



Article scientific

Relationship of functional traits of tree vegetation and ecosystem services in hill forests

Rosario Salazar Minaya ^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: 2023-12-26
Accepted: 2023-12-22
Received: 2023-10-02

Keywords:

Functional traits
Maximum height
Crown shape
Basic density
Ecosystem services
Provisioning

ABSTRACT

The general objective of this research was to relate the functional traits of the arboreal vegetation of a hill forest with the provisioning ecosystem services. The population was a block of 11.75 ha in BRUNAS, of which 14 sample units of 500 m² each were evaluated. The method used was hypothetical-deductive, non-experimental, correlational and cross-sectional, collecting information in a single moment, the investigation began by locating and evaluating the sample units previously determined their spatial distribution with the help of geographic information systems, using evaluation formats. adapted from SERFOR. The same ones that provided information on the functional traits of the tree vegetation of a hill forest with the provisioning ecosystem services, through the evaluation of its different indicators and sub-indicators. The results were presented describing and discussing each table and graph. The study concludes that functional traits and provisioning ecosystem services have a statistically significant relationship; having found a Pearson correlation coefficient between 0.10 and 0.60 between positive and negative relationship, which means that there is a very low to strong relationship between the variables. Likewise, there is a Spearman's Rho correlation of -0.22 between the basic density and the tree cover value. And no relation to your other two indicators.

Relación de rasgos funcionales de la vegetación arbórea y los servicios ecosistémicos en bosques de colina

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación fue relacionar los rasgos funcionales de la vegetación arbórea de un bosque de colina con los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento. La población fue un bloque de 11,75 ha en el BRUNAS, de las cuales se evaluaron 14 unidades muestrales de 500 m² cada una. Como método usado fue el hipotético-deductivo, no experimental, correlacional y transversal, recogiéndose información en un solo momento, la investigación inició ubicando y evaluando las unidades muestrales previamente determinadas su distribución espacial con ayuda de los sistemas de información geográfica, utilizando formatos de evaluación adaptados del SERFOR. Los mismos que brindaron información de los rasgos funcionales de la vegetación arbórea de un bosque de colina con los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, a través de la evaluación de sus distintos indicadores y subindicadores. Los resultados se presentaron describiendo y discutiendo cada tabla y gráfico. El estudio llega a la conclusión que estadísticamente los rasgos funcionales y los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento tienen una relación significativa; habiéndose encontrado un coeficiente de correlación de Pearson de entre 0,10 a 0,60 entre relación positiva y negativa, lo que significa que existe de una muy baja relación a fuerte entre las variables. Asimismo, existiendo una correlación de Rho de Spearman de -0,22 entre la densidad básica y el valor de cobertura arbórea. Y ninguna relación con sus otros dos indicadores.

0

Palabras clave:

Rasgos funcionales
Altura máxima
Forma de copa
Densidad básica
Servicios ecosistémicos
Aprovisionamiento



<https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v2i2.24>



INTRODUCCIÓN

La constante pérdida de los bosques del mundo y en especial los bosques tropicales de Sudamérica, hacen que día tras día desaparezcan o extingan especies de flora y fauna silvestre, sin que se conozca cuáles son esos rasgos funcionales que interactúan y se relacionan con los servicios ecosistémicos que proveen los bosques. El Perú cuenta con la mayor variedad de climas, convirtiéndolo en megadiverso, pero nuestra Amazonía sufre una pérdida anual de aproximadamente 140 000 ha al año, lo que supone la extinción de especies vegetales y animales, haciendo que muchas de las funciones ecológicas asociadas a rasgos funcionales de la vegetación arbórea se vean afectadas, en mayor medida la provisión de servicios ecosistémicos que brindan los bosques a las comunidades y población asentada en las ciudades.

Pero en la actualidad el estado muestra acciones muy limitadas o no se nota, con la consecuencia de que las investigaciones en cuanto a correlación del rasgo funcional y el servicio ecosistémico que proveen no cuenten con una promoción en esta línea. Siendo, además que en su gran mayoría estén limitadas a trabajos locales y a pocas especies debido al alto costo que demanda una evaluación en los bosques tropicales. Sumado también a que no existe una metodología única y estandarizada para evaluar bosques tropicales, por lo que los estudios no son comparables con otras regiones del país, quedando la información disponible solo localmente. En consecuencia, la falta de investigaciones sobre rasgos funcionales limita la oportunidad de conocer a ciencia cierta la capacidad adaptativa de la vegetación arbórea frente a los riesgos del cambio climático y poder mitigar los daños potenciales.

Esta investigación reviste de importancia porqué los bosques situados adyacentes a las ciudades como el BRUNAS son considerados con vital importancia, por su provisión con diversos servicios ecosistémicos como por ejemplo el agua que consumen. El conocimiento y evaluación de los rasgos funcionales y como se relaciona con la provisión de estos servicios ecosistémicos, es fundamental para determinar los mejores usos sostenibles de estos bosques. Asimismo, en Tingo María los bosques primarios tropicales son de características frágiles, haciéndose vulnerables a los cambios que se suscitan en el ambiente en estos tiempos, afectando los servicios que prestan estos bosques como proveer de agua a la población aledaña, así como también retención del recurso hídrico por los árboles, conservando indirectamente la fertilidad del suelo y como no la biodiversidad que albergan en flora y fauna silvestre. Entonces investigaciones como la que se plantea y poder relacionar es de suma importancia para enfrentar con eficiencia los efectos del cambio climático, información que además servirá para utilizarse en la gestión de riesgos de desastres naturales, como las inundaciones y los incendios forestales, muy recurrentes en los últimos años en la amazonia peruana. Y el BRUNAS, es uno de los pocos, aledaños a las ciudades que mantiene su estructura y composición como bosque primario, el mismo que genera diversos servicios ecosistémicos a la ciudad de Tingo María.

En ese contexto la investigación busca constituirse en una herramienta útil para relacionar los rasgos funcionales con los servicios ecosistémicos de provisión. Siendo que este tipo de investigaciones son muy pocas, por lo que la información generada servirá de estudios de línea base para nuestra región en futuras investigaciones, de tal manera que en el tiempo se encuentre una metodología que sea comparable en las distintas zonas de nuestra región Huánuco. Además, busca que la información sea tomada en cuenta por los tomadores de decisiones como gobernadores, alcaldes, planificadores, investigadores y público en general que vienen elaborando, aprobando y ejecutando proyectos de reforestación y restauración de áreas degradadas, sin el mayor conocimiento y comprender la relación entre las características funcionales y los bienes y servicios ecosistémicos que brindan los bosques hace que estos proyectos sean insostenibles en el tiempo.

Finalmente, la investigación busca saber si existe relación significativa entre los rasgos funcionales de la vegetación arbórea de un bosque de colina y su relación con los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, el trabajo de investigación tiene por objetivo relacionar los rasgos funcionales de la vegetación arbórea de un bosque de colina con los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

La investigación se ejecutó sobre un área con 11,75 ha del BRUNAS, en bosque de colina alta, la misma que se encuentra a 1 500 m del centro de la ciudad.

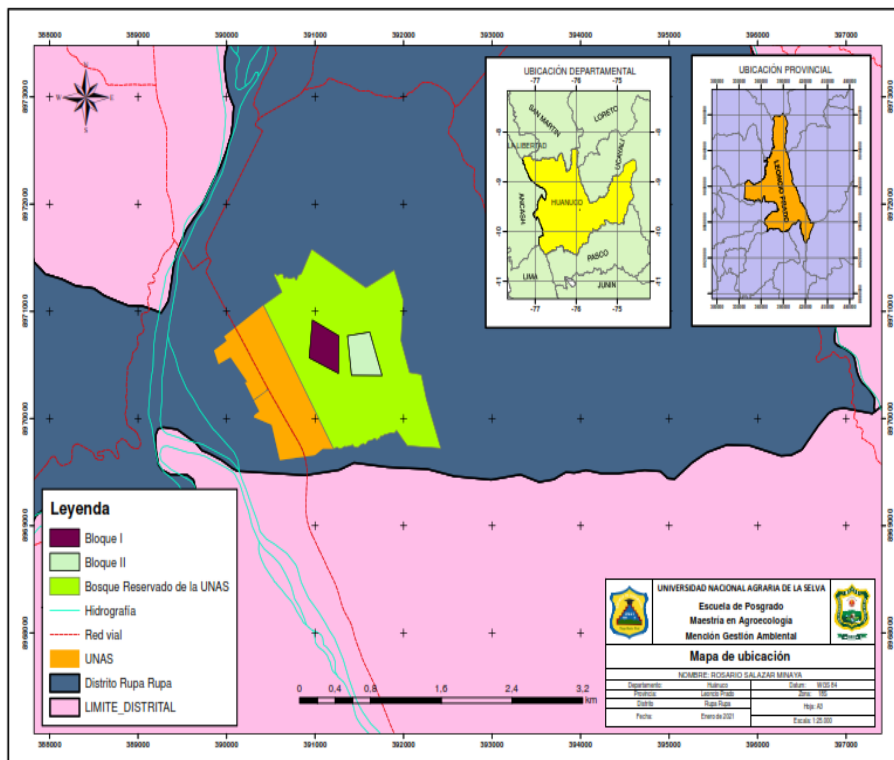
Ubicación geográfica y política

El punto 1 del polígono del área de investigación se ubica en las coordenadas UTM: 391367 E, 8970772 N.

Políticamente la investigación se sitúa en el mismo distrito, provincia y departamento de la ciudad de Tingo María, y está asentada sobre una altitud de 860 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1

Mapa de ubicación del bloque en el BRUNAS



Zona de vida

Según el orden de las zonas de vida o arreglos vegetales en el planeta y la gráfica bioclimática de HOLDRIDGE (1971), Tingo María se sitúa en el desarrollo vegetal de bosques premontanos tropicales excepcionalmente húmedos (bmh - T) y según lo indicado por CDC - UNALM (2003) se encuentra dentro de la ecorregión Nor Huánuco Yungas Peruanas, cuyas direcciones geográficas son: alcance sur $09^{\circ} 08' 00''$ y longitud oeste $75^{\circ} 57' 00''$. Además, la altura es de 660 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura normal anual de 24°C y una precipitación normal anual de 3 200 mm/año.

Clima

En cuanto al medio ambiente de la región de investigación, esta tiene una alta precipitación con una anual de 3 428,8 mm. La mayor precipitación ocurre entre los tramos largos de octubre a abril y llega a un supermayor en el período de enero con un promedio mensual de 483,6 mm. Con una humedad relativa total del 87 %, una temperatura máxima de $29,4^{\circ}\text{C}$, mínima de $19,2^{\circ}\text{C}$ y una media anual de $24,3^{\circ}\text{C}$ (Puerta y Cárdenas, 2012).

Fisiografía

Altitudinalmente, la zona se ubica desde los 667 hasta los 1 092 metros sobre el nivel del mar, encontrándose tres unidades fisiográficas bien definidas: Colina baja con una superficie de 22,91 ha, seguido por colina alta con 150,74 ha, que aborda la geofoma de mayor superficie de la zona por último la zona montañosa con 43,57 ha, esta unidad lleva el nombre de Cerro Cachimbo por estar generalmente sin vegetación arbórea. Con respecto a la inclinación; el 70,74 % del BRUNAS exhibe valores que superan el 25 %, lo que demuestra que es una zona exclusivamente para conservación o protección (Puerta, 2007).

Recursos hídricos

El BRUNAS tiene seis riachuelos: Córdova, Cocheros, Naranjal, Asunción Saldaña, Del Águila y Zoocriadero que nacen en el cerro Cachimbo y desembocan en el río Huallaga. En su recorrido de este a oeste, brindan agua a la UNAS, así como a los asentamientos humanos que se encuentran en las cercanías del bosque, por ejemplo, Buenos Aires, Asunción Saldaña, Sven Ericsson, Mercedes Alta, Quebrada del Águila y San Martín (Dueñas, 2009).

Materiales y métodos

Materiales y equipos

Para medir a todos árboles mayores a 10 cm de diámetro a 1,30 m desde el suelo se han utilizado rafia, plumones indelebles, fichas de campo, lápiz, pintura espray, machetes, lima de afilar, wincha de 30 m, cinta diamétrica, clinómetro, brújula, cámara fotográfica, distanciómetro laser, trípode 200, equipo de cómputo (laptop) entre otros.

