



## Diversidad y estructura de la vegetación herbácea del sotobosque y su relación con la herbivoría y la Luz, en el bosque Amazónico del Pongo de Qoñec, Sur Peruano

### Diversity and structure of the herbaceous understory vegetation and its relationship with herbivory and light in the Amazonian forest of Pongo de Qoñec, Southern Peru

Nayshia A. Huaman Ovalle <sup>1\*</sup>; Isau Huamantupa Chuquimaco <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Centro de investigación ECOTAXON, facultad de Ciencias Biológicas, EP. Biología. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

<sup>2</sup> Herbario Alwyn Gentry (HAG), Departamento Académico de Ciencias Básicas. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD)

<sup>3</sup> Centro Ecológico INKAMAZONIA, Valle de Kosñipata, vía Cusco - Parque Nacional del Manú. Cusco, Perú

Recibido: 05/01/2023

Aceptado: 10/03/2023

Publicado: 27/06/2023

\*Autor corresponsal: nayshia.a2@gmail.com

**Resumen:** Las poblaciones de vegetación herbácea desempeñan un papel crucial en el equilibrio ecológico, especialmente en el sotobosque. Sin embargo, son poco estudiadas en los trópicos. Se evaluó las poblaciones de herbáceas del sotobosque en una parcela permanente del bosque amazónico del valle de Kosñipata en el sur peruano. Se evaluaron individuos herbáceos en 10 subparcelas de (10 x 10 m), se evaluaron plántulas de árboles, lianas, arbustos e individuos herbáceos, con diámetros menores a 1,5 cm. Se consideró variables de cobertura, abundancia, herbivoría y la luz. Los resultados revelan la presencia de 3 443 individuos herbáceos, distribuidas en 186 especies, 115 géneros, pertenecientes a 60 familias; las familias con mayor riqueza en especies fueron: Fabaceae, Araceae, Acanthaceae y Marantaceae respectivamente. Las especies con mayor abundancia fueron: *Entada aff. polyphylla*, *Myroxylon balsamum*, *Iriartea deltoidea* y *Polybotrya sp1*. A nivel de cobertura las especies de mayor área fueron: *Anthurium croatii*, *Iriartea deltoidea*, *Dennstaedtia dissecta* y *Pteridium sp*. Las abundancias, coberturas y alturas de las plántulas de árboles, arbustos, hierbas y lianas mostraron diferencias significativas (Kruskal-Wallis;  $P < 0,001$ ). La herbivoría estuvo más relacionada con la abundancia, cobertura y altura de las plantas que la incidencia de luz ( $r$ ;  $p < 0,05$ ). Además, se observa un efecto significativamente bajo de la luz en los parámetros biológicos, con valores de  $R^2 < 0,1$ . Concluimos que la diversidad de plantas herbáceas en el sotobosque del Pongo de Qoñec es variada, con diferencias entre hábitos. La luz tiene un impacto limitado.

**Palabras clave:** abundancia, cobertura, efecto, plántulas, riqueza

**Abstract:** Herbaceous vegetation populations play a crucial role in ecological balance, especially in the understory. However, they are little studied in the tropics. We assessed the understory herbaceous populations in a permanent plot in the Amazonian forest of the Kosñipata valley in southern Peru. All herbaceous individuals were evaluated in 10 subplots of (10 x 10 m), evaluating tree seedlings, lianas, shrubs and herbaceous individuals, with diameters less than 1.5 cm. Variables of cover, abundance, herbivory and light were considered. The results reveal the presence of 3 443 herbaceous individuals, distributed in 186 species, 115 genera, belonging to 60 families; the families with the highest species richness were: Fabaceae, Araceae, Acanthaceae and Marantaceae respectively. The most abundant species were: *Entada aff. polyphylla*, *Myroxylon balsamum*, *Iriartea deltoidea* and *Polybotrya sp1*. At the cover level, the species with the largest area were: *Anthurium croatii*, *Iriartea deltoidea*, *Dennstaedtia dissecta* and *Pteridium sp*. Abundances, covers and heights of tree, shrub, herb and liana seedlings showed significant differences (Kruskal-Wallis;  $P < 0.001$ ). Herbivory was more related to plant abundance, cover and height than light incidence ( $r$ ;  $P < 0.05$ ). Furthermore, a significantly low effect of light on biological parameters was observed, with  $R^2$  values  $< 0.1$ . We conclude that the diversity of herbaceous plants in the understory of the Pongo de Qoñec is varied, with differences between habits. Light has a limited impact.

**Keywords:** abundance, coverage, effect, seedlings, richness

## 1. Introducción

Los bosques tropicales son las de mayor riqueza en especies de los ecosistemas terrestres (Primack & Corlett, 2005). Dentro de la composición de un bosque, al sotobosque justifica ponerle especial atención, debido a que a menudo contiene más especies vegetales y contribuye más a la cadena de alimentos que otros estratos. El sotobosque en los bosques tropicales está a menudo constituido por los árboles de plántulas, mientras que las especies herbáceas son menos abundantes (Richards, 1996). Sin embargo, las hierbas del sotobosque pueden representar alrededor del 45 % de la diversidad de plantas vasculares en los bosques tropicales (Balslev et al., 1998; Gentry & Dodson, 1987; Linares-Palomino et al., 2009).

