



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Biología

Evaluación del área foliar específica en especies arbóreas de bosques de

Polylepis del Macizo del Cajas

Trabajo previo a la obtención del grado académico de:

Bióloga

Autora:

Karen Andrea Zhunio Déleg

Director:

Blgo. Danilo Minga Ochoa

Cuenca - Ecuador

2024

Resumen

Los bosques de *Polylepis*, son ecosistemas fundamentales para la regulación del caudal hídrico y la conservación de la diversidad y endemismo. Con el fin de contribuir con el entendimiento de las respuestas adaptativas que tienen las especies de árboles que dominan este ecosistema; mediante muestreos de hojas en árboles dentro y fuera del bosque se calculó el Área foliar específica (AFE), para las especies de *Gynoxys* sp., *Myrsine dependens*, y *Polylepis reticulata*. Los resultados indican que en dos parches de bosque ubicados en las microcuencas de Llaviuco y Miguir., se encontró que para *Gynoxys* sp, el área foliar es significativamente mayor dentro del bosque en ambos sitios; para *Polylepis reticulata*, solamente se registró una mayor AFP dentro del bosque en Miguir mientras que, en Llaviuco fue lo contrario y para *Myrsine dependens* el AFE fue mayor dentro del bosque en Llaviuco y, en Miguir no se evidenció cambios significativos

Palabras Clave: Área foliar Específica, Cajas, *Gynoxys*, *Polylepis*, *Myrsine*.

Abstract

Polylepis forests are fundamental ecosystems for the regulation of water flow and the conservation of diversity and endemism. In order to contribute with the understanding of the adaptive responses that the species of trees that dominate this ecosystem have; the specific foliar area (AFE) was calculated by sampling of leaves in trees inside and outside the forest, for the species of *Gynoxys* sp, *Myrsine dependens*, and *Polylepis reticulata*. The results indicate that in two patches of forest located in the micro-basins of Llaviuco and Miguir., it was found that for *Gynoxys* sp, the leaf area is significantly greater within the forest at both sites; For *Polylepis reticulata*, only a greater AFP was recorded within the forest in Miguir while, in Llaviuco it was the opposite and for *Myrsine dependens* the AFE was greater within the forest in Llaviuco and, in Miguir no significant changes were evidenced.

Keywords: Specific foliar area, Cajas, *Gynoxys*, *Polylepis*, *Myrsine*.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen	ii
Abstract.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
Introducción.....	1
Materiales y Métodos	4
Área de estudio	4
Toma de muestras.....	5
Levantamiento de datos en Campo	5
Trabajo de laboratorio	6
Análisis estadístico.....	6
Resultados.....	8
Discusión	16
Conclusiones.....	18
Lista de referencias	19
Anexos	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores promedio de área, peso seco y AFE para las tres especies en la microcuenca de	9
Tabla 2. Valores promedio de área, peso seco y AFE para las tres especies en la microcuenca de Miguir.	9

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.	5
Figura 2. Escaneo de hojas para el software ImageJ	7
Figura 3. Promedio del AFE para cada especie dentro y fuera del bosque, en Llaviuco y Miguir	8
Figura 4. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de <i>Myrsine dependens</i>	10
Figura 5. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de <i>Gynoxys</i> sp en Llaviuco.....	11
Figura 6. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de <i>Polylepis Reticulata</i> en Llaviuco	12
Figura 7. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de <i>Myrsine dependens</i> en Miguir	13
Figura 8. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de <i>Gynoxys</i> sp en Miguir	14
Figura 9. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de <i>Polylepis reticulata</i> en Miguir	15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Valores del Área foliar específica (AFE) de las tres especies estudiadas en la microcuenca de Llaviuco.	21
Anexo B. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de <i>Myrsine dependens</i> en la microcuenca de Llaviuco.	25
Anexo C. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de <i>Gynoxys</i> sp en la microcuenca de Llaviuco.	25
Anexo D. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de <i>Polylepis reticulata</i> en la microcuenca de Llaviuco.	26
Anexo E. Valores del Área foliar específica (AFE) de las tres especies estudiadas en la microcuenca de Llaviuco.	26
Anexo F. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de <i>Myrsine dependens</i> en la microcuenca de Miguir.	30
Anexo G. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de <i>Gynoxys</i> sp en la microcuenca de Miguir.	30
Anexo H. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de <i>Polylepis reticulata</i> en la microcuenca de Miguir.	31

Karen Andrea Zhunio Deleg

Trabajo de Graduación

Blgo. Danilo Minga Ochoa

Junio, 2024

“Evaluación del área foliar específica en especies arbóreas de bosques de *Polylepis* del Macizo del Cajas”

Introducción

Los bosques de *Polylepis*, dispersos en los páramos andinos, representan ecosistemas de gran importancia debido a su alta diversidad y endemismo (Cuesta, 2012), puesto que proveen de servicios ecosistémicos esenciales (Cuesta, 2012; Molina Montenegro, 2008).

Su presencia en el Macizo del Cajas no solo contribuye a la diversidad biológica de la región, sino que además desempeña un papel crucial en la conservación del agua y la regulación del flujo hídrico en el ecosistema. Estos bosques están dominados por una especie del género *Polylepis*, acompañados por individuos de *Gynoxys*, *Myrsine*, *Diplostephium*, entre otros. (Montalvo *et al.*, 2018) resaltan la importancia ecológica de estas especies destacando su resistencia a condiciones adversas y su contribución a la formación de microclimas que favorecen la supervivencia de otras especies.

La vegetación altoandina del Macizo del Cajas experimenta condiciones únicas como, bajas temperaturas anuales (-2 a 18°C), un rango altitudinal de 3,160 a 4,450 m.s.n.m., una precipitación que oscila entre 1,000 y 2,000 ms. y alta radiación solar. Estas condiciones, en conjunto con la plasticidad fenotípica de estas especies, han impulsado adaptaciones morfológicas y fisiológicas especializadas para este hábitat, como respuestas diferenciales al estrés ambiental (Montalvo *et al.*, 2018).

El estudio del crecimiento de la vegetación se puede realizar empleando el método del área foliar específica (AFE) (Villa *et al.*, 2008), la cual se define como la relación entre el área foliar y el peso seco de las hojas, siendo un indicador crucial del crecimiento. Las especies con una AFE mayor suelen presentar hojas más duras debido a un citoplasma con altos contenidos de proteínas, minerales y ácidos orgánicos, y tienden a exhibir una mayor longevidad en raíces y hojas (Mello, 2006). La productividad y la AFE mantienen una relación directa con el hábitat

de las especies (Mello, 2006) y consideran a su vez la influencia de factores abióticos, especialmente los gradientes de altitud. Estos factores se evidencian en la variación de formas presentes en una comunidad, donde características morfológicas externas, como el tamaño del fuste, el tamaño de la hoja y la pubescencia, se ven alteradas como estrategia para mitigar las condiciones climáticas limitantes (Molina Montenegro, 2008).

A pesar de su relevancia, estos bosques enfrentan amenazas considerables como, la baja riqueza arbórea al estar conformados mayormente por especies dominantes, y la presión de factores antropogénicos (Cuesta, 2012; Molina Montenegro, 2008).

Este estudio, motivado por la necesidad de comprender las respuestas adaptativas de las especies arbóreas en los bosques del Macizo del Cajas frente a las condiciones específicas de este entorno, se propone contribuir al conocimiento científico sobre la ecología de los bosques de *Polylepis*, proporcionando información valiosa para futuras investigaciones relacionadas con la adaptación de las especies vegetales a condiciones ambientales específicas (Villa *et al.*, 2008). Este conocimiento además de contribuir a la comprensión de la biodiversidad del área, también tiene implicaciones significativas para la conservación y la gestión sostenible de estos ecosistemas de montaña, considerando su importancia para la resiliencia climática y la protección de recursos hídricos.

Diversos estudios han destacado la relevancia de la AFE en la ecología de plantas. Por ejemplo, Smith y Winter (2018) demostraron que especies con AFE más alta tienden a tener un rendimiento fotosintético más alto en condiciones de baja radiación, lo que puede ser crucial en ambientes sombreados o de alta montaña como los bosques de *Polylepis*. Además, investigaciones previas en ecosistemas similares han vinculado una mayor AFE con una mayor eficiencia en el uso del agua (Jones *et al.*, 2015), lo que podría ser esencial en áreas donde la disponibilidad de agua es variable.

Se espera que la diversidad genética de estas especies se refleje en diferentes patrones de crecimiento foliar y en la distribución de estomas, lo que a su vez podría afectar la eficiencia fotosintética y la capacidad de resistir condiciones ambientales adversas. Además, se prevé que la estructura de la cutícula de las hojas varíe según la genética de la planta, lo que podría influir en su capacidad para regular la pérdida de agua y adaptarse a entornos cambiantes. En conjunto, se espera que estas características genéticas y morfológicas contribuyan a la variabilidad

observada en el Área Foliar Específica (AFE) de las especies de *Polylepis* en el Macizo del Cajas (Colmenares-Arteaga et al., 2005).