Metodología

Tipo de diseño de investigación

No experimental en forma correlacional transversal porque los datos fueron recolectados en un momento determinado y consistió en elaborar un mapa de muestreo donde se ubicaron a las unidades de muestreo (árboles) correspondiente al bosque de colina alta. La investigación se sustenta en Hernández (2004 p 267) quien indica que la investigación no experimental es “la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables... Lo que hacerlos es observar fenómenos tal y como se dan en un contexto natural para después analizarlos”. Es decir, los datos y la información de las variables e indicadores de la investigación se colectaron sin realizar manipulación o aplicando algún método para obtener un efecto o respuesta de la variable dependiente.

Población

Todos los árboles mayores a 10 cm de DAP, sobre un área de 11,74 ha en bosque de colina alta del BRUNAS. Teóricamente sustentado en Jany (1994) y mencionado por Bernal (s.f.) definiendo que una población es “la totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia, o bien unidad de análisis”.

Tabla 1

Coordenadas del área investigación

Nº Punto	Este	Norte	Altitud
1	391367	8970772	860
2	391616	8970807	952
3	391550	8970380	952
4	391411	8970403	841

Muestra

Fue representativa a la población y se obtuvo, utilizando la formula clásica para inventario de poblaciones infinitas y para el cálculo del número unidades de muestreo se ha usado la información que se muestra en la tabla 2.”

$$n = \frac{CV^2 * t^2}{E^2}$$

Donde:

- n = Número de unidades de muestreo requeridas
- CV = Coeficiente de variación de la vegetación.
- t = Valor tabular de la distribución de t de student; 1,64 = 2
- E = Error de muestreo deseado

Tabla 2

Cálculo del número de unidades de muestreo.

Cálculo del 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 la muestra	Área (ha)	Situación	Distancia de la grilla (m)
41	23	95	12,71	11,7546	Bosque reservado de la UNAS	90
+10% de seguridad = 14 UM						

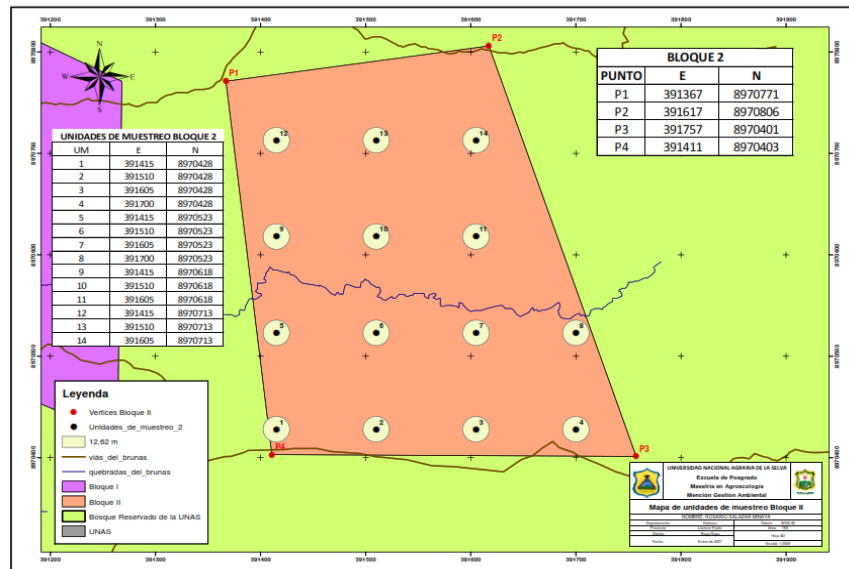
Diseño de muestreo

Se empleó el muestreo sistemático sobre la base de un punto al azar, con un error de muestreo permisible del 23 % a un nivel de confianza del 95 % de probabilidad. La distribución de la UM se trabajó sobre una distancia de grilla de 90

m calculado a partir de la fórmula de Dauber (1995) y la distancia entre puntos fue de 90 m relacionada al área de investigación con la cantidad de UM. Dentro de esa grilla se efectuó un cálculo matemático para distribuir las UM de manera alineada espacialmente (sistemática).”

Figura 2

Número de muestras y diseño de muestreo de investigación

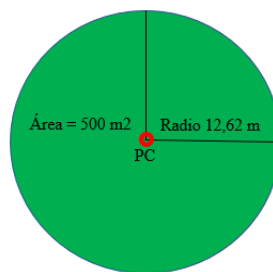


Forma de la unidad de muestreo

Las unidades de muestreo fueron de forma circular con un área de 500 m² (0,05 ha). Diversos estudios de poblaciones en bosques tropicales de Centro América y Latinoamérica recomiendan la utilización de UM circulares con 500 m², por tener un rendimiento de muestreo alto y de bajo costo. Asimismo, la unidad de análisis fue el árbol, donde se evaluó a todos los mayores de 10 cm de diámetro medidos a 1,30 m desde el suelo.”

Figura 3

Forma de la unidad de muestreo



Tamaño de muestra

Conforme a lo ya indicado, el tamaño de muestra fue de 7 000 m² (0,5 ha) de acuerdo al muestreo estadístico utilizado.”

Tipo de muestreo

Sistemático con un primer punto al azar o aleatorio para realizar la distribución de unidades muestrales según los manuales e instructivos para inventarios que utiliza el SERFOR y MINAM para la planificación y ejecución de inventarios forestales en las regiones de costa, sierra y selva del Perú.

Desarrollo de la investigación

Etapas de planificación

Se acopió datos cartográficos de la zona en el BRUNAS, con los que confeccionamos los respectivos mapas, como el de ubicación, el mapa fisiográfico, además de insertar características de la zona con el objetivo de acceder de forma rápida a coleccionar la información de campo.

Recopilación de información bibliográfica del área

Se realizó la búsqueda de información relacionada al área de estudio, en tesis, artículos científicos y trabajos de investigación en proceso que luego se sistematizó para el informe final de la tesis.”

Reconocimiento del área

Se realizó un reconocimiento al área de investigación, durante el cual se ubicó el primer vértice y a partir de allí los demás. Asimismo, se verificó la fisiografía y la pendiente del terreno, información importante para la logística durante la colecta de información.”

Distribución y delimitación de las unidades de muestreo

Durante el desplazamiento de la brigada de evaluación en el área de investigación se usó un navegador GPS, para ubicar las coordenadas de cada una de las UM, las mismas que se trabajaron en gabinete.”

Técnicas de recolección de información

Se hizo con la adaptación de los protocolos para la colecta de datos de campo que utiliza el INFFS y BPP del SERFOR.

Técnicas bibliográficas

Análisis documental. Permitió analizar el contenido de las referencias bibliográficas leídas sobre el tema de investigación.”

Fichaje. Permitió recolectar la información bibliográfica y hemerográficas para la elaboración de la bibliografía.”

Técnicas de campo

Fue la observación y a través del uso de equipos, como binoculares, hipsómetros, clinómetros, GPS, cámara digital, entre otros equipos, se logró evaluar las variables de investigación.”

Técnicas estadísticas

Fue inferencial, realizándose prueba de hipótesis con t, además los resultados fueron expresados en lista, gráficas, tablas y figuras que muestran información sobre la correlación de las variables e indicadores de la investigación.”

Instrumentos de recolección de información

Instrumentos bibliográficos

Fichas de documentación e investigación. Se hicieron citas Textuales, resumen, comentario, combinadas redactadas según modelo APA para elaborar las bases teóricas del informe de tesis.”

Fichas de registro o localización. Se hicieron bibliográficas y hemerográficas donde se consideró el autor, año, título, subtítulo, así como también, edición lugar de publicación, editorial, paginación.”

Fichas de contenido o de investigación

Libreta de campo. El cual se hizo con la adaptación de los protocolos para la colecta de datos de campo que utiliza el INFFS y BPP del SERFOR.”

Instrumento estadístico

Los datos fueron procesados mediante software libre InfoStat y presentados en tablas y figuras. El análisis estadístico se hizo con un nivel de significancia del 5 %.

Evaluación de los árboles

Para la altura total se consideró el método de evaluación indirecta utilizando clinómetro y/o trupulse 200, según fue el caso y la densidad lo permitía. El diámetro del fuste se tomó con cinta diamétrica a 1,30 m desde el suelo, teniendo en cuenta el criterio de evaluación en caso de malformaciones y/o daños al fuste. Y como ya se indicó, se midieron a todos los individuos > a 10 cm de DAP.

Variables evaluadas

Tabla 3

Variables e indicadores

Variables	Indicadores	Subindicadores
Rasgos funcionales	Altura máxima	Altura total del árbol (m) por familia, género y especie
	Forma de copa	Porcentaje de copa

	Grado cobertura de copa Índice de copa Forma de copa Índice de espacio vital Manto de copa Esbeltez
Densidad básica en madera (g/cm ³)	Muy baja Baja Media Alta Muy alta
Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de Regulación hídrica	Infiltración (cubierta vegetal) Retención (área de copa de los árboles) Almacenamiento (volumen de agua por árbol)

Altura máxima de los árboles

La altura total de los árboles se determinó a través del método indirecto, utilizando el clinómetro y el trupulse 200, según fue el caso.”

Forma de copa

Las variables de copa se evaluarán de acuerdo con lo propuesto por Arias (2005): Relaciones morfométricas utilizadas.”

$$\text{Porcentaje de Copa} = \frac{\text{Largo de Copa}}{\text{Altura total}} \times 100$$

$$\text{Grado cobertura de Copa} = \frac{\text{Largo de Copa}}{\text{Altura total}}$$

$$\text{Índice de Copa} = \frac{\text{Largo de Copa}}{\text{Diametro de copa}}$$

$$\text{Forma de Copa} = \frac{\text{Diametro de Copa}}{\text{Largo de copa}}$$

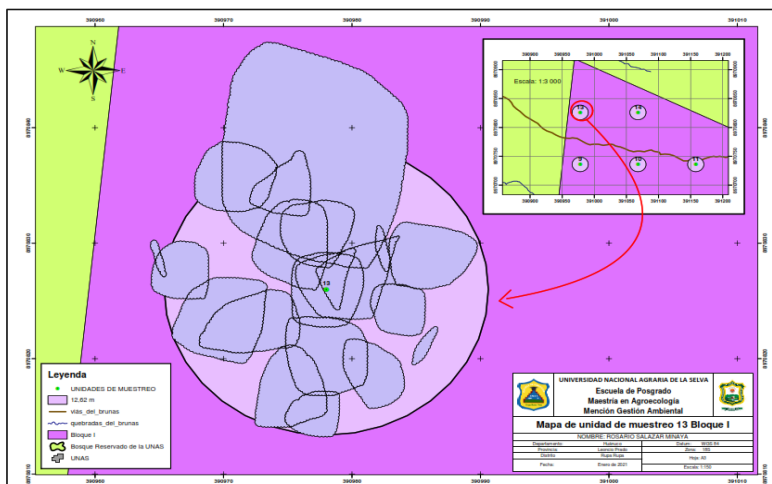
$$\text{Índice de espacio vital} = \frac{\text{Diametro de Copa}}{dap}$$

$$\text{Manto de copa} = \frac{\text{Diametro de Copa}}{\text{altura total}}$$

$$\text{Esbeltez} = \frac{\text{altura total}}{dap}$$

Figura 4

Díametro de copa de los árboles medidas en las unidades de muestreo



Densidad básica

La densidad básica se determinó de todos los árboles en pie en el bosque de colina del BRUNAS, a través de análisis bibliográfico de Global Wood Density Database (Base de datos de densidad de madera global) distribuida en el sitio DRYAD (2017), aquellas densidades fundamentales de especies que se excluyen de las no asentadas en su totalidad en el catálogo, se hicieron por la técnica de estratificación directa (Archimedes) de muestra en fresco obtenido mediante una sección de una rama con 10 cm de largo, cuya ramita tuvo 1 cm de diámetro como máximo.

Regulación hídrica

Infiltración de agua de lluvia en el bosque

Para el cálculo de este subindicador se usó el valor de cobertura arbórea, fórmula usada por Acosta et al. (2006) y es como sigue:

$$VC = \frac{(Ar + Dor)}{2}$$

Donde:

VC = Valor de cobertura

Ar = Abundancia relativa

Dor = Dominancia relativa

Abundancia y dominancia relativa:

$$Ar = \frac{ni}{N/ha}$$

Donde:

Ar = Abundancia relativa

ni = Número de árboles por hectárea

N/ha = Número total de árboles por hectárea

Dominancia relativa:

$$Dr = \left(\frac{gi}{G}\right) * 100$$

Donde:

Dr = Dominancia relativa.

g = Área basal de i.

