



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**“Comparación de rasgos funcionales de especies nativas en los ecosistemas
altoandinos de la zona oriental y occidental de la provincia del Azuay”**

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Agrónomo

AUTORES:

Macancela Herrera Daniel Alberto
CI: 0107112948
albertomacancelah@outlook.com
Ortega Pillajo Byron Leonel
CI: 0104877162
bylortep@gmail.com

DIRECTORA:

Blga. Fanny Ximena Palomeque Pesáñez, PhD
CI:0301356382

CUENCA, ECUADOR

26 de febrero de 2020

RESUMEN

Los rasgos funcionales que presenta una determinada especie, son el resultado de su adaptación a las condiciones ambientales del ecosistema, lo cual puede indicar cómo una planta ha modificado su fisiología y morfología para subsistir. Este estudio tuvo como objetivo comparar los rasgos funcionales de 10 especies nativas en ecosistemas altoandinos compartidas entre la zona Occidental y Oriental de la provincia del Azuay; asumiendo que las condiciones climáticas difieren entre estas. Además, se describió los rasgos funcionales de cuatro especies distribuidas únicamente en cada zona de estudio, principalmente del género *Polylepis*. Las muestras vegetales de cada especie fueron colectadas en los bosques de Angas y Migüir (zona occidental) y en los bosques de Llaviucu y Zhurucay (zona oriental). Los rasgos funcionales evaluados fueron: densidad de madera, peso seco de la hoja, área foliar específica, grosor de la hoja, tamaño y densidad de estomas, potencial hídrico y dispersión de semillas. Los resultados indicaron que para la mayoría de sus rasgos funcionales entre las zonas de estudio presentaron similitudes, no obstante, el peso seco de la hoja, grosor de la hoja, tamaño de estomas, mostraron diferencias significativas en las especies *Weinmannia fagaroides*, *Morella parvifolia* y *Vallea stipularis* y a nivel de comunidad, al igual que el potencial hídrico en las especies evaluadas ($p<0,05$). Los estudios sobre la evaluación de rasgos funcionales en zonas con variación ecológica son útiles para entender las respuestas o modificaciones que ocurrirán en las especies de plantas bajo el escenario de modificación del clima.

Palabras claves: Bosques altoandinos. Especies nativas andinas. Rasgos funcionales.

ABSTRACT

Functional traits on plant species are the result of its adaptation to the environmental conditions of the ecosystem where they subsist, this could indicate physiology and morphology modification on plant species in order to survive under given conditions. This research aimed to compare functional traits of 10 native species growing on two different sites (west and east flanks) in high Andean ecosystems on the Azuay province; assuming differences on environmental conditions between sites. In additions, it evaluated the functional traits of 4 species, distributed in each study area, mainly of the *Polylepis* genus. The samples of each species were collected in the Angas and Migöir forests (western zone) and in Llaviucu and Zhurucay forest (eastern zone). The functional traits evaluated were: wood density, dry weight of leaf, specific leaf area (SLA), leaf thickness, stomata size, stomatal density, water potential and seeds dispersal. The results indicated that for most of their functional traits between the study zones, presented similarities, however, the dry weight of the leaf, thickness of the leaf, size of stomata, showed significant differences in the species *Weinmannia fagaroides*, *Morella parvifolia* and *Vallea stipularis*, and community level, as well as the water potential in the species evaluated ($p <0.05$). Studies on the evaluation of functional traits in zones with ecological variation are useful for understanding the responses or modifications that will occur in plant species under the climate modification scenario.

Keywords: High Andean forest. Andean native species. Functional traits.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
LISTA DE TABLAS	6
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	7
1. INTRODUCCIÓN	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo General.....	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. HIPÓTESIS	15
3.1 Hipótesis Estadística	15
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
4.1 Los Andes: importancia florística y factores ambientales	16
4.2 Variación en los rasgos funcionales como respuesta a condiciones ambientales..	17
5. MATERIALES Y MÉTODOS	19
5.1 Descripción y ubicación de los sitios de estudio	19
5.2 Especies seleccionadas para el estudio	20
5.3 Rasgos funcionales medidos en las especies seleccionadas	22
5.4 Descripción de la metodología de cada rasgo funcional medido.....	22
5.4.1 Densidad de Madera.....	23
5.4.2 Peso seco de la hoja.....	23
5.4.3 Área foliar específica (AFE)	24
5.4.4 Grosor de la hoja	24
5.4.5 Densidad de estomas	24
5.4.6 Tamaño de estomas	24
5.4.7 Potencial hídrico.....	24
5.4.8 Dispersión de semilla	25
6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
7. RESULTADOS	27
Objetivo 1	27
Comparación y descripción de rasgos funcionales	27
Objetivo 2	38

Descripción de rasgos funcionales especies únicas en los cuatro sitios de estudio	38
8. DISCUSIONES	45
9. CONCLUSIONES	48
10. RECOMENDACIONES	49
11. BIBLIOGRAFÍA	50
12. ANEXOS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del área de estudio de la zona oriental (Llaviucu y Zhurucay y en la zona occidental Angas, Migüir, en la provincia del Azuay	19
Figura 2: Representación gráfica de la influencia de los vientos del océano Pacífico y de la cuenca del Amazonas en la zona occidental y oriental, respectivamente.	20
Figura 3: Representación de los valores y media de la densidad de madera de diez especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, su unidad es g/cm	29
Figura 4: Valores y media del peso seco de la hoja de las diez especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, cuya unidad es g	30
Figura 5: Comparación de los valores y de la media del AFE de diez especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, su unidad es cm ² /g	31
Figura 6: Valores y media del grosor de la hoja de diez especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, la unidad de este rasgo es mm	32
Figura 7: Representación de los valores y de la media de la densidad de estomas de nueve especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, su área es de 1 mm ²	33
Figura 8: Comparación de los valores y de la media del tamaño de estoma de nueve especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay. (μm)	34
Figura 9: Boxplot de los valores y medias del potencial hídrico de tres especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, se mide en MPa..	35
Figura 10: Valores y las medias de la densidad de madera de las cuatro especies únicas en cada sitio de estudio	39
Figura 11: Boxplot con los valores y medias del peso seco de la hoja de las cuatro especies únicas de los sitios de estudio	40
Figura 12: Valores y medias del AFE de las cuatro especies únicas en cada sitio de estudio	41

Figura 13: Valores y medias del grosor de la hoja de las cuatro especies únicas en cada sitio de estudio	43
Figura 14: Valores y las medias del potencial hídrico medido en las cuatro especies únicas en cada sitio de estudio	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Factores ambientales de las cuatro zonas de estudio distribuidas en la zona Oriental y Occidental en la provincia del Azuay.....	20
Tabla 2: Especies y rasgos funcionales que fueron comparados en los sitios de estudio ...	21
Tabla 3: Rasgos funcionales, número de individuos muestreados y unidades por rasgo....	22
Tabla 4: Categorización de la dispersión de semillas de las 10 especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay	36
Tabla 5: Resultados de prueba de T-student para los rasgos funcionales por cada especie compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay.....	37
Tabla 6: Resultados de la prueba de Wilcoxon para los rasgos funcionales por comunidad o zona de estudio	37
Tabla 7: Categorización de la dispersión de semillas de las cuatro especies únicas de los cuatro sitios de estudio de la provincia del Azuay	42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Barrera geográficas que permite la influencia del pacífico en menor grado	58
Anexo 2: Medias de los valores de los rasgos funcionales de cada especie por zona de estudio.....	58
Anexo 3: Metodología de trabajo de campo.	60
Anexo 4: Estomas de <i>Hedyosmum luteynii</i> x40, x10	61
Anexo 5: Hojas para encontrar el AF de <i>Myrcianthes rhopaloides</i>	61
Anexo 6: Circunferencia, DAP, altura y área basal de los 220 individuos seleccionados para el estudio.....	62
Anexo 7: Potencial hídrico al amanecer, al medio día y su diferencia medidas solamente en siete especies.....	67
Anexo 8: Prueba post - hoc de Bonferroni de los rasgos funcionales de las 10 especies estudiadas por comunidad.	70



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

DM: Densidad de madera

PS: Peso seco de la hoja

AFE: Área foliar específica

SLA: Specific leaf area

AF: Área foliar

GR: Grosor de la hoja

DE: Densidad de estomas

TE: Tamaño de estomas

PH: Potencial hídrico

DS: Dispersión de semillas

DAP: Distancia a la altura del pecho

Aa: *Alnus acuminata*

Bs: *Brugmansia sanguinea*

Em: *Escallonia myrtilloides*

Hl: *Hedyosmum luteynii*

Mp: *Morella parvifolia*

Mr: *Myrcianthes rhopalooides*

Og: *Oreocallis grandiflora*

Pr: *Polylepis reticulata*

Vs: *Vallea stipularis*

Wf: *Weinmannia fagaroides*



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, Daniel Alberto Macancela Herrera en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Comparación de rasgos funcionales de especies nativas en los ecosistemas altoandinos de la zona Oriental y Occidental de la provincia del Azuay”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de febrero de 2020

Daniel Alberto Macancela Herrera

C.I: 0107112948



Cláusula de Propiedad Intelectual

Daniel Alberto Macancela Herrera autor del trabajo de titulación “Comparación de rasgos funcionales de especies nativas en los ecosistemas altoandinos de la zona Oriental y Occidental de la provincia del Azuay”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 26 de febrero de 2020

Daniel Alberto Macancela Herrera

C.I: 0107112948



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Yo, Byron Leonel Ortega Pillajo en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Comparación de rasgos funcionales de especies nativas en los ecosistemas altoandinos de la zona Oriental y Occidental de la provincia del Azuay”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de febrero de 2020

Byron Leonel Ortega Pillajo

C.I: 0104877162



Cláusula de Propiedad Intelectual

Byron Leonel Ortega Pillajo autor del trabajo de titulación “Comparación de rasgos funcionales de especies nativas en los ecosistemas altoandinos de la zona Oriental y Occidental de la provincia del Azuay”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 26 de febrero de 2020

Byron Leonel Ortega Pillajo

C.I: 0104877162



Agradecimientos

Agradecemos a Ximena Palomeque y Heidi Asbjornsen por habernos dado la oportunidad de ser parte de esta investigación. A Danilo Minga y Mayra Jiménez (Herbario Azuay de la Universidad del Azuay), además a Walter Larriva, Oswaldo Jadán, Lourdes Díaz y Juan Pablo Iñamagua (Universidad de Cuenca) y finalmente al departamento de movilidad de la Universidad de Cuenca por su colaboración en nuestro trabajo de pregrado.



Dedicatoria

A nuestros familiares y personas que están a nuestro lado apoyándonos
y a las que ya no se encuentran presentes.

1. INTRODUCCIÓN

Se presume que las precipitaciones en la zona tropical aumentarán entre un 10 a 40 % y la temperatura también aumentará al final del siglo XXI (Manchego et al., 2017) provocando que los bosques andinos y zonas de páramo se sumen a la lista de ecosistemas amenazados, lo que puede ser perjudicial ya que algunas especies de flora presentes en estos ecosistemas no poseen la capacidad de responder rápidamente al cambio climático (FAO, 2012).

Nock, Vogt, & Beisner, (2016), denominan rasgos funcionales a las características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas, fenológicas, estructurales o conductuales de cualquier ser vivo. En una planta distintos rasgos funcionales llegan a reflejar las adaptaciones por la influencia de los factores ambientales en su hábitat, por lo tanto, las características morfológicas y fisiológicas de diversas especies en un ecosistema pueden ser indicadores de un largo proceso de adaptación, pudiendo ser llevado a un contexto de cambio climático (Nicotra et al., 2010; Ibañez et al., 2017).

Chirino et al., (2017) sugieren que las características morfo-fisiológicas de seis especies nativas estudiadas en los Andes ecuatorianos, han determinado la respuesta a condiciones de sequía y la capacidad para adaptarse y sobrevivir. También los rasgos funcionales son un insumo clave para entender la posible respuesta vegetal a diferentes escenarios de cambio climático y consecuentemente pueden aportar al manejo y conservación de bosques nativos (Faucon, Houben, & Lambers, (2017).

El presente estudio se realizó en las dos estribaciones de la cordillera de los Andes en la provincia del Azuay ya que ambas zonas son influenciadas por diferentes factores climáticos en la zona Occidental y el efecto lluvia-sombra de los Andes en la zona Oriental (Martínez, Ruiz, Andrade, & Blacutt, 2011). La estribación Occidental con una mayor temperatura y poca humedad a comparación de la estribación Oriental que es húmeda y de temperatura baja (Aguirre, Kvist, & Sánchez, 2006). Desde el punto de la gestión, es clave entender el comportamiento de los rasgos funcionales en diferentes condiciones ecológicas para la conservación y su hábitat.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Comparar los rasgos funcionales de 14 especies nativas en ecosistemas altoandinos entre la zona Occidental y Oriental de la provincia del Azuay

2.2 Objetivos Específicos

- Describir y comparar los rasgos funcionales de diez especies nativas en ecosistemas altoandinos entre la zona Occidental y Oriental de la provincia del Azuay.
- Describir los rasgos funcionales de cuatro especies nativas que son exclusivamente de cada lado de la cordillera de los Andes en la provincia del Azuay.

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis Estadística

Ho: Los rasgos funcionales de las especies nativas de bosques altoandinos y páramos del Azuay, compartidas entre la zona occidental y oriental de la cordillera de los Andes no varían en su comportamiento.

H1: Los rasgos funcionales de las especies nativas de bosques altoandinos y páramos del Azuay, compartidas en la zona occidental y oriental de la cordillera de los Andes varían en su comportamiento.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Los Andes: importancia florística y factores ambientales

La cordillera de los Andes atraviesa de norte a sur la mayor parte de Sudamérica, formando una cadena montañosa con una distancia mayor a 7000 km (Francisco, Chacón, Manuel, & Tovar, 2011). Los diversos factores climáticos y topográficos de los Andes, han permitido la formación de diversos hábitats que diferencian a la vegetación de bosques de tierras bajas, con la de bosques montanos y del páramo andino (Breckle & Gu, 2010). La zona andina es un corredor climático con diferencias climáticas en la estribación este y oeste (Francisco et al., 2011) y a consecuencia de eso, en los dos sitios ha cambiado la composición de especies, ecosistemas e incluso su funcionamiento ecosistémico, como el almacenaje de agua subterránea (Garreaud, 2009).

La zona andina, es un *hotspot* de biodiversidad, aquí se encuentra alrededor del 35% de la diversidad biológica que se reporta a nivel mundial, por su diversidad de ecosistemas y hábitats únicos (Jarma-Orozco, Cardona Ayala, & Araméndiz Tatis, 2012) que a su vez se relacionan con los microclimas que forman (Res, Rapp, & Silman, 2012). En los Andes ecuatorianos, un estudio realizado por Jarma-Orozco, Cardona Ayala, & Araméndiz Tatis, (2012) reporta que se encuentra el 64% del total de las especies vegetales del país. La zona sur de los Andes del Azuay según Jadán et al., (2017) alberga una diversidad muy amplia de dicha vegetación, distribuida por comunidades a diferentes gradientes altitudinales. Lo cual está ligado a complejas interacciones biogeográficas generando una diversa composición de comunidades y una alta riqueza de especies (Cuesta et al., 2016).