Materiales y Métodos

Área de estudio

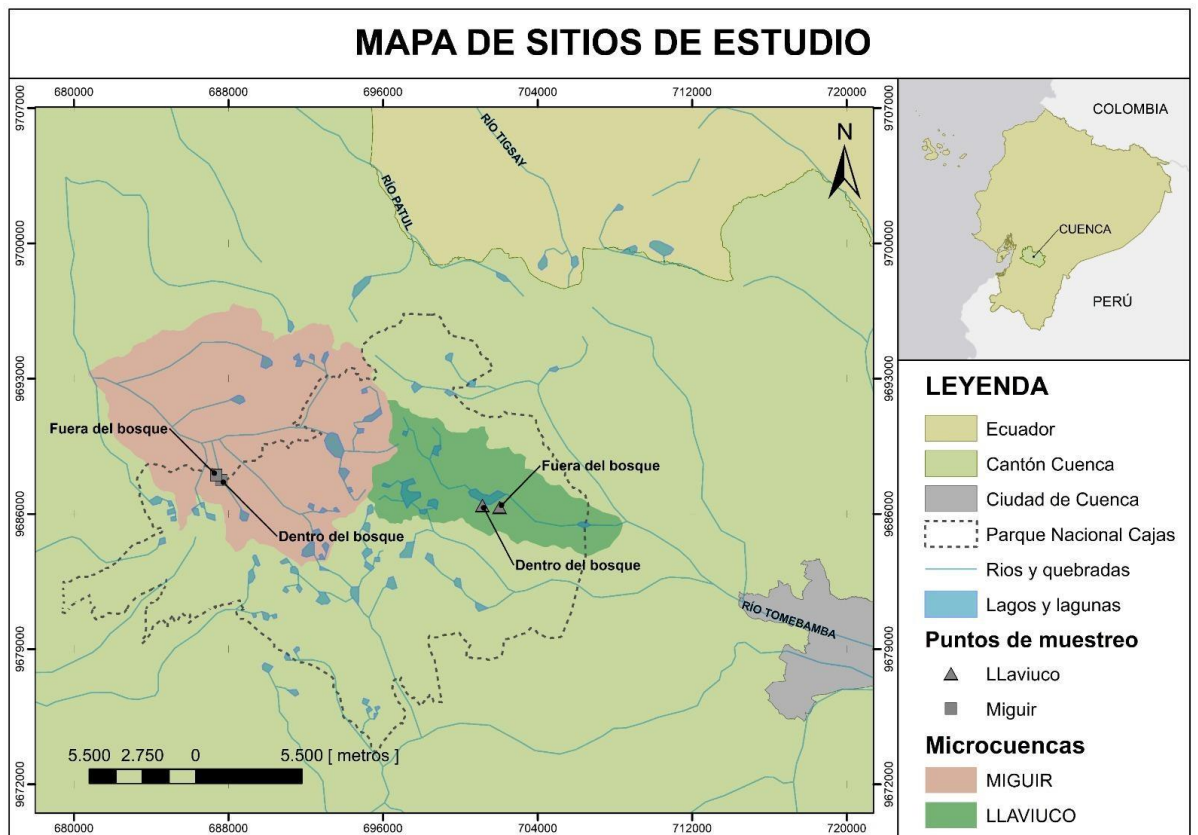
El Macizo del Cajas es una región que conecta dos cordilleras andinas en la provincia de Azuay, al sur de Ecuador. El núcleo del Macizo es la Reserva de la Biosfera Cajas, situada aproximadamente entre las coordenadas 2°45' S – 2°55' S y 79°08' O – 79°24' O (Montalvo *et al.*, 2018).

En cuanto al ecosistema, el Macizo del Cajas alberga una Reserva de la Biosfera con una rica biodiversidad. El área se caracteriza por lagunas glaciares, páramos, bosques nublados y una variedad de microclimas. La presencia de bosques de *Polylepis*, se extienden entre los 2800 y 4300 metros sobre el nivel del mar, donde la temperatura media anual varía entre 4 y 12°C. La temperatura mínima extrema anual de 0°C se registra a 4200 metros sobre el nivel del mar, y el promedio de temperatura a lo largo de este gradiente varía entre 7 y -0.5 °C (Montalvo *et al.*, 2018).

En el área del Cajas, se seleccionaron dos sitios específicos que van a permitir explorar la variabilidad del área foliar en diferentes distribuciones geográficas dentro de este ecosistema:

1. La microcuenca de Llaviuco, en la vertiente interandina, destaca por su terreno montañoso y diversidad ecológica. Desde páramos hasta bosques nublados. Lagunas glaciares y cursos de agua crean un hábitat acuático único.
2. La microcuenca de Miguir, en la vertiente occidental, alberga bosques adaptados a condiciones más húmedas. Los cuerpos de agua y la topografía única contribuyen a la singularidad de esta región.

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.



Toma de muestras

En la microcuenca de Llaviuco, se utilizaron los datos recopilados en el proyecto Ecotonos (Minga *et al.*, 2015), mientras que para la microcuenca de Miguir, se llevó a cabo la recolección de datos durante la fase de campo de este estudio.

Levantamiento de datos en Campo

El levantamiento de datos en campo se realizó para determinar la arquitectura foliar de tres especies arbóreas: *Polylepis reticulata*, *Myrsine dependens* y *Gynoxys* sp. En las parcelas externas al bosque, se seleccionaron individuos de estas especies, a los cuales se les midió el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), la altura total del fuste y la copa, y se tomó una muestra de 25 hojas con bordes sanos de cada especie. Este proceso se replicó en las parcelas internas del bosque, los individuos seleccionados tuvieron el mismo DAP que los árboles de las parcelas externas. Es importante destacar que las parcelas utilizadas fueron las mismas muestreadas en el proyecto Ecotonos, garantizando la consistencia y comparabilidad de los datos a lo largo del tiempo.

Trabajo de laboratorio

En el Herbario Azuay de la Universidad del Azuay, se llevó a cabo la preparación de muestras para el estudio. Para ello, se realizó la extracción del pecíolo de cada hoja con el objetivo de obtener datos precisos. Cada hoja fue identificada mediante la asignación de un número único y almacenada en sobres de papel.

Posteriormente, se procedió a pesar cada hoja con una balanza electrónica para obtener el peso húmedo. Seguidamente, las hojas se montaron en cartulinas y fueron escaneadas. Las imágenes resultantes de las hojas escaneadas se analizaron utilizando el software ImageJ, que permite determinar el área foliar de cada hoja.

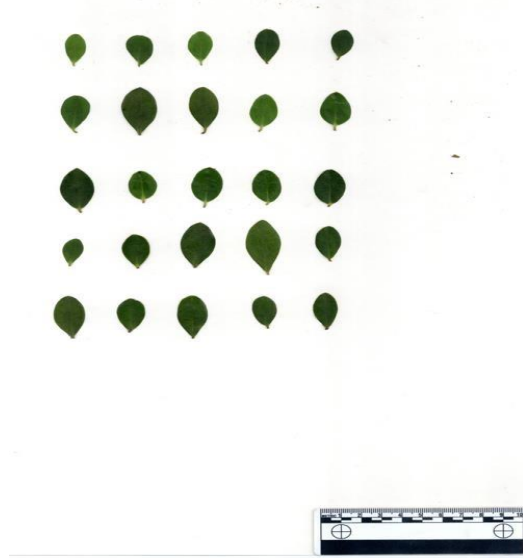
Una vez completado este análisis, las hojas fueron sometidas a un proceso de secado durante una semana a una temperatura constante de 60°C. Una vez que las hojas estuvieron completamente secas, se pesaron utilizando una balanza analítica, lo que proporcionó el peso seco y, por ende, la biomasa de las hojas.

Este proceso permitió evaluar la productividad primaria neta y calcular el Área Foliar Específica (AFE) de las tres especies dominantes de los bosques de *Polylepis*.

Análisis estadístico

Se utilizó el índice de Área Foliar Específica (AFE), una métrica clave en ecología vegetal que proporciona información valiosa sobre las estrategias adaptativas de las plantas a su entorno. La AFE se define como la relación entre el área total de las hojas y su masa seca, expresada en cm^2/g (Ramos *et al.*, 2013). Esta métrica es esencial para evaluar la eficiencia de las plantas en la captura de luz y en la utilización de recursos. Una AFE elevada generalmente indica que las plantas tienen hojas más delgadas y livianas en relación con su área total, lo que sugiere una estrategia de inversión en la captura de luz y la maximización de la fotosíntesis.

Figura 2. Escaneo de hojas para el software ImageJ



Este índice se ve fuertemente influenciada por factores genéticos, desempeñando un papel crucial en la morfología foliar. La forma de las hojas refleja la diversidad genética, manifestándose en distintos patrones de crecimiento y desarrollo foliar, lo cual incide directamente en la superficie total. Además, la cantidad y disposición de las estomas, responsables del intercambio gaseoso, están determinadas por la genética de la planta; una mayor densidad estomática puede influir positivamente en la eficiencia fotosintética. Simultáneamente, las variaciones en la composición y espesor de la cutícula impactan la capacidad de las especies de *Polylepis* para resistir la pérdida de agua y adaptarse a condiciones ambientales cambiantes, contribuyendo así a la variabilidad en la AFE (Colmenares-Arteaga et al., 2005).