G = Área basal total por ha.

Retención del agua por copa de los árboles

Para el cálculo de este subindicador se ha adaptado la fórmula que usa el SERFOR para el cálculo del número de individuos por hectárea, dividiendo el área de la población (11,75 ha o 117 500 m²) entre el área de la unidad de muestreo (500 m²), multiplicado por el área de copa que ocupa cada individuo en la unidad de muestreo, siendo la expresión:"

$$Rarb/ha = (A/a)*aci$$

Donde:

Rarb/ha = Retención por especie expresada m²/ha

A = área de la población en metros cuadrados (117 500m²)

a = área de la unidad de muestreo (500 m²)

aci = área de copa de cada individuo en las unidades de muestreo

Almacenamiento de agua en los árboles

Este subindicador se calculó, sumando el volumen de cada individuo con el volumen de copa y multiplicando por un

coeficiente del 0,60 por los espacios vacíos en las copas (debido a que las copas no son un sólido y existen vacíos), en todo caso es una aproximación debido a que no se han encontrado trabajos de este tipo para calcular el coeficiente. Y finalmente multiplicado por la densidad del agua para calcular la aproximación de agua que almacenan estos bosques, la expresión sería:”

$$Va/esp = (Vol.ind. + Vol.copa)*fa*pa$$

Donde:

Va/esp = Volumen de agua por especie

Vol.ind = Volumen de cada individuo (calculado con altura comercial)

Vol.copa = Volumen de copa (calculado con área de copa de cada individuo, multiplicado por o el largo de copa o altura de copa)

fa = factor de ajuste utilizando un 60 % (0,60), considerando que el 40 % corresponde a espacios vacíos en el volumen de copa.

pa = densidad del agua (1 000 kg/m³)

Método de análisis de datos

Luego del trabajo de colecta de datos con la metodología y diseño descritos, se definió los criterios y ordenó la base de datos en Microsoft Excel 2021, para luego procesar a través de Infostat (software libre). Para probar la hipótesis se empleó el estadístico inferencial de Rho de Spearman y/o Pearson según fue el caso, usando un 5 % de posibilidad de equivocarnos.

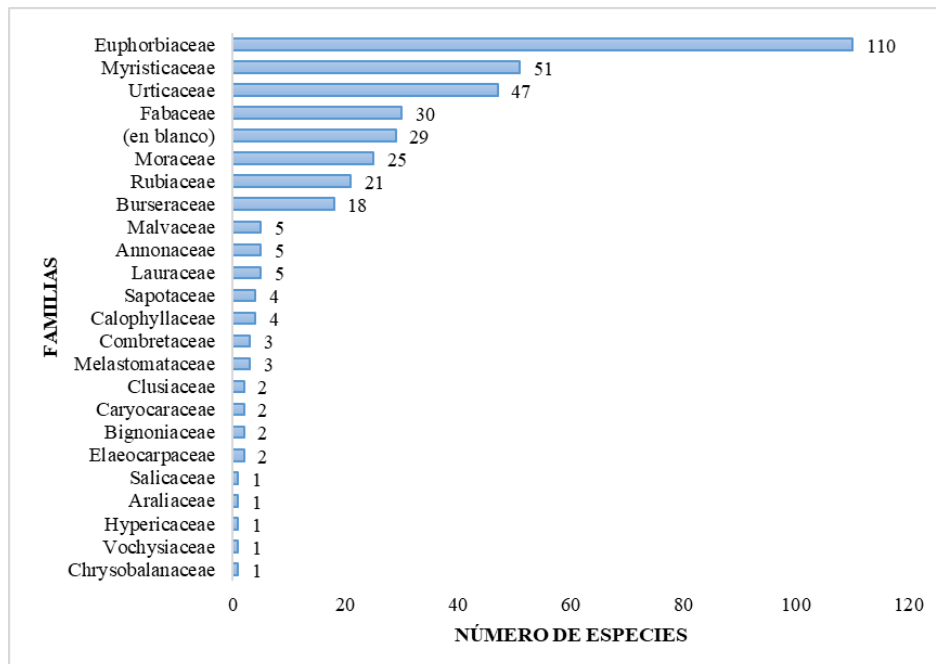
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de familias y especies encontradas en la investigación

En la investigación se han encontrado 373 individuos de los cuales 29 son desconocidas, las mismas que por pandemia y falta de flores y frutos no se ha realizado la colecta para su identificación correspondiente, como se muestra en la figura 4, la familia con el mayor número de individuos y especies es Euphorbiaceae, sumándose a estas otras 6 familias que agrupan a varias especies como se muestra en la figura 5. Asimismo, se tiene un total de 532,86 árboles/ha, información que se corrobora con lo citado por Vela (2019) quien encontró 544 árboles/ha en bosque de colina alta, adyacente a la investigación realizada.

Figura 5

Número de familias y especies



Relación de la altura máxima de los árboles de colina con el servicio ecosistémico de aprovisionamiento

En la investigación se han encontrado que cinco familias tienen la mejor media, como se muestra en la Tabla 4. Al respecto Vela (2019) encontró que las cinco familias con la mejor media aritmética fueron: Ulmaceae, Annonaceae, Vochysaceae, Rhizophoraceae y Fabaceae. No correspondiéndose con ninguna a las encontradas, indicándonos que la composición florística en los bosques cambia conforme cambia la microcuencia o la gradiente altitudinal se incrementa.

Tabla 4

Familias con la mejor media en altura máxima.

Familia	n	Media	Min.	Máx.
Araliaceae	1	25	25	25
Hypericaceae	1	22	22	22
Annonaceae	5	21,40	17	27
Lauraceae	5	21,40	15	25
Moraceae	25	21,08	9	32

En cuanto a las especies, se ha encontrado que cinco cuentan con la mejor media en altura máxima como se muestra en la Tabla 5. Siendo únicamente *Osteophloeum platyspermum* que coincide con lo reportado con Vela (2019), cabe indicar que el muestreo, presenta una composición florística distinta a la reportada en PPM en el BRUNAS, ubicadas en bosque de colina alta.

Tabla 5

Especies con la mejor media en altura máxima.

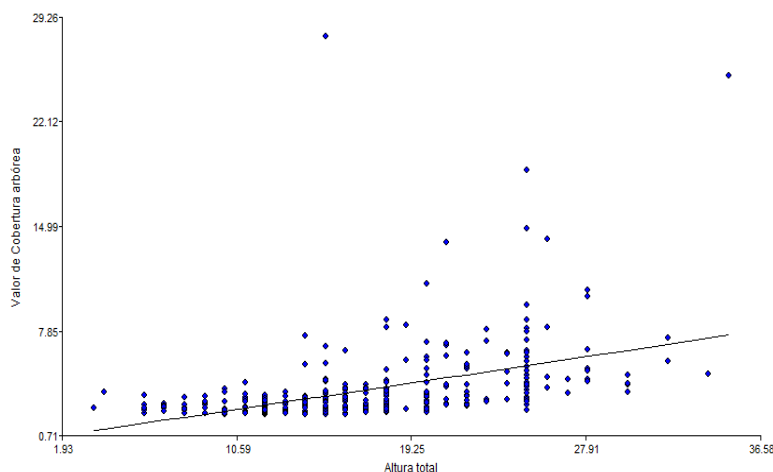
Especie	n	Media	Min.	Máx.
<i>Nectandra hihua</i>	1	25	25	25
<i>Schefflera morototoni</i>	1	25	25	25
<i>Brosimum alicastrum</i>	12	24,17	15	32
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	2	23	18	28
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	3	23	19	25

Relación de altura máxima y la cobertura vegetal arbórea (valor de cobertura)

Cabe precisar que en esta investigación la altura total es igual a la altura máxima, en la figura 6 se muestra la regresión, siendo que a medida que la altura aumenta también incrementa el valor de la cobertura arbórea, como lo señala Arias (2005) que el porcentaje de copa es un indicador de la vitalidad del árbol. En la investigación se encontró que una de las especies con mayor porcentaje de cobertura es *Schefflera morototoni* con una media de 9,61 % (como se muestra en la tabla 19 del anexo). Nívar (2017) encontró que en los ecosistemas terrestres de México un 26 % del total de la precipitación no alcanza el suelo, debido a que es interceptada por la cobertura vegetal. El análisis de relación en la figura 6, muestra un $R^2 = 0,21$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que la altura total y la cobertura vegetal arbórea medida a través del valor de cobertura arbórea estadísticamente se relacionan, pero con un nivel bajo. Pero muestran una correlación de Pearson moderada con 0,46.

Figura 6

Relación de altura total y valor de cobertura arbórea

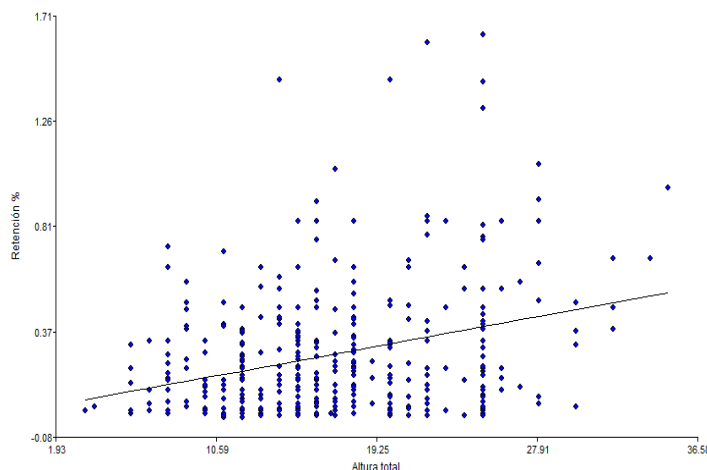


Relación de altura máxima y la retención

La retención de copa se expresa con el diámetro de copa de cada especie llevada a la hectárea, como se muestra en la figura 7, esta reviste de mucha importancia en la debido que es capaz de captar el agua de las precipitaciones pluviales. En la investigación la especie con mayor media en área de copa fue *Apeiba aspera* con 843,74 m²/ha . Por su parte Nívar (2017) encontró que en los ecosistemas terrestres de México captan un 14 % del total de la precipitación, debido a que es interceptada por la copa, entendiéndose que, a mayor área, mayor captación. Asimismo, Gómez *et al.* (2015) refiere que el volumen de agua retenido por el árbol (Vt) son hasta 80 % por variables dasométricas como la altura y el diámetro normal, respectivamente. Por lo que estas variables pueden funcionar como predictores eficientes de tal índice y el volumen de almacenamiento del tronco. El análisis de relación en la figura 7, muestra un $R^2 = 0,09$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que la altura total y la retención estadísticamente se relacionan, pero con un nivel muy bajo. Pero muestran una correlación de Pearson moderada con 0,30.

Figura 7

Relación de altura total y retención

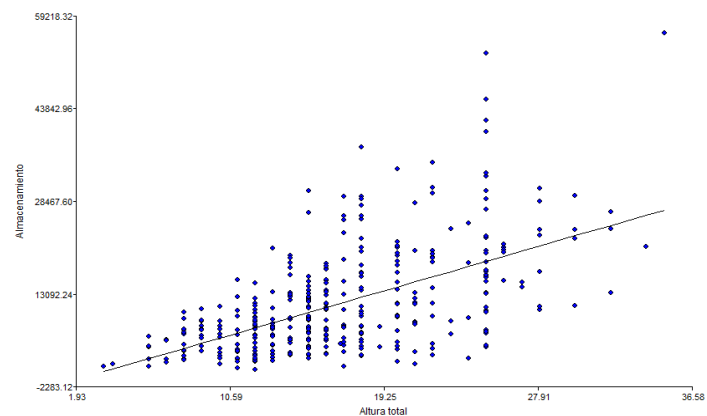


Relación de altura máxima y el almacenamiento

En la investigación cuyos datos fueron colectados a través de un inventario, descrito en la metodología, el almacenamiento se ha considerado al agua que es capaz de acumular una especie arbórea en su estructura, el análisis muestra que la especie *Schefflera morototoni* es capaz de almacenar hasta 32 692,8 litros de agua. Tal como lo refiere Gómez *et al.* (2015) que el volumen de agua retenido por el árbol (Vt) es hasta 80 % por variables dasométricas como la altura y el diámetro normal, respectivamente. Asimismo, Morales y Gómez (21 de enero de 2022), mencionan que el agua es uno de los recursos más importantes para el crecimiento de las plantas, por lo que la lluvia, dependiendo de sus características tiene una fuerte influencia sobre la vegetación de una zona determinada. El análisis de relación de la figura 8 muestra un $R^2 = 0,32$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que la altura total y el almacenamiento estadísticamente se relacionan, pero con un nivel bajo. Pero muestran una fuerte correlación de Pearson con 0,57.