Las especies pueden estar restringidas a este estrato de bosque, y estos pequeños individuos pueden proveer refugio y comida a muchos animales (Hubbell & Foster, 1992), la regeneración de los bosques tiene lugar a través de la presencia de plántulas y plantones en los sotobosques, claros o en campo abierto, según sea la especie (Whitmore et al., 1985). Las plantas definidas como hierbas son aquellas no leñosas o aquellas que tienen sus raíces en el bosque, epífitas facultativas aquellas que se encuentran en el suelo para cumplir una parte de su ciclo de vida, por este motivo éstas pueden reaccionar rápidamente a los cambios ambientales.

Las plantas herbáceas cumplen roles y funciones importantes en los bosques. Por ejemplo, son competidores directos de las plántulas de árboles y otros grupos de plantas (Cicuzza et al., 2013); esta competencia afecta a la diversidad y composición de las comunidades arbóreas que representan. Las plantas herbáceas son fuente de alimento para una variedad de herbívoros (Royo & Carson, 2005); y pueden representar una alta proporción de la riqueza general de especies y la abundancia relativa en una comunidad de plantas forestales (Linares-Palomino et al., 2009), la mayoría de las investigaciones se realiza en árboles aunque su diminuta presencia de las hierbas cause menos interés en estudiarlas, esto implica que es necesario conocer la estructura, la composición florística y la dinámica de los pequeños individuos con el fin de desarrollar sistemas silviculturales (Gómez-Díaz et al., 2017; Hubbell & Foster, 1992; Whitmore et al., 1985).

En el presente trabajo se desarrolló el estudio de las plantas herbáceas y brinzales del sotobosque en un bosque Amazónico del sur peruano, se plantearon tres objetivos: a) evaluar la diversidad y composición del estrato herbáceo, b) Análisis de los patrones de estructura, luz y herbivoría y c) conocer la influencia de variables ambientales y bióticas.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Área de estudio

El muestreo de campo se desarrolló en los periodos de lluvia y secas entre los años 2018 y 2019, en la localidad de Pongo de Qoñec, en el valle Amazónico de Kosñipata, provincia de Paucartambo departamento de Cusco, en el sur peruano (Figura 1). La zona de estudio se ubica a 520 msnm, el tipo de bosque corresponde al sistema ecológico del bosque de pie de monte de la amazonia occidental perteneciente de las Yungas del sur peruano (Josse et al., 2007). La temperatura está representada por una media anual de 23,97 °C y las precipitaciones con un promedio anual total de 3914,9 mm, con regímenes de una marcada estacionalidad, con meses de lluvias entre diciembre y abril (Huamantupa-Chuquimaco, 2010).

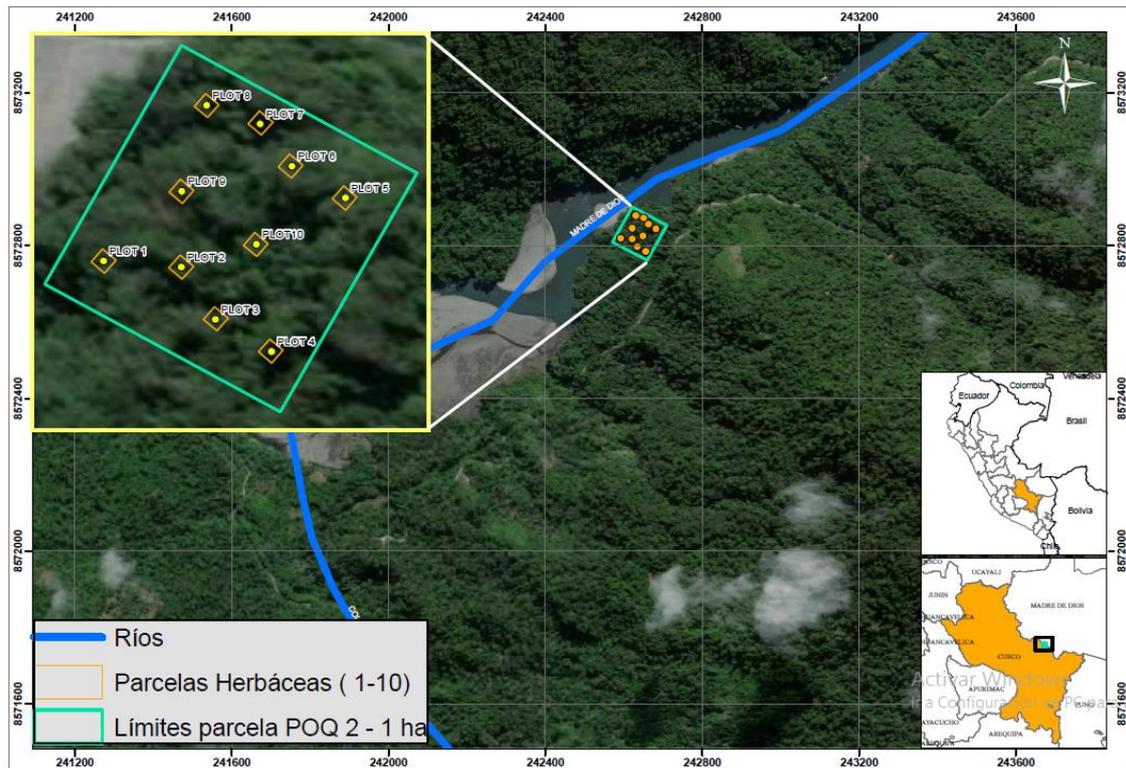


Figura 1. Localización de las parcelas evaluadas de las plantas herbáceas en el plot POQ-2, valle de Kosñipata (Cusco).