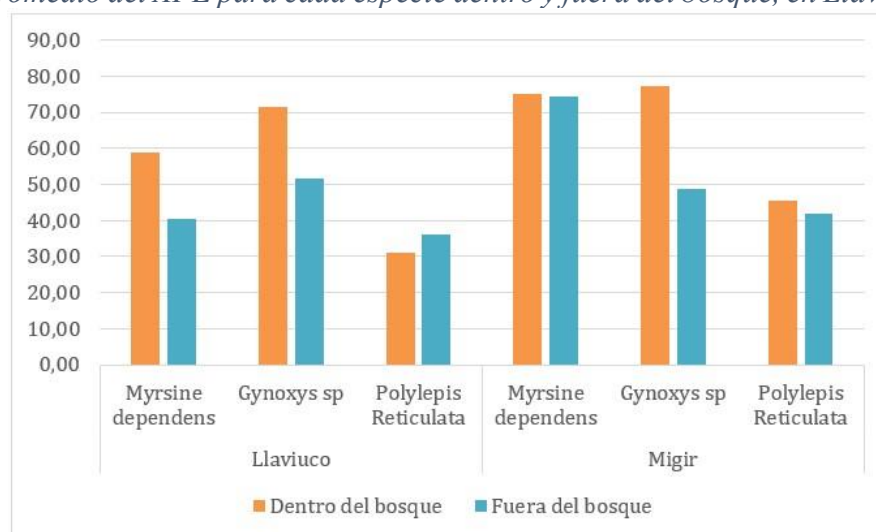
Las estrategias, como la regulación de la fotosíntesis y los ajustes en la apertura estomática y la eficiencia hídrica, son cruciales. La capacidad de las especies para adaptar la orientación de las hojas y la densidad estomática optimiza la captura de luz. La respuesta a la disponibilidad de luz, a través de cambios morfológicos y de clorofila, es crítica, al igual que la habilidad de las plantas para ajustar la apertura estomática y la tasa de transpiración en condiciones de escasez hídrica.

Posteriormente se utilizó una prueba t para dos muestras asumiendo varianzas iguales para comparar el área foliar de las especies dentro y fuera del bosque. Se registraron las medias, varianzas, grados de libertad, estadística t, valores p y valores críticos de t.

Resultados

Los resultados obtenidos muestran que las especies *Myrsine* y *Gynoxys* presentan mayores valores dentro del bosque en ambos lugares, lo que sugiere que las condiciones del bosque son más favorables para estas especies. Específicamente, *Myrsine* en Llaviuco registró un valor promedio de 58.91 dentro del bosque frente a 40.4 fuera del bosque, mientras que *Myrsine* en Miguir mostró valores promedio similares dentro y fuera del bosque (74.92 y 74.2, respectivamente). *Gynoxys* sp también mostró valores más altos dentro del bosque (71.52 y 77.3) en comparación con fuera del bosque (51.78 y 48.72, respectivamente). En contraste, *Polylepis* muestra resultados mixtos: en Llaviuco tiene un valor menor dentro del bosque (30.95) frente a 35.91 fuera, mientras que en Miguir presenta un valor ligeramente mayor dentro del bosque (45.6) comparado con fuera (41.97), indicando una posible variación en la preferencia de hábitat dependiendo de la condición específica (Figura 3).

Figura 3. Promedio del AFE para cada especie dentro y fuera del bosque, en Llaviuco y Miguir



Los resultados obtenidos muestran diferencias notables en los valores promedio de área, peso seco y AFE para las tres especies estudiadas en las microcuencas de Llaviuco y Miguir. En Llaviuco, *Myrsine dependens* presenta un área de 0.76 g, un peso seco de 0.02 cm² y un AFE de 49.66 g/cm², lo que sugiere hojas pequeñas y livianas con una eficiencia foliar moderada. *Gynoxys* sp muestra un área de 25.56 g, un peso seco de 0.41 cm² y un AFE de 61.66 g/cm², indicando hojas más grandes y pesadas con alta eficiencia foliar. *Polylepis reticulata* tiene un área de 0.76 g, un peso seco de 0.02 cm² y un AFE de 33.44 g/cm², similar a *Myrsine dependens*, pero con menor eficiencia foliar (Tabla 1).

En Miguir, *Myrsine dependens* muestra un incremento en el área a 0.99 g y una disminución en el peso seco a 0.01 cm², con un AFE significativamente mayor de 74.57 g/cm², sugiriendo una mayor eficiencia foliar. *Gynoxys* sp en Miguir tiene un área de 14.97 g, un peso seco de 0.27 cm² y un AFE de 63.02 g/cm², lo que indica una reducción en el tamaño de las hojas, pero una eficiencia foliar mantenida. *Polylepis reticulata* presenta un aumento en el área a 0.97 g, manteniendo el mismo peso seco de 0.02 cm² que en Llaviuco, con un AFE mayor de 43.79 g/cm², lo que sugiere hojas ligeramente más grandes y una eficiencia foliar mejorada (Tabla 2).

Estos resultados indican que las especies tienen diferentes respuestas en términos de crecimiento y eficiencia foliar dependiendo de la microcuena en la que se encuentran, reflejando posibles variaciones en las condiciones ambientales.

Tabla 1.

Valores promedio de área, peso seco y AFE para las tres especies en la microcuena de Llaviuco.

Especies	Promedio de área		Promedio de Peso Seco	
	Promedio de AFE (g)	(cm ²)	Promedio de AFE (g/cm ²)	
<i>Myrsine dependens</i>	0,76	0,02	49,66	
<i>Gynoxys</i> sp	25,56	0,41	61,66	
<i>Polylepis reticulata</i>	0,76	0,02	33,44	

Tabla 2.

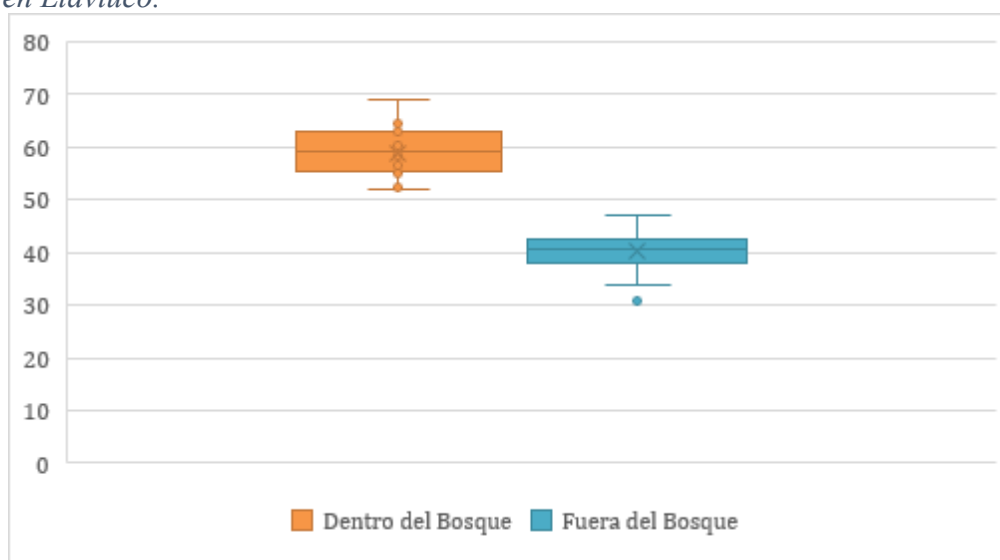
Valores promedio de área, peso seco y AFE para las tres especies en la microcuena de Miguir.

Especies	Promedio de área		Promedio de Peso Seco	
	Promedio de AFE (g)	(cm ²)	Promedio de AFE (g/cm ²)	
<i>Myrsine dependens</i>	0,99	0,01	74,57	
<i>Gynoxys</i> sp	14,97	0,27	63,02	
<i>Polylepis reticulata</i>	0,97	0,02	43,79	

Micro Cuenca Llaviuco

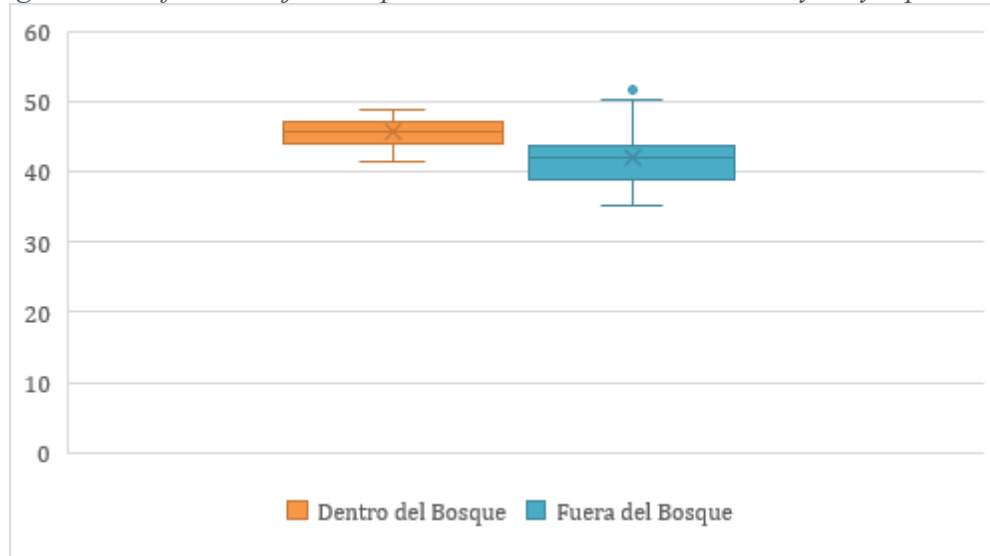
Los resultados revelaron una diferencia estadísticamente significativa en el AFE entre las plantas de *Myrsine dependens* dentro del bosque (M = 58.91, SD = 21.38) y fuera del bosque (M = 40.41, SD = 14.42) (Figura 4). La prueba t para dos muestras con varianzas iguales arrojó un estadístico t de 15.47 y un valor p de 2.82E-20 para dos colas, indicando que la diferencia entre las medias de AFE es altamente significativa. El valor crítico de t para dos colas es 2.01. Dado que $p < 0.001$ es menor que el nivel de significancia de 0.05, se concluye que la diferencia entre las medias es muy poco probable que se deba al azar.