Figura 8

Relación de altura total y almacenamiento



Relación de la forma de copa de los árboles de colina con el servicio ecosistémico de aprovisionamiento

Relación del porcentaje de copa con el valor de cobertura arbórea, retención y almacenamiento

Vismia amazónica obtuvo el 72,73 % de porcentaje de copa como se muestra en la tabla 6. Vela (2019) encontró que *Micropholis guyanensis* tiene 59,21 % para el bosque de colina alta en el BRUNAS a través de PPM. Arias (2005) alude que los árboles cubiertos por una amplia copa son normales en zonas de baja ocupación. Esta medida se utiliza con frecuencia como señal de la imperativa importancia de un árbol.

Tabla 6

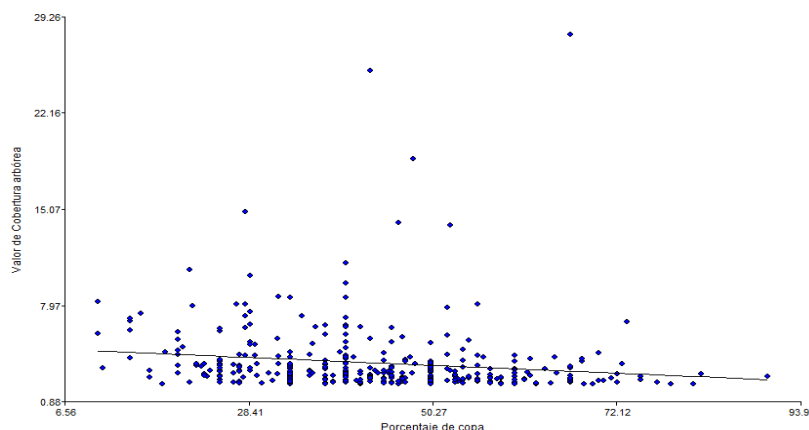
Porcentaje de copa de cinco especies con mejor media.

Porcentaje de copa	n	Media	Min.	Máx.
<i>Vismia amazonica</i>	1	72,73	72,73	72,73
<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	2	62,50	50,00	75,00
<i>Casearia arbórea</i>	1	60,00	60,00	60,00
<i>Aniba spp.</i>	2	57,53	47,06	68,00
<i>Poulsenia armata</i>	1	55,56	55,56	55,56

El análisis de relación de la figura 9 muestra un $R^2 = 0,02$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que el porcentaje de copa y el valor de cobertura arbórea estadísticamente se relacionan, pero con un nivel muy bajo. Mostrando además una correlación inversa de Pearson con $-0,15$.

Figura 9

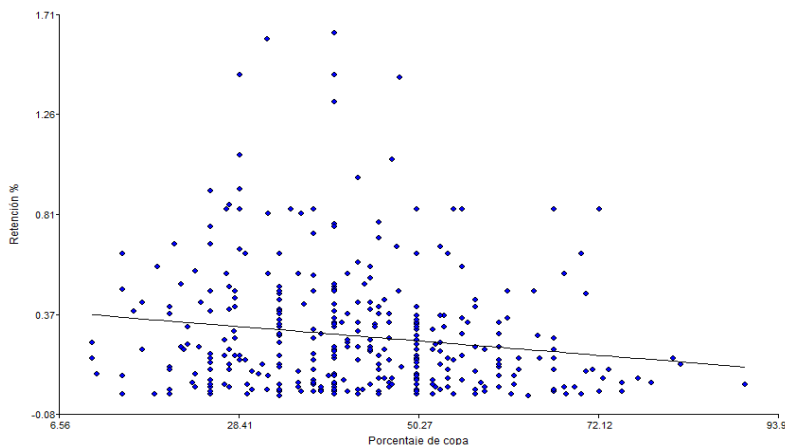
Relación de porcentaje de copa y valor de cobertura arbórea



El análisis de relación de la figura 10 muestra un $R^2 = 0,02$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que el porcentaje de copa y la retención estadísticamente se relacionan, pero con un nivel muy bajo. Mostrando además una correlación inversa de Pearson con $-0,15$.

Figura 10

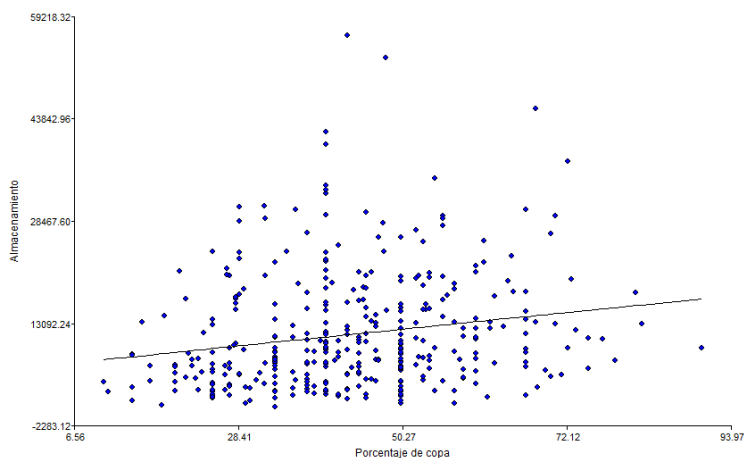
Regresión de porcentaje de copa y retención



El análisis de relación de la figura 11 muestra un $R^2 = 0,04$ y un p-valor de $<0,0002$ indicándonos que el porcentaje de copa y el almacenamiento estadísticamente se relacionan, pero con un nivel muy bajo. Mostrando además una débil correlación de Pearson con 0,19.

Figura 21

Relación de porcentaje de copa y almacenamiento



Relación del índice de copa con el valor de cobertura arbórea, retención y almacenamiento

Nectandra hihua obtuvo una media del 6,74 como se muestra en la tabla 7. Vela (2019) encontró que *Pseudopiptadenia suaveolens* fue del 13,22 para bosque de colina alta en el BRUNAS a través de PPM. Arias (2005) refiere que este cociente da una buena idea de la dimensión de la copa del árbol. Existen marcadas diferencias entre especies, pero también se pueden establecer efectos en el índice de la copa según las condiciones de sitio.

Tabla 7

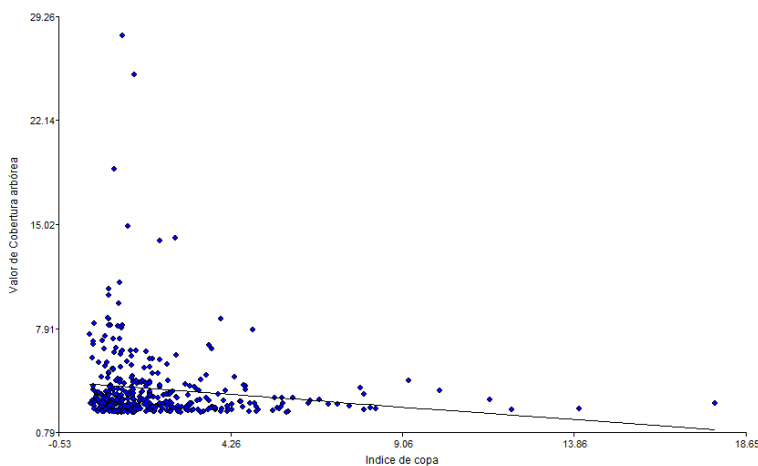
Índice de copa

Índice de copa	n	Media	Min.	Máy.
<i>Nectandra hihua</i>	1	6,74	6,74	6,74
<i>Aniba spp.</i>	2	5,47	3,06	7,89
<i>Vismia amazónica</i>	1	4,69	4,69	4,69
<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	2	4,35	0,54	8,16
<i>Sclerobium friburgense</i>	3	4,15	1,23	5,63

El análisis de relación de la figura 12 muestra un $R^2 = 0,02$ y un p-valor de $<0,0055$ indicándonos que el índice de copa y el valor de cobertura arbórea estadísticamente se relacionan, pero con un nivel muy bajo. Mostrando además una correlación inversa de Pearson con -0,14.

Figura 32

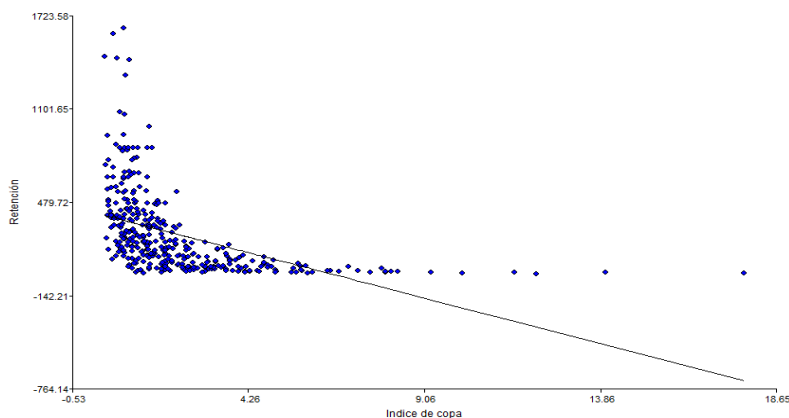
Relación de índice de copa y valor de cobertura arbórea



El análisis de relación de la figura 13 muestra un $R^2 = 0,22$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que el índice de copa y la retención estadísticamente se relacionan, pero con un nivel bajo. Mostrando además una correlación inversa moderada de Pearson con $-0,47$.

Figura 43

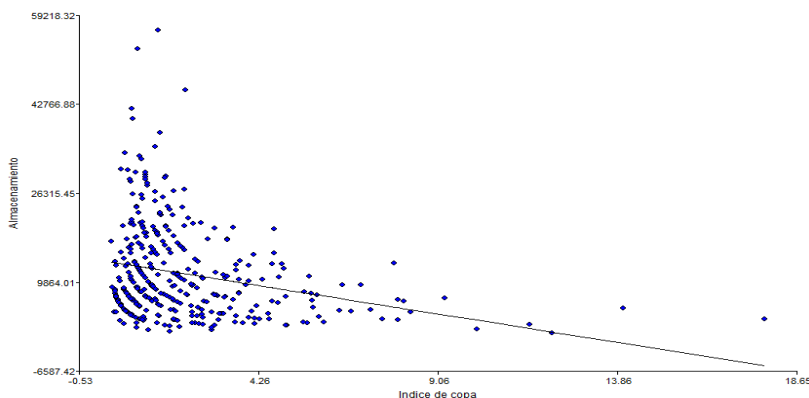
Relación de índice de copa y retención



El análisis de regresión de la figura 14 muestra un $R^2 = 0,07$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que el índice de copa y almacenamiento estadísticamente se relacionan, pero con un nivel bajo. Mostrando además una correlación inversa débil de Pearson con $-0,26$.

Figura 54

Relación de índice de copa y almacenamiento



Relación de la forma de copa con el valor de cobertura arbórea, retención y almacenamiento

Sloanea fragrans muestra un valor de media de 1,99 como se describe en la tabla 8 a las cinco mejores medias de todas las especies. Vela (2019) encontró que *Eugenia egensis* presenta 3,75 en cuanto a su forma de copa, refiriendo además que de acuerdo con el resultado nos quiere decir que la forma de copa es 3,75 veces más que la longitud del alto de copa.

