



Article scientific

Characterization of functional traits of *Parkia panurensis* “Pashaco colorado” in hill forest

Dhara Katherin Domínguez León ^a, Edilberto Díaz Quintana ^a, Cleide Santos Flores ^a, Jenri Ruiz Gonzales ^a and Alexander Mesías Morales ^a

^a Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

ITEM INFORMATION

Published: 2023-06-28
Accepted: 2023-06-26
Received: 2023-03-24

Keywords:

Maximum height
Stem diameter
Crown parameters
Density

ABSTRACT

The research sought to know what would be the characteristics of the functional traits of *Parkia panurensis* "pashaco colorado" in low and high hills? with the purpose of determining the number of individuals per hectare, the morphometry of the individual and its crown, the differences in leaf size, leaf area and specific leaf area, as well as the difference in basic density. Covering an area of 23.02 ha of BRUNAS, evaluating 14 MUs of 0.05 ha in each block, using the descriptive and cross-sectional method, being necessary to use the proposals of several authors to achieve each proposed objective. Concluding, with 6.89 ± 0.99 trees/ha on low hill and 7.02 ± 1.77 trees/ha on high hill. The maximum height 75% in the middle stratum of high hills and 42.86% in the upper stratum of low hills. The diameter on low hill is 10-20 cm higher with 42.85% and on high hill it is 20-30 cm with 25%. In crown height the average is 9.57 m on a low hill and 6.50 m on a high hill. Crown parameters show subtle differences on low and high hills. And as for the foliar traits and the basic density of the wood, there are no marked differences.

Caracterización de rasgos funcionales de *Parkia panurensis* “Pashaco colorado” en bosque de colina

RESUMEN

La investigación busco saber ¿Cuáles serían las características de los rasgos funcionales de *Parkia panurensis* “pashaco colorado” en colinas bajas y altas? con el propósito de determinar la cantidad de individuos por hectárea, la morfometría del individuo y su copa, las diferencias en tamaño foliar, área foliar y área foliar específica, así como también la diferencia de la densidad básica. Cubriendo un área de 23,02 ha del BRUNAS, evaluándose 14 UM de 0,05 ha en cada bloque, usando para ello el método descriptivo y transversal, siendo necesario usar las propuestas de varios autores para el logro de cada objetivo propuesto. Concluyéndose, con $6,89 \pm 0,99$ árb./ha en colina baja y $7,02 \pm 1,77$ árb./ha en colina alta. La Altura máxima 75% en el estrato medio de colinas altas y 42,86% en el estrato Superior de colinas bajas. El diámetro en colina baja es superior en 10-20 cm con el 42,85 % y en colina alta es de 20-30 cm con el 25%. En altura de copa el promedio es 9,57 m en colina baja y 6,50 m en colina alta. Los parámetros de copa muestran sutiles diferencias en colinas bajas y altas. Y en cuanto a los rasgos foliares y la densidad básica de la madera no existen diferencias marcadas.

Palabras clave:

Altura máxima
Diámetro de fuste
Parámetros de copa
Densidad



<https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v2i1.15>



INTRODUCCIÓN

La gran importancia de los ecosistemas boscosos en el mundo está en albergar la alta biodiversidad de especies de fauna y flora de la Tierra, así como el de proveer bienes y servicios ecosistémicos a los pueblos del mundo. Por esta razón, revisten de mucha jerarquía las investigaciones correspondientes a las diversas especies forestales, con el afán de encontrar la funcionalidad que cumplen con el ecosistema, como pueden ser la fijación, así como el almacenamiento del carbono, regulación hídrica, protección del suelo, protección de fauna silvestre, etc.

Esta funcionalidad de las especies forestales en los ecosistemas está relacionada con la biodiversidad a través de algunos rasgos funcionales de los árboles, estas cualidades son innatas por cada una de las especies de árboles. Estos rasgos funcionales nos sirven de indicador o predictor de los vegetales respecto a los factores medioambientales y comprender mejor el comportamiento del cambio climático y sus posibles respuestas con la mitigación de sus efectos. Asimismo, se ha encontrado que el área foliar y el área foliar específica como rasgos funcionales se encuentran altamente vinculados con comportamientos de los vegetales como su crecimiento.

Hay reportes de las características vegetales en medios boscosos con intervención humana donde Alcázar y Ramírez (2011) en un ecosistema boscoso de Magdalena Medio, reportan que, dichos medios aún poseen muchas variedades de comunidades de plantas, muy diverso, grado de endemismo y varias especies amenazadas que necesitan que se conserven y aprovechen de manera sostenible; estos individuos poseen rasgos funcionales relacionados con el crecimiento de los árboles, con su capacidad de resistir a las sequías, las características de las hojarascas, la descomposición y la capacidad de liberar nutrientes (López, 2015), siendo la respuesta funcional de las especies que se encuentran asociadas a su estrategia regenerativa (Ortiz, 2018), motivo por el cual el área foliar específica, área foliar y la densidad básica de la madera para una especie arbórea es variable de acuerdo a la zona de vida o al gradiente altitudinal (Zelada y Reynel, 2019).

Además, bajo condiciones de la cuenca media del Huallaga, Díaz (2018) registró que en un bosque se encontró a la especie forestal *Parkia panurensis* y en otra parcela contiguo sobresalió *Senefeldera inclinata* concluyendo que cada parcela posee características estructurales particulares a pesar de que se encuentran muy cercanas en el mismo ecosistema boscoso, estos reportes se mantuvieron en el tiempo (Vela, 2019; Bocanegra, 2021), añadiendo por Aguirre *et al.* (2019) que el 66,6% de las especies presentaban estrategias de conservación conservativas, y el 33,4% restantes pertenecían a especies adaptativas. Prosiguiendo el recorrido del río Huallaga en el bosque comunal del caserío Lejía del departamento de San Martín, Salazar (2022) registró a la especie *Parkia nitida* mientras que Martel (2021) en el caserío de Maronilla no encontró ningún individuo de ninguna especie del género indicado.

La *P. panurensis* en investigaciones realizadas empleando parcelas permanentes de medición como unidad de muestreo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), muestra una alta abundancia, motivo por el cual con la presente investigación busca caracterizar esos rasgos funcionales y buscar si están asociados a una estrategia adaptativa o conservativa frente a la mitigación de los efectos por el cambio de clima en el Perú.