Figura 4. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de *Myrsine dependens* en Llaviuco.



Los resultados revelaron una diferencia significativa en el AFE entre las plantas de *Gynoxys* dentro del bosque (M = 71.52, SD = 94.59) y fuera del bosque (M = 51.79, SD = 28.56) (Figura 5). La prueba t para dos muestras con varianzas iguales resultó en un estadístico t de 8.89 con un valor p de 1.02E-11 para dos colas, lo que demuestra una diferencia significativa entre las medias. El valor crítico de t para dos colas es 2.01, indicando que la diferencia es estadísticamente significativa. *Gynoxys* presenta un AFE notablemente mayor dentro del bosque.

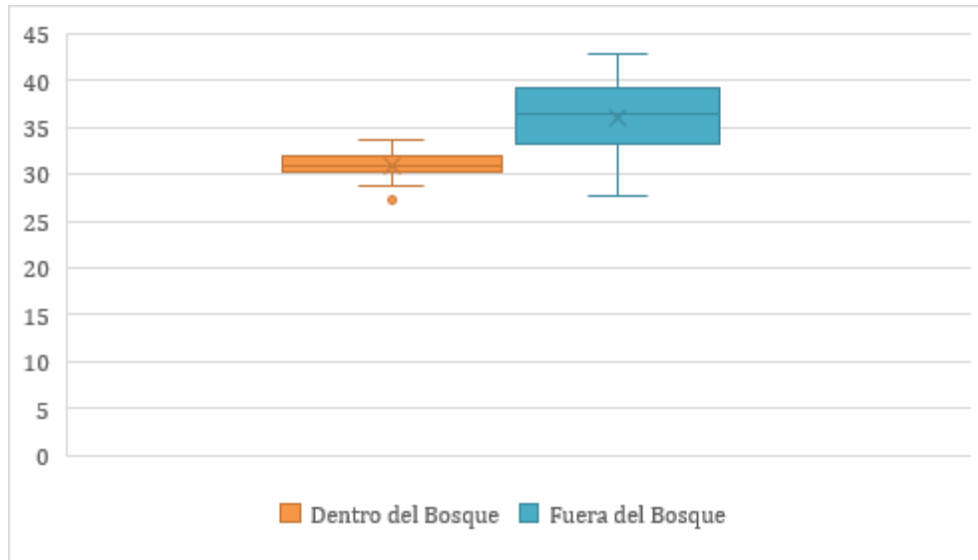
Figura 5. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de *Gynoxys sp* en Llaviuco.



Para *Polylepis* en Llaviuco, el patrón presenta una variación, siendo el AFE menor dentro del bosque comparado con fuera de él, se observa que dentro del bosque ($M = 30.96$, $SD = 2.07$) y fuera del bosque ($M = 35.92$, $SD = 14.88$) (Figura 6). La prueba t para dos muestras con varianzas iguales muestra un estadístico t de -6.02 , con un valor p de $2.31E-07$ para dos colas, indicando una diferencia entre las medias.

Esta especie es dominante dentro de estos bosques, los árboles forman una densa cubierta arbórea y desarrollan hojas más gruesas y duraderas, estas, aunque tienen una menor AFE, son más eficientes en la captación y uso de la luz disponible, permitiendo la fotosíntesis activa durante más tiempo incluso en condiciones de iluminación variable, reflejando una estrategia adaptativa que potencia el uso de recursos limitados, crucial en un ambiente competitivo.

Figura 6. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de *Polylepis Reticulata* en Llaviuco

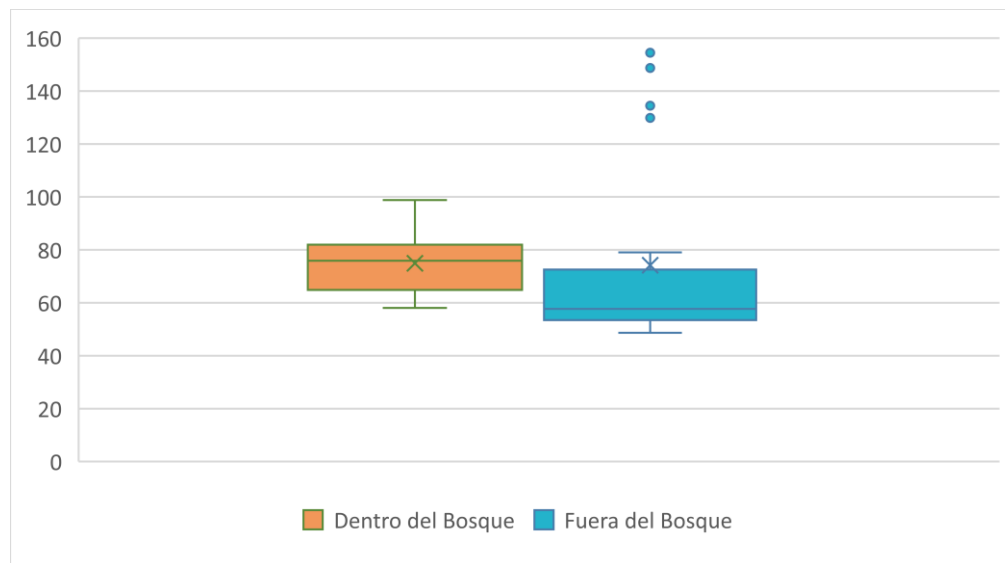


Microcuenca Miguir

El AFE para *Myrsine* no presenta diferencias significativas dentro y fuera de bosque, dado que el valor p es de 0.92, mucho mayor que el umbral común de significancia de 0.05, se rechaza la hipótesis nula de que hay una divergencia en las medias de AFE entre los entornos. Esto afirma que el ambiente del bosque no presenta ventaja notable. La similitud en los valores de AFE podría estar relacionada con la plasticidad fenotípica de la especie, que le permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales sin cambios significativos. La alta varianza observada fuera del bosque puede indicar una mayor heterogeneidad en las condiciones ambientales de estas áreas.

Los resultados de AFE para *Myrsine* indican una diferencia pequeña y no significativa entre las mediciones dentro del bosque (M = 74.92, SD = 132.14) y fuera del bosque (M = 74.21, SD = 1221.45) esta última varianza es alta e indica las mediciones más dispersas fuera del bosque (Figura 7).

Figura 7. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de *Myrsine dependens* en Miguir

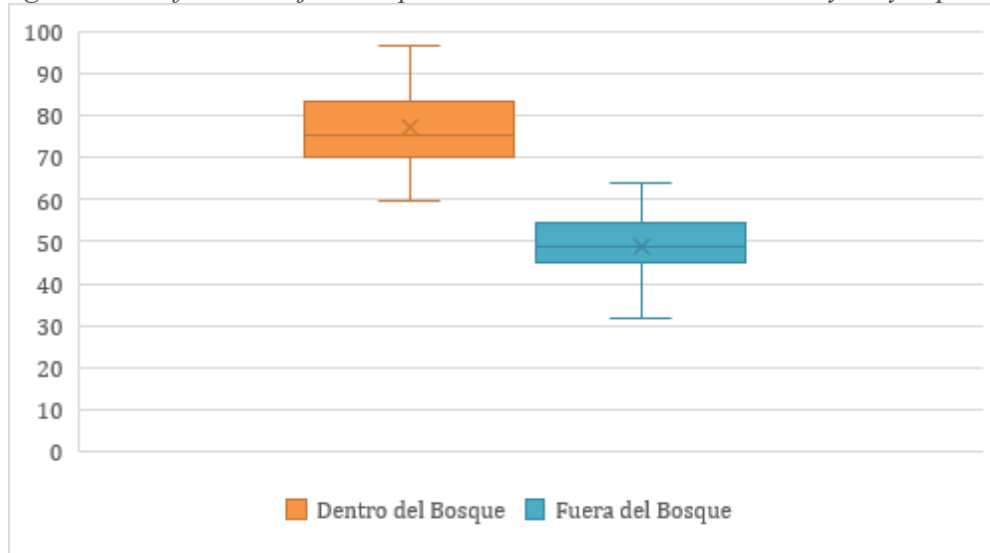


En cuanto al AFE de *Gynoxys* es generalmente mayor dentro del bosque en ambas zonas debido a que las plantas adaptan sus hojas para maximizar la captura de luz en condiciones de sombra, aunque es ligeramente más pronunciado en Miguir. Las diferencias en la composición de especies y la estructura del bosque entre las dos zonas como el entorno más frondoso y heterogéneo sugiere la varianza, en Llaviuco existe una mayor competencia mientras que en Miguir el bosque al ser más disperso y homogéneo permite una mejor penetración de la luz, además la menor densidad podría crear microclimas más favorables y menores niveles de competencia intraespecífica e interespecífica por recursos lo que impulsa un mayor desarrollo de las hojas.

Los resultados de AFE para *Gynoxys* indican una diferencia relevante entre las mediciones dentro del bosque ($M = 77.31$, $SD = 102.46$) y fuera del bosque ($M = 48.72$, $SD = 59.05$) (Figura 8).

La prueba t para dos muestras con varianzas iguales resulta en un estadístico t de 11.25, con un valor p de $4.72E-15$ para dos colas, lo que demuestra una diferencia significativa entre las medias.