También el páramo andino es un ecosistema muy frágil y por estar ubicado en pisos altitudinales elevados, tiene una mayor radiación solar y tiene una alta variación de temperatura (Cuesta et al., 2012), incluso en un mismo día, esto ha contribuido a que se haya desarrollado una diversidad de flora endémica, como es el caso de algunas especies del género *Polylepis* (Sklena & Balslev, 2007). La diversidad de flora presente, es un producto de procesos evolutivos que se han desarrollado durante el paso de diferentes etapas geológicas ocurridas en el tiempo e influenciada por la hidrología y clima a nivel continental (Hansen et al., 2003).

En la zona andina sur del Ecuador, este cambio de especies es notorio, pues hay algunas especies endémicas que se encuentran restringidas únicamente en un lado de la cordillera, por ejemplo, *Polylepis lanuginosa* y *Polylepis weberbaueri* que se encuentran solo en la estribación occidental de acuerdo a la base de datos del Herbario Azuay (2019).

4.2 Variación en los rasgos funcionales como respuesta a condiciones ambientales

Las características que describen las diferencias funcionales entre las especies en una comunidad, relacionadas directa o indirectamente con el desarrollo, estructura y funcionamiento ecosistema (Bruelheide et al., 2018). Díaz & Cabido, (2001) propusieron clasificar los rasgos funcionales en dos tipos; los “de respuesta”, que reflejan algún cambio funcional de las especies a lo largo de un gradiente de cambio ambiental como la tolerancia a la temperatura, y en rasgos funcionales; “de efecto”, que determinan los efectos que las especies ejercen en los procesos y servicios del ecosistema como la capacidad de retención hídrica (Phil, 2018). Dicha influencia es conocida como el esquema “efecto – respuesta” que fue desarrollado como un esquema conceptual especial para las plantas, debido a la necesidad de realizar caracterizaciones en especies vegetales con respecto a sus hábitats (Ruili et al., 2016).

El análisis de rasgos funcionales permite comprender las estrategias ecológicas de las plantas (Mudrák & Doležal, 2019) siendo una herramienta útil para identificar semejanzas en el comportamiento de las plantas. La relación entre los rasgos funcionales y los factores ambientales ayuda a comprender la estructura de la comunidad y a evaluar su posible respuesta a cambios medio ambientales (Singh, 2011). Lavorel & Garnier, (2002) sugieren que las características físicas y químicas de las plantas también pueden utilizarse como indicadores para explicar estrategias de adaptación ante diferentes condiciones ambientales; Heilmeier, (2019) menciona que, con el conocimiento adecuado de los rasgos funcionales también se podría explicar el funcionamiento de las plantas.

Los rasgos foliares ayudan a determinar las pérdidas de agua por tamaño y número de estomas, y están por tanto estrechamente relacionados con la tolerancia a la sequía (Gornish & Prather, 2014). Una elevada área foliar específica (AFE) implica una mayor relación superficie-volumen lo que puede derivar en mayor pérdida de agua, al suceder eventos de sequía prolongados, algunas plantas han desarrollado diversas estrategias como la generación



de nuevas hojas con menor área foliar, menos estomas y/o estomas más pequeños (Songsri et al., 2009). Las plantas con hojas de área pequeña y una alta relación entre la parte aérea, la biomasa de las raíces o con una alta densidad de madera aumentan su capacidad de mantener un flujo hídrico constante (Candel, et al., 2018).

Fourier & Cedex, (2010) mencionan que las características funcionales de una planta, tendrán diferentes comportamientos a diversos niveles de precipitación y temperatura, pudiendo modificar sus características morfológicas como respuesta a las condiciones ambientales. estudio de Fadrique et al., (2018) mencionan que en zonas con condiciones similares entre estas, algunas especies arbóreas y lianas han optado por la termofilización, debido al aumento de temperatura. Estos cambios en el clima pueden dar lugar en un futuro cercano a comunidades vegetales andinas con rasgos funcionales modificados.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción y ubicación de los sitios de estudio

El estudio se realizó en parches de bosques del páramo, en la franja del subpáramo andino, y en bosques alto andinos, cuya clasificación fue dada por Homeire. (2008), en las dos estribaciones de los Andes en la provincia del Azuay, a las cuales más adelante se las llamará zonas. En la zona Oriental se registró información del bosque de Llaviucu ($2^{\circ}50'40.1"S$ $79^{\circ}08'42.9"W$) y Zhurucay ($2^{\circ}55'55.7"S$, $79^{\circ}21'00.01"W$), ya que estas tienen mayor influencia del clima del Amazonas, debido a que existen barreras geográficas que limitan la influencia del occidente (Figura 1, Anexo 1); mientras que en la zona Occidental se registró información en Angas ($2^{\circ}53'27.9"S$ $79^{\circ}21'31.9"W$) y Migür (2°47'51.4"S, 79°16'47.1"W), las cuales tienen mayor influencia del pacífico (Figura 1, Anexo 1). Con base en información secundaria (literatura), la zona oriental tiene características de mayor precipitación por tanto mayor humedad en comparación a la zona occidental (Cuesta et al., 2012).

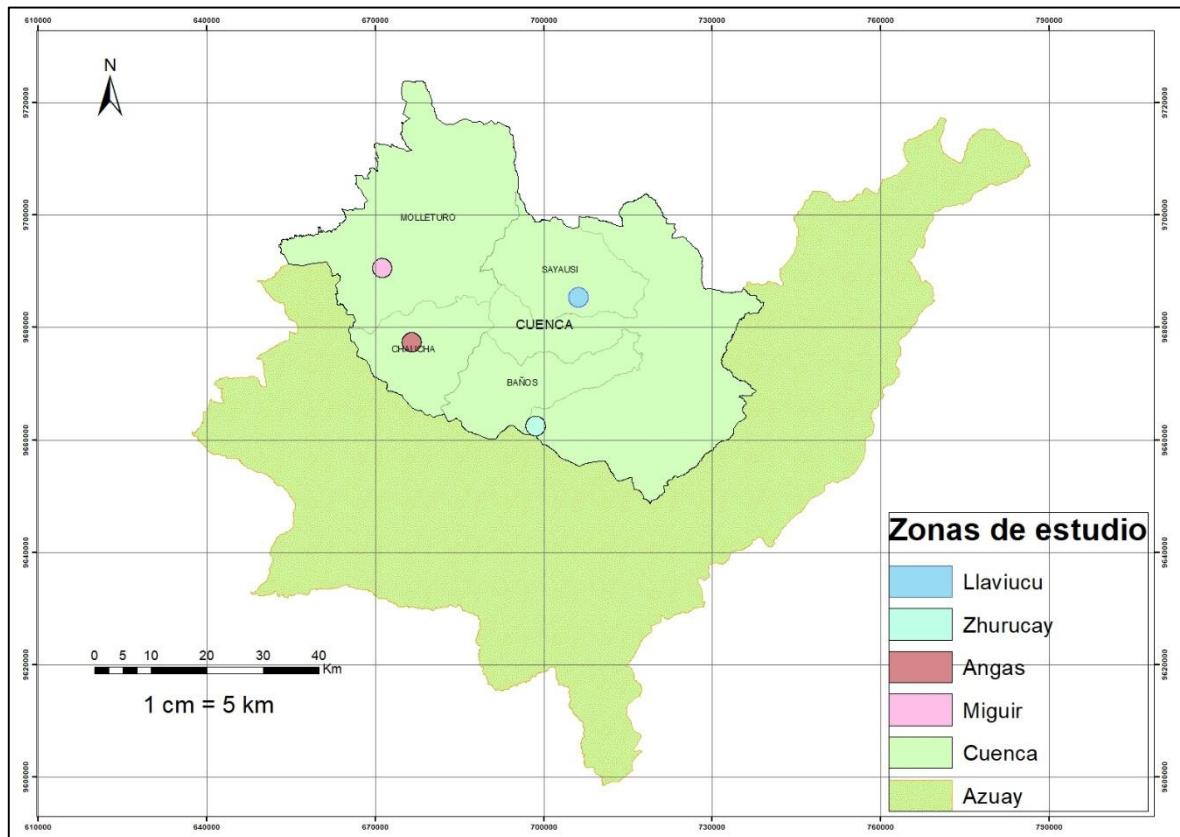


Figura 1: Ubicación del área de estudio de la zona oriental (Llaviucu) y Zhurucay y en la zona occidental Angas, Migür, en la provincia del Azuay

Elaboración: Macancela, A & Ortega, B

La Figura 2 esquematiza la ubicación de los sitios de estudio, influenciados por los vientos de la cuenca del Amazonas (Oriental) y la del océano Pacífico (Occidental). En la Tabla 1 se presentan los valores promedio de los factores ambientales de cada sitio de estudio.

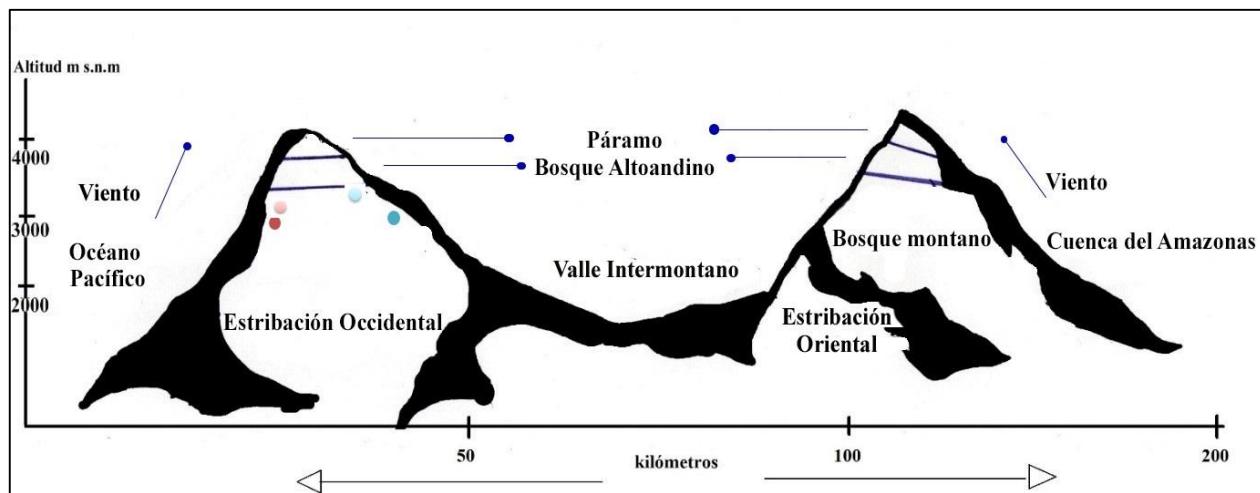


Figura 2: Representación gráfica de la influencia de los vientos del océano Pacífico y la cuenca del Amazonas en la zona occidental y oriental, respectivamente.

Elaborado y modificado por: Macancela, A & Ortega, B. Tomado de Hansen et al.,(2003)

Nota: Llaviucu (azul), Zhurucay (azul claro), Angas (rojo), Migüir (rosa)

Tabla 1: Factores ambientales de las cuatro zonas de estudio distribuidas en la zona Oriental y Occidental en la provincia del Azuay

Bosque	Zona	Temperatura °C	Humedad relativa %	Precipitación mm	Altitud m s.n.m
Llaviucu	Oriental	9.89*	96.4*	1111 ¹	3190**
Zhurucay	Oriental	7.74~	96.1~	1300 ²	3340**
Angas	Occidental	10.63*	92.5*	900 ³	3090**
Migüir	Occidental	10.16~	93.7~	1070 ⁴	3019**

Nota: * Datos tomados a por sensores instalados *in situ*, ** datos tomados con GPS, ~ ⁴ Datos recuperados de: Estrella & Torres (2017). ¹ Datos recuperados de: (Palomeque et al., 2017) ² Datos recuperados de: (Ramón, 2015) ³ Datos recuperados de: (SENPLADES, 2011) para la zona de Chaucha.

5.2 Especies seleccionadas para el estudio

Se evaluaron y describieron los rasgos funcionales de catorce especies leñosas, de las cuales diez están compartidas en las dos zonas de estudio (Oriental y Occidental), y los cuatro restantes distribuidas dos en cada zona (Tabla 2).

Tabla 2: Especies y rasgos funcionales que fueron comparados en los sitios de estudio

Especies	Rasgos Funcionales							
	DM	PS	AFE	GR	DE	TE	PH	*DS
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Brugmansia sanguinea</i> (Ruiz & Pav.) D. Don	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Hedyosmum luteynii</i> Todzia.								
<i>Morella parvifolia</i> Benth.	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Myrcianthes</i> <i>rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R.Br.	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Polylepis reticulata</i> Hieron	+	+	+	+	-	-	+	+
<i>Vallea stipularis</i> L.f	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Weinmannia</i> <i>fagaroides</i> Kunth	+	+	+	+	+	+	+	+
¹ <i>Ocotea heterochroma</i> Mez & Sodiro	+	+	+	+	+	+	+	+
¹ <i>Polylepis incana</i> Kunth	+	+	+	+	-	-	+	+
² <i>Polylepis lanuginosa</i> Kunth	+	+	+	+	-	-	+	+
² <i>Polylepis</i> <i>weberbaueri</i> Pilg.	+	+	+	+	-	-	+	+

DM: Densidad de madera. PS: Peso seco. AFE: Área foliar específica. GR: Grosor de la hoja. DE: Densidad de estomas. TE: Tamaño de estomas. PH: Potencial hídrico. DS: Dispersión de semillas.

Nota: + Rasgo funcional medido. - Rasgo funcional no medido. * Rasgo funcional no comparado.

¹Especies únicas de la zona oriental. ² Especies únicas de la zona occidental.

5.3 Rasgos funcionales medidos en las especies seleccionadas

Los rasgos funcionales evaluados fueron ocho en total. Cinco de estos rasgos densidad de madera (DM), peso seco de la hoja (PS), Área foliar específica (AFE), grosor de la hoja (GR) y dispersión de semillas (DS) fueron cuantificados en todas las especies, dos rasgos funcionales como: densidad de estomas (DE), tamaño de estomas (TE) fueron medidos en 10 especies y el rasgo funcional restante potencial hídrico (PH) fue medido solamente para siete especies (Tabla 2 y 3). Cabe indicar, que el tamaño y densidad de estomas no fueron medidos en las especies del género *Polylepis*, ya que su epidermis fue muy sensible al momento de limpiar el envés por la presencia de los tricomas. El potencial hídrico, solamente se midió en tres especies en común *Polylepis reticulata*, *Escallonia myrtilloides* y *Weinmannia fagaroides*, debido a que los individuos de estas especies se encuentran en un área cercana entre sí. Se midió este rasgo funcional entre el 13 de julio al 20 de julio de 2019. Todos los individuos de las 14 especies evaluadas en esta investigación, corresponden a una misma clase diamétrica y con alturas similares (Anexo 6). La distancia mínima entre individuos seleccionados fue de 100 m.

