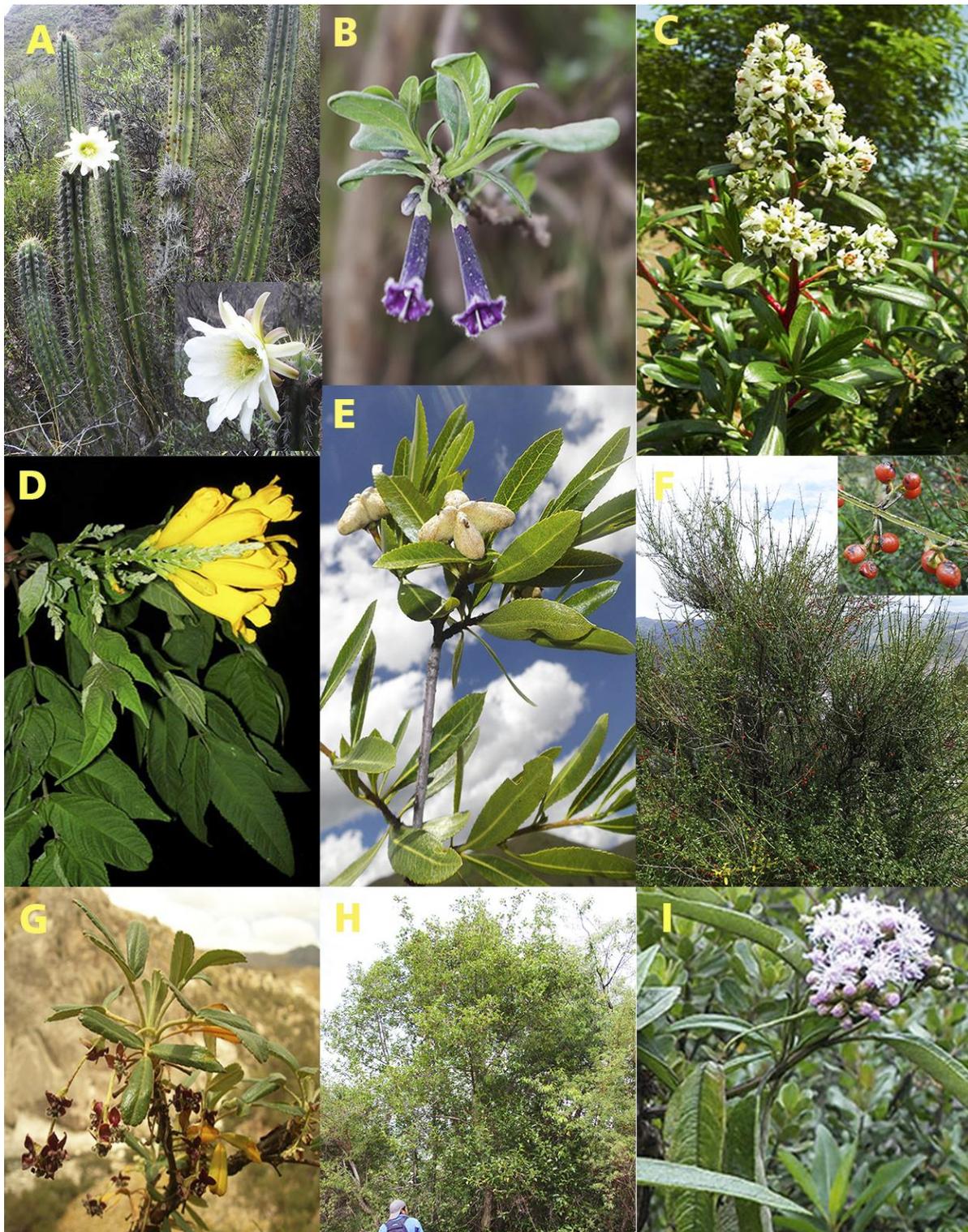
## 3. Resultados

### 3.1. Diversidad alfa y composición florística

Se registraron 28 especies forestales (Figura 3), representadas en 14 familias de plantas leñosas, de estas las familias más ricas en especies fueron: Fabaceae y Rosaceae con 4 especies. Las cuencas de Tankarpata con 15 y Salineras con 13 fueron donde mayor diversidad de especies se registraron (Tabla 2).