Figura 8. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de *Gynoxys sp* en Miguir

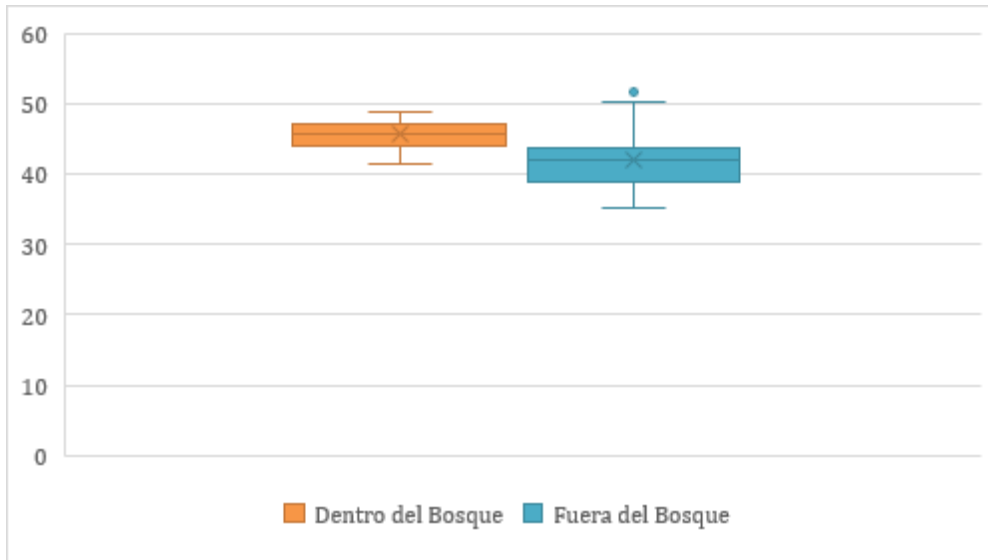


En el caso de *Polylepis* en Miguir, el AFE resulto mayor dentro del bosque lo que podemos atribuir al microclima con condiciones más favorables de un entorno disperso, dado que la densidad del entorno en esta zona es menos intensa la luz solar penetra más fácil, la competencia intraespecífica es menor y no requiere que las plantas obtén por adaptaciones extremas para sobrevivir en la sombra en las que tengan que invertir en recursos en estructuras más resistentes. Los bosques dispersos pueden tener una mejor circulación de aire, lo que puede reducir la incidencia de enfermedades foliares además pueden moderar las temperaturas extremas y mantener una humedad relativa más constante.

Los resultados de AFE para *Polylepis reticulata* indican una diferencia relevante entre las mediciones dentro del bosque (M = 45.6, SD = 4.11) y fuera del bosque (M = 41.9, SD = 16.3) (Figura 9).

La prueba t para dos muestras con varianzas iguales muestra un estadístico t de 4.01, con un valor p de 0.00021 para dos colas, indicando una diferencia significativa entre las medias.

Figura 9. Gráfico de cajas comparativo de valores del AFE de *Polylepis reticulata* en Miguir



Discusión

Los datos recopilados sobre el área foliar específica (AFE) de las especies *Myrsine*, *Gynoxys* y *Polylepis* en las localidades de Llaviuco y Miguir revela patrones importantes que reflejan la adaptación de estas especies a las condiciones ambientales dentro y fuera del bosque en el Macizo del Cajas. Los resultados muestran diferencias significativas en la AFE entre los dos microambientes y resaltan la variabilidad entre las localidades y las especies.

Los resultados de *Myrsine* en Llaviuco muestran una notable diferencia en el Área Foliar Específica (AFE) entre dentro y fuera del bosque, con una media significativamente mayor en el interior. Varias razones ecológicas y fisiológicas pueden explicar esta diferencia.

Las hojas duras y coriáceas de *Myrsine* son una adaptación típica de especies que se desarrollan en ambientes con recursos limitados, permitiendo una eficiencia máxima en el uso de nutrientes y agua (Loveless, 1962). Dentro del bosque, aunque los recursos pueden ser limitados, son más disponibles que en áreas abiertas y expuestas. Las condiciones son más moderadas y estables, favoreciendo el crecimiento y permitiendo una mayor producción y mantenimiento de hojas (Valladares, 2008). Fuera del bosque, los suelos tienen menor contenido de materia orgánica y nutrientes, limitando la capacidad de desarrollo (Loveless, 1962). La resistencia a herbívoros es otra ventaja de las hojas duras. La estructura del dosel y la diversidad de especies dentro del bosque proporcionan protección adicional contra herbívoros, dispersando la presión y permitiendo que *Myrsine* mantenga más hojas intactas (Barone y Coley, 2002).

Además, fuera del bosque, *Myrsine* enfrenta condiciones climáticas más extremas, como temperaturas más altas durante el día, temperaturas más bajas durante la noche y mayor exposición al viento. Estas condiciones aumentan la transpiración y, sin la sombra y la humedad del dosel, el estrés hídrico se incrementa, reduciendo la capacidad de la planta para progresar (Larcher, 2003).

En Miguir, la falta de una diferencia significativa en el Área Foliar Específica (AFE) de *Myrsine* entre los dos ambientes sugiere una mayor plasticidad fenotípica (Garnica y Saldarriaga, 2015). Esto podría interpretarse como una capacidad de adaptación de *Myrsine* para ajustar sus características morfológicas en respuesta a factores ambientales como la altitud. Además, podemos decir que hay una mayor actividad metabólica en las hojas que se evidencia

con un AFE mayor en esta ubicación. Esto puede atribuirse a la estructura menos compleja del bosque ya que al ser disperso la entrada de luz no difiere significativamente del exterior.

En el caso de *Gynoxys*, tanto en Llaviuco como en Miguir, se observa una mayor AFE dentro del bosque. La consistencia de estos resultados en ambas localidades resalta la importancia del microambiente forestal estable para el desarrollo foliar óptimo de *Gynoxys*, que no muestra una marcada plasticidad fenotípica. Según estudios realizados (Chiquín y Velecela, 2015), esta especie muestra dificultades para adaptarse a cambios, lo que resulta en una alta mortalidad en comparación con otras plantas de estos ecosistemas de páramo. Sin embargo, son dominantes debido a su capacidad para rebrotar con facilidad.

Por otro lado, *Polylepis* presenta un comportamiento divergente entre las dos localidades. En Llaviuco, la AFE es mayor fuera del bosque, las hojas al ser más gruesas y menos extensas ayudan a minimizar la pérdida de agua por transpiración. Asimismo, requieren menos frecuencia de renovación, lo que representa una economía de recursos significativa. Fuera del bosque, donde la luz solar es más abundante, *Polylepis* puede permitirse mantener un AFE mayor, lo que le permite aprovechar al máximo la radiación solar para la fotosíntesis. Además, la menor varianza observada en el AFE dentro del bosque sugiere que las condiciones del microclima forestal son más homogéneas, permitiendo un desarrollo foliar más consistente. En contraste, en Miguir, *Polylepis* muestra una mayor AFE dentro del bosque, indicando la alta heterogeneidad estructural observada en este bosque. La biomasa puede ser mayor y muy variable, lo cual influye en la capacidad de almacenamiento de agua. Esta capacidad podría ser una característica adaptativa, especialmente en hábitats con aridez climática. Tal especialización ecológica permite una mayor eficiencia en el uso de los recursos y un acoplamiento eco fisiológico por la competencia intraespecífica (Cuyckens y Reninson, 2018). En contraste, en la microcuenca de Miguir, el microambiente forestal que genera la baja densidad del dosel parece proporcionar condiciones más favorables para el desarrollo foliar de esta especie. Estas diferencias resaltan la importancia de las condiciones locales y la adaptación ecológica de *Polylepis reticulata* en distintos entornos.

Conclusiones

Los hallazgos del estudio tienen implicaciones significativas para las estrategias de conservación y manejo de los bosques de *Polylepis* y otros ecosistemas andinos. La variabilidad observada entre localidades y especies sugiere que las respuestas adaptativas de las especies vegetales son altamente contextuales. Esto implica que las estrategias de conservación deben ser específicas del sitio y considerar las condiciones micro ambientales que favorecen el crecimiento y la supervivencia de cada especie.

Además, la alta dependencia de *Gynoxys* y *Myrsine* de las condiciones forestales subraya la importancia de proteger los hábitats boscosos para mantener la biodiversidad y funcionalidad de estos ecosistemas. La diferencia en las respuestas de *Polylepis* entre localidades sugiere que las estrategias de manejo deben ser flexibles y adaptativas, considerando las condiciones locales específicas.

El cambio climático y las presiones antropogénicas continúan representando amenazas significativas para estos ecosistemas. Comprender cómo las especies vegetales responden a las variaciones ambientales es crucial para desarrollar estrategias de mitigación efectivas. Los estudios futuros deben enfocarse en explorar más a fondo las interacciones entre las especies y sus microambientes, así como en monitorear los cambios en la AFE y otros indicadores ecológicos en respuesta a las alteraciones ambientales.