Tabla 3: Rasgos funcionales, número de individuos muestreados y unidades por rasgo funcional

Rasgo Funcional	Individuos muestreados	Unidad
Densidad de madera	220	g/cm ³
Peso seco de la hoja	220	g
AFE	220	cm ² /g
Grosor de la hoja	220	mm
Densidad de estomas	185	mm ²
Tamaño de estomas	185	μm
Potencial hídrico	80	MPa
Dispersión de semillas	220	Categorías

5.4 Descripción de la metodología de cada rasgo funcional medido

Tanto para el objetivo 1 y 2 se realizó el mismo procedimiento de medición de los rasgos funcionales. Se tomó como guía el protocolo de Cornelissen, Lavorel, Diaz, & Buchman, (2003) y Garnier et al., (2013). Para el objetivo 1 se recolectó muestras de 10 especies compartidas en la estribación oriental y occidental de los Andes. En total 20 individuos entre las dos estribaciones por cada especie.

Para el segundo objetivo, se eligió 4 especies distribuidas específicamente en cada sitio de estudio con 5 individuos por cada especie, un total de veinte individuos. Cabe indicar, que algunos rasgos funcionales fueron medidos *in situ* y otros se los realizó en el laboratorio de Ecología forestal y Semillas, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca. A continuación, se describe el procedimiento metodológico de cada rasgo funcional:

5.4.1 Densidad de Madera

Por cada individuo muestreado se obtuvo una muestra de madera del tronco del árbol, para lo cual se utilizó un barreno Pressler de 8". La muestra fue envuelta en papel aluminio rápidamente, para luego ser pesada en el laboratorio con una balanza analítica (Anexo 3c) y posteriormente obtener el volumen de la muestra, por el procedimiento de desplazamiento de peso. Se registró el peso fresco de la muestra de madera, para luego llenar un recipiente Erlenmeyer con agua, y se colocó la muestra ayudado por un soporte que no golpee las paredes del recipiente, la lectura del peso es en gramos, por la relación de densidad del agua (Fórmula 1)

$$1 = \frac{m}{v};$$

Fórmula 1: Densidad de un cuerpo; en donde 1= densidad del agua, m= masa del cuerpo y v= volumen

Se dejó secar la muestra en una estufa de calentamiento (Mermmet) por 72 horas a 60°C, se pesó la muestra al sacar de la estufa. Finalmente se hace el cociente entre el peso seco de la muestra de madera y el volumen obtenido, siendo su unidad g/cm³.

5.4.2 Peso seco de la hoja

Se recolectó ramas de la copa del árbol con ayuda de una podadora forestal (Anexo 3a.), expuestas a la luz solar con hojas íntegras, bien desarrolladas y enteras, sin síntomas de ataques de patógenos o herbívoros y sin cobertura de plantas epífitas. En total, se obtuvo cinco ramas por individuo y de cada rama se seleccionó cinco hojas, este último paso se realizó en el laboratorio; posteriormente se sometió las hojas a 60°C por 72 horas en un horno y luego fueron pesadas (peso seco), cuya unidad fue en gramos.

5.4.3 Área foliar específica (AFE)

Las cinco hojas mencionadas también fueron escaneadas en fresco, teniendo una medida patrón (Anexo 5). Para poder obtener el área foliar (AF). se utilizó el software Image J. Finalmente, para obtener el AFE se hizo utilizó la fórmula 2, su unidad es en cm^2/g

$$\text{AFE} = \frac{AF}{PS}$$

Fórmula 2: AFE; en donde, AF=área foliar, PS=Peso seco de la hoja

5.4.4 Grosor de la hoja

Con la ayuda de un calibrador digital, cada una de las cinco hojas se midieron en su parte central sin considerar las nervaduras (Anexo 3b.). Esta variable se realizó en campo con el fin de evitar cualquier alteración de las hojas en el periodo de almacenamiento, la unidad de medida fue en mm.

5.4.5 Densidad de estomas

Para la obtención de la densidad de estomas fue necesario limpiar el envés de cada hoja, seguidamente se vertió una cantidad pequeña de esmalte en la hoja, dejándolo secar por unos minutos, luego un pedazo de cinta scotch se adhirió a la superficie con esmalte seco y se quitó la cinta, pasando el pedazo de cinta a un portaobjetos (Anexo 3f.), de esta manera se pudo visualizar los estomas con el uso de microscopio y una cámara (Infinity Analyze) a 10 aumentos (x10). Para el conteo de estomas se tomó un área de 1mm^2 .

5.4.6 Tamaño de estomas

Para la obtención de este rasgo, se midió diez estomas (en la mayoría de imágenes) con el uso del software indexado de la cámara Infinity Analyze (Anexo 4), y se obtuvo el tamaño en unidades de μm .

5.4.7 Potencial hídrico

Para medir esta variable se utilizó una cámara de presión portátil (Pump Up) (PMS Instruments) sobre tres hojas maduras, se realizó dos mediciones, una en las primeras horas de la mañana (5am) y otra al medio día (12pm) (Anexo 7), tomando en cuenta que no haya llovido al menos un día antes de la medición. Las especies seleccionadas para esta variable



se consideraron de acuerdo a la importancia ecológica como son las especies pertenecientes al género *Polylepis*, obteniendo la medida en MPa.

5.4.8 Dispersión de semilla

Este rasgo se obtuvo mediante la categorización de cómo la semilla es dispersada, como anemocoria o dispersión por viento, barocoria es la dispersión de la semilla por efecto de la gravedad, hidrocoria cuando la semilla es llevada por el agua, zoocoria donde distintos animales son los encargados de transportar las semillas ya sea en su pelaje, en sus heces. Dentro de esta se encuentra categorizado la ornitocoria en donde el agente dispersor son las aves encargadas de dispersar las semillas, esta información se obtuvo de revisión de literatura especializada.

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el primer objetivo se procedió a representar los resultados en boxplots por cada especie, siendo el eje comparativo las dos estribaciones de la cordillera (Factor del diseño). Los datos por especie mostraron una distribución normal y no tuvo homogeneidad de varianzas, por lo que se procedió a realizar una prueba de T-student ($p < 0,05$), tomando en cuenta el grado de libertad para cada rasgo funcional por cada especie (10 en total, de acuerdo al primer objetivo) compartidas en las dos estribaciones de la cordillera de los Andes en la provincia del Azuay. Mientras que, para la comparación por comunidad, los rasgos funcionales, se efectuó una prueba no paramétrica de Wilcoxon ($p < 0,05$) y una prueba post hoc de Bonferroni. Para las dos pruebas estadísticas anteriores (por especie - por comunidad) se realizó Community Weight Measure of traits (CWM't) (Lavorel et al., 2008; Shipley, Vile, & Garnier, 2006).

Para el segundo objetivo se realizó un análisis descriptivo por cada especie y rasgo funcional, además se calculó las medias y se realizó las respectivas gráficas, considerando el factor de diseño.

Todo el análisis estadístico y los gráficos se lo realizó en el programa estadístico R (Core Team 2019) (Peres-neto & Braak, 2016), usando las librerías: agricolae, PMCMRplus, ggplot2 y normtest.

7. RESULTADOS

Objetivo 1

Comparación y descripción de rasgos funcionales

7.1 Densidad de madera

La densidad de madera presentó diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre las zonas de estudio, para *H. luteynii*, *M. parvifolia* y *V. stipularis* (Tabla 5). En general, no hubo una diferencia marcada para la mayoría de especies entre zonas, a excepción de *M. parvifolia*, quien demostró tener valores más altos de densidad de madera en la zona oriental, con 0.61 g/cm^3 en comparación a la zona occidental con 0.43 g/cm^3 (Figura 3, Anexo 2).

7.2 Peso seco de la hoja

El peso seco de hoja, *A. acuminata*, *B. sanguinea*, *E. myrtilloides*, *M. rhopaloides*, *O. grandiflora*, *V. stipularis* y *W. fagaroides* mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las zonas (Tabla 5), aunque *W. fagaroides* tuvo un comportamiento diferente, con un peso seco de la hoja de 0.028 g en la zona oriental, mientras en la zona occidental, presentó un valor mucho más alto de 0.11 g (Figura 4, Anexo 2).

7.3 AFE

El AFE en *H. luteynii*, *M. parvifolia*, *P. reticulata* y *W. fagaroides*, mostraron diferencias significativas entre zonas ($p < 0,05$) (Tabla 5). La especie de *M. parvifolia* presentó valores diferentes entre las zonas. En la zona occidental el valor fue muy alto de $208.51 \text{ cm}^2/\text{g}$, en comparación al AFE de la zona oriental, con un valor de $57.33 \text{ cm}^2/\text{g}$. Al contrario, sucedió para, *O. grandiflora* con un valor de $48.24 \text{ cm}^2/\text{g}$ en la zona occidental, siendo este inferior a la zona oriental con un AFE de $64.01 \text{ cm}^2/\text{g}$ (Figura 5, Anexo 2).

7.4 Grosor de la hoja

Para el grosor de la hoja, *E. myrtilloides*, *P. reticulata*, *V. stipularis* y *W. fagaroides* obtuvieron diferencias significativas entre zonas ($p < 0,05$) (Tabla 5). Del mismo modo, este rasgo funcional no presentó diferencias marcadas entre las medias de las dos zonas de estudio para la mayoría de especies, siendo *H. luteynii* la que mostró diferencias considerables entre

las zonas de estudio, pues en la zona oriental se obtuvo un valor de 0.39 mm, el cual es menor al de la zona occidental, con 0.51 mm (Figura 6, Anexo 2).

7.5 Densidad de estomas

La densidad de estomas fue evaluada en nueve especies, pero solamente las especies *E. myrtilloides* y *M. parvifolia* ($p < 0,05$) (Tabla 5) mostraron diferencias significativas entre zonas. Los resultados de este rasgo funcional demostraron que la mayoría de especies tuvieron valores muy similares entre las zonas de estudio, sin embargo, *M. parvifolia*, tuvo valores más altos en la zona oriental con 47.66 estomas en un 1 mm^2 ; mientras en la zona occidental, el valor fue de 32.42 estomas en la misma área (Figura 7, Anexo 2).

7.6 Tamaño de estomas

El tamaño de estomas mostró resultados estadísticamente significativos entre zonas para *A. acuminata*, *H. luteynii*, *M. parvifolia*, *O. grandiflora*, *V. stipularis* y *W. fagaroides* ($p < 0,05$). (Tabla 5). La especie de *O. grandiflora* mostró una diferencia marcada en las medias en las dos zonas de estudio; en la zona oriental presentó un valor de $64.08\text{ }\mu\text{m}$, el cual es muy alto en comparación con el de la zona occidental, cuyo valor fue de $18.87\text{ }\mu\text{m}$ (Figura 8, Anexo 2).

7.7 Potencial hídrico

El potencial hídrico tuvo una tendencia marcada en las dos zonas de estudio, pues las tres especies evaluadas en la zona occidental: *E. myrtilloides*, *P. reticulata* y *W. fagaroides*, tuvieron los valores altos, lo que indica un déficit de agua para las plantas evaluadas, mientras que en la zona oriental los valores fueron más bajos, lo que representan mayor disponibilidad de agua para estas especies. Para citar un ejemplo, *E. myrtilloides* tuvo un potencial hídrico de -2.51 MPa en la zona oriental, el cual es muy bajo a comparación con el de la zona occidental, el cual fue de -10.31 MPa (Figura 9, Anexo 2).

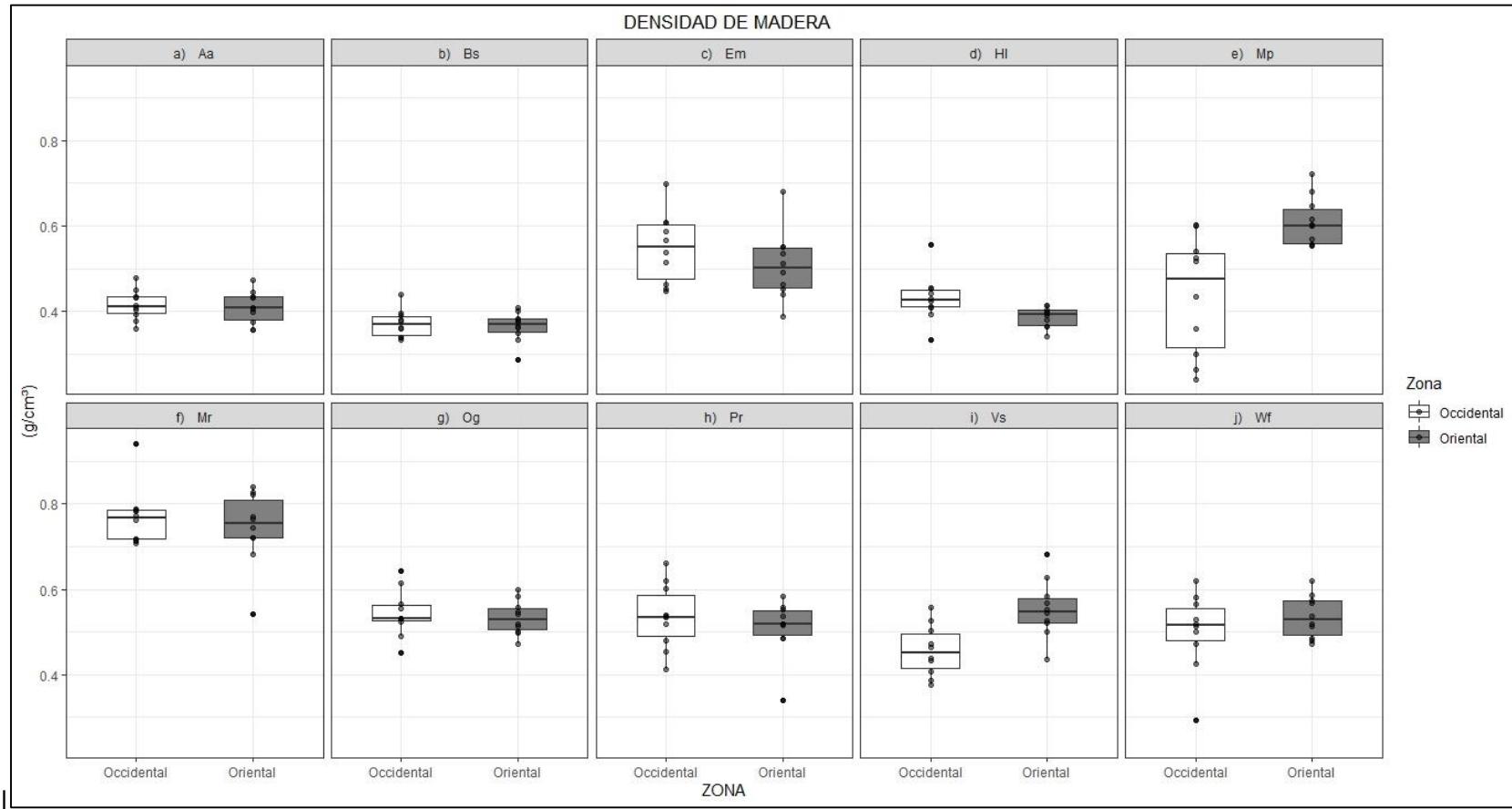


Figura 3: Representación de los valores y media de la densidad de madera de diez especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, su unidad es g/cm³

Nota: (a) Aa (*Alnus acuminata*) (b) Bs (*Brugmansia sanguinea*) (c) Em (*Escallonia myrtilloides*) (d) Hl (*Hedyosmum luteynii*) (e) Mp (*Morella parvifolia*) (f) Mr (*Myrcianthes rhopalooides*) (g) Og (*Oreocallis grandiflora*) (h) Pr (*Polylepis reticulata*) (i) Vs (*Vallea stipularis*) (j) Wf (*Weinmannia fagaroides*)