Tabla 8

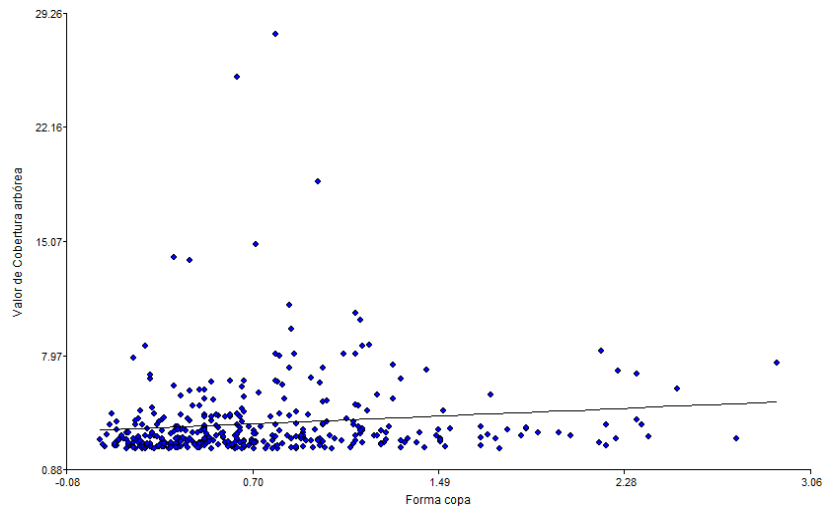
Forma de copa

Forma copa	n	Media	Min.	Máx.
<i>Sloanea fragrans</i>	2	1,99	1,78	2,20
<i>Batocarpus orinocensis</i>	3	1,71	0,55	2,33
<i>Qualea amoena</i>	1	1,67	1,67	1,67
<i>Parkia panurensis</i>	8	1,35	0,38	2,92
<i>Cinchona pubescens</i>	2	1,29	0,21	2,38

El análisis de relación de la figura 15 muestra un $R^2 = 0,01$ y un p-valor de $<0,0188$ indicándonos que la forma de copa y el valor de cobertura estadísticamente no se relacionan o simplemente la relación es nula. Mostrando además una correlación muy débil de Pearson con 0,12.

Figura 65

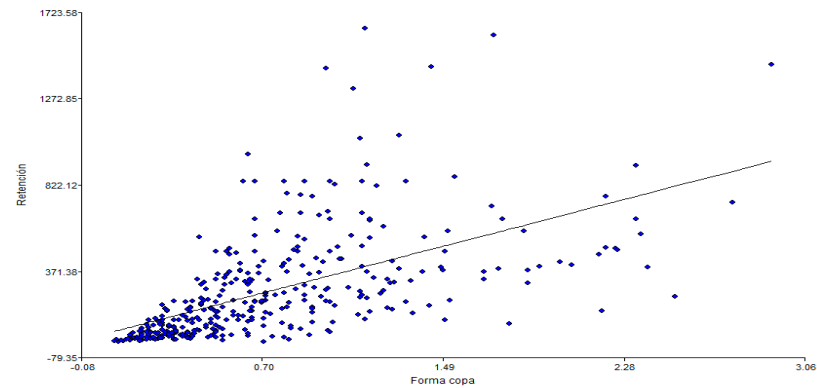
Relación de la forma de copa y el valor de cobertura arbórea



El análisis de relación de la figura 16 muestra un $R^2 = 0,33$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que la forma de copa y la retención estadísticamente se relacionan, pero con un nivel débil. Mostrando además una correlación de Pearson que es fuerte con 0,58.

Figura 76

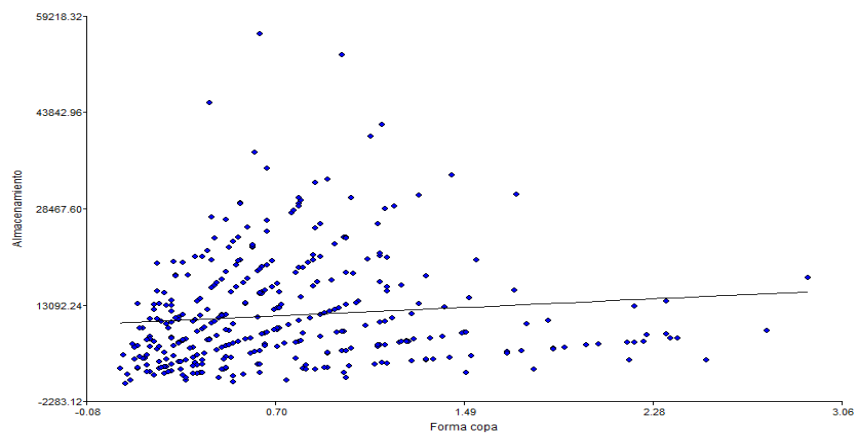
Relación de la forma de copa y la retención



El análisis de relación de la figura 17, muestra un $R^2 = 0,01$ y un p-valor de $<0,0471$ indicándonos que la forma de copa y el almacenamiento estadísticamente se relacionan de forma débil. Mostrando además una correlación de Pearson que es nula con 0,10.

Figura 87

Relación de la forma de copa y el almacenamiento



Relación del índice de espacio vital con el valor de cobertura arbórea, retención y almacenamiento

Se reporta que *Poulsenia armata* presenta un índice de espacio vital que de 41,45 es decir 41,45 veces mayor que su DAP tal como se muestra en la tabla 9 a las cinco especies con el mayor índice de espacio vital. Por su parte, Vela (2019) detalló que la especie *Hirtella racemosa* var. *hexandra* (Willd.) Prance (Chrysobalanaceae) con un índice de copa que era 79,23 veces mayor que el DAP. Asimismo, Arias (2005) alude que la variedad de ancho de copa para un valor similar de DAP de árbol puede ser extremadamente enorme, al punto que es difícil medir el ancho de copa a la vista del DAP del árbol. Por ejemplo, para *Pinus caribaea*, en árboles con una distancia transversal de 15 cm, se pueden anticipar valores de ancho de copa entre 2 y 5 m.

Tabla 9

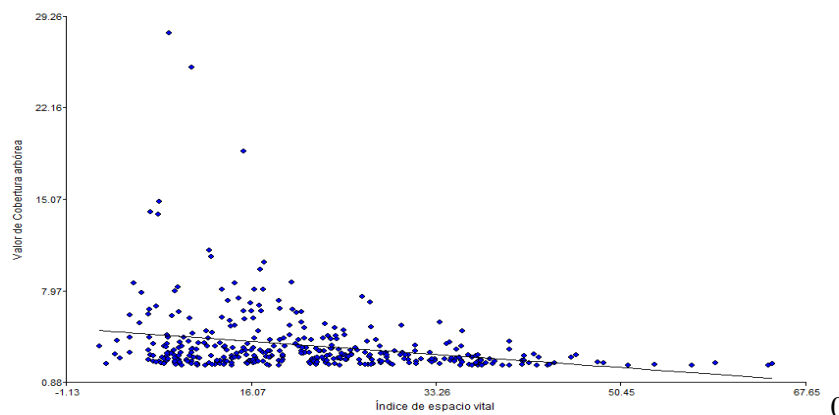
Índice de espacio vital

Índice de espacio vital	n	Media	Min.	Máx.
<i>Poulsenia armata</i>	1	41,45	41,45	41,45
<i>Miconia punctata</i>	3	31,97	13,52	42,34
<i>Caryodendron orinocense</i>	2	31,43	30,00	32,86
<i>Apeiba aspera</i>	1	31,37	31,37	31,37
<i>Theobroma subincanum</i>	4	30,36	23,18	37,04

El análisis de relación de la figura 18 muestra un $R^2 = 0,07$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que el índice de espacio vital y el valor de cobertura estadísticamente no se relacionan. Mostrando además una correlación de Pearson inversa y débil de -0,26.

Figura 98

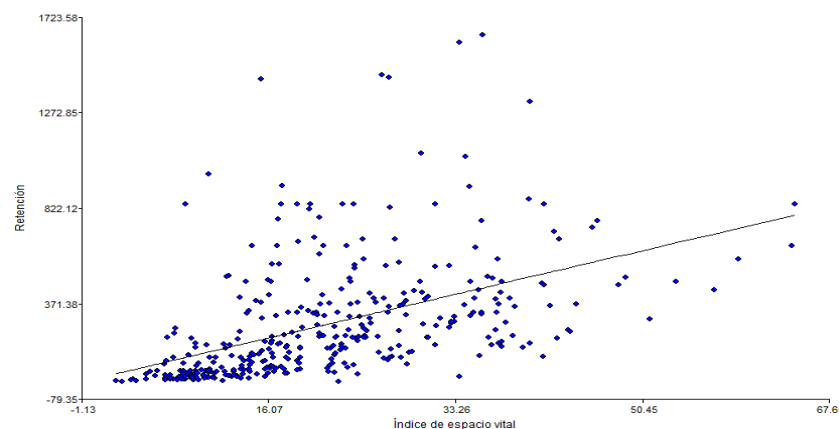
Relación de índice de espacio vital y valor de cobertura arbórea



El análisis de relación de la figura 19 muestra un $R^2 = 0,23$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que el índice de espacio vital y la retención estadísticamente se relacionan, pero de forma débil. Mostrando además una correlación de Pearson de forma moderada con 0,48.

Figura 19

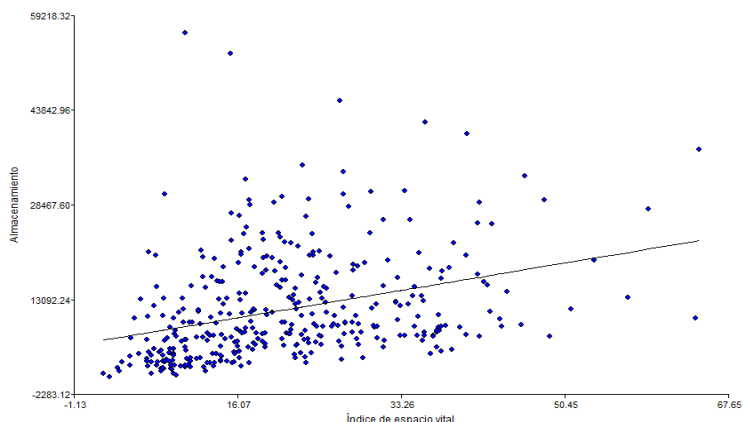
Relación de índice de espacio vital y la retención



El análisis de relación de la figura 20 muestra un $R^2 = 0,11$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que el índice de espacio vital y el almacenamiento estadísticamente se relacionan, pero de forma muy débil. Mostrando además una correlación de Pearson de forma moderada con 0,33.

Figura 20

Regresión de índice de espacio vital y el almacenamiento



Relación de manto de copa con el valor de cobertura arbórea, retención y almacenamiento

Los resultados que se muestran en la tabla 10, son a cinco de las especies forestales con el mayor manto de copa encontrado siendo entre ellas *Qualea amoena* con el mayor manto de copa. Esta investigación que se corrobora y coincide con las investigaciones realizadas por Vela (2019) y Arias (2005), los mismos que analizaron otras especies pero que sirven de información para el análisis. El manto de copa tiene su relación con la vitalidad que muestra el árbol, y esta a su vez con la esbeltez, entendiéndose que mayor manto de copa, las posibilidades de desarrollo en crecimiento y altura serán mayores, así como mayor captación de CO₂.

Tabla 10

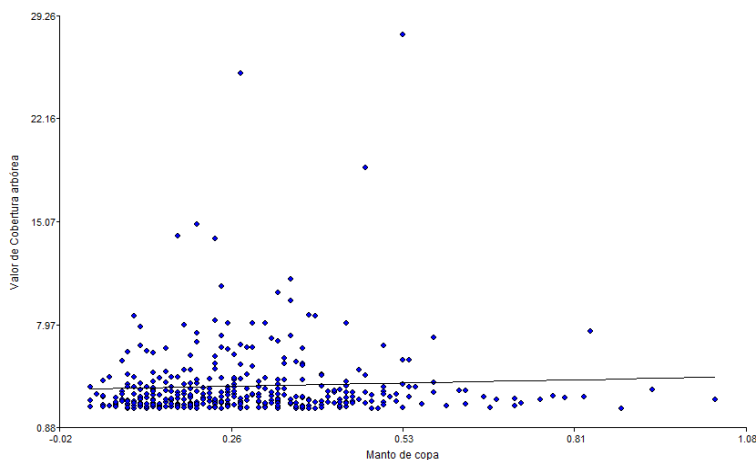
Manto de copa

Manto de copa	n	Media	Min.	Máx.
<i>Qualea amoena</i>	1	0,71	0,71	0,71
<i>Theobroma subincanum</i>	4	0,56	0,44	0,71
<i>Symphonia globulifera</i>	2	0,52	0,50	0,53
<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	2	0,51	0,09	0,93
<i>Cinchona pubescens.</i>	2	0,47	0,16	0,79

El análisis de relación de la figura 21 muestra un $R^2 = 0,0027$ y un p-valor de $<0,3212$ indicándonos que el manto de copa y el valor de cobertura arbórea estadísticamente no se relacionan y no tiene importancia. Y con 0,05 nos dice la correlación de Pearson que es nula.