## 2.2. Metodología

Dentro de la parcela de 1 ha (POQ2), ubicada en las coordenadas  $12^{\circ} 53' 51,04''\text{LS}$ ,  $71^{\circ} 22' 9,10''\text{LO}$ , se delimitó diez parcelas de  $10 \times 10$  m sumando un total  $1000 \text{ m}^2$  ( $0,1 \text{ ha}$ ). En cada parcela, identificamos todas las especies de plantas herbáceas presentes, el número de individuos por especie y el hábito o forma de vida. Para el registro del hábito herbáceo hemos considerado hierbas terrestres y plántulas de árboles, arbustos y lianas a los cuales se les limitó como medidas de diámetro hasta  $1 \text{ cm}$  de grosor y  $1,5$  metros de altura como máximo, esta se consideró para estimar la proporción de las diferentes formas de crecimiento a estadios iniciales (Poulsen & Balslev, 1991).

La cobertura vegetal (copa) de cada individuo se estimó calculando el área de una elipse ( $A = \pi ab / 4$ ) utilizando los diámetros de dosel más corto ( $a$ ) y más largo ( $b$ ) del individuo. También se tomaron en cuenta parámetros de altura de la planta, abundancia (número de individuos). Registramos la apertura del dosel (una representación de las condiciones de luz del sotobosque) en el centro de cada parcela con un densiómetro esférico convexo (Forestry Suppliers, Inc.), con 12 celdas disponibles para el conteo de intensidad luminosa.

Para la identificación y determinación de las muestras colectadas se siguió el sistema APG IV (2016), las muestras colectadas se depositaron en el Herbario CUZ (Universidad Nacional San Antonio Abad, Cusco, Perú). Además, utilizamos recursos en línea como la base de datos de Tropicos ([tropicos.org](http://tropicos.org)), imágenes de plantas vivas y herbario del Field Museum ([fmuseum.org](http://fmuseum.org)) y The Plant List ([plantlist.org](http://plantlist.org)) para ayudar en la identificación taxonómica y estandarizar la nomenclatura.

### 2.3. Análisis de datos

Los valores de diversidad alfa por parcela fueron calculados de dos maneras: contando las especies que fueron encontrados en cada parcela (riqueza de especies) y calculando el valor Alfa de Fisher por parcela. Alfa de Fisher es un índice de diversidad que ha mostrado ser consistente ante variaciones de abundancia comparado con otros índices de diversidad, y es cada vez más usado en comparaciones de diversidad florística (Phillips & Baker, 2002; Ter Steege et al., 2003). Definida por:  $S = \alpha \ln(1 + (n/\alpha))$ , donde  $S$  es el número de especies,  $n$  el número de individuos y  $\alpha$  el alfa de Fisher. Para conocer una estimativa de las especies existentes en las 10 parcelas hemos incluido el estimador de diversidad no paramétrico de Chao-1, este índice estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons)., esta se representa por  $Chao\ 1 = S + a^2/2b$  (Moreno, 2001).

El análisis de patrones de la estructura, luz y herbivoría fueron abordados analizando la composición de los diferentes hábitos para las 10 parcelas y luego agrupando los datos como una sola en la cual se analizaron como datos bióticos las especies, abundancia, copa, y variables abióticas de luz y biótica de efecto a la herbivoría. Estas se compararon a través de los cuatro hábitos (árbol, arbusto, hierba y liana) mediante el análisis no paramétrico de Kruskal Wallis y el análisis independiente post hot de Holm, con los cuales se pudieron conocer las diferencias y similitudes existentes. Estas se complementaron con los gráficos de box plot.

$$Z_j = \frac{\bar{R}_j - \bar{R}}{\sqrt{\frac{(N+1) \binom{N}{n_j} - 1}{12}}}$$

donde  $R_j$  = rango promedio para el grupo  $j$ ,  $R$  = rango promedio para todas las observaciones, número de observaciones y  $n_j$  = número de observaciones para el grupo  $j$ ésimo.

Para conocer las relaciones de las variables de efecto se consideraron, se utilizaron análisis de regresión lineal complementadas por los coeficientes de correlación de Pearson, donde hemos considerado como biótica a la herbivoría y la luz como abiótica. La ecuación de regresión lineal simple indica que el valor medio o valor esperado de  $y$  es una función lineal de  $x$ :  $E(y/x) = \beta_0 + \beta_1 x$ .

Todos estos análisis y gráficos fueron efectuados mediante varios paquetes implementados en el software R (R Core Team, 2020).