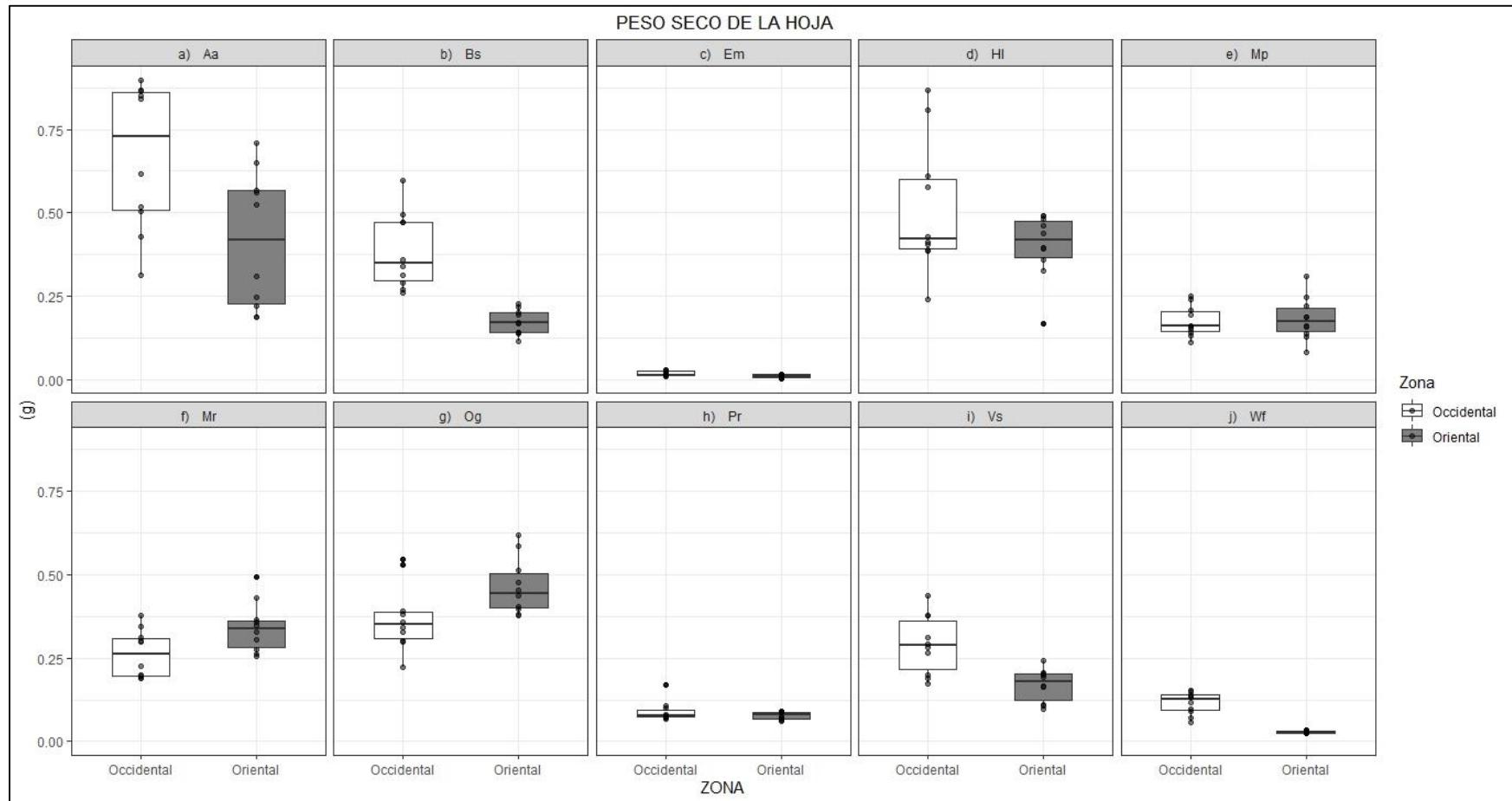


Figura 4: Valores y media del peso seco de la hoja de las diez especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, cuya unidad es g

Nota: (a) Aa (*Alnus acuminata*) (b) Bs (*Brugmansia sanguinea*) (c) Em (*Escallonia myrtilloides*) (d) Hi (*Hedyosmum luteynii*) (e) Mp (*Morella parvifolia*) (f) Mr (*Myrcianthes rhopalooides*) (g) Og (*Oreocallis grandiflora*) (h) Pr (*Polylepis reticulata*) (i) Vs (*Vallea stipularis*) (j) Wf (*Weinmannia fagaroides*)

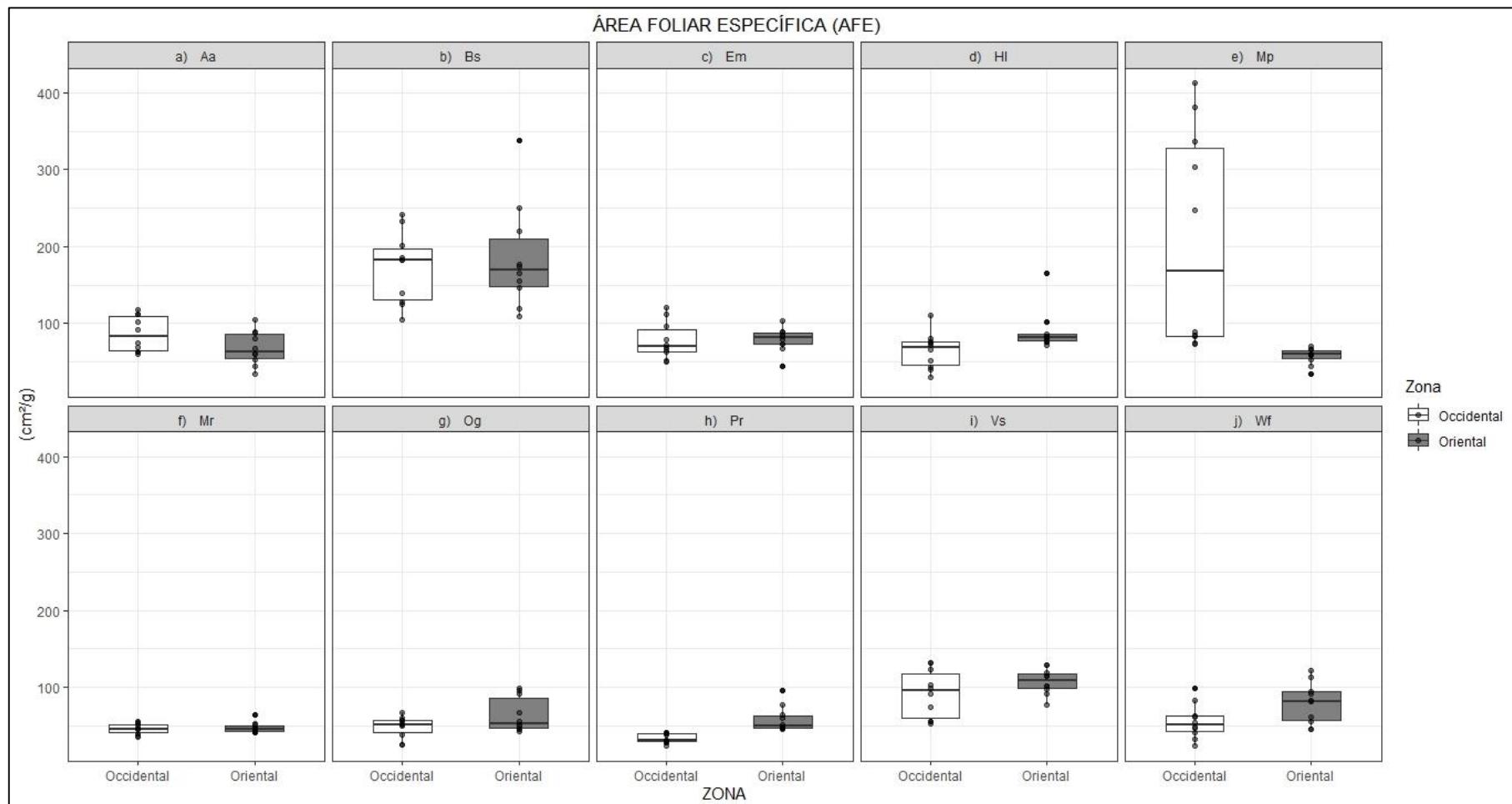


Figura 5: Comparación de los valores y de la media del AFE de diez especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, su unidad es cm²/g

Nota: (a) Aa (*Alnus acuminata*) (b) Bs (*Brugmansia sanguinea*) (c) Em (*Escallonia myrtilloides*) (d) Hl (*Hedyosmum luteynii*) (e) Mp (*Morella parvifolia*) (f) Mr (*Myrcianthes rhopaloides*) (g) Og (*Oreocallis grandiflora*) (h) Pr (*Polylepis reticulata*) (i) Vs (*Vallea stipularis*) (j) Wf (*Weinmannia fagaroides*)

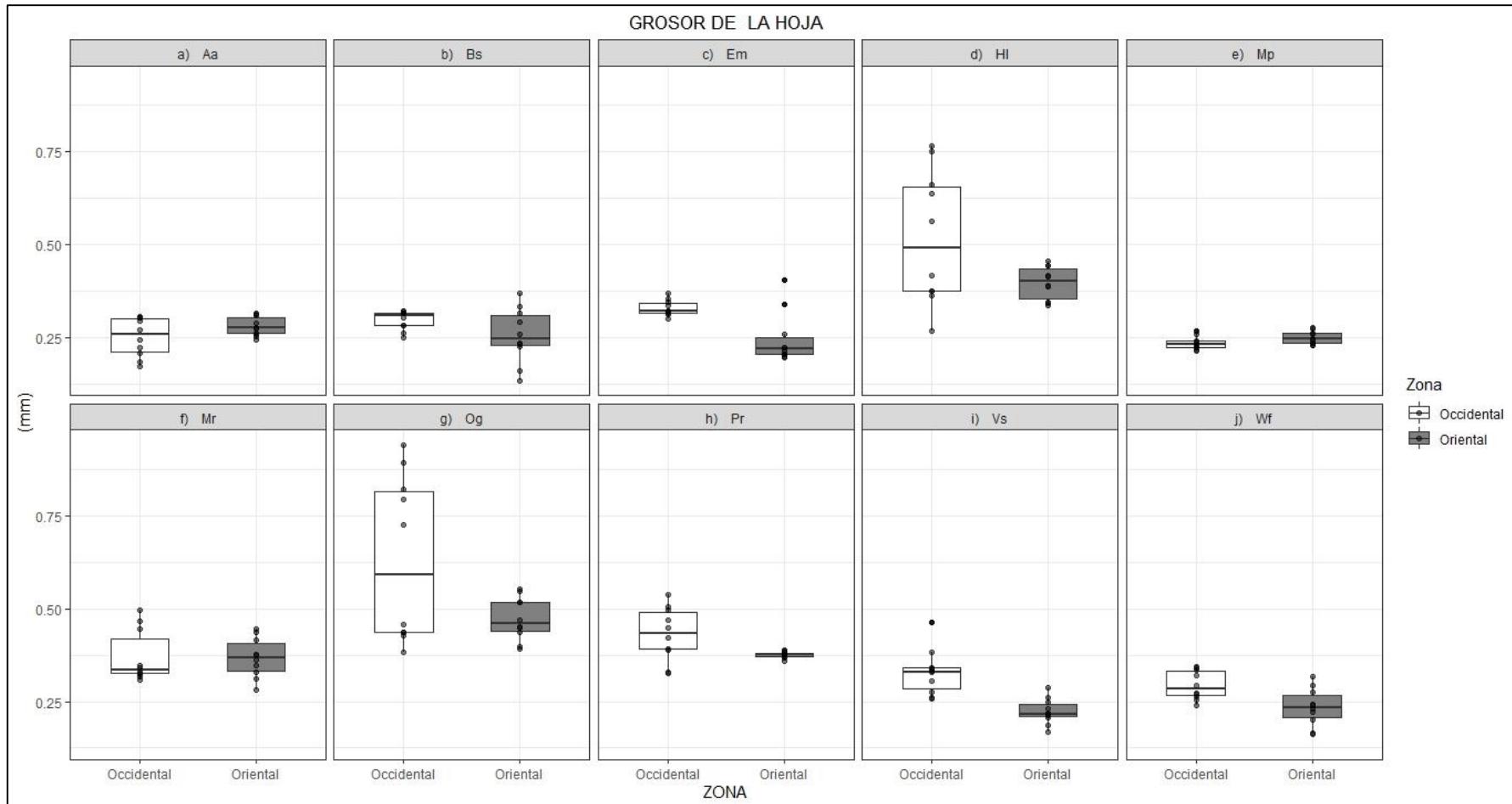


Figura 6: Valores y media del grosor de la hoja de diez especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, la unidad de este rasgo es mm

Nota: (a) Aa (*Alnus acuminata*) (b) Bs (*Brugmansia sanguinea*) (c) Em (*Escallonia myrtilloides*) (d) Hl (*Hedyosmum luteynii*) (e) Mp (*Morella parvifolia*) (f) Mr (*Myrcianthes rhopaloides*) (g) Og (*Oreocallis grandiflora*) (h) Pr (*Polylepis reticulata*) (i) Vs (*Vallea stipularis*) (j) Wf (*Weinmannia fagaroides*)