Figura 101

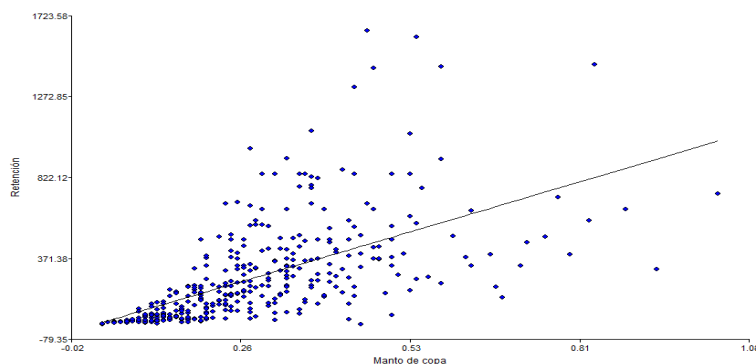
Relación del manto de copa y el valor de cobertura arbórea



El análisis de relación de la figura 22 muestra un $R^2 = 0,36$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que el manto de copa y la retención estadísticamente se relacionan de forma muy débil. Y con 0,60 nos dice la correlación de Pearson que es fuerte.

Figura 112

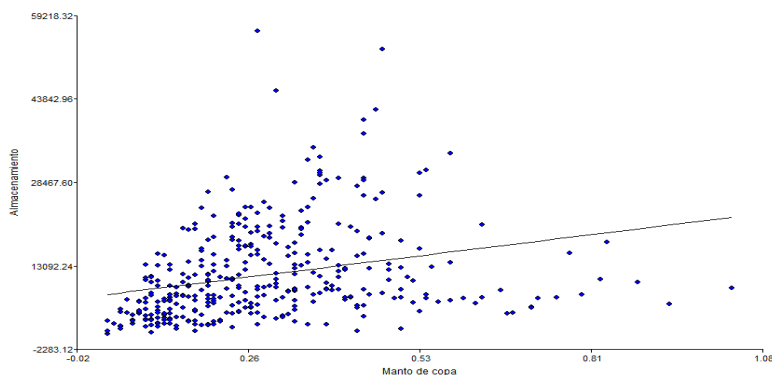
Relación del manto de copa y la retención



El análisis de relación de la figura 23 muestra un $R^2 = 0,07$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que el manto de copa y el almacenamiento estadísticamente la relación es nula, pero existe significación estadística. Y a través de la correlación de Pearson con 0,27 nos dice que es débil.

Figura 123

Relación del manto de copa y el almacenamiento



Relación de esbeltez con el valor de cobertura arbórea, retención y almacenamiento

Como se muestra en la tabla 11, las cinco especies más robustas y menos estables como *Nectandra hihua* que tiene una relación de entre 114,13 a 125,63. Y las cinco especies especies más estables consideramos que se encuentran entre 52,82 a 58,42 *Theobroma subincanum* ... y *Osteophloeum platyspermum* respectivamente como se muestra en la tabla 11. La investigación se sustenta en que a mayor esbeltez las posibilidades de caída de los árboles serán también mayor, es decir serán inestables mecánicamente a las inclemencias del clima, como ventarrones en la selva. Asimismo, este estudio se fundamente en lo realizado por Vela (2019), Durlo & Denardi (1998) y Vignote *et al.* (1996).

Tabla 11

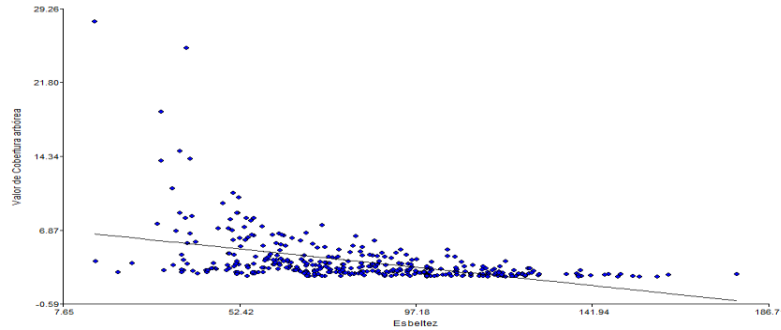
Esbeltez.

Esbeltez	n	Media	Min.	Máx.
<i>Nectandra hihua</i>	1	125,63	125,63	125,63
<i>Caryodendron orinocense</i>	2	121,78	115,00	128,57
<i>Brosimum spp.</i>	1	119,05	119,05	119,05
<i>Pourouma cecropiifolia</i>	2	115,97	114,29	117,65
<i>Hirtella racemosa</i>	1	114,13	114,13	114,13
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	3	58,42	40,51	80,65
<i>Anthodiscus peruanus</i>	2	55,87	55,70	56,03
<i>Parkia panurensis</i>	8	55,66	31,75	83,62
<i>Batocarpus orinocensis</i>	3	54,14	49,76	62,07

El análisis de relación de la figura 24 muestra un $R^2 = 0,20$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que la esbeltez y el valor de cobertura estadísticamente se relacionan, pero de forma débil, existiendo además significación estadística. Y a través de la correlación de Pearson con $-0,47$ nos dice existe una correlación inversa y moderada.

Figura 134

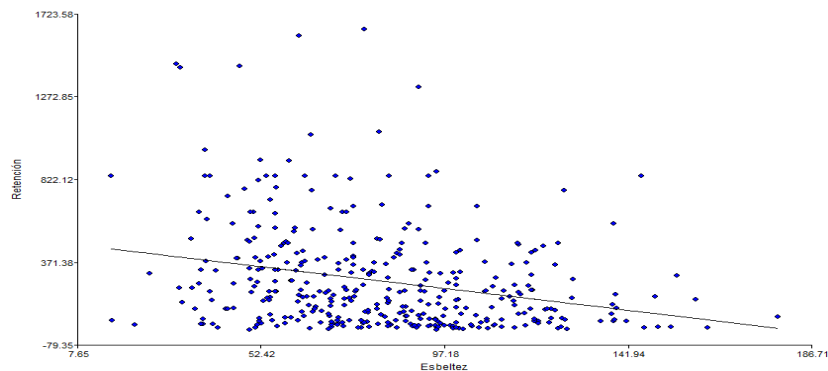
Relación de la esbeltez y el valor de cobertura arbórea



El análisis de relación de la figura 25 muestra un $R^2 = 0,07$ y un p-valor de $<0,0001$ indicándonos que la esbeltez y la retención estadísticamente tienen una relación es nula, pero existiendo significación estadística. Y a través de la correlación de Pearson con $-0,27$ nos dice existe una correlación inversa y débil.

Figura 145

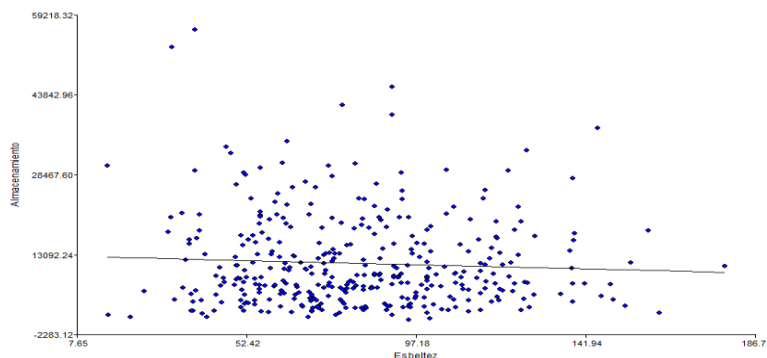
Relación de la esbeltez y la retención



El análisis de relación de la figura 26 muestra un $R^2 = 0,0034$ y un p-valor de $<0,2604$ indicándonos que la esbeltez y el almacenamiento estadísticamente la relación es nula, no existiendo además significación estadística. Y a través de la correlación inversa de Pearson con $-0,06$ nos dice que no existe correlación.

Figura 156

Relación de la esbeltez y el almacenamiento



Relación de la densidad básica de los árboles de colina alta con el servicio ecosistémico de aprovisionamiento

En la investigación como se muestra en la tabla 12, se encontró 47,15 familias/ha de los cuales las dos familias con la

densidad básica muy baja fueron Malvaceae y Urticaceae en estos bosques de colinas altas del BRUNAS. En similares condiciones de tipo de bosque Vela (2019) en la PPM 4 del BRUNAS, encontró 38 grupos de especies vegetales con DAP mayor o equivalente a 10 cm, de los cuales las familias (Anacardiaceae, Caricaceae y Malvaceae) muestran muy bajas densidades menores a $0,30 \text{ g/cm}^3$; que de 544 individuos encontró que el 1,47 % tienen esas densidades.

Tabla 12

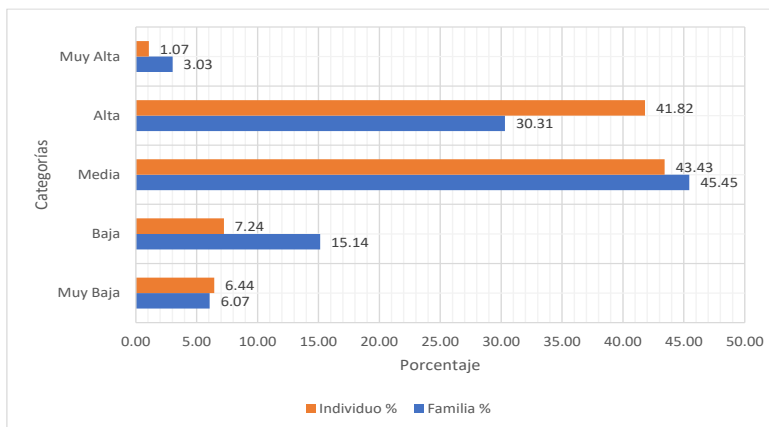
Categorías de densidad básica por familias e individuos.

DB g/cm^3	Categorías	Familia/ha	Familia %	Individuo/ha	Individuo %
<0,30	Muy Baja	2,86	6,07	34,29	6,44
0,3 – 0,40	Baja	7,14	15,14	38,57	7,24
0,41 – 0,60	Media	21,43	45,45	231,43	43,43
0,61 - 0,75	Alta	14,29	30,31	222,86	41,82
>0,75	Muy Alta	1,43	3,03	5,71	1,07
Total		47,15	100,00	532,86	100,00

En la figura 27, se muestra una distribución de la densidad conforme a la tabla 15, donde se muestra que la mayoría de las familias y especies se encuentra en las categorías media y alta para este tipo de bosque de colinas altas. Zelada y Reynel (2019) encontró que densidad básica de la madera; muestra variación según el nivel altitudinal. Siendo entonces que conforme se incrementa la altitud del bosque sobre el nivel del mar las especies arbóreas tienden a tener mayores densidades. Por su parte Chave (2006) refiere que la densidad brinda información de cuanto CO₂ puede destinar un árbol para el coste de construir.

Figura 167

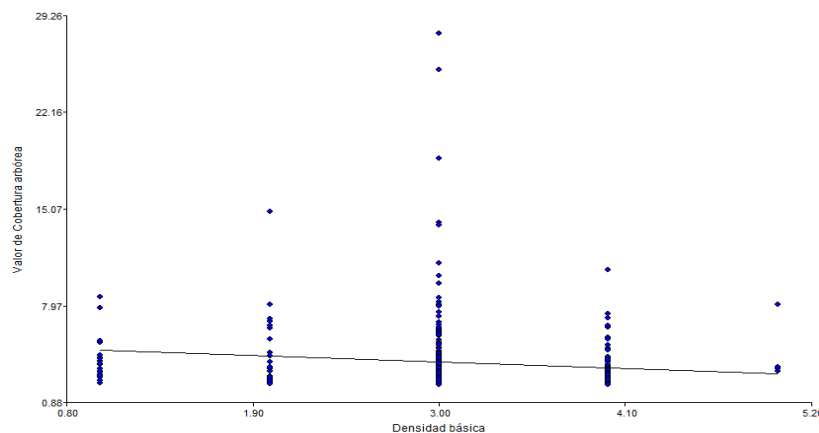
Categorías de densidad básica por familia e individuo



El análisis de relación de la figura 28 muestra un $R^2 = 0,02$ y un p-valor de $<0,0045$ indicándonos que la densidad básica y el valor de cobertura arbórea estadísticamente su relación es nula, pero existiendo significación estadística. Y a través de la correlación inversa de Spearman con $-0,22$ nos indica que es baja.