## 3. Resultados

### 3.1. Diversidad y composición

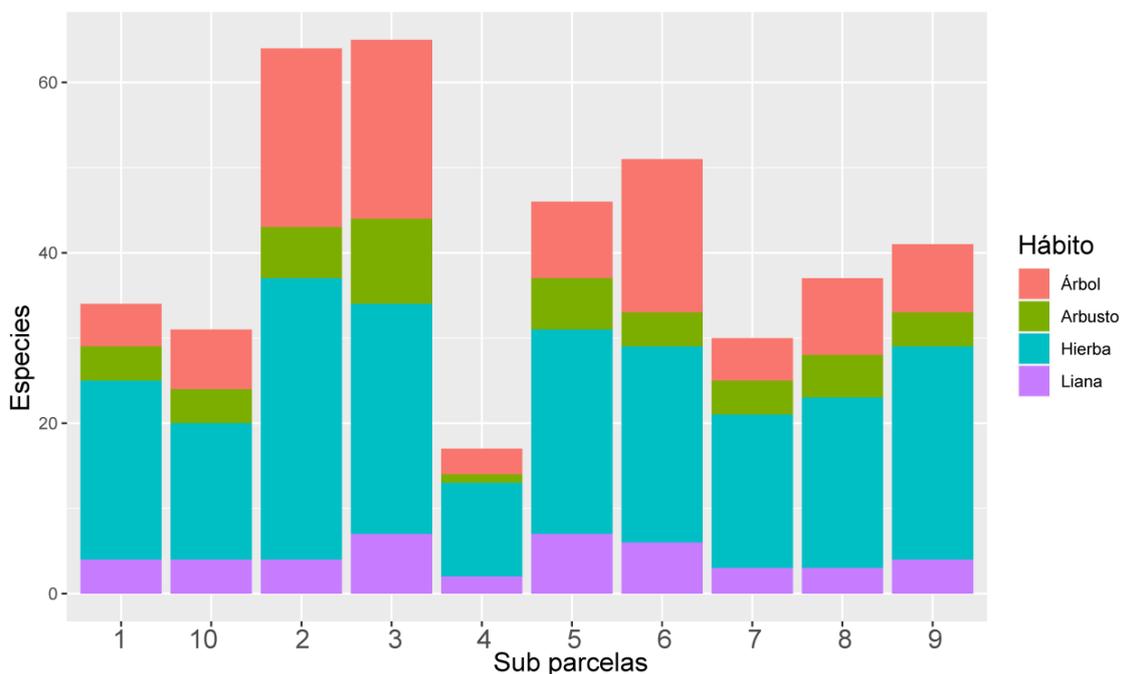
Se inventariaron 3 443 individuos vegetales herbáceos, estas comprenden 186 especies distribuidas en 60 familias y 115 géneros. Las familias de mayor riqueza en especies y géneros fueron: Las familias con mayor riqueza de especies fueron: Fabaceae con 20 especies, Araceae (13), Acanthaceae y Marantaceae con 11 cada una, Melastomataceae (7), Cyrtanthaceae y Moraceae con 6 cada una.

**Tabla 1.** Valores de diversidad y riqueza de las 10 subparcelas muestreadas.

	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	SP8	SP9	SP10
<b>Especies</b>	34	62	62	17	45	48	29	37	40	31
<b>Individuos</b>	437	364	497	122	321	543	341	258	349	215
<b>Familias</b>	21	33	35	11	23	27	19	24	26	22
<b>Géneros</b>	30	52	54	16	39	43	28	36	39	31
<b>Fisher alfa</b>	8,617	<b>21,47</b>	<b>18,69</b>	5,369	<b>14,25</b>	12,7	7,573	11,83	11,65	9,937
<b>Chao-1</b>	35,5	<b>67,69</b>	<b>70,25</b>	17	46,25	<b>69</b>	29,5	37,33	41,25	38

En todas las 10 parcelas muestreadas, los cuatro hábitos estuvieron representados por: Árbol con 54 especies y 656 individuos, Arbusto (23 y 304), Hierba (95 y 2 001) y Liana (14 y 486) (Tabla 1).

Entre las 10 subparcelas la 3 es la que concentra mayor número de especies con 65, seguida de la 2 con 64 y la 6 con 51. En cuanto a los individuos la subparcela 6 contiene 543, seguidas de la 3 con 497 y la 2 con 364, son éstas también las que concentran la mayor proporción de especies e individuos de los 4 hábitos (Tabla 1).

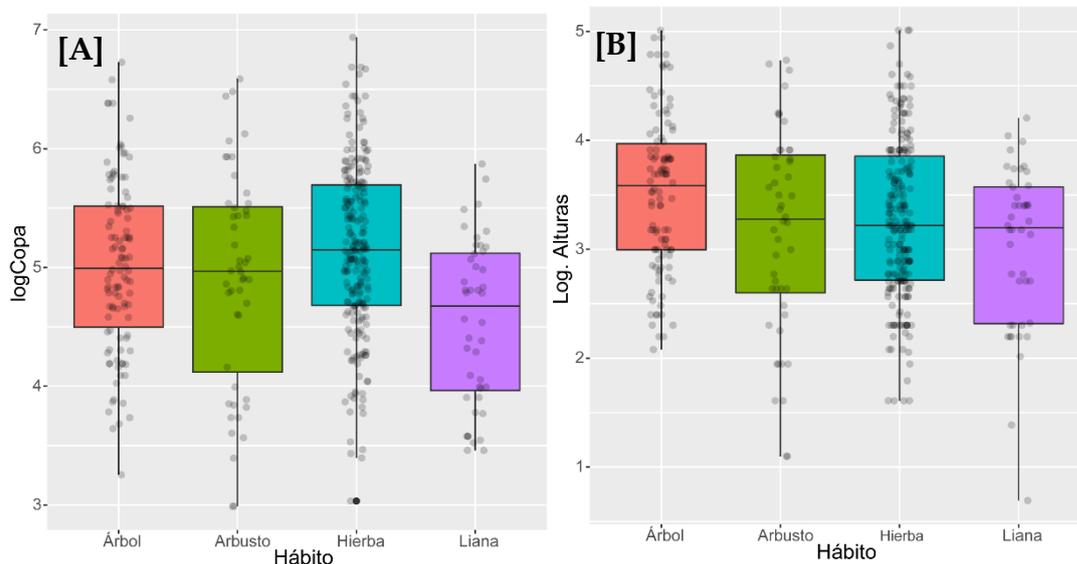
**Figura 2.** Distribución de especies en las 10 subparcelas según los hábitos de crecimiento.

Los valores de diversidad en las 10 subparcelas varían con valores de Alfa de Fisher desde 5,6 (subparcela 4) hasta 21,47 en la subparcela 2, mediante el índice estimador no paramétrico de Chao 1 muestra valores variables como en la sub parcela 4 con 17 especies y la parcela 3 con la posibilidad de registrar hasta 70 especies.