Por tal razón, reviste de mucha importancia investigar sobre el comportamiento de los rasgos funcionales en ecosistemas tropicales de bosques de colinas bajas y altas, con el propósito de conocer las respuestas de las especies a las variaciones que vienen imponiendo la parte ambiental y se explique ecológicamente la asociación del árbol con su hábitat abiótico y biótico (Violle *et al.*, 2007), en ambientes donde se presenta elevada diversidad de plantas relacionadas con varios tamaños, variadas arquitecturas y características morfológicas (Andrade, 2005). Asimismo, conocer el comportamiento de las especies arbóreas y plantas en general, así como su adaptación al cambio climático, los tipos de bosques con sus gradientes altitudinales son de suma importancia para determinar los rasgos funcionales que influyen en el comportamiento de cada una de las especies con su posible adaptación frente al cambio de clima que viene aquejando a todo el mundo (Valenzuela *et al.*, 2015).

En la actualidad estamos ante una real manifestación del cambio climático con sequías prolongadas, incendios forestales, inundaciones, epidemias, como las más importantes, por tal razón, la presente investigación sobre los rasgos funcionales del *P. panurensis* en colinas bajas y altas del BRUNAS, será vital porque ayudará a dar seguimiento al estado de la biodiversidad frente a posibles riesgos ambientales como los incendios forestales. Con ese propósito, conocer las diferencias existentes del área que ocupan las hojas, el área foliar específica, así como la densidad básica de la madera, nos ayudará a entender los rasgos funcionales asociados al crecimiento y la absorción de agua, así como también a la acumulación de carbono en la planta. Haciendo que esta investigación se constituya en la línea base, por las pocas investigaciones realizados sobre los rasgos funcionales para los ecosistemas boscosos del trópico de Tingo

María. La investigación planteo como objetivo describir las características de los rasgos funcionales de *Parkia panurensis* “Pashaco colorado” en colinas bajas y altas.

MATERIALES Y METODOS

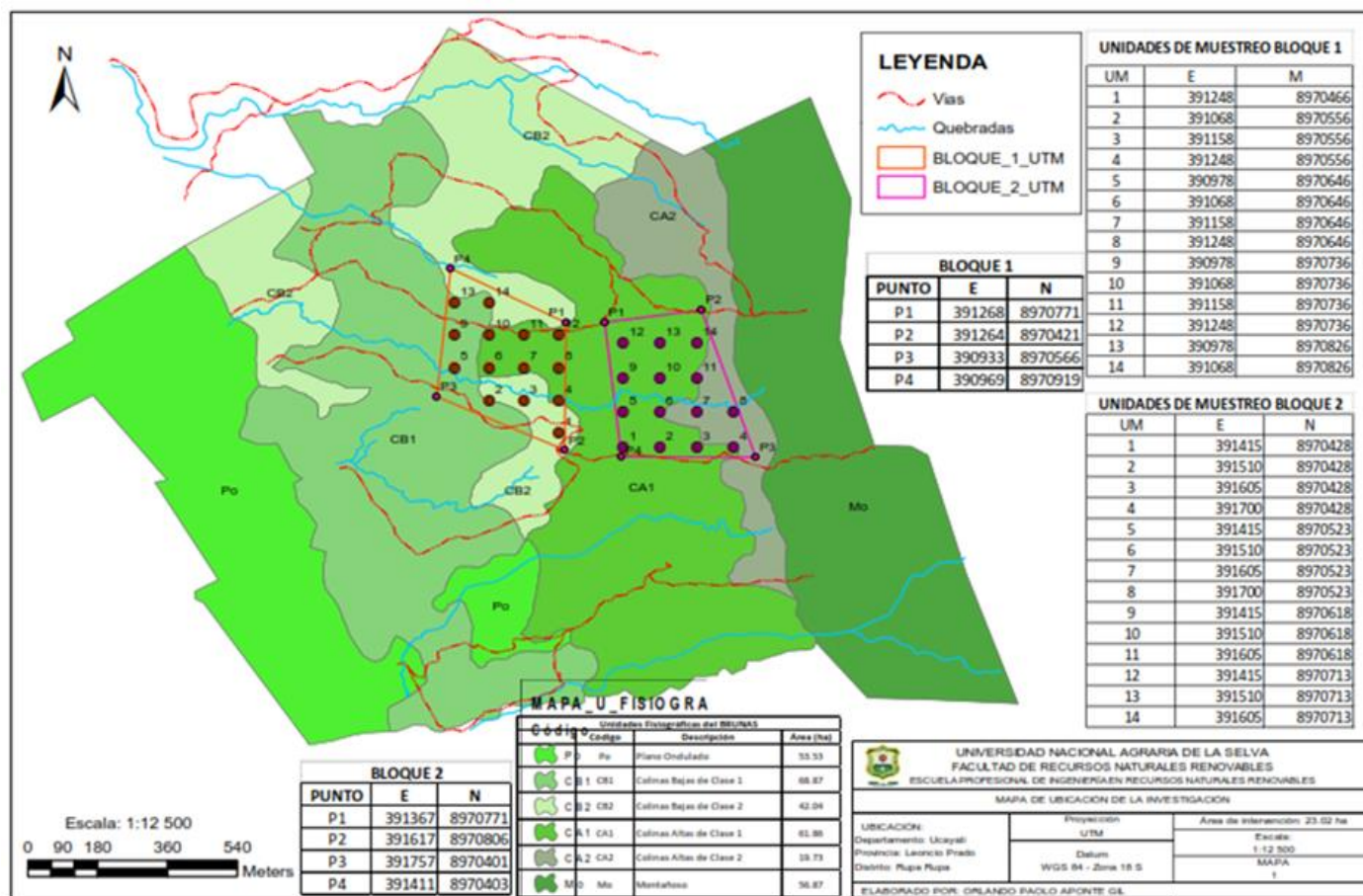
Lugar de ejecución

El presente estudio se ejecutó en un área aproximada de 23,02 ha (**Figura 1**) dentro del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), dividido en dos bloques, bloque I que abarca como área a 11,34 ha ubicado en el bosque de colina baja y el bloque II con un área de 11,68 ha ubicado en el bosque de colina alta. Asimismo, el acceso se localiza por la carretera central a 1,21 km desde la ciudad de Tingo María, en la margen derecha del río Huallaga.

Políticamente la investigación se sitúa en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado del departamento de Huánuco. Según el orden de las zonas de vida o arreglos vegetales en el planeta y la gráfica bioclimática elaborado por Holdridge (1971), la ciudad de Tingo María está situada en el desarrollo vegetal de bosque premontano tropical excepcionalmente húmedo (bmh - T) y a 660 msnm de gradiente altitudinal, donde la temperatura anual es 24,0 °C y la precipitación anual acumulada asciende a 3 200 mm. En cuanto a las condiciones de clima (SENAMHI, 2022), el distrito presenta elevada precipitación a través del año con una media de 3 714,0 mm, las lluvias más notorias ocurren entre el periodo desde octubre hasta mayo, siendo el máximo registro en el mes de noviembre con media mensual de 675,46 mm, en donde se tiene un 87% de humedad relativa.