Lista de referencias

- Barone, J. A., & Coley, P. D. (2002). Herbivores and the Evolution of Leaf Longevity. *Science*, 294(5544), 871-873.
- Buitrago, S., Pulido, K., Ramos, C., & Vanegas, L. (2015, June). Variabilidad ambiental y respuesta fisiológicas de *Polylepis cuadrijuga* (Rosales, rosaceas) en un ambiente fragmentado en el páramo de la Rusia (Colombia). In *I Congreso Latinoamericano y II Nacional De Alta Montaña Tropical: Desafíos Ante el Cambio Climático de los Ecosistemas*.
- Colmenares-Arteaga, M., Rada, F., & Luque, R. (2005). Anatomía foliar de *Polylepis sericea* wedd. (Rosaceae) a dos altitudes en los Altos andes venezolanos. *Plántula*, 3(3), 141-148.
- Cuesta, F. M. (2012). Biodiversidad y cambio climático en los Andes tropicales. Lima-Quito: Red Gloria Andes.
- Larcher, W. (2003). *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. Springer.
- Loveless, A. R. (1962). Further evidence to support the nutrient shortage hypothesis. *Nature*, 193(4810), 781-783.
- Mello, A. L. (2006). *Análisis comparativo del área foliar específica de gramíneas dominantes en pastizales naturales bajo regímenes contrastantes de pastoreo*. Uruguay
- Minga Ochoa D., 2000 Árboles y arbustos del Bosque de Mazán Tomo II 2000 ETAPA, Imprenta Grafisum Cuenca- Ecuador
- Molina Montenegro, M. A. (2008). Variación de la pubescencia foliar en plantas y sus implicaciones funcionales a lo largo de gradientes altitudinales. *ECOSISTEMAS*, 146-154
- Montalvo J, Minga D, Verdugo A, López J, Guazhambo D, Pacheco D, Siddons D, Crespo A, Zárate E (2018). Características morfológico-funcionales, diversidad arbórea, tasa de crecimiento y de secuestro de carbono en especies y ecosistemas de *Polylepis* del sur de Ecuador. *Ecología Austral*, 28(1-bis), 249–261. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.557>
- Ramos, C., Buitrago, S. P., Pulido, K. L., & Vanegas, L. J. (2013). Variabilidad ambiental y respuestas fisiológicas de *Polylepis quadrijuga* (Rosaceae) en un ambiente fragmentado en el Páramo de la Rusia (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 61(1), 351-361.
- Rodríguez, W., & Leihner, D. (2006). *Análisis del crecimiento vegetal. Vol 7. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica

- Suqui, A., Célleri, R., Crespo, P., & Carrillo-Rojas, G. (2021). Interacciones entre índice de área foliar, densidad del dosel y precipitación efectiva de un bosque de *Polylepis reticulata* ubicado en un ecosistema de páramo. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 34(2), 63-79.
- Valladares, F. (2008). Changes in the ecosystem as consequences of biodiversity loss: Human welfare. *The Plant Journal*, 54(2), 215-231.
- Villa, M., Ruiz, R., Quero Pérez, J., Poorter, H., Valladares, R., & Marañón, T. (2008). Tasa de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En F. (. Valladares, *ECOLOGIA DEL BOSQUE MEDITERRANEO EN UN MUNDO CAMBIANTE* (págs. 193-230). Madrid: ICONA

Anexos

Microcuenca Llaviuco

Anexo A.

Valores del Área foliar específica (AFE) de las tres especies estudiadas en la microcuenca de Llaviuco.

Especie	Area(cm²)	Peso Fresco(g)	Peso Seco(g)	AFE (cm²/g)
<i>Myrsine dependens</i>	0,57	0,0377	0,016	35,56
<i>Myrsine dependens</i>	0,57	0,0369	0,015	37,87
<i>Myrsine dependens</i>	0,64	0,0378	0,0146	43,70
<i>Myrsine dependens</i>	0,60	0,0445	0,0194	30,72
<i>Myrsine dependens</i>	0,64	0,0391	0,016	40,25
<i>Myrsine dependens</i>	0,67	0,0361	0,0179	37,21
<i>Myrsine dependens</i>	0,58	0,0371	0,0143	40,42
<i>Myrsine dependens</i>	0,65	0,0402	0,0139	46,91
<i>Myrsine dependens</i>	0,61	0,0379	0,0164	37,01
<i>Myrsine dependens</i>	0,64	0,0356	0,016	40,00
<i>Myrsine dependens</i>	0,56	0,0419	0,014	39,71
<i>Myrsine dependens</i>	0,70	0,0415	0,0165	42,42
<i>Myrsine dependens</i>	0,76	0,0362	0,0162	46,67
<i>Myrsine dependens</i>	0,62	0,04	0,015	41,40
<i>Myrsine dependens</i>	0,72	0,0435	0,0157	45,73
<i>Myrsine dependens</i>	0,76	0,0445	0,0182	41,81
<i>Myrsine dependens</i>	0,77	0,0353	0,0202	38,02
<i>Myrsine dependens</i>	0,57	0,0352	0,0129	43,95
<i>Myrsine dependens</i>	0,66	0,0389	0,0167	39,52
<i>Myrsine dependens</i>	0,66	0,0374	0,0155	42,52
<i>Myrsine dependens</i>	0,68	0,0396	0,0164	41,40
<i>Myrsine dependens</i>	0,65	0,0436	0,0192	33,80

<i>Myrsine dependens</i>	0,73	0,0413	0,0171	42,40
<i>Myrsine dependens</i>	0,73	0,0425	0,018	40,61
<i>Myrsine dependens</i>	0,62	0,352	0,0153	40,52
<i>Myrsine dependens</i>	0,95	0,0377	0,0145	65,72
<i>Myrsine dependens</i>	0,88	0,0349	0,0138	63,41
<i>Myrsine dependens</i>	0,83	0,0373	0,0158	52,47
<i>Myrsine dependens</i>	0,89	0,0386	0,016	55,63
<i>Myrsine dependens</i>	0,85	0,0369	0,0154	55,39
<i>Myrsine dependens</i>	0,84	0,036	0,0147	57,07
<i>Myrsine dependens</i>	0,79	0,0337	0,0136	58,38
<i>Myrsine dependens</i>	0,90	0,0342	0,014	64,43
<i>Myrsine dependens</i>	0,90	0,0403	0,0152	59,14
<i>Myrsine dependens</i>	0,84	0,0364	0,0154	54,81
<i>Myrsine dependens</i>	0,96	0,0409	0,0153	62,81
<i>Myrsine dependens</i>	0,93	0,0402	0,0163	56,93
<i>Myrsine dependens</i>	0,90	0,0374	0,0153	59,08
<i>Myrsine dependens</i>	0,95	0,0391	0,0159	59,62
<i>Myrsine dependens</i>	0,95	0,0422	0,0184	51,79
<i>Myrsine dependens</i>	0,81	0,0321	0,0136	59,63
<i>Myrsine dependens</i>	0,84	0,0338	0,0141	59,22
<i>Myrsine dependens</i>	0,86	0,0347	0,0143	60,28
<i>Myrsine dependens</i>	0,87	0,0374	0,015	58,20
<i>Myrsine dependens</i>	0,84	0,0374	0,0161	52,17
<i>Myrsine dependens</i>	0,80	0,0328	0,0141	56,67
<i>Myrsine dependens</i>	0,84	0,0327	0,0121	69,01
<i>Myrsine dependens</i>	0,89	0,0383	0,0135	65,56
<i>Myrsine dependens</i>	0,88	0,0389	0,0169	52,31
<i>Myrsine dependens</i>	0,92	0,0363	0,0146	63,08
<i>Polylepis reticulata</i>	0,69	0,0421	0,021	33,05
<i>Polylepis reticulata</i>	0,57	0,0355	0,0184	30,76
<i>Polylepis reticulata</i>	0,60	0,0301	0,0166	36,02
<i>Polylepis reticulata</i>	0,82	0,0578	0,0295	27,66
<i>Polylepis reticulata</i>	0,65	0,0341	0,0174	37,24
<i>Polylepis reticulata</i>	0,99	0,0552	0,0321	30,81
<i>Polylepis reticulata</i>	0,68	0,0384	0,0195	34,92
<i>Polylepis reticulata</i>	0,77	0,0392	0,0193	39,69
<i>Polylepis reticulata</i>	0,58	0,0301	0,0151	38,08
<i>Polylepis reticulata</i>	0,82	0,0436	0,0264	30,98
<i>Polylepis reticulata</i>	0,67	0,0333	0,0173	38,73