Figura 178

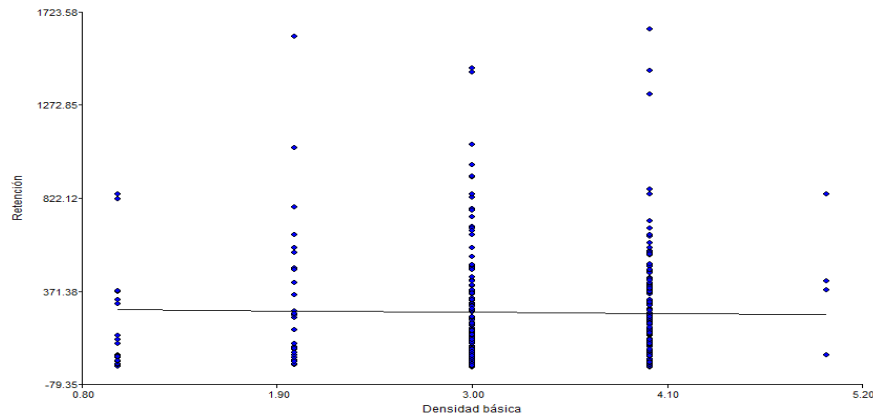
Relación de la densidad básica y el valor de cobertura arbórea



El análisis de relación de la figura 29 muestra un $R^2 = 0,000029$ y un p-valor de $<0,7425$ indicándonos que la densidad básica y la retención estadísticamente no existe relación, asimismo, no existe significación estadística. Mostrando además una relación muy baja de 0,01 analizada con Rho de Spearman.

Figura 29

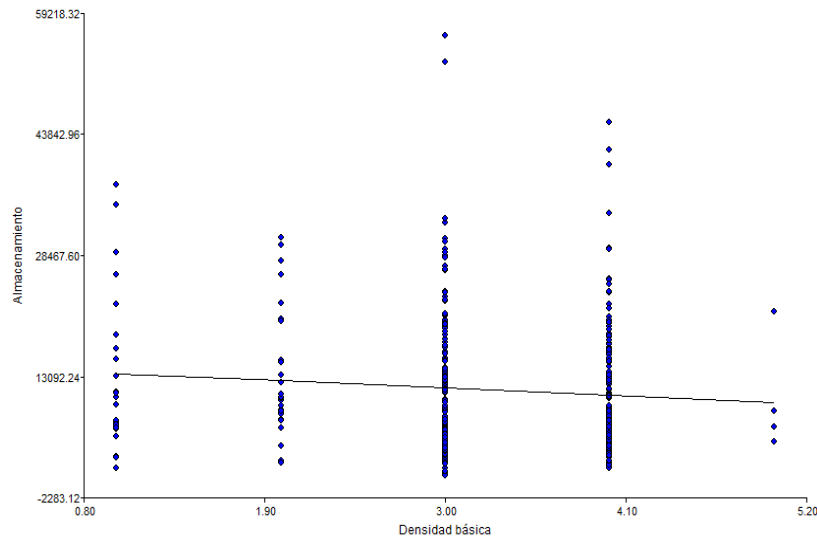
Relación de la densidad básica y la retención



El análisis de relación de la figura 30 muestra un $R^2 = 0,01$ y un p-valor de $<0,0807$ indicándonos que entre la densidad básica y el almacenamiento estadísticamente no existe relación, asimismo, no existe significación estadística. El análisis de Spearman muestra una relación inversa negativa -0,08; siendo muy baja.

Figura 30

Relación de la densidad básica y el almacenamiento



CONCLUSIONES

El nivel de relación entre la altura total y los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento como son: la cobertura vegetal arbórea, la retención y el almacenamiento. El análisis a través de Pearson muestra que es moderada, fuerte y positiva con 0,46; 0,30 y 0,57 respectivamente. Y siendo el valor de $\rho < 0,05$ nos indica una relación significativa entre las variables.

La altura total con la cobertura vegetal arbórea, la retención y el almacenamiento como los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento se relacionan positivamente de forma moderada a fuerte. Además, muestran una relación significativa entre las variables con un $\rho < 0,05$ medido a través de Pearson.

El nivel de relación entre el porcentaje de copa con el valor de cobertura arbórea, la retención y el almacenamiento a través de Pearson muestra que es débil y negativa: -0,15; -0,15 y 0,19 respectivamente. Siendo el valor de $\rho < 0,05$ que nos indica una relación significativa entre las variables.

El porcentaje de copa con el valor de cobertura arbórea y la retención se relacionan negativamente de forma débil, pero muestran significación estadística $\rho < 0,05$ medido con Pearson. Por otra parte, la evidencia estadística muestra una relación positiva entre el porcentaje de copa y el almacenamiento, mostrando también significación estadística entre las variables.

El nivel de relación entre el índice de copa con el valor de cobertura arbórea, la retención y el almacenamiento a través de Pearson muestra que es negativa débil y moderada: -0,14; -0,47 y -0,26 respectivamente. Siendo el valor de $\rho < 0,05$ que nos indica una relación significativa entre las variables.

La relación que muestran el índice de copa con el valor de cobertura arbórea, la retención el almacenamiento es negativo de forma débil a moderada. Además, muestran significación estadística entre las variables $\rho < 0,05$ medido a través de Pearson. El nivel de relación entre la forma de copa con el valor de cobertura arbórea, la retención y el almacenamiento a través de Pearson muestra que es débil a fuerte y positiva: 0,12; 0,58 y 0,10 respectivamente. Siendo el valor de $\rho < 0,05$ que nos indica una relación significativa entre las variables.

La forma de copa entre el valor de cobertura, la retención y el almacenamiento muestran una relación positiva de forma débil y fuerte. Asimismo, existe significación estadística entre las variables $\rho < 0,05$ medido a través de Pearson.

El nivel de relación entre el índice de espacio vital con el valor de cobertura vegetal arbórea, la retención y el almacenamiento a través de Pearson muestra que es débil y negativa, así como moderada y positiva: -0,26; 0,48 y 0,33 respectivamente. Siendo el valor de $\rho < 0,05$ que nos indica una relación significativa entre las variables.

La evidencia estadística muestra que entre el índice de espacio vital y el valor de cobertura arbórea existe una relación negativa de forma moderada, además de haber significación estadística con un $\rho < 0,05$ entre las variables. Asimismo, el índice de espacio vital con la retención y el almacenamiento presentan relación positiva de forma moderada, además de existir significación entre las variables con un $\rho < 0,05$.

Entre el manto de copa y valor de cobertura arbórea se demuestra estadísticamente que no existe relación entre las variables y tampoco relación significativa. Pero entre el manto de copa con la retención y el almacenamiento el grado de correlación entre las variables determinada por Pearson es de 0,60 y 0,47 respectivamente. Siendo el valor de $\rho < 0,05$ que nos indica una relación significativa entre las variables.

El manto de copa, con el valor de cobertura arbórea no muestran relación, ni significación entre las variables. Asimismo, el manto de copa entre la retención y el almacenamiento presentan una relación positiva de forma moderada a fuerte, existiendo además significación estadística entre las variables con un $\rho < 0,05$.

Entre la esbeltez y el almacenamiento se demuestra estadísticamente que no existe relación entre las variables y tampoco relación significativa. Y el nivel de relación entre la esbeltez con el valor de cobertura vegetal arbórea y la retención a través de Pearson muestra que es moderada y positiva, así como débil y negativa: 0,47 y -0,27 respectivamente. Siendo el valor de $\rho < 0,05$ que nos indica una relación significativa entre las variables.

La esbeltez con el almacenamiento no muestra relación, ni significación entre las variables. Pero entre la esbeltez y el valor de cobertura arbórea existe una relación moderada y positiva, mostrando además significación entre las variables con un $\rho < 0,05$. Asimismo, la investigación encontró una relación débil y negativa entre la esbeltez y la retención, con un $\rho < 0,05$ demostrando que existe significación entre las variables.

Entre la densidad básica con la retención y el almacenamiento se demuestra estadísticamente que no existe relación significativa entre las variables y tampoco relación significativa. Pero entre la densidad básica y el valor de cobertura vegetal el grado de correlación entre las variables determinada por Pearson es débil y negativa: -0,22. Obteniéndose además un valor de $\rho < 0,05$ que nos indica una relación significativa entre las variables.

La investigación encontró que entre la densidad básica con la retención y el almacenamiento no existe relación alguna, ni tampoco significación entre las variables. Asimismo, encontró que la relación entre la densidad con el valor de cobertura arbórea es negativa y débil, pero existiendo significación entre las variables con un $\rho < 0,05$.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, V; Araujo, P; Iturre, M. (2006). Caracteres estructurales de las masas. Santiago del Estero, Argentina, UNSE. 35 p. (Serie didáctica sociología vegetal y fitogeografía forestal, N° 22).
- Aguirre, C., Santillán, E., y Díaz Quintana, 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, 8(7), 99–112. <https://doi.org/10.36260/rbr.v8i7.781>

- Arias, D. (2004). Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. (en línea). Kurú: Revista Forestal 1(2), 2004. Consultado 12 ago. 2005. Disponible en <http://www.itcr.ac.cr/revistaKuru/antiores/antior2/pdf/Articulo%204.pdf>
- 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>
- Balvanera, P., y Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. Gaceta Ecológica 84(85), 8-15. <https://www.redalyc.org/pdf/540/54031601011.pdf>
- Bawa, K., Dayanandan, S. (1998). Global climate change and tropical forest genetic resources. Climatic Change, 39: 473 – 485.
- 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 Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4766/DeterminacionyCaracterizacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BIRF □ AIF (Banco Mundial, Estados Unidos). 2016. BIRF □ AIF: Los bosques contrarrestan el cambio climático. <http://www.bancomundial.org/es/topic/forests/brief/forests-combat-climate-change>.
- Camacho, V; Ruiz, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. Revista Bio Ciencias, 1(4): 3 □ 15. http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOC_IENCIAS/article/view/19.
- Cardoza, F. 2011. Diversidad y composición florística y funcional de los bosques del parque nacional Montecristo, El Salvador. [Tesis Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4815/Diversidad_y_composicion_floristica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Casanoves, F. (2012). Evaluación de la diversidad funcional. https://www.academia.edu/29899532/EVALUACION_DE_LA_DIVERSIDAD_FUNCIONAL
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza, Costa Rica). 2008. Adaptación al cambio climático: el rol de los servicios ecosistémicos. Turrialba, Costa Rica 3 p.
- CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica, Canadá). 2009. Relación entre la diversidad biológica y la mitigación y adaptación al cambio climático. (en línea). Montreal, Canadá. 16 p. Consultado 01 de jun. 2017. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/publications/ahteg-brochure-es.pdf>.
- Chave, J. (2005). MEDICIÓN DE LA ALTURA DEL ÁRBOL, PARA ÁRBOLES TROPICALES MANUAL DE CAMPO.
- Chave, J. (2006). MEDICIÓN DE DENSIDAD DE MADERA EN ÁRBOLES TROPICALES MANUAL DE CAMPO. [http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish\[1\].pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish[1].pdf)
- Chave, J. 2005. Medición de la altura del árbol, para árboles tropicales. Manual Universidad Paul Sabatier 2005 □1: 1 □3.
- Chave, J. 2006. Medición de densidad de madera en árboles tropicales. Manual Universidad Paul Sabatier 2006 □1: 1 □7.
- Chave, J., Muller-Landau, H. C., Baker, T. R., Easdale, T. A., Steege, H. ter, & Webb, C. O. (2006). REGIONAL AND PHYLOGENETIC VARIATION OF WOOD DENSITY ACROSS 2456 NEOTROPICAL TREE SPECIES. Ecological Applications, 16(6), 2356–2367. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[2356:RAPVOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[2356:RAPVOW]2.0.CO;2)
- Chave, J; Muller-Landau, HC; Baker, TR; Easdale, TA; Ter Steege, H; Webb, CO. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. Ecological Applications 16(6): 2356-2367.
- Cisneros, A. B., Moglia, J. G., & Álvarez, J. A. (2019). Morfometría de copa en *Prosopis alba* Griseb. *Ciência Florestal*, 29(2), 863. <https://doi.org/10.5902/1980509826846>
- Cornelissen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., Reich, P. B., Steege, H. ter, Morgan, H. D., Heijden, M. G. A. van der, Pausas, J. G., & Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51(4), 335. <https://doi.org/10.1071/BT02124>
- Cornwell, W. K., & Ackerly, D. D. (2009). Community assembly and shifts in plant trait distributions across an environmental gradient in coastal California. *Ecological Monographs*, 79(1), 109–126. <https://doi.org/10.1890/07-1134.1>