Figura 1

Mapa de ubicación del área de investigación



Cantidad de individuos de la especie *P. panurensis* en colinas bajas y altas

Se realizó previamente un inventario forestal, utilizando bloques convencionales con distribución sistemática de las unidades de muestreo en el interior del bloque, utilizándose dos bloques, uno en colina baja y otro en colina alta, con esta metodología se obtuvo la cantidad de árboles de la especie en cada bloque expresado por hectárea.

La población estuvo constituida por los árboles cuya característica primordial fue que presentaran mayor o igual a 10 cm de DAP, además estuvieron presentes en dos bloques sobre un área de 23,02 ha de colinas bajas y altas del BRUNAS. Los polígonos (**Tabla 1**) tienen la siguiente información:

Tabla 1

Coordenadas de los polígonos del área investigada

Bloque	Puntos	Este	Norte	Altitud (msnm)
I	P ₁	391268	8970771	826
	P ₂	391264	8970421	800
	P ₃	390933	8970566	739
	P ₄	390969	8970919	742
II	P ₁	391367	8970772	860
	P ₂	391616	8970807	952
	P ₃	391550	8970380	952
	P ₄	391411	8970403	841

Para el cálculo de las unidades muestrales dentro de cada uno de los polígonos de cada bloque, se utilizó la fórmula para inventarios de población infinita.

Tabla 2

Cálculo de las unidades de muestreo

Tamaño de muestra ($n = CV^2 * t^2 / E^2$)			Información del área		$d = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{n}}$	
CV(%)	E(%)	Interv. Conf.	Tamaño de muestra	Áreas (ha)	Situación	Distancia de la grilla (m)
41%	23%	95%	14*	B1=11,34	Bosque Reservado	90
41%	23-%	95%	14*	B2=11,68	de la UNAS	90

*El resultado del cálculo es 12,71 unidades muestrales por cada bloque, pero al momento de realizar la distribución de estas unidades en el SIG, dan 14 UM en cada uno de los bloques.

Para la muestra y el muestreo, se empleó un diseño de muestreo sistemático sobre la base de un punto aleatorio, con estratificación en bloques por tipo de colina (baja y alta), considerando un margen de error de muestreo permisible de 23,0% con un nivel de confiabilidad del 95%. Las distribuciones de las unidades de muestreo (UM) fueron realizadas sobre un distanciamiento de grilla de 90 m que fue calculada por medio de la fórmula de Dauber (1995) y el distanciamiento entre puntos fue 90 m vinculada al área de investigación con el número de UM. En dicha grilla se calculó matemáticamente para la distribución de las UM de forma alineada en el espacio estudiado (distribución sistemática).

La forma de las unidades de muestreo fue basada en un círculo donde el área abarcada fue 0,05 ha (500 m²). Se usó estas formas de parcelas, debido a que varios estudios de poblaciones en bosque tropical de Latinoamérica y Centro América exhortan el uso de UM de forma circular con área de 500 m², debido a que tiene buen rendimiento de muestreo y es menos costoso que otras formas y dimensiones de parcelas. Además, la unidad de análisis estuvo representado por un árbol. Conforme a lo señalado, el área de la muestra abarcó 1,4 ha (14 000 m², 28 UM x 500 m²), de acuerdo con el muestreo estadístico utilizado.

El muestreo utilizado fue el probabilístico y por conveniencia y como ya se detalló en los incisos precedentes, para el cálculo del tamaño y diseño de muestreo, en la ecozona de selva alta. Según la metodología del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - INFFS (SERFOR, 2019) y sustentado de acuerdo a la publicación de Hernández *et al.* (2004).

Diferencia de la morfometría de árboles y copa en colinas bajas y altas

Altura máxima. Se tomaron medidas de la totalidad de árboles cuya característica primordial fue que su fuste midiera igual o mayor a 10 cm de DAP, utilizando el método indirecto, con el uso del clinómetro, siguiendo el protocolo que propuso Chave (2005) en el manual de campo para medir la altura del árbol en los árboles tropicales. Y para calificar las categorías funcionales de altura total del árbol se utilizó los estratos arbóreos que propuso Finegan *et al.* (1999), donde se consideró a la altura máxima del árbol cuando dicho individuo logra alcanzar la madurez reproductiva, siendo las categorías de estratos los siguientes: Estrato arbóreo inferior ($\leq 4,9$ m), estrato arbóreo medio (5-24,9 m), estrato

arbóreo superior (25-34,9 m) y estrato emergente (> 35 m).

Diámetro de fuste. Se ha medido a la totalidad de árboles con DAP superior o igual a 10 cm en cada una de las áreas de las unidades de muestreo, utilizando cinta diamétrica. Para la distribución por clases diamétricas se consideró las siguientes clases funcionales: 10 a 20 cm, 20 a 30 cm, 30 a 40 cm, 40 a 50 cm, 50 a 60 cm, 60 a 70 cm, 70 a 80 cm y > 80 cm.

Diámetro de copa. Se procedió midiendo la proyección de la copa del árbol sobre la superficie del suelo, midiendo de preferencia en los cuatro puntos cardinales (Este, Oeste, Norte y Sur), se usó para ello una brújula (Azimut), una wincha y/o distanciómetro láser, para medir la distancia de la proyección de copa, desde el fuste hasta la posición del observador o personal de apoyo. Se calculó utilizando las fórmulas propuestas por Andrade y Cerda (2022):

$$Dc = \frac{\sum_{i=1}^n Dci}{n} \quad Ac = \frac{\pi}{4} Dc^2$$

Donde:

Dci = diámetro en los cuatro puntos cardinales, N, E, S y O

n = número de mediciones del diámetro

Dc = sumatoria de los diámetros dividido entre el número de mediciones

Ac = Área de copa

Altura de copa. Para el cálculo de la altura de copa, conocido también como largo de copa, se usó la diferencia existente de la altura máxima con la altura hasta la inserción de la primera rama del árbol, conocido también como altura comercial.

Parámetros de copa. Se consideró determinar el porcentaje de copa, forma de copa, índice de copa, manto de copa, índice de espacio vital y la robustez o esbeltez (Arias, 2005).

Diferencia del tamaño foliar, área foliar y área foliar específica, en colinas bajas y altas

Tamaño foliar. Se utilizó una regla graduada para la medición de la hoja, los foliolos y los foliolulos de las hojas compuestas de *Parkia panurensis*. Siguiendo para ello lo propuesto por (Cornelissen *et al.*, 2003).