<i>Polylepis reticulata</i>	0,56	0,0277	0,0168	33,27
<i>Polylepis reticulata</i>	0,73	0,038	0,0201	36,07
<i>Polylepis reticulata</i>	0,63	0,0323	0,0188	33,40
<i>Polylepis reticulata</i>	1,03	0,0611	0,0307	33,45
<i>Polylepis reticulata</i>	0,70	0,0337	0,0176	39,72
<i>Polylepis reticulata</i>	0,78	0,0352	0,0189	41,27
<i>Polylepis reticulata</i>	0,86	0,0486	0,0278	31,08
<i>Polylepis reticulata</i>	0,60	0,029	0,0161	37,20
<i>Polylepis reticulata</i>	0,77	0,0387	0,0194	39,54
<i>Polylepis reticulata</i>	0,62	0,0326	0,0145	42,90
<i>Polylepis reticulata</i>	0,71	0,0368	0,0193	36,53
<i>Polylepis reticulata</i>	0,53	0,0249	0,0132	39,85
<i>Polylepis reticulata</i>	0,65	0,0327	0,0175	36,97
<i>Polylepis reticulata</i>	0,72	0,0339	0,0187	38,72
<i>Polylepis reticulata</i>	0,68	0,0466	0,025	27,32
<i>Polylepis reticulata</i>	0,59	0,0411	0,0206	28,79
<i>Polylepis reticulata</i>	0,83	0,0532	0,0253	32,77
<i>Polylepis reticulata</i>	0,90	0,057	0,0296	30,34
<i>Polylepis reticulata</i>	0,90	0,0555	0,0284	31,55
<i>Polylepis reticulata</i>	0,76	0,0496	0,0251	30,08
<i>Polylepis reticulata</i>	0,91	0,0606	0,0282	32,20
<i>Polylepis reticulata</i>	0,84	0,0538	0,0271	30,89
<i>Polylepis reticulata</i>	0,90	0,0593	0,0293	30,61
<i>Polylepis reticulata</i>	0,78	0,0492	0,0252	30,83
<i>Polylepis reticulata</i>	0,79	0,0511	0,0272	29,08
<i>Polylepis reticulata</i>	0,80	0,0508	0,0269	29,55
<i>Polylepis reticulata</i>	0,79	0,0481	0,0244	32,21
<i>Polylepis reticulata</i>	0,76	0,0455	0,0226	33,76
<i>Polylepis reticulata</i>	0,86	0,0577	0,0286	30,17
<i>Polylepis reticulata</i>	0,86	0,0573	0,0274	31,20
<i>Polylepis reticulata</i>	0,88	0,0541	0,0273	32,09
<i>Polylepis reticulata</i>	0,80	0,049	0,0251	31,87
<i>Polylepis reticulata</i>	0,73	0,0469	0,0238	30,46
<i>Polylepis reticulata</i>	0,85	0,0544	0,0281	30,14
<i>Polylepis reticulata</i>	0,92	0,0588	0,0292	31,61
<i>Polylepis reticulata</i>	0,81	0,0509	0,0243	33,13
<i>Polylepis reticulata</i>	0,80	0,0512	0,0257	31,21
<i>Polylepis reticulata</i>	0,80	0,0491	0,0266	30,15
<i>Polylepis reticulata</i>	0,80	0,0505	0,0252	31,90
<i>Gynoxys sp</i>	21,25	1,1591	0,4247	50,04
<i>Gynoxys sp</i>	23,51	1,2732	0,4574	51,40
<i>Gynoxys sp</i>	19,54	1,0662	0,3859	50,63
<i>Gynoxys sp</i>	14,13	0,7577	0,2755	51,27

<i>Gynoxys sp</i>	15,29	0,8578	0,3008	50,84
<i>Gynoxys sp</i>	32,42	2,2311	0,8319	38,97
<i>Gynoxys sp</i>	37,95	1,5755	0,5667	66,97
<i>Gynoxys sp</i>	24,11	1,3782	0,5093	47,34
<i>Gynoxys sp</i>	24,29	1,343	0,4702	51,66
<i>Gynoxys sp</i>	20,51	1,102	0,4034	50,84
<i>Gynoxys sp</i>	31,20	1,6601	0,6181	50,47
<i>Gynoxys sp</i>	18,58	0,9769	0,3356	55,35
<i>Gynoxys sp</i>	15,53	0,8405	0,2926	53,07
<i>Gynoxys sp</i>	13,69	0,772	0,274	49,96
<i>Gynoxys sp</i>	18,69	1,0256	0,3595	51,98
<i>Gynoxys sp</i>	29,20	1,5779	0,5925	49,29
<i>Gynoxys sp</i>	16,56	0,922	0,3283	50,43
<i>Gynoxys sp</i>	17,29	0,9237	0,323	53,53
<i>Gynoxys sp</i>	14,52	0,7937	0,2911	49,88
<i>Gynoxys sp</i>	19,48	1,0795	0,3944	49,38
<i>Gynoxys sp</i>	26,94	1,5359	0,5477	49,19
<i>Gynoxys sp</i>	15,63	0,8141	0,282	55,44
<i>Gynoxys sp</i>	14,14	0,775	0,2823	50,07
<i>Gynoxys sp</i>	13,11	0,7293	0,2583	50,77
<i>Gynoxys sp</i>	16,53	0,971	0,2507	65,94
<i>Gynoxys sp</i>	26,98	1,1823	0,4083	66,08
<i>Gynoxys sp</i>	27,43	1,1594	0,3066	89,47
<i>Gynoxys sp</i>	29,22	1,3879	0,4751	61,51
<i>Gynoxys sp</i>	34,31	1,7314	0,5792	59,23
<i>Gynoxys sp</i>	53,07	2,118	0,6847	77,50
<i>Gynoxys sp</i>	20,67	0,9254	0,3262	63,35
<i>Gynoxys sp</i>	17,52	0,7767	0,2793	62,74
<i>Gynoxys sp</i>	18,39	0,8081	0,2377	77,36
<i>Gynoxys sp</i>	31,56	1,4468	0,5001	63,11
<i>Gynoxys sp</i>	23,37	1,1302	0,3921	59,60
<i>Gynoxys sp</i>	28,97	1,2782	0,4446	65,16
<i>Gynoxys sp</i>	37,31	1,7261	0,5422	68,80
<i>Gynoxys sp</i>	21,49	1,0396	0,3574	60,13
<i>Gynoxys sp</i>	22,27	1,0075	0,3244	68,66
<i>Gynoxys sp</i>	18,47	0,8871	0,2373	77,83
<i>Gynoxys sp</i>	29,39	1,2332	0,4176	70,37
<i>Gynoxys sp</i>	16,57	0,7529	0,2416	68,56
<i>Gynoxys sp</i>	75,38	3,0837	0,9171	82,19
<i>Gynoxys sp</i>	60,44	2,2196	0,6512	92,81
<i>Gynoxys sp</i>	57,60	2,3299	0,7352	78,35
<i>Gynoxys sp</i>	28,05	1,383	0,4558	61,53
<i>Gynoxys sp</i>	24,15	1,1009	0,3207	75,31
<i>Gynoxys sp</i>	24,47	1,1916	0,306	79,98

<i>Gynoxys sp</i>	22,83	1,0715	0,3143	72,64
<i>Gynoxys sp</i>	14,25	0,5336	0,166	85,81

Anexo B.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de Myrsine dependens en la microcuena de Llaviuco.

	Dentro del Bosque	Fuera del Bosque
Media	58,91275444	40,40567255
Varianza	21,3824119	14,4151528
Observaciones	25	25
Varianza agrupada	17,89878235	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	48	
Estadístico t	15,46611409	
P(T<=t) una cola	1,41043E-20	
Valor crítico de t (una cola)	1,677224196	
P(T<=t) dos colas	2,82086E-20	
Valor crítico de t (dos colas)	2,010634758	

Anexo C.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de Gynoxys sp en la microcuena de Llaviuco.

	Dentro del Bosque	Fuera del Bosque
Media	71,5237691	51,7883603
Varianza	94,5855414	28,5630438
Observaciones	25	25
Varianza agrupada	61,5742926	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	48	
Estadístico t	8,89204021	
P(T<=t) una cola	5,1145E-12	
Valor crítico de t (una cola)	1,6772242	
P(T<=t) dos colas	1,0229E-11	
<u>Valor crítico de t (dos colas)</u>	<u>2,01063476</u>	

Anexo D.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de Polylepis reticulata en la microcuenca de Llaviuco.

	<i>Dentro del Bosque</i>	<i>Fuera del Bosque</i>
Media	45,600151	41,9704199
Varianza	4,11229285	16,3210569
Observaciones	25	25
Varianza agrupada	10,2166749	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	48	
Estadístico t	4,01489948	
P(T<=t) una cola	0,00010398	
Valor crítico de t (una cola)	1,6772242	
P(T<=t) dos colas	0,00020797	
Valor crítico de t (dos colas)	2,01063476	

Microcuenca Miguir

Anexo E. Valores del Área foliar específica (AFE) de las tres especies estudiadas en la microcuenca de Llaviuco.

Especie	Área	Peso		AFE
		Fresco	Peso Seco	
Myrsine dependens	1,14	0,0414	0,020	57,61
Myrsine dependens	1,16	0,0413	0,0194	59,90
Myrsine dependens	1,31	0,0441	0,0232	56,55
Myrsine dependens	1,13	0,0405	0,0198	56,92
Myrsine dependens	0,99	0,0351	0,0196	50,56
Myrsine dependens	1,10	0,0379	0,0171	64,04
Myrsine dependens	0,92	0,0269	0,0116	79,05
Myrsine dependens	1,01	0,0341	0,0158	63,99
Myrsine dependens	0,91	0,0339	0,0166	55,00
Myrsine dependens	0,89	0,0307	0,0138	64,78
Myrsine dependens	0,93	0,0368	0,019	48,74
Myrsine dependens	0,94	0,0352	0,0191	48,95
Myrsine dependens	1,07	0,037	0,0069	154,49
Myrsine dependens	0,75	0,0255	0,0146	51,58
Myrsine dependens	0,96	0,0386	0,0197	48,63
Myrsine dependens	0,79	0,0262	0,0144	54,86
Myrsine dependens	1,21	0,0485	0,0233	52,06
Myrsine dependens	0,90	0,0302	0,0154	58,64
Myrsine dependens	1,53	0,055	0,028	54,79