**Tabla 1.** Listado general de las especies de árboles forestales evaluados en los 4 afluentes Huatanay (valle del Cusco)

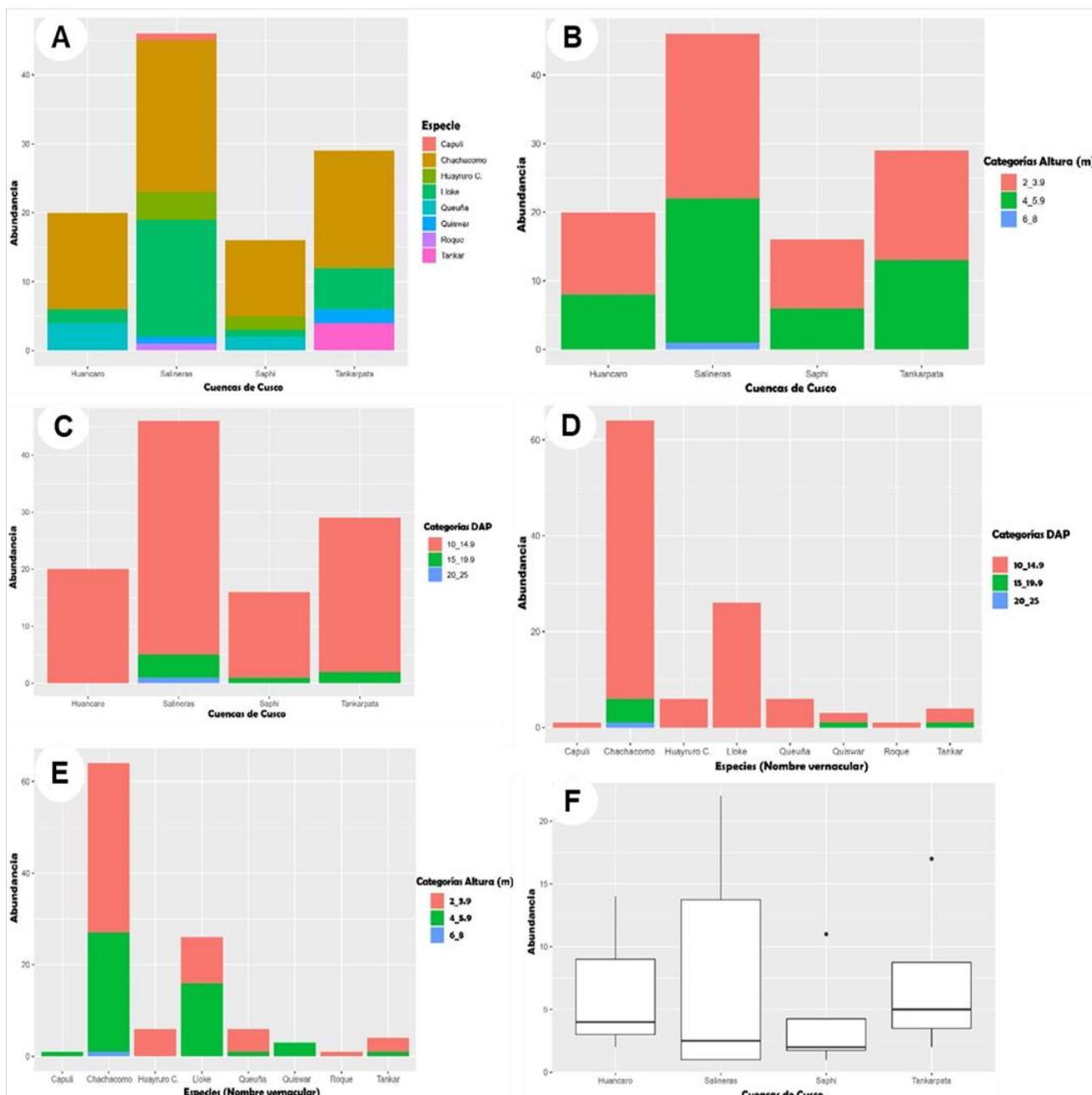
N	Familia	Especie	Nombre vernacular	Huancaro	Salineras	Saphi	Tankarpata
1	Adoxaceae	<i>Sambucus peruvianus</i>	Sauco, Rayan				x
2	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	x	x	x	x
3	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	LLaulli		x		x
4	Asteraceae	<i>Proustia cuneifolia</i>	Upa tankar				x
5	Asteraceae	<i>Arestiguietia discolor</i>	Vino vino		x		
6	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Lambran				x
7	Asteraceae	<i>Baccharis odorata</i>	Tayanka				
8	Bignoniaceae	<i>Tecoma sambucifolia</i>	Huaranhuay		x		x
9	Cactaceae	<i>Echinopsis cuzcoensis</i>	Jahuaq'ollay		x		
10	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacomo	x	x	x	x
11	Fabaceae	<i>Erythrina falcata</i>	Pisonay				x
12	Fabaceae	<i>Senna birostris</i>	Mutuy	x		x	x
13	Fabaceae	<i>Senna versicolor</i>	Mutuy	x	x	x	x
14	Fabaceae	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Tara		x		x
14	Meliaceae	<i>Cedrela angustifolia</i>	Atoc Cedro				x
16	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu		x		
17	Rhamnaceae	<i>Colletia spinosissima</i>	Roq'e		x		
18	Rosaceae	<i>Kageneckia lanceolata</i>	Llok'e	x	x	x	x
19	Rosaceae	<i>Polylepis incana</i>	Queuña	x		x	
20	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Capuli		x		
21	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i>	Queuña			x	
22	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce				x
23	Scrophulariaceae	<i>Buddleja incana</i>	Kiswar		x		x
24	Scrophulariaceae	<i>Buddleja coriacea</i>	Kolle	x			
25	Solanaceae	<i>Dunalia spinosa</i>	Tankar				x
26	Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	Supay karko	x			
27	Verbenaceae	<i>Citharexylum herrerae</i>	Huayruro Cusqueño		x	x	
28	Verbenaceae	<i>Duranta armata</i>	Mote mote		x		
	<b>Total</b>	<b>28</b>		<b>8</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>16</b>