Área foliar. Para la estimación del área foliar (cm²) se utilizó un medidor de área foliar portátil marca BIOBASE modelo LAM-A perteneciente al Laboratorio de Certificación de Semillas de la Escuela Profesional de Ing. en Recursos Naturales Renovables, para ello se seleccionó una hoja completa de la especie *Parkia panurensis*, sin daño morfológico alguno.

Área foliar específica. Para este variable, se hizo a través del peso seco en estufa - por un periodo tres días a 70°C - para luego aplicar la relación recomendada por Pérez *et al.* (2004):

$$\text{Área foliar específica} = \text{Área foliar (cm}^2\text{)}/\text{peso seco (g)}.$$

Tipo de hoja. Se determinó si la hoja es simples o compuestas mediante la clasificación de Flores (2016).

Contenido foliar de fósforo. Se tomó una muestra compuesta de las hojas de aproximadamente un (01) kg *P. panurensis*. El contenido de fósforo se determinó mediante el método de espectrofotometría (McKean *et al.*, 1993; UCV, 2013).

Contenido foliar de nitrógeno. Se determinó tomando una muestra de las hojas de aproximadamente un (01) kg de *P. panurensis*. El contenido de nitrógeno se estimó por el método de combustión Kjeldahal (McKean *et al.*, 1993; UCV, 2013).

Diferencia de la densidad básica en colinas bajas y altas

Para esta variable, se utilizó la metodología propuesta por Zelada y Reynel (2019) para ello se empleó una tijera de mano, se extrajo dos segmentos, de cada rama colectada por árbol. La longitud de los segmentos fue de 10 cm. Con estos segmentos, se estimó la densidad básica a través de la fórmula: densidad básica de la madera = peso seco (g)/volumen verde (cm³); donde, el peso seco se obtuvo colocando los segmentos en estufa (por 76 horas a 100°C) y el volumen verde empleando el método conocido como dimensional o de Arquímedes. Luego, se promedió aritméticamente los valores de cada segmento obteniendo un solo valor por árbol.

Finalmente, el cálculo de la densidad básica se realizó considerando la corteza de la rama (Baraloto *et al.*, 2010; Sarmiento *et al.*, 2011; Álvarez *et al.*, 2013).

Luego del trabajo de colecta de datos con la metodología y diseño descritos, se definió los criterios y se ordenó la base

de datos para su posterior análisis utilizando la estadística descriptiva (media, error estándar y coeficiente de variación). Con el fin de comparar los parámetros morfométricos y densidad básica se empleó la prueba T Student para dos muestras independientes (colina baja y colina alta).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cantidad de individuos de la especie *P. panurensis* en colinas bajas y altas

Con el método utilizado se encontró siete individuos en colina baja y ocho en colina alta, obteniéndose un promedio de $6,89 \pm 0,99$ árboles por hectárea en colina baja y $7,02 \pm 1,77$ árboles por hectárea en colina alta (**Tabla 3**). Al respecto en la PPM I, ubicada según la metodología de nuestra investigación en colina baja, Díaz (2018) encontró que la especie *P. panurensis* contaba con $65 \pm 22,97$ individuos/ha. Además de mostrar valores sobresalientes de la dominancia y frecuencia. En la PPM IV que de acuerdo con nuestra metodología se encuentra en colina alta *P. panurensis* muestra un solo individuo/ha en comparación con lo encontrado en colina baja, según lo reportado por Vela (2019).

Tabla 3

Número de individuos por colina y por hectárea.

Colina	Especie	N° ind.	Rango de DAP (cm)	Prom. DAP (cm)	Prom. Altura (m)	Prom. árb./ha	E%
Baja	<i>P. panurensis</i>	7	10 a 59,6	28,64	21	$6,89 \pm 0,99$	14,47
Alta	<i>P. panurensis</i>	8	13 a 76,5	41,48	19,63	$7,02 \pm 1,77$	25,30

Los resultados obtenidos (**Tabla 3**) superan a los valores que registraron Bocanegra (2021) en la PPM V ubicada en el BRUNAS donde encontró solo un (01) individuo en una hectárea de muestreo, así como por parte del MINAM (2015) que en Bosque de terrazas alta obtuvo 3 individuos de una densidad de 559 ind/ha y en otra parcela de 470 ind/ha no se encontró a la especie en estudio; ninguna presencia de esta especie en dos parcelas del Bosque de terrazas bajas inundables así como en Bosque de colinas bajas moderadamente disectadas, pero en el caso del Bosque de colina baja ligeramente disectada se observó en la primera parcela (609 árboles/ha) a 7 individuos, en una segunda parcela (529 árboles/ha) se registró a 13 individuos. Comportamientos diferibles debido a la variabilidad de los ecosistemas boscosos siendo influenciados por el clima, el sistema edáfico o el grado de intervención humana, siendo este último factor de suma importancia ya que Salazar (2022) en el caserío de Lejía solamente encontró un individuo de *P. nitida* con 59,27 cm de Dap y 18,00 m de altura debido a que anteriormente había intervención humana, a esto se suma la ausencia de individuos en otra parcela evaluada por Martel (2021) ubicado a 639 msnm en el caserío de Maronilla, dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul.

Diferencia de la morfometría de árboles y copa en colinas bajas y altas

La altura máxima de *P. panurensis* estuvo concentrada en un 57,14 % en colina baja y en 75 % en colina alta en el estrato arbóreo medio. No se lograron encontrar individuos de la especie menores a cinco metros, ni mayores a 35 metros en esta investigación (**Tabla 4**). Al respecto, Vela (2019) encontró que *P. panurensis* obtuvo el mejor promedio de altura (33 m) y Salazar (2022) registró un individuo con 18 m, es decir los resultados se encuentran en esa categoría de arbóreo superior, con 42,86 % en colina baja y 25 % en colina alta.