Myrsine dependens	1,08	0,0276	0,0083	129,88
Myrsine dependens	1,10	0,0259	0,008	137,25
Myrsine dependens	1,16	0,0279	0,0078	148,72
Myrsine dependens	1,09	0,0273	0,0081	134,44
Myrsine dependens	1,71	0,0557	0,0297	57,71
Myrsine dependens	1,37	0,0462	0,0208	66,06
Myrsine dependens	0,98	0,0308	0,0115	85,22
Myrsine dependens	0,99	0,0315	0,0153	64,38
Myrsine dependens	0,78	0,0248	0,0122	64,02
Myrsine dependens	1,38	0,0419	0,0181	76,30
Myrsine dependens	0,88	0,0224	0,0094	93,19
Myrsine dependens	0,63	0,0146	0,0109	58,07
Myrsine dependens	0,65	0,0141	0,0111	58,83
Myrsine dependens	1,60	0,0472	0,0194	82,32
Myrsine dependens	1,57	0,0478	0,0197	79,85
Myrsine dependens	1,08	0,0321	0,0153	70,65
Myrsine dependens	0,77	0,0253	0,0121	63,31
Myrsine dependens	1,10	0,0304	0,0123	89,76
Myrsine dependens	1,18	0,0398	0,0149	79,33
Myrsine dependens	0,63	0,0155	0,0095	66,00
Myrsine dependens	1,05	0,0361	0,0159	66,10
Myrsine dependens	0,87	0,0177	0,0094	92,23
Myrsine dependens	0,50	0,0114	0,0085	58,82
Myrsine dependens	0,49	0,0146	0,0066	74,39
Myrsine dependens	0,95	0,021	0,0135	70,59
Myrsine dependens	0,66	0,0147	0,0081	80,99
Myrsine dependens	1,21	0,0375	0,0159	75,91
Myrsine dependens	0,61	0,0185	0,0093	65,27
Myrsine dependens	0,58	0,0182	0,0075	77,20
Myrsine dependens	0,57	0,0121	0,0058	98,79
Myrsine dependens	0,74	0,0148	0,0091	81,54
Polylepis reticulata	1,29	0,602	0,0351	36,72
Polylepis reticulata	0,80	0,375	0,0207	38,70
Polylepis reticulata	0,70	0,323	0,0183	38,09
Polylepis reticulata	1,05	0,458	0,0232	45,30
Polylepis reticulata	1,12	0,0387	0,0224	50,18
Polylepis reticulata	0,81	0,0332	0,0179	45,14
Polylepis reticulata	0,89	0,0345	0,0215	41,58
Polylepis reticulata	0,66	0,0286	0,0171	38,65
Polylepis reticulata	0,84	0,0389	0,0212	39,62
Polylepis reticulata	0,75	0,0325	0,0176	42,84
Polylepis reticulata	0,92	0,0351	0,0177	51,81
Polylepis reticulata	0,82	0,0372	0,0208	39,38
Polylepis reticulata	0,71	0,0313	0,0165	43,21
Polylepis reticulata	0,88	0,0347	0,0208	42,50

Polylepis reticulata	1,03	0,0472	0,0242	42,56
Polylepis reticulata	0,73	0,0301	0,0164	44,39
Polylepis reticulata	0,94	0,0408	0,0221	42,67
Polylepis reticulata	0,57	0,0252	0,0142	39,93
Polylepis reticulata	0,81	0,0318	0,0193	42,07
Polylepis reticulata	0,66	0,0238	0,0137	48,25
Polylepis reticulata	0,59	0,0226	0,0138	42,61
Polylepis reticulata	0,59	0,0247	0,0159	36,98
Polylepis reticulata	0,63	0,0277	0,0178	35,17
Polylepis reticulata	0,65	0,0279	0,0162	39,88
Polylepis reticulata	1,03	0,0423	0,0252	41,03
Polylepis reticulata	1,60	0,0682	0,0375	42,77
Polylepis reticulata	1,16	0,0468	0,0248	46,94
Polylepis reticulata	1,24	0,0471	0,0254	48,74
Polylepis reticulata	1,12	0,0458	0,0254	44,17
Polylepis reticulata	1,14	0,0509	0,0275	41,35
Polylepis reticulata	1,22	0,0496	0,0265	46,19
Polylepis reticulata	1,11	0,0449	0,0235	47,06
Polylepis reticulata	1,26	0,0515	0,0268	47,09
Polylepis reticulata	1,36	0,0588	0,0313	43,35
Polylepis reticulata	1,11	0,0445	0,0237	46,75
Polylepis reticulata	1,24	0,0499	0,0282	44,11
Polylepis reticulata	1,23	0,0515	0,0273	44,98
Polylepis reticulata	1,02	0,0392	0,0227	45,11
Polylepis reticulata	1,01	0,0384	0,0215	47,02
Polylepis reticulata	1,13	0,0468	0,0246	45,85
Polylepis reticulata	1,15	0,0495	0,0261	43,98
Polylepis reticulata	1,01	0,0419	0,0219	45,89
Polylepis reticulata	1,04	0,0386	0,0216	48,06
Polylepis reticulata	1,30	0,0518	0,0271	47,79
Polylepis reticulata	1,18	0,0494	0,0281	42,10
Polylepis reticulata	1,04	0,0411	0,0228	45,75
Polylepis reticulata	0,91	0,0352	0,0209	43,49
Polylepis reticulata	0,76	0,0298	0,0156	48,72
Polylepis reticulata	1,11	0,0435	0,0235	47,32
Polylepis reticulata	0,82	0,0349	0,0181	45,41
Gynoxys sp	29,99	1,51	0,5282	56,79
Gynoxys sp	32,91	1,6346	0,6611	49,77
Gynoxys sp	19,61	1,0063	0,3607	54,38
Gynoxys sp	23,93	1,1329	0,4895	48,89
Gynoxys sp	21,97	1,0905	0,4392	50,02
Gynoxys sp	10,50	0,5447	0,1647	63,75
Gynoxys sp	11,47	0,5776	0,2199	52,16
Gynoxys sp	15,93	0,8508	0,3124	51,00
Gynoxys sp	21,79	14073	0,6868	31,73
Gynoxys sp	19,41	11969	0,5491	35,35

Gynoxys sp	18,46	10323	0,4496	41,06
Gynoxys sp	16,72	0,9157	0,3761	44,44
Gynoxys sp	13,04	0,6761	0,2544	51,27
Gynoxys sp	19,03	10862	0,4207	45,23
Gynoxys sp	13,61	0,7503	0,2925	46,51
Gynoxys sp	11,78	0,6616	0,2673	44,07
Gynoxys sp	26,83	13250	0,4895	54,82
Gynoxys sp	2,78	0,1255	0,0571	48,67
Gynoxys sp	7,79	0,3599	0,1285	60,65
Gynoxys sp	7,61	0,3412	0,139	54,77
Gynoxys sp	14,32	0,6743	0,2964	48,30
Gynoxys sp	10,29	0,6096	0,3064	33,59
Gynoxys sp	16,50	0,8348	0,3367	49,01
Gynoxys sp	20,02	10451	0,4253	47,08
Gynoxys sp	15,09	0,8736	0,2755	54,77
Gynoxys sp	18,94	0,716	0,2798	67,68
Gynoxys sp	11,89	0,4575	0,1531	77,63
Gynoxys sp	4,49	0,2078	0,0751	59,72
Gynoxys sp	22,09	0,8437	0,2755	80,19
Gynoxys sp	16,26	0,6943	0,2309	70,42
Gynoxys sp	20,60	0,8499	0,3407	60,45
Gynoxys sp	5,70	0,2076	0,0785	72,57
Gynoxys sp	14,30	0,6051	0,208	68,76
Gynoxys sp	8,78	0,2851	0,0908	96,64
Gynoxys sp	16,75	0,5596	0,2393	70,00
Gynoxys sp	11,53	0,3439	0,1218	94,69
Gynoxys sp	7,40	0,239	0,0896	82,59
Gynoxys sp	10,68	0,3825	0,1148	93,00
Gynoxys sp	8,60	0,287	0,117	73,52
Gynoxys sp	11,59	0,4534	0,1604	72,28
Gynoxys sp	10,23	0,375	0,1357	75,39
Gynoxys sp	8,59	0,292	0,1173	73,21
Gynoxys sp	17,33	0,572	0,2183	79,37
Gynoxys sp	5,25	0,2009	0,0672	78,10
Gynoxys sp	17,96	0,615	0,2452	73,25
Gynoxys sp	22,95	0,7855	0,3299	69,57
Gynoxys sp	16,53	0,6199	0,2157	76,61
Gynoxys sp	12,22	0,4287	0,1385	88,25
Gynoxys sp	11,39	0,3943	0,136	83,72
Gynoxys sp	14,97	0,497	0,1574	95,08

Anexo F.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de Myrsine dependens en la microcuena de Miguir.

	<i>Dentro del Bosque</i>	<i>Fuera del Bosque</i>
Media	74,92245136	74,207624
Varianza	132,1370654	1221,45088
Observaciones	25	25
Varianza agrupada	676,7939749	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	48	
Estadístico t	0,097146679	
P(T<=t) una cola	0,46150721	
Valor crítico de t (una cola)	1,677224196	
P(T<=t) dos colas	0,923014421	
Valor crítico de t (dos colas)	2,010634758	

Anexo G.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de Gynoxys sp en la microcuena de Miguir.

	<i>Dentro del Bosque</i>	<i>Fuera del Bosque</i>
Media	77,3077599	48,7233123
Varianza	102,455782	59,0536476
Observaciones	25	25
Varianza agrupada	80,754715	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	48	
Estadístico t	11,2460722	
P(T<=t) una cola	2,3599E-15	
Valor crítico de t (una cola)	1,6772242	
P(T<=t) dos colas	4,7198E-15	
Valor crítico de t (dos colas)	2,01063476	

Anexo H.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de Polylepis reticulata en la microcuencua de Miguir

	<i>Dentro del Bosque</i>	<i>Fuera del Bosque</i>
Media	45,600151	41,9704199
Varianza	4,11229285	16,3210569
Observaciones	25	25
Varianza agrupada	10,2166749	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	48	
Estadístico t	4,01489948	
P(T<=t) una cola	0,00010398	
Valor crítico de t (una cola)	1,6772242	
P(T<=t) dos colas	0,00020797	
Valor crítico de t (dos colas)	2,01063476	