- Costanza, R., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., & Sutton, P. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. 387, 8.
- Cox, P.M., Betts, R.A., Collins, M., Harris, P.P., Huntingford, C., Jones, C.D. 2004. Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Theoretical and Applied Climatology* 78: 137-156.
- Daily, G. C. (1997). Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. *Electronic Green Journal*, 1(8). <https://doi.org/10.5070/G31810307>
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, L.C. Irland, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, R.J. Swanson, B.J. Stocks, B.M. Wotton. 2001. Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51:723-734.
- de la Riva, E. G., Pérez, I. M., Navarro, C. M., Olmo, M., Marañón, T., y Villar, R. (2014). Rasgos funcionales en el género *Quercus*: Estrategias adquisitivas frente a conservativas en el uso de recursos. 23(2), 82–89.
- Delgado, L. A., Acevedo, M. F., & Castellanos, H. (2005). Relaciones alométricas y patrones de crecimiento para especies de árboles de la reserva forestal Imataca, Venezuela. *Revista Interciencia*, 30(5), 275–283. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000500007
- Díaz, R. (2003). Efecto de la recurrencia de los incendios sobre la resiliencia post-incendio de las comunidades vegetales de Cataluña a partir de imágenes de satélite. *Asociación Española de Ecología terrestre. Alicante, España. Ecosistemas*. Vol. XII. No. 3. 11 p.
- Díaz, S., Gurvich, D.E., Pérez Harguindeguy, N. y Cabido, M. (2002). ¿Quién necesita tipos funcionales de plantas? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 37: 135-140.
- Díaz, S., Lavorel, S., Chapin, F. S., Tecco, P. A., Gurvich, D. E., & Grigulis, K. (2007). Functional Diversity—At the Crossroads between Ecosystem Functioning and Environmental Filters. *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*, 81–91. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32730-1_7
- Díaz, S.; Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16 (11): 646-655.
- Díaz, S; Cabido, M. 1997. Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *Journal of Vegetation Science* 8: 463-474.
- Díaz, S; Lavorel, S; de Bello, F; Quétier, F; Grigulis, K; Robson, M. 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 20684-20689.
- Duffy, J.E. 2002. Biodiversity and ecosystem function: the consumer connection. *Oikos* 99: 201–219.
- Durlo, A; Denardi, L. 1998. Morfometría de *Cabralea canjerana*, em mata secundaria nativa do Rio Grande do Sul. *Ciencia Florestal* 8(1):55-66.
- Durlo, MA; Denardi, L. (1998). Morfometria de *Cabralea canjerana*, em m ata secundaria nativa do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal* 8(1):55-66.
- EEM (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, Estados Unidos). 2003. Ecosistemas y bienestar humano: un marco para la Evaluación. WashingtonDC, USA. Island Press. 5:49 -70.
- Falster, D. S., & Westoby, M. (2003). Plant height and evolutionary games. *Revista ELSEVIER*, 18(7), 337–343. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00061-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00061-2)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma). 2010. La gestión de los bosques ante el cambio climático: Marco estratégico para los bosques y el cambio climático. (en línea). Roma, Italia. 20 p. Consultado 02 de jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/014/i1960s/i1960s00.pdf>.
- Fisher, B., Turner, R. K., y Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3), 643–653. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>
- Fornara, DA; Tilman, D. (2009). Ecological mechanisms associated with the positive diversity–productivity relationship in an N-limited grassland. *Ecology* 90: 408-418.
- Foster, P. (2002). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth Science Reviews* 55(1-2): 73-106.

- Goldammer, J.G., Price, C. (2008). Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on MAGICC and a GISS GCM-derived lightning model.
- Gómez, A., Gómez, F., Ávila, A. y Bruijnzeel, L. (2015). Partición de la precipitación en un bosque tropical montano de pino-encino en el centro de México. *BOSQUE* 36(3): 505-518, 2015 DOI: 10.4067/S0717-92002015000300017
- González, L. R. (2017). Análisis de la diversidad funcional de un bosque secundario en el departamento de Cordillera, Paraguay [Tesis maestría, Universidad Nacional de Asunción]. https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Tesis_RaquelGonz%C3%A1lez_0.pdf
- Hansen, L.J., Biringer, J.L. Hoffman, J.R. (2003). *Buying time: a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*. WWF, Climate Change Program, Berlin, Germany. 246p.
- Hess, A. F., Loiola, T., Arruda de Souza, I., & Nascimento, B. (2016). Morfometría de la copa de *Araucaria angustifolia* en sitios naturales en el sur de Brasil. *Revista Bosque* 37(3), 603–611. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000300017>
- Hooper, DUF; Chapin, S; Ewel, J; Hector, A; Inchausti, P; Lavorel, S; Lawton, JH; Lodge, DM; Loreau, M; Naeem, S; Schmid, B; Setälä, H; Symstad, AJ; Vandermeer, J; Wardle, DA. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75: 3-35.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Reino Unido). 2007. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del grupo de trabajo II. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 976 p. Universidad de Cambridge, Reino Unido.
- King, A; Davies, J; S. Tan y N.S.M.D. Noor. (2006). The role of wood density and stem support costs in the growth and mortality of tropical trees. *Journal of Ecology* 94: 670–680.
- Kraft, N.J.B., M.R. Metz, R.S. Condit y J. Chave. (2010). The relationship between wood density and mortality in a global tropical forest dataset. *New Phytologist* 188: 1124-1136.
- Lavorel, S., Rochette, C., y Lebreton, J.-D. (1999). Functional Groups for Response to Disturbance in Mediterranean Old Fields. *Revista Oikos*, 84(3), 480–498. <https://doi.org/10.2307/3546427>
- Lavorel, S; Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16: 545-556.
- Lavorel, S; Grigulis, K; Lamarque, P; Colace, MP; Garden, D; Girel, J; Pellet, G; Douzet, R. (2011). Using plant functional traits to understand the landscape distribution of multiple ecosystem services. *Journal of Ecology* 99: 135-147.
- Lavorel, S; McIntyre, S; Landsberg, J; Forbes, TDA. (1997). Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology & Evolution* 12: 474-478.
- Locatelli, B; Kanninen, M. (2008). Servicios ecosistémicos y adaptación al cambio climático (en línea). In *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina* (31, Turrialba, Costa Rica). Libro de actas. Turrialba, Costa Rica, CIFOR. Consultado 23 jun. 2017. Disponible en http://www.farem.unan.edu.ni/redcambioclimatico/docs/Libro_CC.pdf.
- Loreau, M; Hector, A. (2001). Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments *Nature* 412:72-76. Consultado febrero 2009. Disponible (online) en <http://biology.mcgill.ca/faculty/loreau/>.
- Markham, A. (1996). Potential impacts of climate change on ecosystems: review of implications for policymakers and conservation biologists. *Climate Research* 6: 179–191.
- MEA - Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC. 100 p.
- MINAM - Ministerio del ambiente, Perú. (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación. http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FLORA-Y-VEGETACI%C3%83-E2%80%9CN.co_mpressed.pdf.
- MINAM - Ministerio del ambiente. (2021). Resolución Ministerial N° 023-2021-MINAM. Lima – Perú.
- Morales, R. y Gómez, A. (21 de enero de 2022) Interceptación y captación de agua por la vegetación Saber más. <https://www.sabermas.umich.mx/secciones/articulos/728-interceptacion-y-captacion-de-agua-por-la-vegetacion.html>
- Návar J. (2017). Fitting rainfall interception models to forest ecosystems of Mexico. *Journal of Hydrology*, 548, 458-470.

- Petchey, O. L., Hector, A., Gaston, K. J. 2004. How do different measures of functional diversity perform? *Ecology* 85(3): 847-857.
- Petchey, O. L., y Gaston, K. J. (2006). Functional diversity: Back to basics and looking forward. *Revista Ecology Letters*, 9(6), 741–758. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x>
- Pokorny, ML; Sheley, RL; Zabinski, CA; Richard, E; Engel, RE; Svejcar, TJ; Borkowski, JJ. 2005. Plant Functional Group Diversity as a Mechanism for Invasion Resistance. *Restoration Ecology* 13: 448-459.
- Puerta, H. y Cárdenas, P. (2012). El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). *Xilema* vol.25.
- Quétier, F; Lavorel, S; Thuiller, W; Davies, I. 2007. Plant-trait-based modeling assessment of ecosystem service sensitivity to land-use change. *Ecological Applications* 17(8): 2377-2386.
- Rivas, D. (2006). Instrumentos de medición forestal. *Sistemas de Producción Forestal*. 2 ed. Universidad Autónoma Chapingo. México. 26 p.
- Rodríguez, A; Briceño, A; Ávila, H; Pacheco, E. (1999). Ocupación por árboles de calidad: Un concepto para evaluar plantaciones. *Madera y Bosques* 5(1):43-51.
- Romahn, C., y Ramírez, H. (2010). *Dendrometría*. Universidad autónoma Chapingo. México. 312 p. <https://docplayer.es/23350067-Dendrometria-carlos-francisco-romahn-de-la-vega-hugo-ramirez-maldonado-u-n-i-v-e-r-s-i-d-a-d-a-u-t-o-n-o-m-a-c-h-a-p-i-n-g-o.html>
- Salgado, N. (2016). La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Biblioteca Instituto Alexander Von Humboldt. Primera edición, Bogotá, D.C., Colombia.
- Sanquetta, C., Behling, A., Corte, A., Fernández, A., Beckert, S., & Simón, A. (2014). Equações para estimativa do diâmetro de copa para acácia-negra. *Revista Floresta e Ambiente*, 21(2), 192–205. <https://doi.org/10.4322/floram.2014.018>
- Santos, N. (2013). Guía para la cuantificación de la biomasa y el carbono forestal, generación de modelos y uso de herramientas para su estimación. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.
- Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N.W., Prentice, I.C. 2006. A climate-change risk analysis for world ecosystems. *PNAS* 103: 13116-13120.
- SOTO, R. (2015). La tesis de maestría y doctorado en 4 pasos. 2da Edic. Edit. DIOGRAF. Lima – Perú. 131 p.
- Suding, K., Lavorel, S., Chapin, F., Cornelissen, J., Díaz, S., Garnier, E., Goldberg, D., Hooper, D., Jackson, S., y Navas, M. (2008). Scaling environmental change through the community-level: A trait-based response-and-effect framework for plants. *Revista Global Change Biology*, 14(5), 1125–1140. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01557.x>
- Tuesta, R. H. P., & Meza, P. J. C. (2012). El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). *Xilema*, 25(1), 18–21. <https://doi.org/10.21704/x.v25i1.650>
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica (2a ed.)*. Lima: San Marcos.
- Vela, A. W. (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 Maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1722/TS_VZAW_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Violle, C., Navas, M., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., y Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional. *Revista Oikos*, 116(5), 882–892. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>
- Wiemann, M. C., & Williamson, G. B. (1989). Wood Specific Gravity Gradients in Tropical Dry and Montane Rain Forest Trees. *American Journal of Botany*, 76(6), 924–928. <https://doi.org/10.2307/2444548>
- Williamson, G. B. (1984). Gradients in Wood Specific Gravity of Trees. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 111(1), 51–55. <https://doi.org/10.2307/2996210>
- Zelada, H., y Reynel, C. (2019). Estimación de rasgos funcionales en dos especies arbóreas de una gradiente altitudinal tropical en el Centro de Perú. *Revista Forestal del Perú*, 34(2), 132. <https://doi.org/10.21704/rfp.v34i2.1323>