Tabla 4

Porcentaje por categoría de altura máxima en colina baja y alta

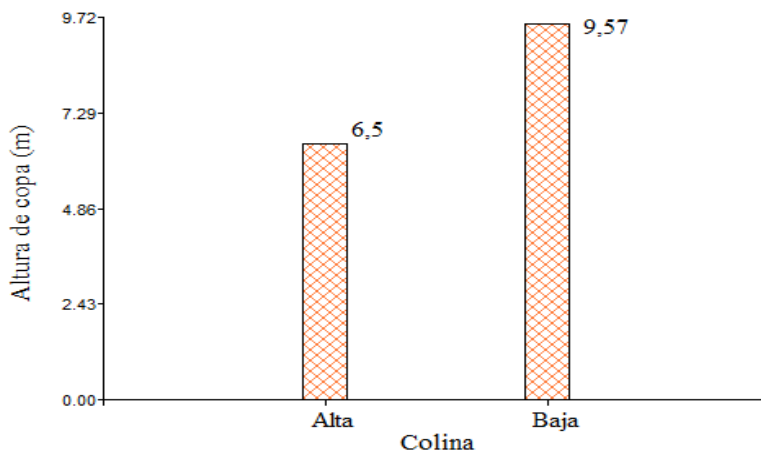
Categoría altura máxima		Colina Baja		Colina Alta	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
<4,99	Arbóreo inferior	0	0	0	0
5 - 24,99	Arbóreo medio	4	57,14	6	75,00
25 - 34,99	Arbóreo superior	3	42,86	2	25,00
>35	Emergente	0	0	0	0
Total		7	100	8	100

En esta investigación se encontró que las especies de *P. panurensis* en colina baja de acuerdo con el rasgo funcional diámetro, se ubican en un 42,85 % en el rango de 10 – 20 cm de DAP, mientras que en colina alta existe una distribución más uniforme, siendo un 25 % en el rango de 20 – 30 cm y 40 – 50 cm de DAP (**Tabla 5**). En lo que corresponde a colina alta, Aguirre (2019) encontró que los árboles evaluados se encuentran en un 53,9 % entre 10 – 20 cm de DAP, encontrándose estrecha relación con nuestros resultados.

Tabla 5*Porcentaje por categoría de DAP en colina baja y alta*

DAP (cm)	Colina baja		Colina alta	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
10 - 20	3	42,85	1	12,50
20 - 30	1	14,29	2	25,00
30 - 40	2	28,57	1	12,50
40 - 50	0	0	2	25,00
50 - 60	1	14,29	0	0
60 - 70	0	0	1	12,50
70 - 80	0	0	1	12,50
>80	0	0	0	0
Total	7	100,00	8	100,00

La altura de copa permite definir cuál será el porcentaje del árbol destinado al alto de copa. Lo cual se constituye en un parámetro importante para el control de calidad de los datos de campo de cada una de las especies y sobre todo de las de interés comercial, cuando esta no es accesible a su medición por diversos motivos. En la investigación, en colina baja el porcentaje de altura de copa es de 44,31 % y en colina alta es 32,16 %, es decir sí tenemos un árbol de 20 m de altura comercial, en colina baja su altura total será 28,86 m y colina alta 26,43 m, presentando un promedio de altura de copa de 9,57 m para colina baja y 6,5 m para colina alta (**Figura 2**). La copa, como lo señala Saavedra *et al.* (2016) es un excelente indicador de la salud de un bosque, sirve además para identificar cambios y tendencias en el recurso bosque. Asimismo, Schomaker *et al.* (1999) refieren que la copa es uno de los componentes del árbol que influyen sobre la producción primaria, porque su tamaño indica el vigor del árbol, de modo que copas densas y altas están asociadas con un crecimiento vigoroso. Por el contrario, las copas con poco desarrollo y poco densas reflejan condiciones desfavorables de crecimiento debido a la competencia, estrés por humedad o a la influencia de la defoliación por insectos, y enfermedades de las hojas, entre otros.

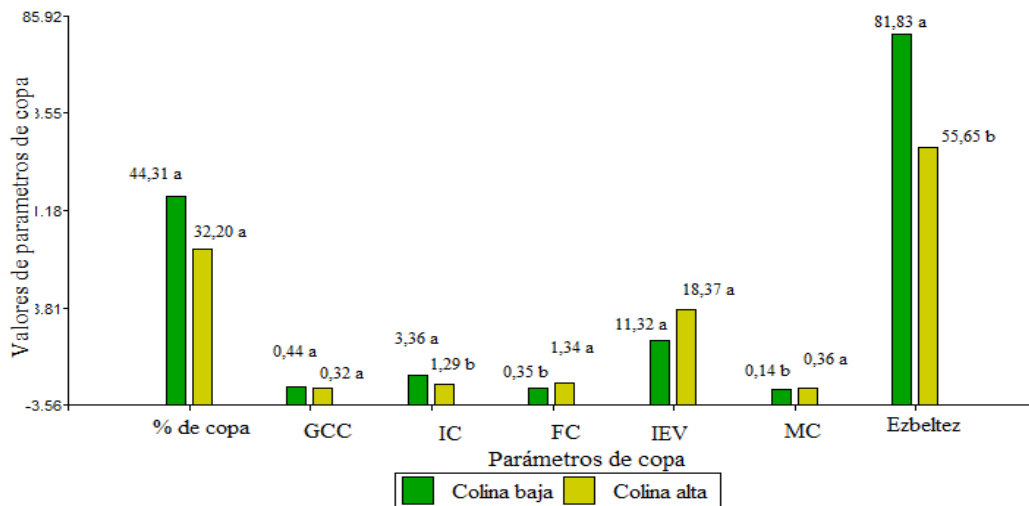
Figura 2*Promedio de altura de copa (largo de copa) en colina baja y alta*

Para los parámetros de copa se empleó la prueba T Student basados en el promedio por colina baja y alta, donde se registró para el Índice de copa, forma de copa, manto de copa y esbeltez (**Tabla 5**), en la comparación de medias en el índice de copa y esbeltez fue superior en colina baja con valores de 3,36 y 81,83 respectivamente, mientras para la forma de copa y manto de copa fueron superiores en colina alta con un valor promedio de 1,34 y 0,36 respectivamente, en los demás parámetros morfoométricos solo se evidencio diferencias numéricas, mas no estadística (**Figura 3**). Al respecto, Durlo y Denardi (1998) refieren que la morfometría de un árbol a través de las variables de copa, brindan una buena idea de las relaciones interdimensionales, el espacio vertical ocupado por cada árbol, el grado de competencia, la estabilidad, vitalidad y productividad de cada individuo en el bosque. Asimismo, como lo señala Durlo (1996) el diámetro de copa se relaciona directamente con el crecimiento de los árboles, debido a que, a mayor diámetro de copa, mayor será el área del aparato fotosintético del árbol. Se sabe también por Durlo (2001) que el porcentaje de copa nos permite conocer la vitalidad de los árboles del bosque, así como también el grado de competencia entre especies. Para calcular el número de árboles que pueden ocupar una hectárea de bosque o plantación, como lo refiere Stampfer (1995)

es importante el uso del índice de espacio vital, que nos indica cuantas veces es mayor el diámetro de copa al diámetro de su fuste.