**Figura 2.** Forestales nativos de los 4 afluentes del valle del Cusco (Perú). **A.** *Echinopsis cuzcoensis*, **B.** *Dunalia spinosa*, **C.** *Escallonia resinosa*, **D.** *Tecoma sambucifolia*, **E.** *Kageneckia lanceolata*, **F.** *Citharexylum herrerae*, **G.** *Polylepis incana* y **H.** *Alnus acuminata* y **I.** *Arestiguetia discolor*

### 3.2. Estructura poblacional

En las cuatro microcuencas se evaluaron un total de 111 individuos con  $DAP \geq 10$  cm, estas se distribuyeron en 6 familias y ocho especies forestales, el afluente donde se registraron más individuos y especies fue Salineras con 46 perteneciente a 6 especies (Figura 4). En todas las cuencas la especie *Escallonia resinosa*, fue la más abundante con 64 individuos, seguida de *Kageneckia lanceolata* con 26 individuos (Tabla 2).



**Figura 3.** A. Valores de abundancia de forestales nativos en los cuatro afluentes, B. Distribución de individuos de acuerdo a las categorías de alturas en las 4 cuencas, C. Distribución de individuos de acuerdo a las categorías de diámetros en las 4 cuencas, D. Valores de abundancia de individuos de acuerdo a la categorías diamétricas por especies, E. Valores de abundancia de individuos de acuerdo a la categorías de alturas por especies y F. Variaciones de las abundancias de individuos en los 4 afluentes del valle del Cusco

**Tabla 2.** Listado de especies forestales muestreadas en las parcelas de los 4 afluentes

Familia	Especie	Huancaro	Salineras	Saphi	Tankarpata
Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	14	22	11	17
Rhamnaceae	<i>Colletia spinosissima</i>		1		
Rosaceae	<i>Kageneckia lanceolata</i>	2	17	1	6
	<i>Polylepis incana</i>	4		2	
	<i>Prunus serotina</i>		1		
Scrophulariaceae	<i>Buddleja incana</i>		1		2
Solanaceae	<i>Dunalia spinosa</i>				4
Verbenaceae	<i>Citharexylum herrerae</i>		4	2	
<b>Total</b>	<b>8 sp.</b>	<b>20</b>	<b>46</b>	<b>16</b>	<b>29</b>

### 3.3. Afluente Tankarpata

En la primera parcela (Tankarpata-1), se evaluaron a 13 individuos, pertenecientes a solo dos especies, siendo la más abundante y dominante *Escallonia resinosa* con 11 individuos.