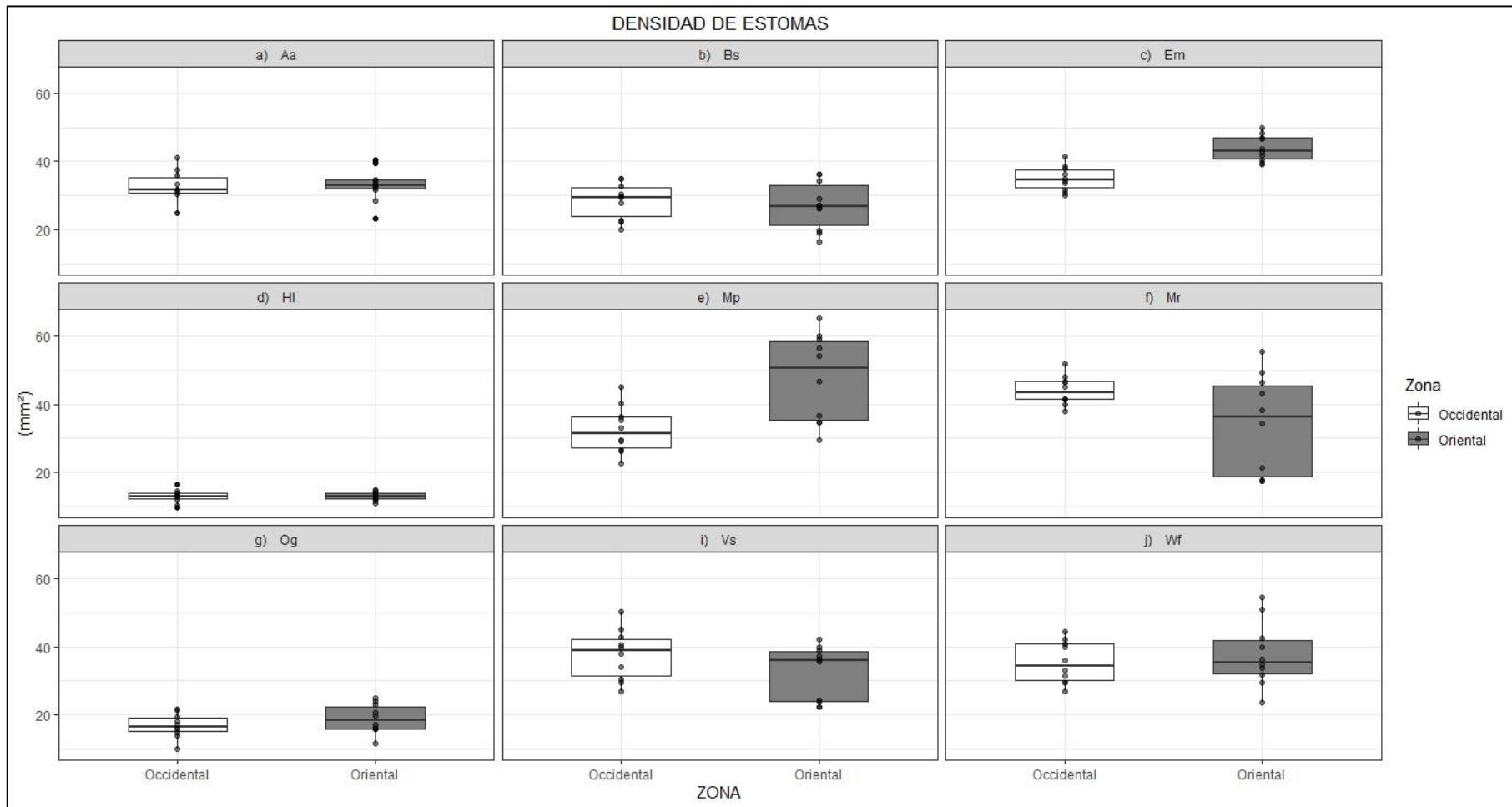


Figura 7: Representación de los valores y de la media de la densidad de estomas de nueve especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, su área es de 1 mm²

Nota: (a) Aa (*Alnus acuminata*) (b) Bs (*Brugmansia sanguinea*) (c) Em (*Escallonia myrtilloides*) (d) HI (*Hedyosmum luteynii*) (e) Mp (*Morella parvifolia*) (f) Mr (*Myrcianthes rhopaloides*) (g) Og (*Oreocallis grandiflora*) (i) Vs (*Vallea stipularis*) (j) Wf (*Weinmannia fagaroides*)

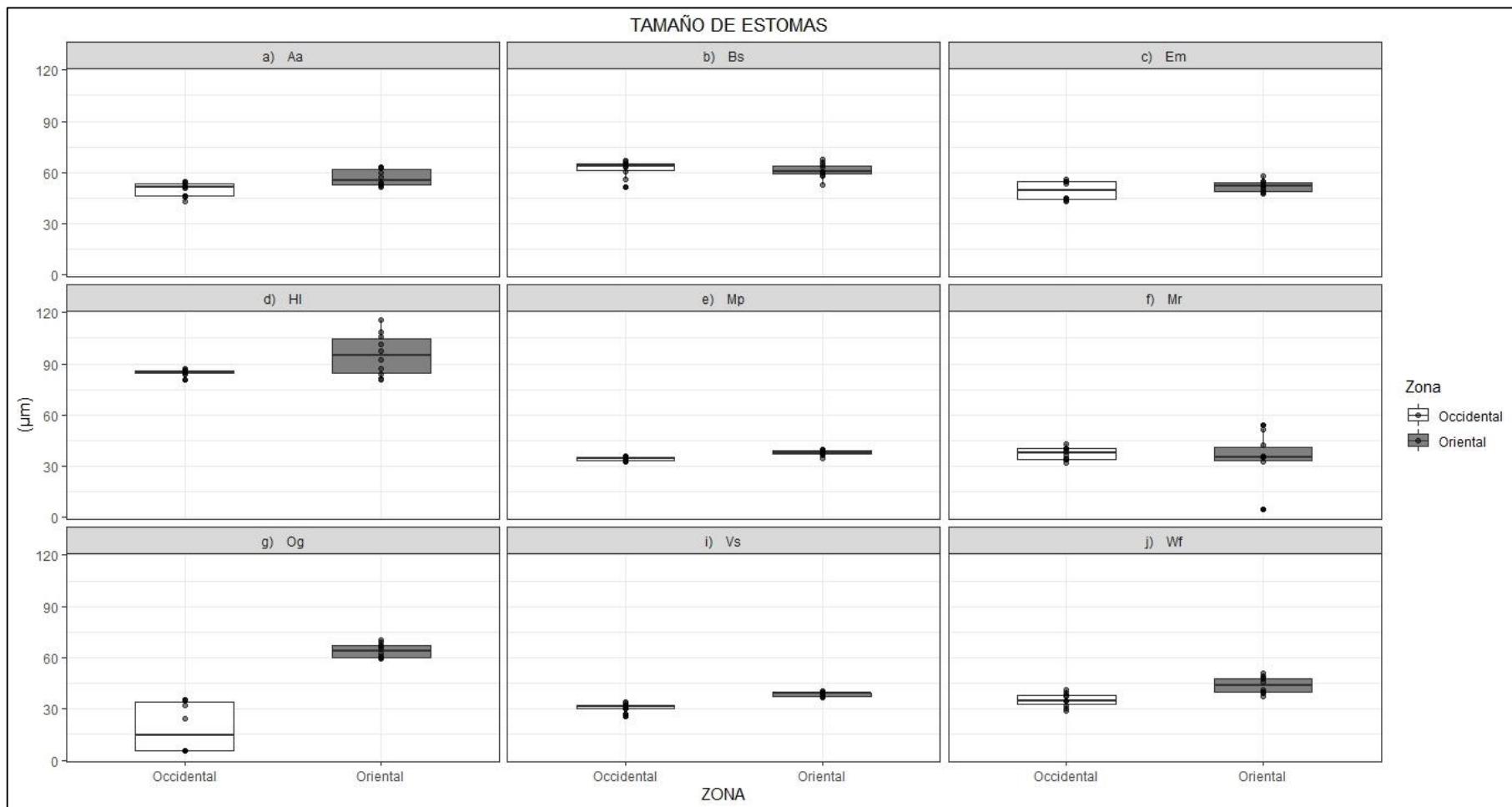


Figura 8: Comparación de los valores y de la media del tamaño de estoma de nueve especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay. (μm)

Nota: (a) Aa (*Alnus acuminata*) (b) Bs (*Brugmansia sanguinea*) (c) Em (*Escallonia myrtilloides*) (d) Hl (*Hedyosmum luteynii*) (e) Mp (*Morella parvifolia*) (f) Mr (*Myrcianthes rhopaloides*) (g) Og (*Oreocallis grandiflora*) (i) Vs (*Vallea stipularis*) (j) Wf (*Weinmannia fagaroides*)

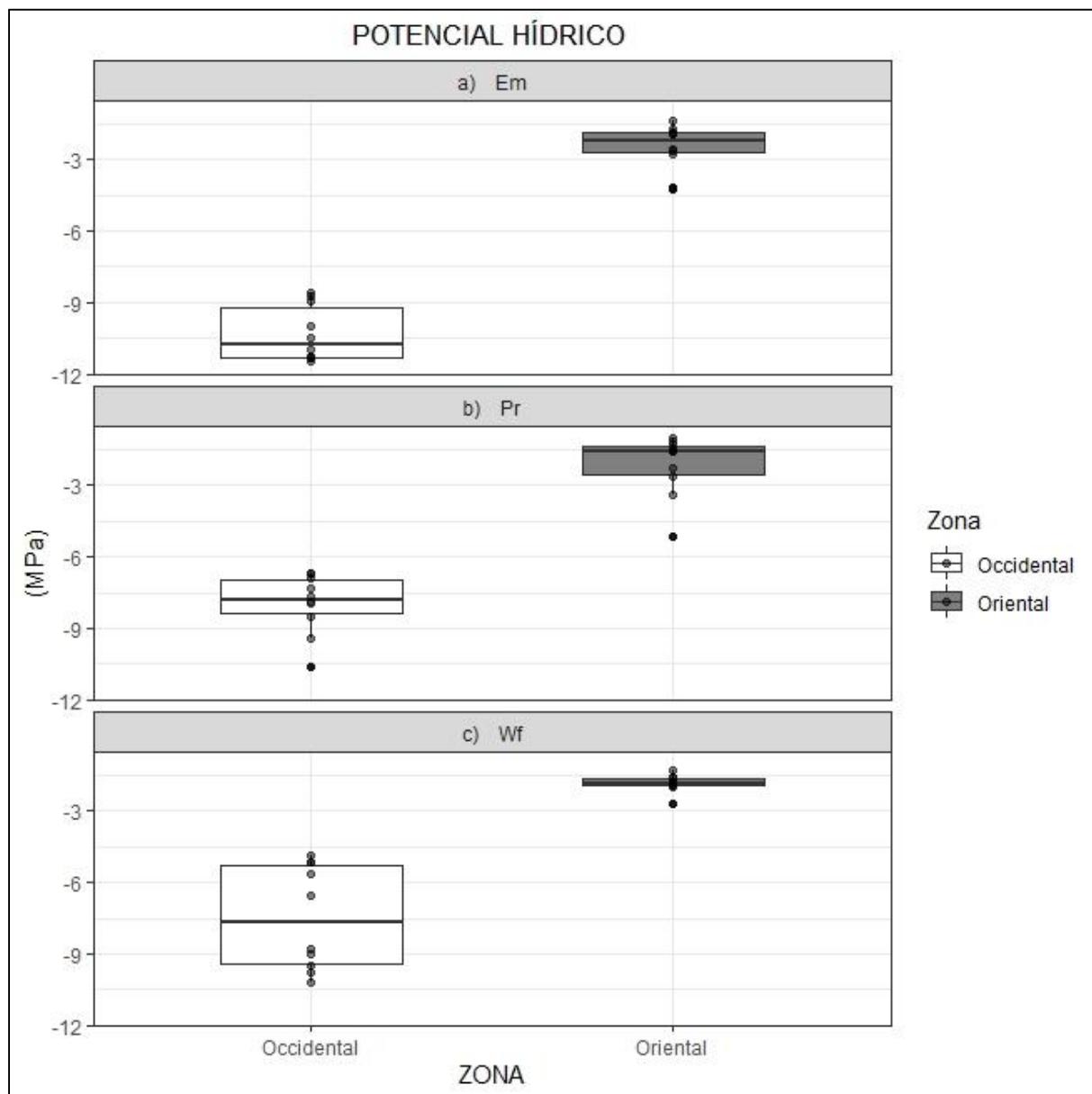


Figura 9: Boxplot de los valores y medias del potencial hídrico de tres especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay, se mide en MPa

Nota: (a) Em (*Escallonia myrtilloides*) (b) Pr (*Polylepis reticulata*) (c) Wf (*Weinmannia fagaroides*)

7.8 Dispersión de semillas

La Tabla 4, muestra la categorización de la dispersión de semillas de las diez especies en estudio, compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay. Las especies *V. stipularis* y *E. myrtilloides* se valen de la dispersión de su semilla por zoocoria (animales), mientras las semillas de *W. fagaroides*, *M. rhopalooides*, *M. parvifolia* y *H. luteynii* son dispersadas por aves u ornitocoria; mientras la anemocoria es la encargada de dispersar las semillas de *P. reticulata*, *O. grandiflora* y *A. acuminata*. La barocoria se encarga de dispersar las semillas de *V. stipularis*. Finalmente, la hidrocoria es la encargada de dispersar las semillas de *B. sanguinea*.

Tabla 4: Categorización de la dispersión de semillas de las 10 especies nativas compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay

	Categorías de dispersión de semillas					Fuente
	Anemo	Baro	Hidro	Ornito	Zoo	
<i>Alnus acuminata</i>	+					(Humboldt, 1817)
<i>Brugmansia sanguinea</i>			+			(Alves & Sartoratto, 2007)
<i>Escallonia myrtilloides</i>					+	(León, Sandoval, Bolados, Rosas, & Stark, 2014)
<i>Hedyosmum luteynii</i>				+		(Pinto, Ulloa, & Cuesta, 2018)
<i>Morella parvifolia</i>				+		(Inga, 2017)
<i>Myrcianthes rhopalooides</i>				+		(Pinto, Ulloa, & Cuesta, 2018)
<i>Oreocallis grandiflora</i>	+					(Cajamarca, 2016)
<i>Polylepis reticulata</i>	+					(Calle & Córdova, 2009)
<i>Vallea stipularis</i>			+			(Posada, 2014)
<i>Weinmannia fagaroides</i>					+	(Pautate, 2017)

Anem: Anemocoria, Baro: Barocoria, Hidro: Hidrocoria, Ornito: Ornitocoria, Zoo: Zoocoria

Nota: Para la dispersión por zoocoria, la bibliografía no indica qué animal en específico es el encargado de dispersar la semilla a excepción de las especies dispersadas por ornitocoria.

Tabla 5: Resultados de prueba de T-student para los rasgos funcionales por cada especie compartidas en la zona occidental y oriental de la provincia del Azuay

Especies	Rasgos funcionales p value < 0,05						
	DM	PS	AFE	GR	DE	TE	PH
<i>Alnus acuminata</i>	0.70	0.015	0.085	0.13	0.69	0.0024	-
<i>Brugmansia sanguinea</i>	0.60	0.0001	0.62	0.11	0.62	0.62	-
<i>Escallonia myrtilloides</i>	0.26	0.02	0.91	0.004	4.5e-05	0.23	4.9e-12
<i>Hedyosmum luteynii</i>	0.04	0.13	0.03	0.06	0.81	0.02	-
<i>Morella parvifolia</i>	0.003	0.76	0.008	0.08	0.005	6.2e-05	-
<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	0.46	0.02	0.64	0.94	0.06	0.45	-
<i>Oreocallis grandiflora</i>	0.63	0.03	0.080	0.05	0.26	1.9e-06	-
<i>Polylepis reticulata</i>	0.41	0.28	0.0008	0.03	-	-	7.0e-09
<i>Vallea stipularis</i>	0.003	0.001	0.176	0.00035	0.13	1.7e-06	-
<i>Weinmannia fagaroides</i>	0.32	2.03e-05	0.042	0.009	0.52	0.0003	1.5e-05

Nota: Valores resaltados letra negrita muestran diferencia significativa <0,05

Densidad de madera (DM), Peso seco de la hoja (PS), Área foliar específica (AFE), Grosor de la hoja (GR),

Densidad de estomas (DE), Tamaño de estomas (TE), Potencial hídrico (PH).

Los p-values de los rasgos funcionales por comunidad (zona de estudio) se encuentran explicados en la Tabla 6, en donde la densidad de madera, el grosor de la hoja, tamaño de estomas y potencial hídrico mostraron diferencia significativa (<0,05) entre las dos zonas estudiadas. Las medianas de todos los rasgos por especie se encuentran descritas en la Tabla 6, en el cual se diferencia los valores exactos encontrados para las dos zonas de estudio, la prueba *post-hoc* aplicada permitió conocer a nivel de comunidad, cuáles especies son diferentes estadísticamente (Anexo 8).