### 3.2. Análisis de los patrones de estructura, luz y herbivoría

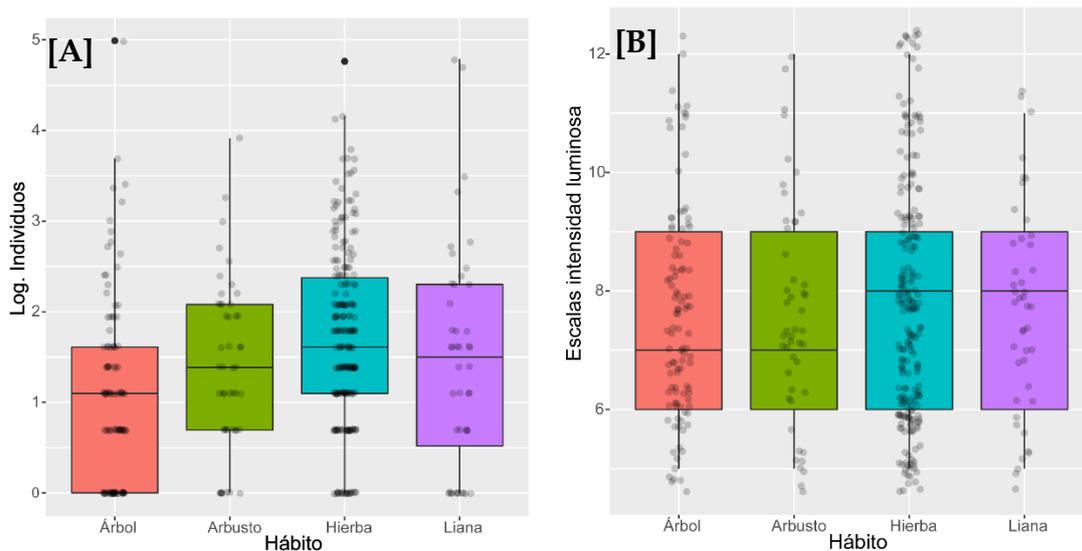
Las especies con mayor abundancia fueron: *Entada aff. polyphylla* con 259, *Myroxylon balsamum* (187), *Iriartea deltoidea* (149), *Polybotrya sp1* (148) y *Tectaria sp* con 137 individuos (Anexo 1). A nivel de copas las especies de mayor área de copa son: *Anthurium croatii* con 1,03 m<sup>2</sup>, *Iriartea deltoidea* (0,83 m<sup>2</sup>), *Dennstaedtia dissecta* (0,81 m<sup>2</sup>), *Pteridium sp* (0,80 m<sup>2</sup>) y *Cyclanthus bipartitus* (0,73 m<sup>2</sup>). Las especies de mayores alturas estuvieron representadas por: *Dennstaedtia dissecta*, *Pteridium sp* y *Guarea kunthiana* que llegan hasta 150 cm, *Iriartea deltoidea*, *Wettinia augusta*, *Anthurium croatii* y *Eugenia biflora* que pueden llegar hasta los 140 cm.

El análisis de Kruskal Wallis de acuerdo a las áreas de copa en cada tipo de hábito revela que entre las árboles, arbustos, hierbas y lianas a nivel grupal no muestran una diferencia significativa ( $p < 0,001$ ), en el análisis post hot de holm se evidencia que entre árbol y liana existe diferencias ( $p = 0,0036$ ) y entre hierbas y lianas con ( $p < 0,001$ ). La comparación de las alturas entre los cuatro hábitos muestra un valor de  $p = 0,00744$  que existe diferencias entre las alturas, en el análisis post hot de holm revela que entre las alturas de los árboles y lianas son las que muestran diferencia significativa (Figura 3).



**Figura 3.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias y similitudes de las medidas de: **A)** distribución de los valores de copa en los 4 hábitos y **B)** distribución de los valores de alturas en los 4 hábitos.

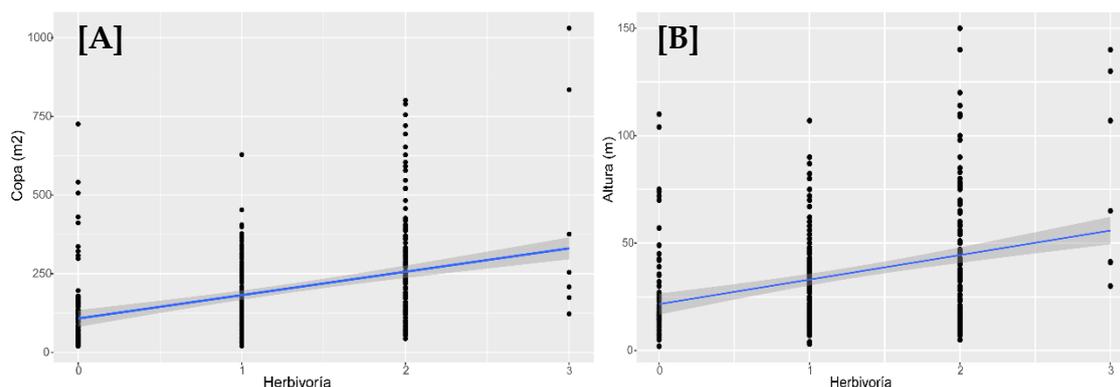
La comparación de los valores del número de individuos entre los cuatro hábitos fue  $p < 0,001$  a nivel grupal, lo que indica que existe diferencias entre las alturas, en el análisis post hot de holm revela que entre las alturas de los árboles y hierbas son las que muestran diferencia significativa (Figura 4A). La comparación de los valores de individuos en las diferentes escalas luminosas comparados en los cuatro hábitos fue  $p = 0,954$  a nivel grupal, lo que indica que no existe diferencias en los niveles de influencia de luz entre los cuatro hábitos, en el análisis post hot de holm tampoco evidencia una diferencia significativa (Figura 4B).