La segunda parcela estuvo representada por cuatro especies y 16 individuos, de ellas la más abundante y dominante fue *E. resinosa* con 6 individuos. Las clases de alturas estuvieron representadas en su mayoría de 3-4 metros y los diámetros entre 10 a 11 de DAP.

Al analizar las dos parcelas en conjunto, se obtuvo que el mayor valor de importancia la obtuvo *E. resinosa* con un IVI de 155.3, lo que implica que esta especie es la de mayor abundancia, dominancia y frecuencia en esta cuenca, es seguida de *Kageneckia lanceolata* con 72.6. El área basal estuvo representada por 0.31 m<sup>2</sup> (Tabla 3).

**Tabla 3.** Valores poblacionales e IVI de especies forestales evaluadas en la afluente de Tankarpata

Especie	Do%	Ab%	Fr%	IVI
<i>Escallonia resinosa</i>	59.4	58.6	33.3	151.3
<i>Kageneckia lanceolata</i>	18.5	20.7	33.3	72.6
<i>Dunalia spinosa</i>	15.4	13.8	16.7	45.8
<i>Buddleja incana</i>	6.7	6.9	16.7	30.3
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### 3.4. Afluente Salineras

Se reportan 46 individuos pertenecientes a seis especies, de estas la parcela 1 (Salineras 1), contiene tres especies con 23 individuos, donde destaca *Escallonia resinosa* con 13 individuos. En la parcela 2, se evaluaron seis especies con 23 individuos, donde destacan *E. resinosa* con 9 individuos y *Kageneckia lanceolata* con 8, cabe resaltar que en esta parcela se registró a *Prunus serotina* en estado natural, aparentemente adaptado a estos bosques (Tabla 7). Las clases de alturas estuvieron representadas en su mayoría de 3-4 metros y los diámetros entre 10 a 11 de DAP.

El valor de importancia más alto la obtuvo *E. resinosa* con un IVI de 121.06, corroborando que es la de mayor abundancia, dominancia y frecuencia en esta cuenca, fue seguida de *K. lanceolata* (93.92). El área basal estuvo representada por 0.51 m<sup>2</sup> (Tabla 4).

**Tabla 4.** Valores poblaciones de las parcelas del afluente de Salineras

Especie	Do%	Ab%	Fr%	IVI
<i>Escallonia resinosa</i>	51.23	47.83	22.22	121.28
<i>Kageneckia lanceolata</i>	34.74	36.96	22.22	93.92
<i>Cytharexylum herrerae</i>	6.46	8.70	22.22	37.38
<i>Buddleja incana</i>	3.64	2.17	11.11	16.92
<i>Prunus serotina</i>	2.36	2.17	11.11	15.64
<i>Colletia spinosissima</i>	1.57	2.17	11.11	14.85
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### 3.5. Afluente Saphi

Se reportan 16 individuos pertenecientes a 6 especies, sin embargo, el área basal total fue de 0.22 m<sup>2</sup>. Las clases de alturas estuvieron representadas en su mayoría de 3-4 metros y los diámetros entre 10 a 11 de DAP. De estas la parcela 1 (Saphi 1), englobó tres especies con 10 individuos, de estas destaca *Escallonia resinosa* con 7 individuos (Tabla 5). En la parcela Saphi 2, se registraron solo dos especies con 6 individuos, de estas destaca *E. resinosa* con 4 individuos (Tabla 5).

El valor de importancia más alto la obtuvo la especie *E. resinosa* con el valor de 233.6, seguida de *Polylepis incana* (77.0). El área basal estuvo representada por 1.63 m<sup>2</sup>, para las 2 parcelas (Tabla 5).