Figura 3

Promedio del parámetro de copa en colina baja y alta



GCC: grado de cobertura de copa; IC: índice de copa; FC: forma de copa; IEV: índice de espacio vital; MC: manto de copa;

Para tener una idea de la dimensión de la copa es necesario utilizar el índice de copa (Arias, 2005), en la investigación se encontró que en colina baja es 3,36 y 1,29 en colina alta, indicándose que los valores menores se asocian con sitios desfavorables para el crecimiento de los árboles, es decir es un criterio útil para determinar la calidad de sitio de un bosque. En cuanto a la forma de copa se ha encontrado que en colina baja el diámetro de copa es 0,35 veces más grande que la altura de copa y 1,34 veces más grande en colina alta, Rodríguez *et al.* (2008) refieren que si se conoce el tamaño y la forma de la copa es posible corregir problemas de erosión de suelo, además de contribuir a la recuperación de la cobertura arbórea.

El manto de copa muestra valores de 0,14 en colina baja y 0,36 en colina alta, parámetro que según Durlo y Denardi (1998), indican menor competencia y mayor capacidad de los árboles para recibir la luz solar, lo cual es corroborado por el valor significativamente mayor del área de copa encontrado, donde cada árbol cubrió en promedio con su copa 8,12 m² de terreno en colina baja y 41,15 m² en colina alta.

Finalmente la esbeltez para colina baja fue 81,83 y 55,65 para colina alta (Tabla 5 y Figura 3), y por lo referido por Serrada (2008) esta variable es una relación directa a la densidad, en la medida que la espesura es mayor, más elevado será su valor, e igualmente arma que valores de esbeltez superiores a 100 son considerados como críticos para una plantación respecto a la afectación mecánica que ésta puede recibir desde el punto de vista de su estabilidad contra los fuertes vientos; mientras que los valores cercanos a 70 son considerados normales. Por lo indicado la esbeltez en colina alta es más estable. Al respecto, Pérez *et al.* (2019) evidenciaron en *Acacia mangium* la tendencia de la especie a la conicidad según cambia la región de crecimiento, concretamente en sitios menos favorables.

Diferencia del tamaño foliar, área foliar y área foliar específica, en colinas bajas y altas

Existen modelos de longitud y ancho de hoja para calcular el área foliar (Tabla 6), al respecto Gutierrez *et al.* (2009) refieren que estos modelos pueden proveer estimaciones de alta precisión para la determinación rápida y económica del área foliar en plantas de *A. acuminata*, *E. pendula* y *Q. humboldtii*. Del mismo modo el área foliar y el área foliar específica, como refiere Cardoza (2011) son usados como indicadores de adaptación ambiental y se relacionan con las estrategias de captación y absorción de luz y agua. En nuestra investigación se encontró que en colina baja el área foliar es relativamente mayor, debiendo entenderse que hay otros factores que influyen estas variaciones en la especie y que no fueron objeto de esta investigación. Así también, Kucharik *et al.* (1998) refieren que el área foliar está asociada con la mayoría de los procesos agronómicos, biológicos, ambientales y fisiológicos, que incluyen el análisis de crecimiento, la fotosíntesis, la transpiración, la interceptación de luz, la asignación de biomasa y el balance de energía.

Por su parte, Bermeo (2010) calculó que valores promedio bajos de área foliar y de área foliar específica -326,14 cm² y 129,80 cm²/g, respectivamente se dan en especies arbóreas tropicales conforme aumenta la altitud debido a la

modulación de sus hojas al estar en climas más hostiles. No concordando con nuestros resultados encontrados, debido a que son iguales o mayores en colina alta. Asimismo, Zelada y Reynel (2019) indican que los valores promedios del área foliar, área foliar específica y de la densidad básica de la madera, para una misma especie, sugieren una variación según la zona de vida o el nivel altitudinal; debido, muy probablemente, a las diferentes condiciones ambientales. Asimismo, Violle *et al.* (2007) refieren que no existe un único valor para un determinado rasgo de una especie, ya que se pueden registrar valores muy diferentes a lo largo de gradientes altitudinales, inclusive con poca diferencia altitudinal, por lo cual, para tener mayores consistencias al respecto, es necesario realizar más mediciones y sobre todo en ciclos climáticos.

Tabla 6

Promedio de la morfometría de la hoja de P. panurensis en colina baja y alta

Morfometría de la hoja	Colina Baja	Colina alta
Tamaño foliar (cm)	61	60
Tamaño del pinna (cm)	17	16
Área foliar (cm ²)	775,41	775,39
Área del pinna (cm ²)	36,92	36,08
Área foliar específica (cm ² /g)	256,38	258,47
Tipo de hoja	Hojas alternas hasta 61 cm de longitud, de 17-21 pares pinnas, opuestas o subopuestas; aproximadamente 27-29 pares de folíolos, opuestos, oblongos, 5-8 mm ancho por 5-15 mm de largo, ápice redondeado u obtuso.	Hojas alternas hasta 61 cm de longitud, de 17-21 pares pinnas, opuestas o subopuestas; aproximadamente 27-29 pares de folíolos, opuestos, oblongos, 5-8 mm ancho por 5-15 mm de largo, ápice redondeado u obtuso.
Materia seca (%)	34,714	35,286
Materia orgánica (%)	29,53	30,11
Contenido foliar de fósforo (P) (%)	0,477	0,519
Contenido foliar de nitrógeno (N) (%)	2,632	2,632

Con referencia al tipo de hoja, Petit (1968) concluyó que existe una tendencia marcada de las relaciones entre la precipitación y las dimensiones de las diferentes partes de la hoja tales como: longitud ancha del limbo, largo del peciolo, raquis y ápice. Esto indica que, al aumentar la precipitación, aumentan los tamaños de las partes citadas. Es decir, el tipo de hoja del árbol está relacionado con la precipitación y otros factores ambientales, edáficos, etc.

En cuanto a materia seca se encontró 34,71 % en colina baja y 35,28 % en colina alta, en relación con otros posibles componentes de la planta, *P. panurensis* registra buena distribución de la materia seca, información importante para conocer los requerimientos nutricionales de una planta, en nuestro caso los árboles. Al respecto, Etchevers (1987) y Szucs (1997) refieren que la cantidad de nutrientes extraídos por las plantas para producir el fruto, follaje, tallos y raíces, son valores indispensables para conocer la cantidad de nutrientes retirados de las reservas del suelo y por lo tanto, la cantidad de fertilizante que debe suministrarse. La información de esta investigación resulta ser relevante, debido a que esta especie en un manejo forestal sostenible no será exigente en nutrientes. Asimismo, Del Valle (2003); Celentano *et al.* (2011) y Hernández *et al.* (2013) refieren que en los bosques tropicales la caída de hojarasca representa la mayor entrada de nutrientes y materia orgánica que retorna al suelo, estimándose entre 25 % y 60 % de la productividad primaria neta, en nuestra investigación se ha encontrado valores dentro de lo descrito por estos autores y como se muestra en la **Tabla 8**.