Tabla 6: Resultados de la prueba de Wilcoxon para los rasgos funcionales por comunidad o zona de estudio

	Mediana Oriental	Mediana Occidental	p-value < 0,05
Densidad de madera	0.52	0.49	0.4688
Peso seco	0.17	0.27	0.00097
AFE	73.68	71.36	0.1044
Grosor de la hoja	0.26	0.32	4.5e-07
Densidad de estomas	32.7	31.6	0.2236
Tamaño de estomas	47.9	36.3	2.7e-11
Potencial hídrico	-2.16	-7.95	1.8e-09

Nota: Valores resaltados con letra negrita muestran diferencia significativa <0,05

Objetivo 2

7.1 Descripción de rasgos funcionales especies únicas en los cuatro sitios de estudio

La única especie que se pudo cuantificar y observar estomas fue *O. heterochroma*, ya que todas las especies del género *Polylepis* presentaron estomas de tamaño ínfimo para poder ser observado a través de un microscopio óptico, además de la presencia de tricomas son extremadamente abundantes lo que impidió su observación. La media de densidad de estomas de *O. heterochroma*, fue de 25.84 estomas en mm^2 . Con un valor máximo de 29.4 estomas en dicha área y un valor mínimo de 21.8 estomas en la misma área. Para esta misma especie, el tamaño de estomas medio fue de 50.02 μm . El valor máximo entre los cinco individuos fue de 54 μm y su mínimo valor fue de 48.2 μm . Cabe recalcar que entre todas las 10 especies que pudieron obtenerse estomas, es una de las especies con valores más altos de este rasgo.

La Figura 10 representa la densidad de madera, siendo la especie (d) *P. weberbaueri* la que obtuvo mayor valor de 0.73 g/cm^3 , en la zona occidental y (c) *P. lanuginosa* presentó una densidad de 0.61 g/cm^3 . Para la zona oriental, (b) *P. incana* tuvo una densidad de madera de 0.54 g/cm^3 y (a) *O. heterochroma* tuvo un valor de 0.51 g/cm^3 .

En la figura 11, *O. heterochroma* fue la especie con mayor peso seco con 0.81, entre las especies evaluadas en las dos zonas de estudio (a). La especie *P. incana* mostró un peso seco de 0.037 g (b). En la zona occidental, *P. lanuginosa* con 0.28 g fue mayor(c), y finalmente *P. weberbaueri* tuvo un peso de 0.12 g (d).

En la Figura 12, para el AFE en la zona oriental *P. incana* presentó mayor valor en este rasgo con una media de 68.71 cm^2/g (b), *O. heterochroma* obtuvo un valor de 46.32 cm^2/g (a). En la zona occidental *P. lanuginosa* tuvo una media de 57.47 cm^2/g (c) y finalmente *P. weberbaueri* tuvo 36.66 cm^2/g (d), siendo el menor AFE entre las cuatro especies únicas por sitio.

7.3.3 Densidad de Madera

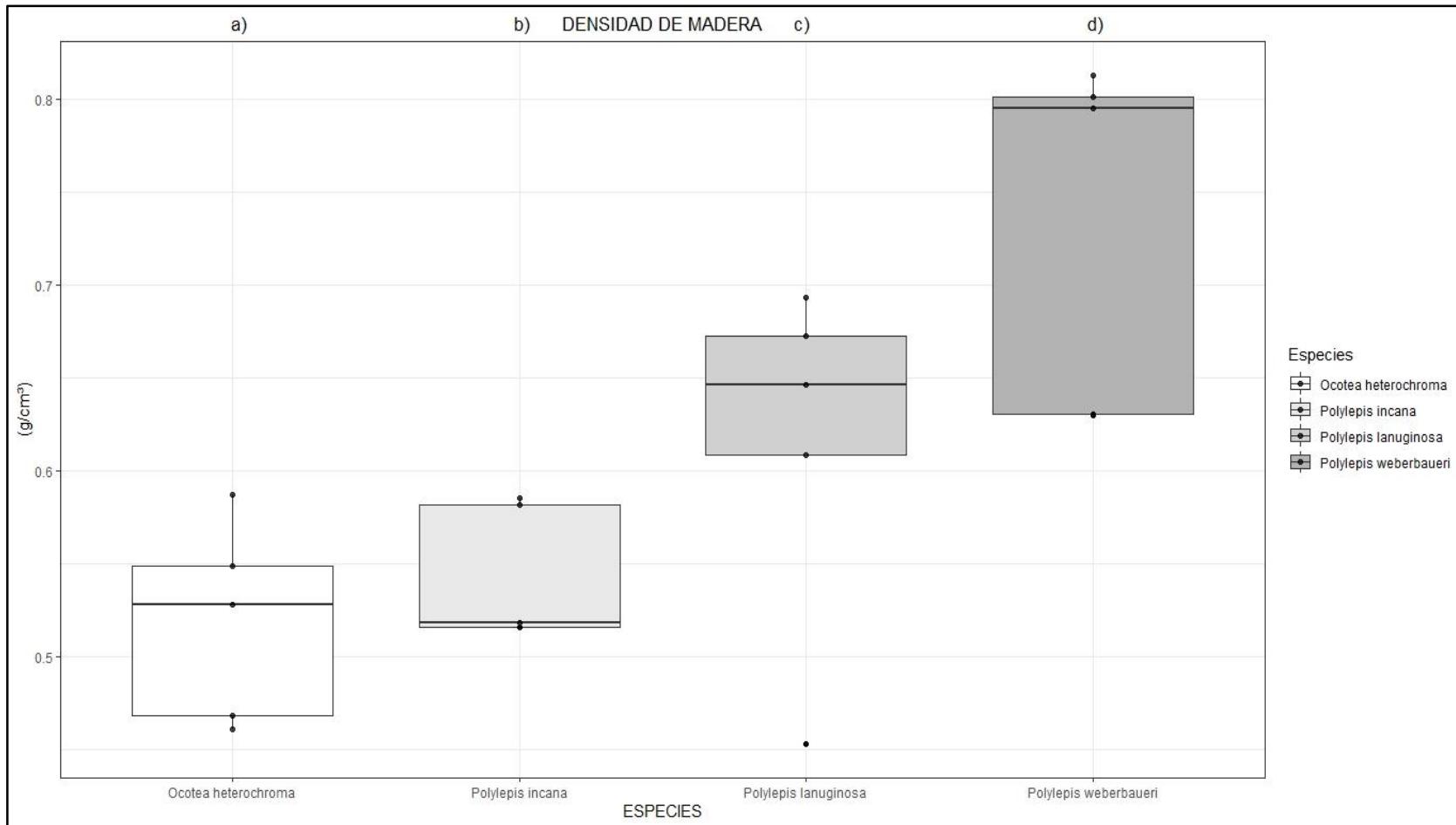


Figura 10: Valores y las medias de la densidad de madera de las cuatro especies únicas en cada sitio de estudio, (a) *Ocotea heterochroma* y (b) *Polylepis incana* pertenecen a la zona oriental, mientras que, (c) *Polylepis lanuginosa* y (d) *Polylepis weberbaueri* son las especies de la zona parte occidental de la provincia del Azuay, su unidad es g/cm^3

7.3.4 Peso seco de la hoja

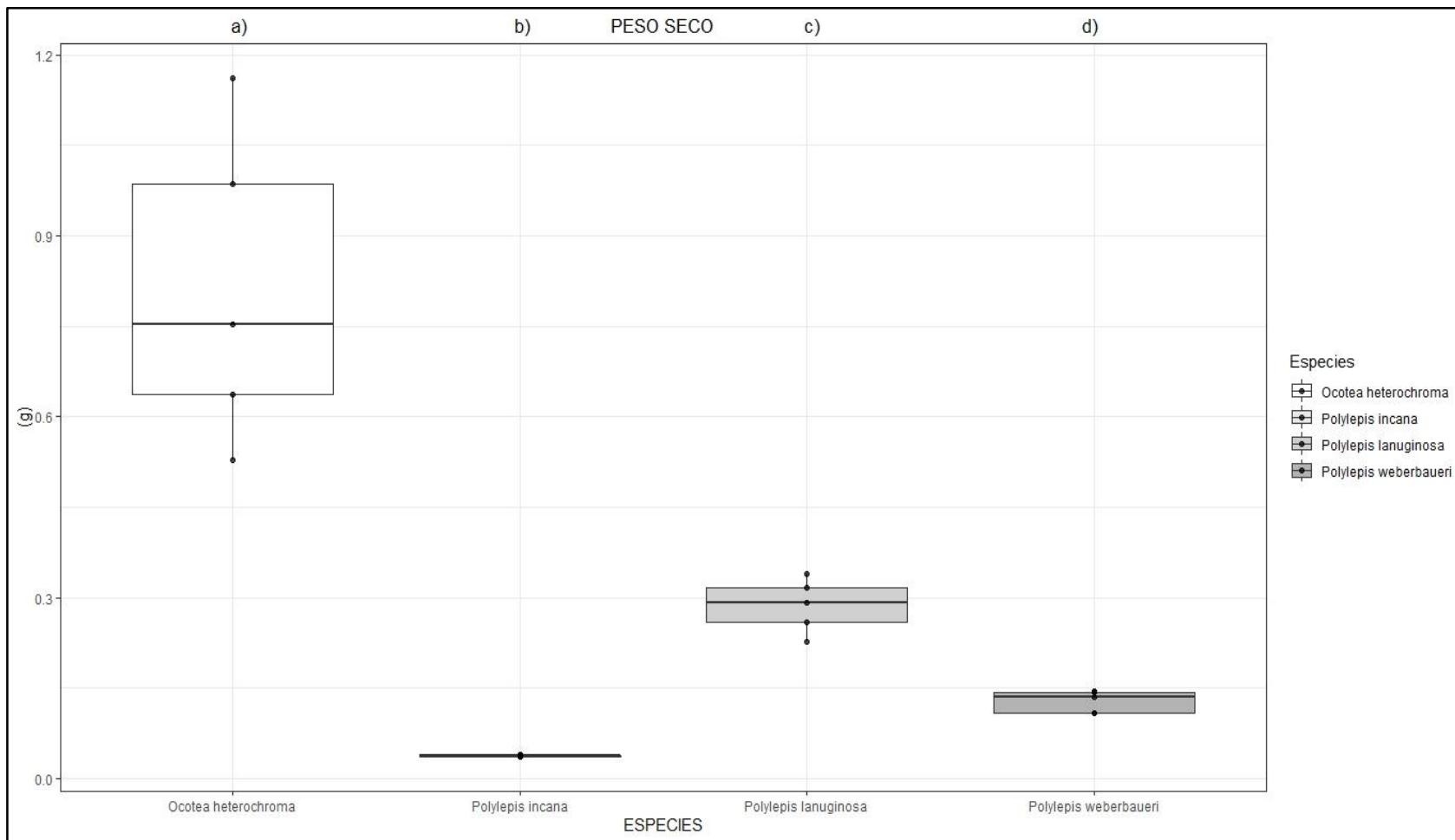


Figura 11: Boxplot con los valores y medias del peso seco de la hoja de las cuatro especies únicas de los sitios de estudio, (a) *Ocotea heterochroma* y (b) *Polylepis incana* pertenecen a la zona oriental, mientras que, (c) *Polylepis lanuginosa* y (d) *Polylepis weberbaueri* son las especies de la zona parte occidental de la provincia del Azuay, su unidad es g

7.3.5 AFE

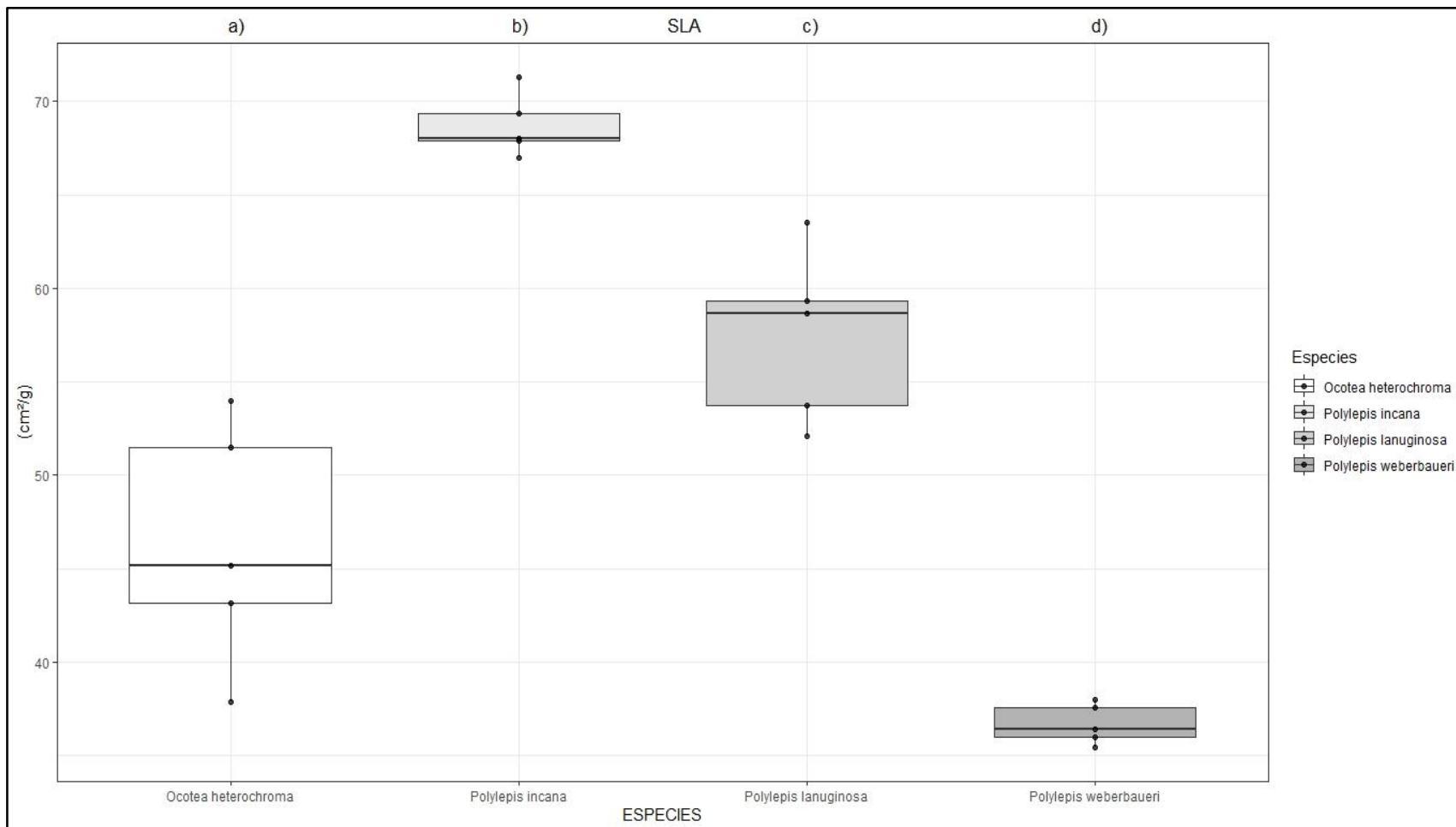


Figura 12: Valores y medias del AFE de las cuatro especies únicas en cada sitio de estudio, (a) *Ocotea heterochroma* y (b) *Polylepis incana* pertenecen a la zona oriental, mientras que, (c) *Polylepis lanuginosa* y (d) *Polylepis weberbaueri* son las especies de la zona parte occidental de la provincia del Azuay, cuya unidad es cm^2/g



La Figura 13 representa el grosor de la hoja de las dos especies únicas distribuidas en tanto en la zona occidental como oriental; este rasgo, *P. weberbaueri* de la zona occidental, tuvo un grosor de 0.67 mm, siendo el mayor entre las especies; *P. lanuginosa* tuvo un grosor menor de 0.31 mm, mientras que en la zona oriental *O. heterochroma* tuvo un valor de 0.42 mm y finalmente *P. incana* tuvo una media de 0.35 mm.