**Tabla 5.** Valores poblacionales de las parcelas del afluente Saphi

Especie	Do%	Ab%	Fr%	IVI
<i>Escallonia resinosa</i>	64.8	68.8	40.0	173.6
<i>Polylepis incana</i>	14.5	12.5	20.0	47.0
<i>Citharexylum herrerae</i>	12.5	12.5	20.0	45.0
<i>Kageneckia lanceolata</i>	8.2	6.3	20.0	34.4
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### 3.6. Afluente Huancaro

Se muestreó un total de 20 individuos pertenecientes a seis especies, de estas 14 fueron de *Escallonia resinosa*, sin embargo, el área basal total fue de 0.22 m<sup>2</sup>. Las clases de alturas estuvieron representadas en su mayoría de 3-4 metros y los diámetros entre 10 a 11 de DAP. De estas la parcela 1 (Saphi 1), se evaluaron dos especies con 9 individuos, de estas destaca E. resinosa con 8 individuos. En la parcela Huancaro 2, se evaluaron tres especies con 11 individuos, donde E. resinosa destaca con 6 individuos.

El valor de importancia más alta la obtuvo la especie *E. resinosa* con el valor de 180.7, lo que implica que esta especie es la de mayor abundancia, dominancia y frecuencia en esta cuenca, es seguida de *Polylepis incana* y *Kageneckia lanceolata* (59.9). El área basal estuvo representada por 1.63 m<sup>2</sup>, para las 2 parcelas (Tabla 6).

**Tabla 6.** Valores poblacionales de las parcelas de afluente Huancaro

Especie	Do%	Ab%	Fr%	IVI
<i>Escallonia resinosa</i>	70	70.7	40.0	180.7
<i>Kageneckia lanceolata</i>	10	9.4	40.0	59.4
<i>Polylepis incana</i>	20	19.9	20.0	59.9
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### 3.7. Diversidad

Diversidad Alfa. De acuerdo con los diferentes índices de diversidad, se muestra que todas las parcelas exhiben una baja diversidad, de estas la que mejor está representada es Salineras 2 con índice de Fisher de 2.63, la cual está definida por las 6 especies y 23 individuos presentes. El índice de Chao-1, muestra que en la parcela Salineras 2 es donde mayor número de especies se puede registrar con hasta 9, las demás no muestran algún posible incremento con mayores muestreos (Tabla 7).

**Tabla 7.** Valores de diversidad Alfa de las parcelas muestreadas en los 4 afluentes

	HU-1	HU-2	SL-1	SL-2	SP-1	SP-2	TK-1	TK-2
Especies	2	3	3	6	3	2	2	4
Individuos	9	11	23	23	10	6	13	16
Fisher alpha	0.79	1.35	0.92	2.63	1.45	1.05	0.66	1.71
Chao-1	2	3	3	9	3	2	2	4

### Diversidad Beta

Similitud. - El análisis de similitud de Bray-Curtis, muestra que entre las 8 parcelas evaluadas existe una mediana a alta similitud, es decir ninguna de las localidades muestra una diferencia consistente en cuanto a su composición. De estas sin embargo las parcelas de Huancaro 2 y Saphi 1, son las más parecidas con un índice de 0.86 y las de menor similitud fueron Saphi 2 con Salineras 1 con 0.34 de índice de Bray Curtis.

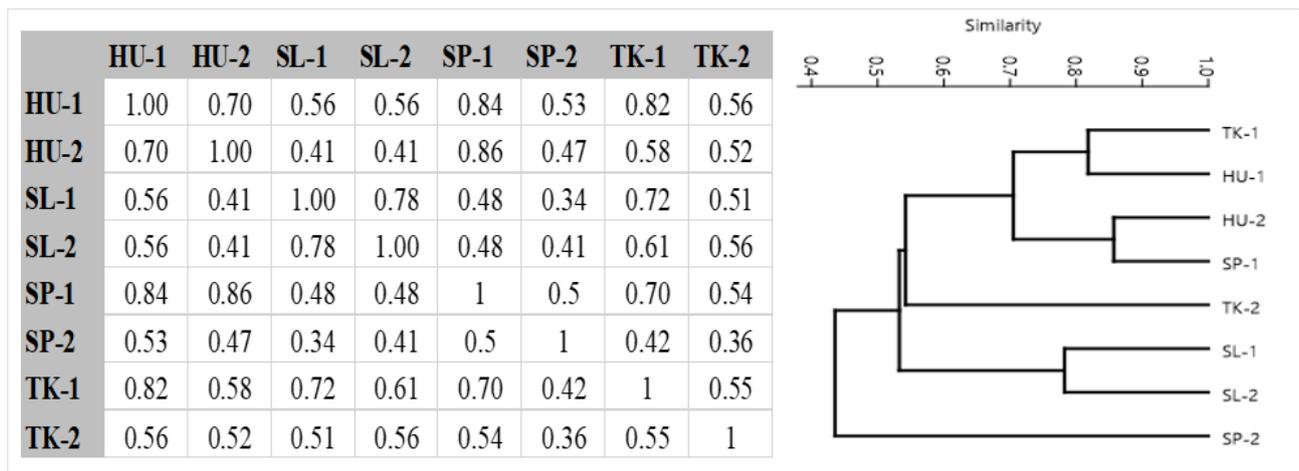


Figura 4. Similitud y UPGMA, mostrando la semejanza y diferencia de las parcelas en cuanto a su composición