Con respecto al N en las hojas de *P. panurensis* Lea-Cox *et al.* (2001) refieren que las reservas de N en hojas y componentes estructurales del árbol juegan un papel importante en el desarrollo de nuevos flujos de crecimiento y flores. La distribución de la materia seca en árboles cítricos varía con el nivel de N en todo el árbol y con el desarrollo del fruto lo cual genera competencia entre los componentes del árbol.

Vera *et al.* (1999) encontraron para el bosque montano alto en hojas maduras 1,47 % de N y 0,09 % de P y bosque montano bajo en hojas maduras 1,78 % de N y 0,127 % de P. en comparación con nuestros resultados el N y P en colina baja y alta es mayor a lo encontrado por estos investigadores. *P. panurensis* de acuerdo con nuestros resultados contiene niveles buenos en nitrógeno y fósforo, lo que indica que los suelos de colina baja y alta pueden soportar un manejo sostenible sin verse perturbados.

Diferencia de la densidad básica en colinas bajas y altas

No se ha encontrado diferencias significativas en la densidad básica de *P. panurensis* en colinas bajas y altas (**Tabla**

7), mostrándose relativamente superior en colinas altas, pero siendo según la categoría una especie forestal de muy baja densidad (**Figura 11**), Linares (2018) encontró una densidad de $0,289 \text{ g/cm}^3$ en *P. panurensis*, resultado casi similar a lo obtenido en nuestra investigación. En ese contexto según este rasgo funcional de la densidad básica, *P. panurensis* es una especie adaptativa, según lo reportado por Cardoza (2011).

Tabla 7

Prueba T Student para la densidad básica en colina alta y baja

Colina	Promedio	GL	pHomVar	T	P valor
Baja	0,287	13	0,766	0,28	0,78 ^{NS}
Alta	0,294				

NS: No existen diferencias estadísticas significativas.

CONCLUSIONES

Se encontró siete individuos de *P. panurensis* en colina baja y ocho en colina alta, obteniéndose un promedio de $6,89 \pm 0,99$ árboles por hectárea en colina baja y $7,02 \pm 1,77$ árboles por hectárea en colina alta.

La altura máxima es mayor con 75 % en el estrato arbóreo medio en colinas altas, pero en colinas bajas es mayor con 42,86% en el estrato arbóreo superior. El DAP en colina baja es superior en 10-20 cm y 30-40 cm con el 42,85 % y 28,57 % respectivamente, mientras que en colina alta es superior en 20-30 cm y 40-50 cm con 25% para ambos. La altura de copa es superior en colina baja (9,57 m) y menor en colina alta (6,50 m). En colina baja el porcentaje de copa fue 44,31 %, el grado de cobertura de copa es 0,44, el índice de copa es 3,36, la forma de copa es 0,35, el índice de espacio vital es 11,32, el manto de copa es 0,14 y la esbeltez es 81,83, mientras que en colina alta los valores fueron 32,2 %, 0,32, 1,29, 1,34, 18,37, 0,36 y 56,65 respectivamente. Superiores valores estadístico del índice de copa, forma de copa y esbeltez se observó en colina baja, mientras que solamente el manto de copa fue superior en los individuos de colina alta.

Los rasgos funcionales foliares de *P. panurensis* en colina baja fueron: tamaño foliar 61 cm, área foliar $775,41 \text{ cm}^2$, área foliar específica $256,38 \text{ cm}^2/\text{g}$; tipo de hoja tri compuesta alterna y paripinnada, materia seca 34,714 %; materia orgánica 29,53 %; P=0,477 % y N=2,632 %. Y en colina alta fueron: tamaño foliar 60 cm, área foliar $775,39 \text{ cm}^2$, área foliar específica $258,47 \text{ cm}^2/\text{g}$; tipo de hoja tri compuesta alterna y paripinnada, la materia seca fue 35,286 %; la materia orgánica fue 30,11 %; el fósforo fue 0,519 % y el nitrógeno fue del 2,632 %.

La densidad básica de *P. panurensis* en colina baja fue de $0,287 \text{ g/cm}^3$ y en colina alta $0,294 \text{ g/cm}^3$, clasificándose como una especie de muy baja densidad en ambas unidades fisiográficas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, C., Santillán, E., y Díaz, E. (2019). Rasgos funcionales de los árboles de bosque de montaña favorecen la estrategia de conservación de las especies a los riesgos ambientales, Tingo María-Perú. Revista Boletín Redipe. bol.redipe., 8(7), 99-112.
- Alcázar, C., y Ramírez, W. (2011). El uso de rasgos funcionales en flora como herramienta para establecer prioridades de conservación. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/265684728_El_uso_de_rasgos_funcionales_en_flora_como_herramienta_para_establecer_prioridades_de_conservacion
- Álvarez, E., Benítez, D., Velásquez, C., y Cogollo, A. (2013). Densidad básica del fuste de árboles del bosque seco en la costa Caribe de Colombia. Revista Intrópica, 8, 17-28.
- Andrade, H., y Cerda, R. (2022, Febrero). Dasometría y medición de sombra. CATIE. <https://www.slideserve.com/elisa/dasometria-y-medicion-de-sombra>
- Andrade, J. (2005). Fisiología Ecológica de Árboles Tropicales: Avances y Perspectivas. Revista Chapingo. 11(2), 83-91.
- Arias, D. (2005). Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales. Revista forestal Kurú, 2(5), 1-13. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/543>
- Baraloto, C., Paine, T., Poorter, L., Beauchene, J., Bonal, D., Domenach, Am., Hérault, B., Patiño, S., Roggy, Jc., & Chave, J. (2010). Decoupled leaf and stem economics in rain forest trees. Ecology Letters, 13, 1338–1347. doi:10.1111/j.1461-0248.2010.01517.