Para el potencial hídrico representado en la Figura 14, indica que *P. weberbaueri* tuvo un valor de -5.98 MPa y *P. lanuginosa* tuvo una de media de -4.66 MPa, estos son los valores más altos entre las cuatro especies. Para la zona oriental, *P. incana* registró una media de -2.04 MPa, que fue mayor a la reportada para *O. heterochroma*, que obtuvo un valor -1.17 MPa.

7.3.8 Dispersión de Semilla

Tres de las cuatro especies elegidas como únicas de sitios, pertenecen al género *Polylepis*, están presentan dispersión por anemocoria (viento), mientras que *O. heterochroma* presenta dispersión por zoocoria, específicamente ornitocoria (aves).

Tabla 7: Categorización de la dispersión de semillas de las cuatro especies únicas de los cuatro sitios de estudio de la provincia del Azuay

	Categorías de la dispersión de semillas		
	Anemocoria	Ornitocoria	Fuente
<i>Ocotea heterochroma</i>		+	(Ortega & Guanuche, 2016)
<i>Polylepis incana</i>	+		(Calle & Córdova, 2009)
<i>Polylepis lanuginosa</i>	+		(Marquina, 2004)
<i>Polylepis weberbaueri</i>	+		(Calle & Córdova, 2009)

7.3.6 Grosor de la hoja

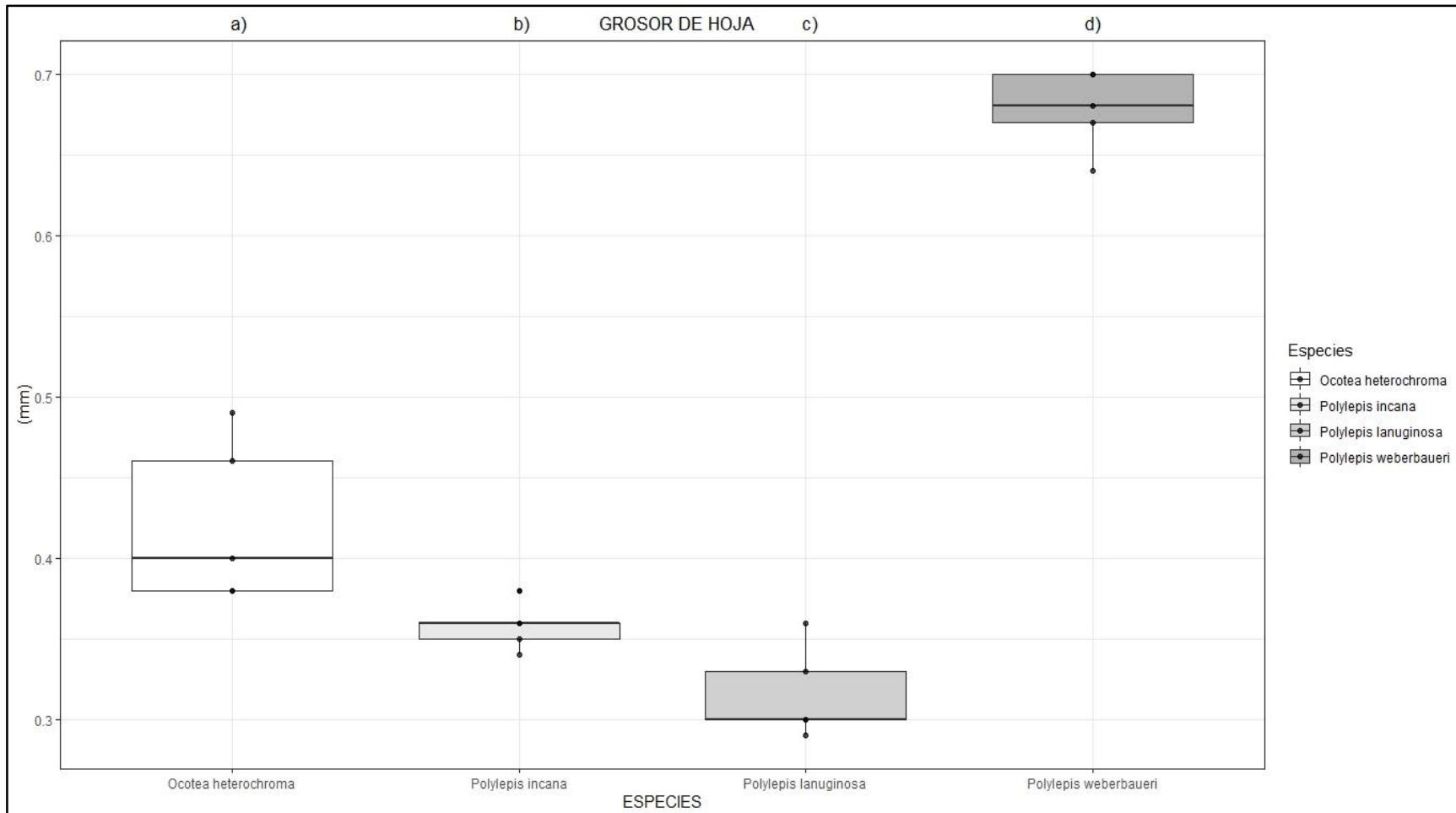


Figura 13: Valores y medias del grosor de la hoja de las cuatro especies únicas en cada sitio de estudio, (a) *Ocotea heterochroma* y (b) *Polylepis incana* pertenecen a la zona oriental, mientras que, (c) *Polylepis lanuginosa* y (d) *Polylepis weberbaueri* son las especies de la zona parte occidental de la provincia del Azuay, se mide en mm

7.3.7 Potencial Hídrico

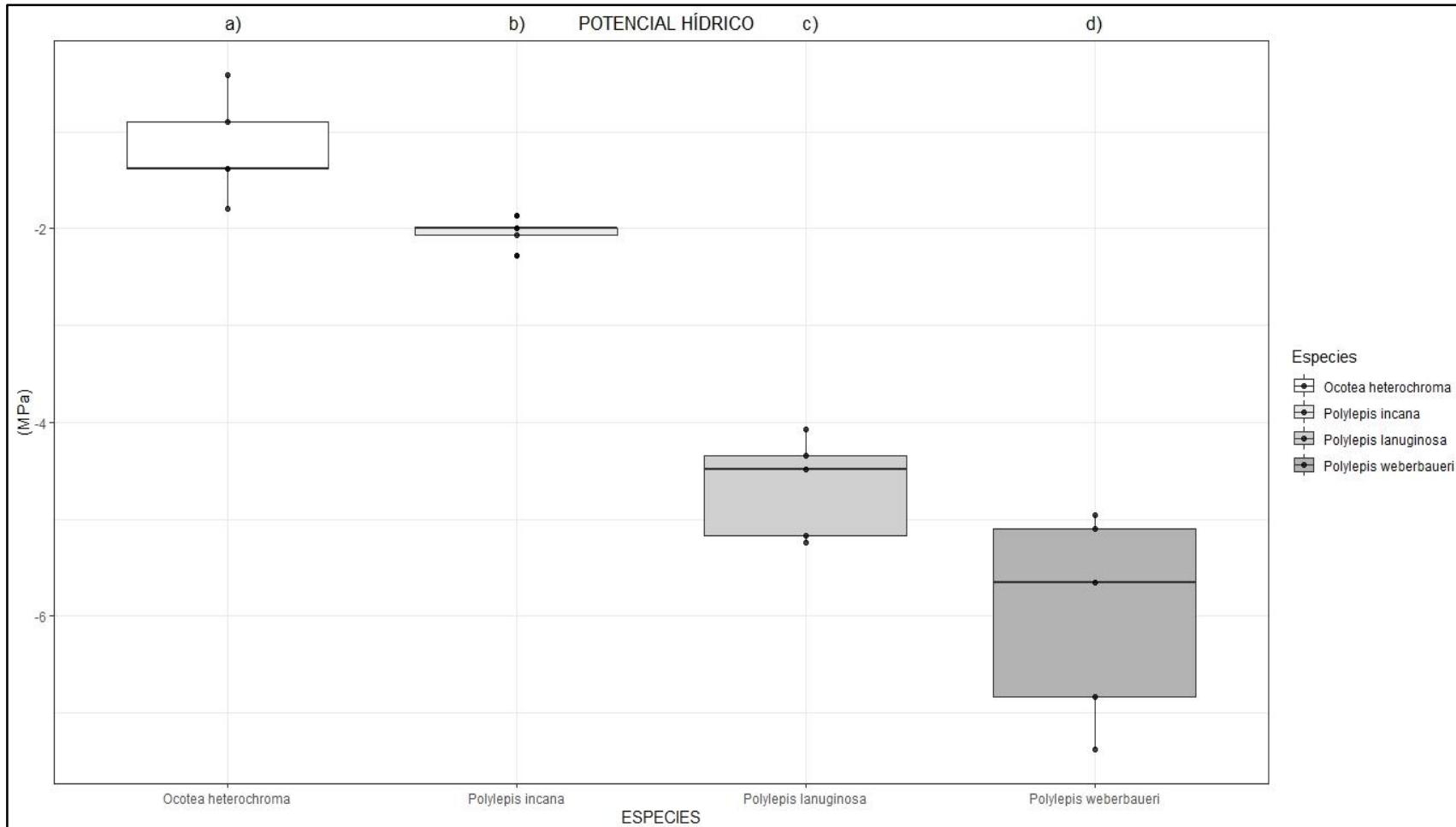


Figura 14: Valores y las medias del potencial hídrico medido en las cuatro especies únicas en cada sitio de estudio, (a) *Ocotea heterochroma* y (b) *Polylepis incana* pertenecen a la zona oriental, mientras que, (c) *Polylepis lanuginosa* y (d) *Polylepis weberbaueri* son las especies de la zona parte occidental de la provincia del Azuay, cuya medida es MPa



8. DISCUSIONES

No hay un patrón claro que evidencie que todos los valores de los rasgos funcionales medidos para las 10 especies sean mayores en la zona occidental u oriental, no obstante, se encontró diferencias a nivel de algunas especies, principalmente de *W. fagaroides*, *V. stipularis* y *M. parvifolia*, las mismas que mostraron diferencias significativas en la mayoría de rasgos funcionales entre las zonas. Por tanto, los resultados indican y confirman que las características morfológicas y funcionales de las plantas dependen de las de las condiciones climáticas propias en cada zona de estudio, también se puede atribuir estas diferencias a los tipos de suelo disponibilidad de nutrientes, humedad en el suelo, entre otros.

En el caso del rasgo, densidad de madera, las especies *H. luteynii*, *E. Myrtilloides* y *P. reticulata* presentaron los valores mayores en la zona occidental, cuya temperatura promedio es mayor. Estos resultados se alinean con de Willis et al., (2017); Hoffmann, (2011), quienes mencionan que, una mayor densidad de madera, se encuentra en condiciones de mayor temperatura, y tienen como fin de mantener un mayor soporte para la planta y por ende permite el flujo de agua por toda la planta con mayor eficiencia, (Kenzo, Sano, Yoneda, & Chann, 2017). Asimismo, la densidad de madera de las especies está relacionado a la genética de la especie y con ello podría hacer frente a las condiciones prolongadas de sequía o a intensas precipitaciones (Nabais et al., 2018). N. Swenson & Enquist, (2007) mencionan que los valores de este rasgo depende del contenido de humedad del suelo, de los nutrientes y de la misma edad de la planta.

En cuanto al grosor de la hoja, Ennajeh, Vadel, & Khemira., (2010); Jumrani et al., (2016), demostraron que el grosor es mayor en zonas con déficit de agua y con altas temperaturas en relación a las zonas húmedas. En general, todas las especies estudiadas tuvieron altos valores de grosor de la hoja en la zona occidental a excepción de *M. parvifolia*, lo sugiere que estas especies tienen una alta elasticidad fenotípica y con alta capacidad de adaptación; una de las características en las hojas que permite estar en condiciones ecológicas variadas es que el parénquima de empalizada de la hoja puede llegar a ser mayor, al igual que el parénquima esponjoso, lo que permite un mejor control de la transpiración y la pérdida de agua (Binks et al., 2016).



Con respecto al rasgo funcional a los valores del área foliar específica, esta tiende a aumentar o a disminuir de acuerdo a las condiciones ambientales a las que se encuentra Chirino et al., (2017); Báez, & Homeier, (2018), pues se sabe que una hoja con mayor AFE, tiene mayor posibilidad de perder agua por la transpiración. Las especies como: *H. luteynii*, *O. grandiflora*, *P. reticulata*, *V. stipularis* y *W. fagaroides*, presentaron bajos valores en la zona occidental, con el fin de economizar la perdida de agua (Tesemma, Wei, Peel, & Western, 2015), lo que sugiere que las especies tienen un mecanismo de adaptación y de supervivencia a las condiciones más secas y de mayor temperatura que en la zona oriental.

Lo contrario sucede con *M. parvifolia*, que presenta un AFE mayor en la zona occidental, lo cual puede ser debido a otros factores como los nutrientes presentes en el suelo (Pan, Liang, Wang, & Zhang, 2018) o para captar mayor luz, pues es una especie pionera que crece principalmente en zonas abiertas.

Según, Jumrani, Singh, Govind, & Pandey, (2016); Huang et al., (2019) mencionan que la biomasa de la hoja está relacionada con el área foliar, de ahí que el peso seco tiende a reducir cuando disminuye su área foliar, e incluso puede cambiar su forma cuando se ha experimentado épocas largas de sequía. Los resultados de estudio muestran que la mayoría de especies tienen valores más altos de peso seco en la zona occidental mientras lo opuesto ocurrió para *M. parvifolia*, *M. rhopalooides* y *O. grandiflora* con valores mayores en la zona oriental, por tanto, estos resultados no coinciden con las tendencias encontradas en otros estudios como el de Hessini, Biotechnologie, & Albouchi, (2008). Por tanto, se sugiere, que hay otros factores que podrían estar influenciando en el alto valor de peso de las hojas como son disponibilidad de nutrientes, humedad del suelo, posición de los individuos en el bosque (mayor o menor exposición al sol). Prado et al., (2016) mencionan que incluso factores bioquímicos de las hojas pueden influenciar en la biomasa de la hojas.

El potencial hídrico mostró un valor negativo más alto en zona occidental en todas las especies evaluadas en comparación a la zona oriental, lo que indica que las plantas necesitan realizar un mayor esfuerzo para absorber el agua, por tanto, esto confirma que las zonas de estudio de Migüir y Angas, están sujetas a menor humedad en el suelo. Los resultados concuerdan con un estudio realizado en diferentes especies en bosques Andinos de Bolivia y de Venezuela, en donde el potencial hídrico de la hoja, tiene valores negativos altos indican que están bajo condiciones de déficit hídrico (Markesteijn, et al., 2010).