## 4. Discusión

### Diversidad y composición

Históricamente la disminución de las poblaciones nativas de forestales se remonta hasta inicios del establecimiento de las culturas pre-incaicas cuando los Chanapata y Marcavalles comenzaron con la domesticación de animales y la agricultura en el valle actual del Cusco (Barreda, 2005), lo cual se continuó con el apogeo de la cultura Inca y posteriormente con la llegada de los europeos y la época republicana. La historia del uso de los recursos vegetales en la región andina es similar ya que a pesar de hacer uso sostenidos desde los primeros pobladores esto fue acumulándose a lo largo de cientos y miles de años, los mismos que se estiman y consideran alrededor del 50 al 60% respecto a su estado original (ECOAN, 2009; Young, 2009; Tejedor et al., 2012).

Las cifras de diversidad que muestran la presencia de tan solo 8 especies identificadas en el inventario cualitativo sugieren que, en el valle del Cusco, en términos cuantitativos se ha perdido más del 60% la densidad y abundancia de forestales nativos en el valle del Cusco. Tupayachi (2005) y Molleapaza (1963) hacen mención que en el bosque montano bajo subtropical y la formación Mesotérmica la composición de especies se calculaba de 10 a 15 especies arbóreas en las diferentes cuencas donde fuera de especies frecuentes forestales se podían apreciar también poblaciones de *Florenzia polycephala*, *Proustia cuneifolia*, *Echinopsis cuzcoensis*, *Maytenus cuzcoina*, *Mutisia acuminata*, *Senna birostris* entre otros los que hoy en día se pueden encontrar raramente y de portes arbustivos o subfúrtices. Al comparar las cifras de diversidad con otros estudios, se evidencia claramente que los bosques del valle del Cusco, se ubican entre los menos diversos y pobres en cuanto a la flora arbórea-leñosa en la región andina (Phillips & Baker., 2002).

Cabe destacar la presencia de la especie *Kageneckia lanceolata* (Iloke) es la segunda especie en valor de importancia en todas las cuencas evaluadas y los relictos evaluados cualitativamente. A pesar de que esta especie ha sido sometida a la deforestación para el uso como combustible y construcción aún mantiene poblaciones en regular densidad y abundancia, una de las ventajas de esta especie es su aparente adaptación a los diferentes impactos antrópicos, como la viabilidad de las semillas, regeneración natural vía asexual, su crecimiento y desarrollo relativamente rápido. Otra de las especies que ha incrementado notablemente sus poblaciones es *Colletia spinosissima* (roque), que a diferencia de las otras especies nativas posee mecanismos de adaptación ventajosa en áreas incendiadas y suelos erosionados en general, este incremento se aprecia en los diferentes relictos alrededores del valle del Cusco.

### Estructura

Los valores de índice del valor de importancia corroboran que, en el valle del Cusco, la especie representativa de los bosques nativos sigue siendo *Escallonia resinosa*, localmente conocidas como los chachacomales, los que fueron descritos como los bosques dominantes y representativos de la formación mesotérmica y componente de relictos de bosque seco interandino (Herrera, 1941; Tovar, 2002; Molleapaza, 1963). Sin embargo, Tovar (2002) destaca que a los alrededores del valle del Cusco se reconocen vestigios de grandes extensiones de bosques nativos de *Escallonia resinosa*, *Cytherexylum herrerae* y *Echinopsis cuzcoensis* en las diferentes cuencas,

por tanto, para ese tiempo ya se conocía de las escasas poblaciones de estas especies y la flora acompañante. En nuestras evaluaciones registramos algunos de estos relictos en pocos tramos de las cuencas de Salineras y Tankarpata principalmente, otro lugar observado con relictos de estas especies ya asociadas es en la zona de Tikapata donde aún se observó varios árboles de Chachacomo y Jahuaqollay que los pobladores refieren como naturales y no plantados.