**Figura 4.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias y similitudes de las medidas de: **A)** Abundancias en los 4 hábitos y **B)** Escalas de incidencia de luz en los cuatro hábitos.

### 3.3. Influencia de variables ambientales y bióticas

El análisis de correlación de Pearson muestra que entre los parámetros bióticos de individuos, copa, altura comparados a variables bióticas de herbivoría y abióticas de incidencia de luz, demuestra que las variables mejor correlacionadas son la herbivoría sobre las copas y alturas de las plantas, el efecto de la luz sobre los parámetros biológicos es muy bajo con valores de  $R^2 < 0,1$ . El análisis de regresión lineal muestra que existe un regular incremento de herbivoría en individuos con copas mayores donde el coeficiente de correlación de Pearson es  $R^2=0,368$ ,  $p<0,001$  (Figura 5A). El efecto de la herbivoría sobre el crecimiento en las alturas de los individuos se interpreta como regular, donde en las plantas de mayor tamaño existe mayor herbivoría, con una  $R^2=0,315$  y  $p<0,001$  (Figura 5B).



**Figura 5.** A. Regresión lineal de la herbivoría sobre la copa de las plantas herbáceas, B. Regresión lineal de la Luz sobre la copa de las plantas herbáceas.

## 4. Discusiones

### 4.1. Diversidad y composición

La composición del sotobosque en nuestro área de estudio está representada por: 3 443 individuos herbáceos, estas comprenden 186 especies distribuidas en 60 familias y 115 géneros, éstas cifras de riqueza y diversidad de taxos comparadas con el trabajo de Linares-Palomino et al. (2009),

quienes registraron 208 especies de plantas herbáceas de 36 familias, en bosques premontanos de la Reserva Comunal de Amarakaeri (RCA); hace que sean más ricos en número de especies pero no en número de familias que los bosques de nuestra área de estudio, aunque es importante tener en cuenta que el área total muestreada en el (RCA) que incluyen en 1 875 m<sup>2</sup>, establecidas en 75 parcelas de (5x5m), en relación a los 1000 m<sup>2</sup> de nuestro área de estudio, lo que permitió la variación en las condiciones del hábitat y el tipo de vegetación, que esto probablemente contribuyó a la alta riqueza de especies que en el Pongo de Qoñec; y Ciczuzza et al. (2010) en un área de 10 000 m<sup>2</sup> (1 ha) en dos montañas tropicales en Sulawesi (200 parcelas de 5x5 m para cada sitio), registraron 171 especies y 43 familias para la localidad de Pono y 203 especies con 45 familias para Bariri, patrón que es similar al del Pongo de Qoñec, pero cabe mencionar que el número de familias para el Pongo sigue siendo mayor, en 15 familias respecto a Bariri.

Así mismo en cuanto a la diversidad de familias del PQ es superior a la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno en el bosque Amazónico de Ecuador (Poulsen & Balslev, 1991), donde registraron 25 familias en un área de 250 m<sup>2</sup>; del mismo modo es también superior al trabajo documentado para la Amazonia Brasileña; Estación Experimental de Manejo Forestal ZF-2 del Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonia (INPA); por Costa (2004) quien registro 18 familias en 880 m<sup>2</sup>.

**Tabla 2.** Comparación de la riqueza de taxones de herbáceas evaluadas en diferentes localidades.

Localidad	Familias	Géneros	Especies	Fuente
Pongo de Qoñec	Fabaceae, Araceae, Marantaceae	<i>Myroxylon</i> , <i>Entada</i> , <i>Anthurium</i>	<i>Myroxylon balsamum</i> , <i>Entada polyphylla</i> , <i>Anthurium croatii</i>	Presente estudio
Amarakaeri	Poaceae, Araceae, Marantaceae	<i>Olyra</i> , <i>Monstera</i> , <i>Philodendron</i>	<i>Olyra cf. Latifolia</i> , <i>Monstera pinnatipartita</i> , <i>Philodendron heterophyllum</i> ,	(Linares-Palomino et al., 2009)
Estación Experimental de Manejo Forestal	Araceae, Marantaceae, Piperaceae	<i>Dieffenbachia</i> , <i>Dracontium</i> , <i>Calathea</i>	<i>Dieffenbachia elegans</i> , <i>Dracontium longipes</i> , <i>Calathea altissima</i>	(Costa, 2004)
Reserva de Producción Faunística Cuyabeno	Araceae, Marantaceae, Poaceae	<i>Pariaria</i> , <i>Adiantum</i>	<i>Pariaria radicyflora</i> , <i>Adiantum terminatum</i> , <i>A. humile</i>	(Poulsen & Balslev, 1991)

A nivel de género en el PQ son abundantes *Anthurium* son representantes típicos de los bosques neotropicales dado que estos mismos fueron registrados para la Estación Experimental de Manejo Forestal, Reserva comunal de Amarakaeri y la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno.

#### 4.2. Análisis de los patrones de estructura, luz y herbívora

A nivel de especie fueron las más abundantes y frecuente *Entada aff. polyphylla* y *Myroxylon balsamum* los cuales no se registraron en otras localidades, por lo que al parecer es más frecuente en estos bosques amazónicos de pie de monte andino.