- Bermeo, D. (2010). Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas [Tesis de posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio institucional CATIE.
- Bocanegra, A. G. (2021). Composición florística y estructura horizontal de la regeneración natural en parcela permanente de medición del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María, Perú [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2145>
- Burger, H. (1939). Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchenwesen*, 21,147-176.
- Cardoza, F. (2011). Diversidad y Composición Florística y funcional de los bosques del Parque Nacional Monte Cristo, El Salvador [Tesis de posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio institucional CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4815>
- Celentano, D., Zahawi, R., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R., & Holl, K. (2011). Restauración Ecológica de Bosques Tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de la hojarasca. *Revista de Biología Tropical*, 59(3), 1323-1336.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Folter, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.-P., Nelson, B. W., Ogawa, H., PUIG, H., Riera, B., & Yamakua, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecología*, 145(1), 87-99.
- Cornelissen, Jhc., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, De., et al. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Aust J Bot.*, 51, 335-380.
- Dauber, E. (1995). Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. BOLFOR.
- Del Valle, J. (2003). Cantidad, calidad y nutrientes reciclados por la hojarasca fina en bosques pantanosos del pacífico sur colombiano. *Interciencia*, 28(8), 443-449.
- Díaz, E. (2018). Análisis estructural del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva mediante parcelas permanentes de medición [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1359>
- Durlo, M. A. (1996). Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea glaberrima*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwälder Südbrasilens [Tesis postdoctoral, Univesitat für Bodenkultur].
- Durlo, M. A. (2001). Relações morfológicas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. *Ciência Florestal*, 11(1), 141-149.
- Durlo, M. A., & Denardi, L. (1998). Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. *Ciência florestal*, 8, 55-66.
- Etchevers, B. (1987). Diagnóstico visual. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados.
- Flores, Y. (2016). Clave dendrológica para la identificación de los principales árboles de la Región Ucayali. Estación Experimental Agraria Pucallpa – INIA.
- Hernández, J., González, H., Ramírez, R., Cantú, I., Gómez, M., Pando, M., y Estrada, A. (2013). Producción de Hojarasca y Retorno Potencial de Nutrientes en tres sitios del Estado de Nuevo León, México. *Revista Polibotánica*, 35, 41-64.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2004). Metodología de la investigación (3a ed.). McGraw-Hill Educación.
- Holdridge, L. R. (1987). Ecología basada en zonas de vida (No. 83). Agroamérica.
- Kucharik, Ch. J., Norman, J. M., & Gower, S. T. (1998). Measurements of branch area and adjusting leaf area index to indirect measurements. *Agric. Forest Meteorol.*, 91(1-2), 69-88.
- Lea-Cox, J., Syvertsen, J., & Graetz, D. (2001). Nitrogen uptake, partitioning, and leaching losses from young bearing Citrus trees of differing nitrogen status. *J. Am. Soc. Hortic.*, 126, 242-251.
- Linares, F. (2018). Variación de la densidad básica de la madera del fuste en áreas de turberas con suelos ricos y suelos pobres en nutrientes en la Amazonía Baja Peruana [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. Repositorio institucional UNAP. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5592>

- López, B. (2015). Rasgos funcionales y su relación con el funcionamiento de las plantas [Tesis doctoral, Universidad de Córdoba].
- Martel, T. Y. (2021). Composición florística e índice de valor de importancia en la parcela permanente de monitoreo n° 2 Maronilla, en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul, región Huánuco [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). Inventario y evaluación de los bosques de las cuencas de los ríos Itaya, Nanay y Tahuayo en el departamento de Loreto. Ministerio del Ambiente.
- Ortiz, I. (2018). Respuestas funcionales de especies arbóreas del bosque mesófilo de montaña en ambientes perturbados [Tesis de posgrado, Universidad Veracruzana]. Repositorio institucional UV. https://www.uv.mx/citro/files/2018/02/Isis_Io_Tesis_Maestria.pdf
- Pérez, J. A., García, E., Enriquez, J. F., Quero, A. R., Pérez, J., y Hernández, A. (2004). Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto “mulato” (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Tec. Pecu. Méx.*, 42(3), 447-458.
- Pérez, Y., Ríos, C., y Díaz, I. (2019). Relaciones morfométricas en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium* Willd en dos regiones de Villa Clara. *Centro Agrícola*, 46(3), 30-38.
- Petit, P. (1968). Algunas características de las hojas de árboles en tres tipos de bosques tropicales de bajura [Tesis de posgrado, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA]. Repositorio institucional CATIE.
- Rodríguez, R., Valencia, S., Meza, J., Capó, M., y Reynoso, A. (2008). Crecimiento y características de la copa de procedencias de *Pinus gregii* Engelm. en Galeana, Nuevo León. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(1), 19-19.
- Saavedra, L., Alvarado, D., Patricia, H., Martínez, T., Mora, G., & Villa, J. (2016). Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Madera y bosques*, 22(2), 15-27.
- Salazar, J. (2022). Composición y estructura del ecosistema boscoso en la parcela permanente de monitoreo en el caserío de Lejía, distrito Shamboyacu, región San Martín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2244>
- Sarmiento, C., Patiño, S., Paine, C. T., Beauchêne, J., Thibaut, A., & Baraloto, C. (2011). Within-individual variation of trunk and branch xylem density in tropical trees. *American journal of botany*, 98(1), 140-149.
- Schomaker, M., Zanoch, S., & Stolte, K. (1999). Tree crown condition indicator. USDA. Forest Service. Forest Health Monitoring Fact Sheet.
- Serrada, R. (2008). Silvicultura de bosques. Servicio de Publicaciones Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2022). Boletín hidroclimático regional dirección zonal 10, Huánuco. SENAMHI. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1821>
- Stampfer, E. (1995). Solitärdimensionen österreichischer Baumarten. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur.
- Szucs, H. (1997). Possibilities to meet nutritional requirements of fruit trees and environmental protection. *Acta Horticulture*, 448, 433-436.
- Valenzuela, G., Vásquez, R., Rojas, G., Villalba, V., Phillips, O., López, G., Chama, M., Monteagudo, M., Bellota, T., Huilca, A., y Pallqui, C. (2015). Línea base para el monitoreo de la vegetación en la Reserva Comunal El Sira (RCS). *Arnaldoa*, 22(1), 243-268.
- Vela, A. (2019). Rasgos funcionales asociados al servicio ecosistémico de mitigación del cambio climático en árboles de colinas altas del bosque reservado de la UNAS – Tingo María [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Vera, M., Cavelier, J., y Santamaría, J. (1999). Reabsorción de nitrógeno y fósforo foliar en árboles de bosques montanos en los Andes centrales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 47(1-2), 33-43.
- Violle, C., Navas, M. L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunell, C., Hummel, I., & Garner, E. (2007). Let the concept of trait be functional. *Oikos*, 116, 882-892.
- Zelada, H., y Reynel, C. (2019). Estimación de rasgos funcionales en dos especies arbóreas de una gradiente altitudinal tropical en el centro del Perú. *Revista Forestal del Perú*, 34(2), 132-143.