### Diversidad beta

Nuestros resultados tanto del muestreo cuantitativo y cualitativo, revelan que la diversidad y composición de las poblaciones de forestales nativos en el valle del Cusco, se están perdiendo en gran proporción. Se corrobora con el hallazgo en las cuatro cuencas de tan solo 24 especies, también con la escasa presencia de relictos de áreas reducidas y poco conservadas, las poblaciones están representadas en apenas un promedio de 13.5 individuos por un área de 1000 m<sup>2</sup> (0.1 ha) y entre 3 a 5 especies. Tovar (2002), describe al valle del Cusco como la zona de fondo de valle perteneciente a la provincia Mesoandina comprendida entre los 2000 hasta los 3400 msnm, en ella hace mención a la vegetación y su composición principalmente en los alrededores del valle del Cusco, donde describe a especies forestales más frecuentes como: *Escallonia resinosa*, *Schinus molle*, *Tecoma sambucifolia*, *Caesalpinia spinosa*, *Juglans neotropica*, *Cedrella angustifolia*, *Alnus acuminata*, *Buddleja longifolia*, *Erythrina falcata*, *Echinopsis cuscoensis*, *Proustia pungens*, *Kageneckia lanceolata* y *Citharexylum herrerae*. De estas especies en el presente estudio no se registraron *Cedrella angustifolia*, *Erythrina falcata*, *Juglans neotropica*, *Buddleja longifolia*, los cuales eran frecuentes encontrarlas en forma natural según Tovar (2002), hoy en día se conocen estas especies como plantaciones que forman parte de la flora ornamental y urbanística. Prueba de la existencia de las especies mencionadas, son las escasas poblaciones relictos que se encuentran como: *Tecoma sambucifolia* y *Alnus acuminata* en el afluyente de Tankarpata, las cuales actualmente están confinadas a las acequias de regadío de cultivos.

### Conclusiones

En el valle del Cusco, las cuatro microcuencas de Huancaro, Salineras, Saphi y Tankarpata, en las 8 parcelas de 0.1 ha evaluadas, estuvo constituida por 111 individuos, que comprende 28 especies forestales, representadas en 14 familias botánicas, de estas las más ricas en especies fueron: Fabaceae y Rosaceae con 4 especies. Las cuencas de Tankarpata con 15 y Salineras con 13 fueron donde mayor diversidad de especies se registraron; el afluyente donde se registraron más individuos y especies fue Salineras con 46 perteneciente a 6 especies.

En todas las microcuencas la especie *Escallonia resinosa*, fue la más abundante con 64 individuos, seguida de *Kageneckia lanceolata* con 26 individuos. Los DAP estuvieron representados frecuentemente entre los 11 - 13 y las alturas entre los 3 a 5 metros.

La diversidad alfa se considera baja. El análisis de similitud muestra que entre las 8 parcelas son altamente similares, dado que gran parte de las especies son compartidas entre las 3.

### Agradecimientos

Al Dr. Alfredo Tupayachi Herrera, por su valioso apoyo en el conocimiento de la flora nativa en el valle del Cusco. Asimismo, a Danae Arque, Silvia Nailud, Daysi Huaman, Manuel Marca, Fariza Coyori, Gladys Quispe quienes colaboraron en el trabajo de campo. Al personal administrativo y al equipo del herbario CUZ. Finalmente, expresamos nuestro reconocimiento a Miguel Luza por su ayuda en la elaboración de los mapas temáticos de las áreas de muestreo y al Dr. José Luis Marcelo Peña por su valiosa contribución en la revisión del manuscrito.

### Financiamiento

El presente trabajo no tuvo financiamiento alguno.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de ninguna índole durante el desarrollo del estudio y su publicación.

## Contribución de autores

Huamantupa-Chuquimaco, I., Mostajo-Zavaleta, M. N. y De La Torre-Mayorga, F.: conceptualización, análisis formal, metodología, investigación, curación de datos, escritura (preparación del borrador final), redacción (revisión y edición).