Aparentemente la presencia de *E. aff. polyphylla* nos lleva a considerar que esta especie fue abundante por una estación anual marcada ya que se observó que el individuo madre estaba en estado de pudrición y las plántulas halladas en el momento de la evaluación estaban en sus primeros estadios y probablemente en unos meses después de lo evaluado no iban a sobrevivir muchos de ellos, dado que esta especie no fue encontrado en otros subparcelas, por tanto aparentemente durante la competencia con otras especies no tienen ventajas suficientes para sobrevivir.

A nivel de copa en el PQ *Anthurium croatii* (1,03 m<sup>2</sup>) y *Iriartea deltoidea* (0,83 m<sup>2</sup>) son los que aparentemente están mejor relacionados al sotobosque con la presencia de luz escasa o moderada a comparación de *Olyra cf. latifolia* (161,3 m<sup>2</sup>) además que prefieren los sitios con más sombra, fue la especie con mayor cobertura para la Reserva Comunal de Amaraeri.

La estructura del dosel no es estática, sino que cambia continuamente debido a perturbaciones que resultan de la interacción entre factores ambientales y la vegetación. Como consecuencia, el ambiente de luz en el bosque es espacial y temporalmente heterogéneo (Endler, 1993; Pearcy, 2007). En este trabajo observamos que el índice de Intensidad Lumínica para los cuatro hábitos es la misma por otro lado Quevedo et al. (2016) muestran en un estudio realizado en el Bosque Universitario San Eusebio, Mérida (Venezuela) donde estimaron el impacto de las variaciones estructurales del dosel en la disponibilidad de luz del sotobosque en dos estaciones del año (lluvias y secas), tomaron fotografías hemisféricas para estimar el porcentaje de dosel abierto, índice de área foliar, porcentajes de luz directa y luz difusa transmitida, duración y frecuencia de rayos de sol. Calcularon el índice de luz a partir de las proporciones relativas de luz directa y difusa transmitida al sotobosque. El índice de luz fue bajo (0,25 a 26 de un máximo = 100), indicando un ambiente de luz muy oscuro en el sotobosque, Patrones e interacciones entre los factores fueron analizados con un diseño ANOVA de efectos mixtos y medidas repetidas; cuyos resultados muestran que la cantidad de luz que llega al sotobosque es baja, tanto en Bosque no perturbado como en claros. Sin embargo, existieron diferencias pequeñas pero significativas en la disponibilidad de luz, tanto por efecto de la estacionalidad como por la magnitud de las perturbaciones. Estas diferencias podrían explicar la dinámica de la regeneración de especies en estos bosques. El conocimiento de los factores que condicionan la disponibilidad de luz en el sotobosque, donde se inicia la regeneración de los árboles.

### 4.3. Influencia de variables ambientales y bióticas

En los bosques complejos las plantas son afectadas por factores abióticos (luz) y bióticos (herbívoros); la diferencia de la cantidad de luz que ingresa a los bosques influye en el desarrollo de las plantas y también es un factor importante que influye en la distribución de especies, en relación a la herbivoría las plantas han desarrollado un sistema de defensa para reducir el daño o reducir el efecto que causan los herbívoros.

De acuerdo al análisis de regresión lineal, muestra que existe un regular incremento de herbivoría en individuos con copas mayores. El efecto de la herbivoría sobre el crecimiento en las alturas de los individuos se interpreta como regular, donde en las plantas de mayor tamaño existe mayor herbivoría así mismo Madriaza (2017) menciona en su trabajo realizado en el Parque Nacional Puyehue (Chile), midiendo el índice de herbivoría en 50 parcelas de 5x5m, cuantifico visualmente; en plantas <50 cm de altura; el porcentaje de herbivoría de cada hoja considerando cinco categorías: 0, sin daño; 1, daño menor al 25 %; 2, daño desde el 25 % hasta el 50 %; 3, daño desde el 50 % hasta el 75 %; y 4, daño mayor al 75 %. Obteniendo como resultado a través del análisis de regresión lineal que el índice de herbivoría corregido fue mayor en las parcelas de mayor disponibilidad de luz es decir en plantas de mayor tamaño.

Por otro lado, Robles (2013) quien evaluó el índice de herbivoría en la zona de San Pedro y Wayquecha, donde instaló parcelas de 100 m<sup>2</sup> en cada zona de estudio; registrando 18 familias para la parte baja y 8 familias para la parte alta. Para evaluar la herbivoría también consideró las mismas categorías. Al realizar la prueba de correlación resultó que los parámetros de diámetro y altura de la planta, no se relacionan con el índice de herbivoría en ambas zonas de estudio.

### **Agradecimientos**

Agradecemos y dedicamos el presente estudio a la Dra. Fructuosa de la Torre Mayorga (†), quien fue parte del asesoramiento en el seminario de investigación, el cual se hizo para dar cumplimiento a la malla curricular de la carrera de Biología. La primera autora agradece al apoyo de sus padres Alicia y Mauro, hermano Aldair. A los colegas y amigos Nidia Sánchez, Wilfredo Huamán, Silvia Ttito, Brenda Huaranca, Jhon Gregory, Pamela Pimentel, Indira Yomali, Danny Curo, Marco Cevalloz, Yaneth Paucar, Blanca Rosa, Valentina, David Huamán, Esau Baldarrago y Miguel Pedraza. Agradecemos al Sr. Issac Huamantupa, por brindarnos su apoyo en los muestreos de campo y alojamiento en el CE INKAMAZONIA. Al herbario CUZ de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

### **Financiamiento**

No financiado

### **Conflicto de intereses**

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

### **Contribución de autoría**

Conceptualización: N. Huamán & I. Huamantupa-Chuquimaco; Metodología: N. Huamán & I. Huamantupa-Chuquimaco y Administración del proyecto: N. Huamán.