## Referencias bibliográficas

- Aragón Romero, J. I., & Chuspe Zans, M. E. (2018). *Ecología geográfica del Cusco las ecorregiones, pisos ecológicos y sistemas ecológicos terrestres del Cusco* (1st ed.). Ciencias naturales y Matemáticas.
- Barreda, M. L. (2005). *Los medios de Subsistencia Andinos en el Pre cerámico* (1st ed.). Historia Natural del Valle del Cusco.
- Campbell, D. G., Daly, D. C., Prance, G. T., & Maciel, U. N. (1986). Quantitative Ecological Inventory of Terra Firme and Varzea Tropical Forest on the Rio Xingu, Brazilian Amazon. *Brittonia*, 38(4), 369. <https://doi.org/10.2307/2807085>
- Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476–496. <https://doi.org/10.2307/1931725>
- ECOAN. (2009). *Seminario de bosques andinos*. Asociación De Ecosistemas Andinos. [www.ecoanperu.org](http://www.ecoanperu.org)
- Font Quer, P. (1953). *Diccionario de Botánica* (1st ed.). PENÍNSULA.
- Galiano, W., Tupayachi, A., & Nuñez, P. (2005). Flora del Valle del Cusco. *Historia Natural Del Valle Del Cusco.*, 197–232.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9. [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf)
- Herrera, F. L. (1941). *Sinopsis de la Flora del Cuzco. Tomo I. Parte Sistemática by Fortunato L.* (6th ed.). Berkeley California Botanical Society.
- Holdridge, L. (1969). Estudio ecológico de los bosques de la Región oriental del Paraguay. *Informe Del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Gobierno de Paraguay, Asunción*, 19.
- Huamantupa-Chuquimaco, I., Luza-Victorio, M. A., Linares-Palomino, R., & Molleapaza-Arispe, E. (2018). Woody plant diversity in seasonally dry tropical forests of Urubamba Basin, a threatened biodiversity hotspot in southern Peru. *Tropical Ecology*, 58(3), 555–571. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20183161431>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Molleapaza, A. (1963). *Apuntes para el estudio de la Flora y Vegetación del Valle del Cusco- Sacsayhuaman*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Phillips, O., & Baker, T. (2002). Field Manual for Plot Establishment and Remeasurement. Publicado en el Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima 113: 2000. In *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima* (1st ed.). FORESTPLOTS. [https://forestplots.net/upload/manualsenglish/rainfor\\_field\\_manual\\_en.pdf](https://forestplots.net/upload/manualsenglish/rainfor_field_manual_en.pdf)
- Tejedor, N., Álvarez, E., Arango, S., Araujo, A., Blundo, C., Boza, T. E., La Torre, M. A., Gaviria, J., Gutiérrez, N., Jørgensen, P. M., León, B., López, R., Malizia, L., Millán, B. B., Moraes, M., Pacheco, S., Rey, J. M., Reynel, C., Timaná, M., ... Newton, A. C. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Biodiversidad y Conservación de Bosques Neotropicales*, 21(1–2). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/34>
- ter Steege, H., Pitman, N. C. A., Phillips, O. L., Chave, J., Sabatier, D., Duque, A., Molino, J.-F., Prévost, M.-F., Spichiger, R., Castellanos, H., von Hildebrand, P., & Vásquez, R. (2006). Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature*, 443(7110), 444–447. <https://doi.org/10.1038/nature05134>
- The Angiosperm Phylogeny Group, Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., Mabberley, D. J., Sennikov, A. N., Soltis, P. S., & Stevens, P. F. (2016). An update of the

- Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- The R Development Core Team. (2011). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (Vol. 1). Stony Brook University. <https://ringo.ams.stonybrook.edu/images/2/2b/Refman.pdf>
- Tovar, O. (2002). *Panorama Fitogeográfico del Perú*. Enciclopedia temática del Perú. Tomo II. Milla Batres.
- Tupayachi, A. (2005). Flora de la Cordillera de Vilcanota. *ARNALDOA*, 12(1–2), 126–144.
- Valverde, A. M. (1986). El Bosque de Chachacomo- Escalonia resinosa (R et P) Pers de la Quebrada de Kari-Callachaca- Cusco. *Seminario Curricular UNSAAC*.
- Young, K. R. (2009). Andean Land Use and Biodiversity: Humanized Landscapes in a Time of Change. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 96(3), 492–507. <https://www.jstor.org/stable/40389947>