### **Referencias bibliográficas**

- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Balslev, H., Valencia, R., Paz y Miño, G., Christensen, H., & Nielsen, I. (1998). Species count of vascular plants in one hectare of humid lowland forest in Amazonian Ecuador. En I. J. A. Comiskey & F. Dallmeier (Eds.), *Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean: research and monitoring* (pp. 585-594). Parthenon Publishing Group.
- Cicuzza, D., Krömer, T., Poulsen, A. D., Abrahamczyk, S., Delhotal, T., Piedra, H. M., & Kessler, M. (2013). A transcontinental comparison of the diversity and composition of tropical forest understory herb assemblages. *Biodiversity and Conservation*, 22(3), 755-772. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0447-y>
- Costa, F. R. C. (2004). Structure and composition of the ground-herb community in a terra-firme Central Amazonian forest. *Acta Amazonica*, 34(1), 53-59. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000100007>
- Endler, J. A. (1993). The Color of Light in Forests and Its Implications. *Ecological Monographs*, 63(1), 1-27. <https://doi.org/10.2307/2937121>

- Gentry, A. H., & Dodson, C. H. (1987). Diversity and Biogeography of Neotropical Vascular Epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74(2), 205. <https://doi.org/10.2307/2399395>
- Gómez-Díaz, J. A., Krömer, T., Kreft, H., Gerold, G., Carvajal-Hernández, C. I., & Heitkamp, F. (2017). Diversity and composition of herbaceous angiosperms along gradients of elevation and forest-use intensity. *PLOS ONE*, 12(8), e0182893. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182893>
- Huamantupa-Chuquimaco, I. (2010). Inusual riqueza, composición y estructura arbórea en el bosque de tierra firme del Pongo Qoñec, Sur Oriente peruano. *Revista Peruana de Biología*, 17(2). <https://doi.org/10.15381/rpb.v17i2.23>
- Hubbell, S. P., & Foster, R. B. (1992). Short-Term Dynamics of a Neotropical Forest: Why Ecological Research Matters to Tropical Conservation and Management. *Oikos*, 63(1), 48. <https://doi.org/10.2307/3545515>
- Josse, C., Navarro, G., Encarnación, F., Tovar, A., Comer, P., Ferreira, W., Rodríguez, F., Saito, J., Sanjurjo, J., Dyson, J., Rubin de Celis, E., Zárate, R., Chang, J., Ahuite, M., Vargas, C., Paredes, F., Castro, W., Maco, J., & Reátegui, F. (2007). *Sistemas ecológicos de la cuenca amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo*. NatureServe.
- Linares-Palomino, R., Cardona, V., Hennig, E. I., Hensen, I., Hoffmann, D., Lenzion, J., Soto, D., Herzog, S. K., & Kessler, M. (2009). Non-woody life-form contribution to vascular plant species richness in a tropical American forest. En *Forest Ecology* (pp. 87-99). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-2795-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2795-5_8)
- Madriaza, A. (2017). *Luz y Herbivoría Factores a considerar en la distribución de especies leñosas del bosque templado lluvioso del sur de Chile*. Tesis de posgrado.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *Revista de Biología Tropical*, 49(3-4).
- Pearcy, R. (2007). Responses of Plants to Heterogeneous Light Environments. En *Functional Plant Ecology* (pp. 213-255). Marcel Dekker. <https://doi.org/10.1201/9781420007626.ch7>
- Phillips, O., & Baker, T. (2002). Field Manual for Plot Establishment and Remeasurement. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*.
- Poulsen, A. D., & Balslev, H. (1991). Abundance and cover of ground herbs in an Amazonian rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 2(3), 315-322. <https://doi.org/10.2307/3235922>
- Primack, R. B., & Corlett, R. (2005). *Tropical rainforest: An Ecological and Biogeographical Comparison*. Blacwell Foundation.
- Quevedo, A. M., Schwarzkopf, T., García, C., & Jerez, M. (2016). Ambiente de luz del sotobosque de una selva nublada andina: efectos de la estructura del dosel y la estacionalidad climática. *Revista de Biología Tropical*, 64(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i4.21861>
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Richards, P. W. (1996). *The Tropical Rain Forest* (2da ed.). Cambridge University Press.
- Robles, C. (2013). *Herbivoría en relación al gradiente altitudinal e incidencia de luz en el sotobosque de Wayquecha y San Pedro, en el Valle de Kosñipata*. Universidad Nacional de San Antonio Abad

del Cusco.

Royo, A., & Carson, P. (2005). The herb community of a tropical forest in central Panama: dynamics and impact of mammalian herbivores. *Oecologia*, 145.

Ter Steege, H., Pitman, N., Sabatier, D., Castellanos, H., Van Der Hout, P., Daly, D. ., Silveira, M., Phillips, O., Vasquez, R., Van Andel, T., Duivenvoorden, J., De Oliveira, A. ., Ek, R., Lilwah, R., Thomas, R., Van Essen, J., Baider, C., Maas, P., Mori, S., ... Morawetz, W. (2003). A spatial model of tree  $\alpha$ -diversity and tree density for the Amazon. *Biodiversity and Conservation*, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1024593414624>

Whitmore, T. C., Peralta, R., & Brown, K. (1985). Total species count in a Costa Rican tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 1(4), 375-378. <https://doi.org/10.1017/S0266467400000481>