En cuanto a las especies de *P. reticulata* y *E. myrtilloides* evaluadas en Zhurucay, se determinó a través de la curva de vulnerabilidad de sequía, que estas son resistentes a la falta de agua, aunque la primera especie tuvo mayor vulnerabilidad, lo que indica que en el periodo de monitoreo con menor precipitación, todavía los suelos mantienen agua (Bouwen, 2019).

Por otro lado, la especie *M. parvifolia*, fue la única con significancia estadística con mayor densidad de estomas y mayor tamaño de estomas en la zona oriental en comparación a la zona occidental, lo que indica que esta especie frente a la disponibilidad del agua, tienden a ser eficiente en el uso del recurso para cumplir sus funciones fisiológicas y garantizar su crecimiento y supervivencia. La responsabilidad de la regulación óptima entre la absorción de CO₂ y la eliminación de vapor de agua recae en los estomas ya sea en su reducción o aumento de tamaño y densidad (Greco, Thomas, & Maria, 2012). En el caso de otras especies como por ejemplo *A. acuminata* y *O. grandiflora*, tuvieron una disminución en el tamaño y densidad de estomas en la zona occidental, lo que explica que hay especies que responden con una reducción del tamaño de estomas y con un menor número de estomas cuando están sometida han condiciones de (Zhu, Macfie, & Ding, 2005).



9. CONCLUSIONES

Para la mayoría de los rasgos funcionales de algunas especies estudiadas no se observó un patrón marcado de diferencias entre las zonas, por tanto, las respuestas similares de las especies indicaron una fuerte plasticidad para adaptarse a las condiciones ambientales en las dos zonas (Occidental y Oriental). Sin embargo, a través de la variable de potencial hídrico de la hoja para las tres especies estudiadas (*E. myrtilloides*, *P. reticulata* y *W. fagaroides*), se confirmó que hay mayor limitación de agua para estas plantas muy significativa en la zona occidental con respecto a la zona oriental.

Las especies que mayor se destacan con significancia estadística en más de dos rasgos funcionales fueron *E. myrtilloides*, *H. luteynii*, *M. parvifolia*, *P. reticulata*, *V. stipularis* y *W. fagaroides*, por tanto, los valores de los rasgos difieren entre las zonas, principalmente para el peso seco de la hoja, grosor de las hojas, tamaño de las estomas y potencial hídrico.

Las especies es su mayoría (4 especies) pertenecen a la categoría dispersión de semillas por Ornitocoria o aves, seguido de Anemocoria o por viento (3 especies).

De acuerdo al segundo objetivo planteado, se concluye que, *Polylepis weberbaueri*, distribuida en la zona occidental, sobresalen en densidad de madera, grosor de la hoja y potencial hídrico en este último rasgo junto a la especie *P. lanuginosa*, ubicado en la misma zona mostraron que hay limitaciones de disponibilidad de agua para las plantas o hay indicación de sequía.

Por otro lado, de las especies ubicadas en la zona occidental, *O. heterochroma*, demostró tener mayor peso seco y grosor de la hoja.

Las tres especies estudiadas del género *Polylepis* son dispersadas por el viento.

Este estudio es una línea base para entender la respuesta de las especies nativas forestales bajo condiciones ambientales que tienen alta influencia del pacífico y/o amazonas. Además, esta información puede ser útil para pronosticar como las especies se podrían adaptar a las nuevas condiciones de clima en el marco del cambio climático.

Las especies estudiadas para dispersar su semilla en su mayoría se validan de anemocoria y ornitocoria, debido a que los Andes presenta una gran biodiversidad por lo que las aves son uno de los dispersores principales de semillas ya que existen amplias comunidades alimentándose de los frutos y han llegado a convivir entre planta y dispersor de semilla.



10. RECOMENDACIONES

Se recomienda correlacionar los rasgos funcionales con distintos factores climáticos, como la temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar, los mismos que deben ser obtenidos de estaciones meteorológicas cercanas a los sitios de estudio para mayor precisión en los resultados. También variables del suelo como la humedad, el pH, nutrientes del suelo, porque varios rasgos funcionales de la vegetación dependen de estas variables.

Incrementar las zonas de muestreo y el número de individuos y de especies para confirmar las tendencias en las comunidades vegetales estudiadas. Además, se debería muestrear zonas con diferentes gradientes altitudinales y de disturbio, que tengan diferentes condiciones ecológicas de temperatura, humedad del suelo, humedad relativa en el Sur del Ecuador, ya que estas ayudarían a entender las respuestas adaptativas de las plantas en términos de rasgos funcionales.

Se sugiere realizar varias correlaciones entre rasgos funcionales a nivel de especie y comunidad, así como también, correlacionar los rasgos con variables ambientales para entender que parámetros son determinantes a la hora de las especies adaptarse a nuevas condiciones ecológicas, como es lo que se prevé con el cambio climático.



11. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z., Kvist, L., & Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, (8), 162–187. Recuperado de: <http://beisa.dk/Publications/BEISA Book pdf/Chapter 11.pdf>
- Alves, M. N., & Sartoratto, A. (2007). Scopolamine in *Brugmansia Suaveolens* (Solanaceae): Defense, Allocation, Costs, and Induced Response Scopolamine in *Brugmansia*, *Journal of Chemical Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s10886-006-9214-9>
- Andresen, E., Arroyo-rodríguez, V., & Escobar, F. (2018). Tropical Biodiversity : The Importance of Biotic Interactions for Its Origin , (February), 0–13. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68228-0>
- Antonelli, A., & Sanmartín, I. (2011). Why are there so many plant species in the Neotropics? *Taxon*, 60, 403–414. <https://doi.org/10.1002/tax.602010>
- Báez, S., & Homeier, J. (2018). Functional traits determine tree growth and ecosystem productivity of a tropical montane forest: Insights from a long-term nutrient manipulation experiment. *Global Change*, 24, 399–409. <https://doi.org/10.1111/gcb.13905>
- Binks, O., Meir, P., Rowland, L., Carlos, A., Vasconcelos, S. S., Antonio, A., & Mencuccini, M. (2016). Limited acclimation in leaf anatomy to experimental drought in tropical rainforest trees, *Tree Physiology*, 1550–1561. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpw078>
- Bouwen, K. (2019). Universiteit Gent. How resilient are *Polylepis reticulata* and *Escallonia myrtilloides* to drought?, 2018–2019. Recuperado de: <https://lib.ugent.be/en/catalog/rug01:002791195>
- Breckle, S., & Gu, S. (2010). Tree Diversity , Forest Structure and Productivity along Altitudinal and Topographical Gradients in a Species-Rich Ecuadorian Montane Rain Forest, *Biotropica*, 42(June 2008), 140–148. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00547.x>
- Bruelheide, H., Dengler, J., Purschke, O., Lenoir, J., Jiménez-alfaro, B., Hennekens, S. M., & Feldpausch, T. R. (2018). Global trait–environment relationships of plant communities. *Nature Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0699-8>
- Buytaert, Wouter, & Iñiguez, V. (2007). The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *Forest Ecology and Management*, 251, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.035>
- Cajamarca, Dennis. (2016). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Determinación de la actividad fotoprotectora in vitro de los extractos de *Oreocallis grandiflora*. Recuperado de: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6331>

- Calle, O., & Córdova, A. (2009). Universidad del Azuay. Determinación de un método de enraizamiento inducido hormonalmente para *Polylepis reticulata* en la zona de Cucheros – Parque Nacional Cajas provincia del Azuay. Recuperado de:
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/133>
- Candel-p, D., Lo, Y., Blanco, J. A., Chiu, C., Id, J. J. C., Gonz, E., & Castillo, F. J. (2018). Drought-Induced Changes in Wood Density Are Not Prevented by Thinning in Scots Pine Stands, *Forest*, 1–20. <https://doi.org/10.3390/f9010004>
- Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R., Halloy, S., Slagado, S., ... Becerra, M. (2012). Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales. (*R. Gloria-Andes, Ed.*). *Red Gloria-Andes Lima-Quito*. Recuperado de:
<http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/201357161125gloria.pdf>
- Cuesta, F., Muriel, P., Llambí, L. D., Halloy, S., Aguirre, N., Beck, S., ... Luis, E. (2016). *Ecography*, 40, 1381–1394. <https://doi.org/10.1111/ecog.02567>
- Chirino, E., Ruiz-Yanetti, S., Vilagrosa, A., Mera, X., Espinoza, M., & Lozano, P. (2017). Morpho-functional traits and plant response to drought conditions in seedlings of six native species of Ecuadorian Ecosystems. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 233, 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.05.012>
- Cornelissen, J., Lavorel, S., Diaz, S., & Buchman, N. (2003). Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide, *Australian Journal of Botany*. <https://doi.org/10.1071/BT02124>
- Díaz, S., & Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes, *Trends in Ecology and Evolution*, 16, 646–655.
[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02283-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02283-2)
- Estrella, C., & Torres, J. (2017). Universidad de Cuenca. Análisis hidrológico y diseño de la red hidrometeorológica en cuencas de Páramo: Caso de estudio de Molleturo y Chaucha. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28539>
- Ennajeh, M., Vadel, A., & Khemira, H. (2010). Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought- resistant and a drought-sensitive olive cultivar, *The Journey of Horticultural Science and Biotechnology*.<https://doi.org/10.1080/14620316.2010.11512670>
- Fadrique, B., Báez, S., Duque, Á., Jadán, O., Malizia, A., Blundo, C., ... Cuesta, F. (2018). Widespread but heterogeneous responses of Andean forests to climate change. *Nature*, 207–212. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0715-9>
- FAO. (2012). Mountains and Climate Change. Centre for Development and Environment 3er Edition. ISBN: 978-3-905835-16-8
- Farley, K. A., & Kelly, E. F. (2004). Effects of afforestation of a páramo grass AFE and on soil nutrient status, *Forest Ecology and Management*, 195, 281–290.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.12.015>

Faucon, M., Houben, D., & Lambers, H. (2017). Plant Functional Traits: Soil and Ecosystem Services. *Trends in Plant Science*, 22, 385–394.

<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.01.005>

Fourier, J., & Cedex, G. (2010). A multi-trait approach reveals the structure and the relative importance of intra- vs- interspecific variability in plant traits. *Functional Ecology*, 24, 1192, 1201. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01727.x>

Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Cornwell, W. K., Craine, J. M., & Cornelissen, J. H. C. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 64, 715 – 716.
https://doi.org/10.1071/BT12225_CO

Garreaud, R. D. (2009). The Andes climate and weather. *Advances in Geosciences*, 22, 3–11.
<https://doi.org/10.5194/adgeo-22-3-2009>

Homeire, J. (2008). The influence of topography on forest structure and regeneration dynamics in an Ecuadorian montane forest. *Biodiversity and Ecology Series*, 97-107.
ISSN:1572-9710

Goldstein, G., Meinzer, F., & Monasterio, M. (1984). The role of capacitance in the water balance of Andean giant rosette species, *Plant, Cell and Environment*, 179–186.
<https://doi.org/10.1111/1365-3040.ep11614612>

Gornish, E. S., & Prather, C. M. (2014). Foliar functional traits that predict plant biomass response to warming, *Journal of Vegetation Science*. 25, 919–927.
<https://doi.org/10.1111/jvs.12150>

Gray, J. E., Cameron, D. D., Hepworth, C., Doheny-adams, T., Hunt, L., Cameron, D. D., & Gray, J. E. (2015). Rapid report Manipulating stomatal density enhances drought tolerance without deleterious effect on nutrient uptake, *New Phytologist*, 336–341.
<https://doi.org/10.1111/nph.13598>

Greco, E. T., Thomas, R., & Maria, M. (2012). Drought induces alterations in the stomatal development in *Posidonia oceanica* cadmium induces changes in DNA program in *Populus* methylation and chromatin patterning, *Journal of Experimental Botany*. 63(13), 4959–4971. <https://doi.org/10.1093/jxb/err313>

Hansen, B. C., Roddbel, D. T., Seltzer, G. O., Young, K. R., Abbott, M., & León, B. (2003). Late-glacial and Holocene vegetational history from two sites in the western Cordillera of southwestern Ecuador, *Palaeo*. 194, 78-108. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(03\)00272-4](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00272-4)

Heilmeier, H. (2019). Functional Traits Explaining Plant Responses to Past and Future Climate Changes. *Flora*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.04.004>



Herbario Azuay (2019). Herbario de la Universidad del Azuay. Recuperado de:
<http://web.uazuay.edu.ec>

Hessini, K., Biotechnologie, C. De, & Albouchi, A. (2008). Biomass production , photosynthesis , and leaf water relations of *Spartina alterniflora* under moderate water stress B stress, *Journal of Plant Research* (January). <https://doi.org/10.1007/s10265-008-0151-2>

Hoffmann, W. A. (2011). Hydraulic failure and tree dieback are associated with high wood density in a temperate forest under extreme drought, *Global change Biology*. 2731–2742. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02401.x>

Huang, W., Ratkowsky, D. A., Hui, C., Wang, P., Su, J., & Shi, P. (2019). Leaf Fresh Weight Versus Dry Weight: Which is Better for Describing the Scaling Relationship between Leaf Biomass and Leaf Area for Broad-Leaved Plants? *Forest*, 10(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/f10030256>

Humboldt, A. (1817). *Nova Genera et Species Plantarum*. Recuperado de:
<https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/640#/summary>

Ibañez, C., Poeschl, Y., Peterson, T., Bellstädt, J., Denk, K., Gogol-döring, A., & Delker, C. (2017). Ambient temperature and genotype differentially affect developmental and phenotypic plasticity in *Arabidopsis thaliana*, *BMC Plant Biology*, 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1068-5>

Inga, D. (2017). Universidad del Azuay - Facultad de Ciencia y Tecnología. Ecología de Germinación de Morella sp., enfocada en la propagación y restauración de ecosistemas. Recuperado de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6656>

Jadán, O., Cristian, T., Tepán, B., Cedillo, H., Peralta, Á., Zea, P., ... Vaca, C. (2017). Forest communities in high Andean secondary forests (Azuay , Ecuador), *Bosque*, 38(1),141-154. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000100015>

Jarma Orozco, A., Cardona Ayala, C., & Araméndiz Tatis, H. (2012). Efecto Del Cambio Climático Sobre La Fisiología De Las Plantas Cultivadas: Una Revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 63–76. ISSN: 0123-4226

Jumrani, K., Singh, V., Govind, B., & Pandey, P. (2016). Impact of elevated temperatures on specific leaf weight, stomatal density, photosynthesis and chlorophyll fluorescence in soybean. *Photosynthesis Research*. <https://doi.org/10.1007/s11120-016-0326-y>

Kenzo, T., Sano, M., Yoneda, R., & Chann, S. (2017). Comparison of Wood Density and Water Content Between Dry Evergreen and Dry Deciduous Forest Trees in Central, Japan Agricultural Research Quarterly, 51, 363–374. <https://doi.org/10.6090/jarq.51.363>

Lavorel, S., & Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits. *Functional Ecology*, 545–556. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x>, 545–556.

Lavorel, Sandra, Grigulis, K., McIntyre, S., Williams, N. S. G., Garden, D., Berman, S., ...

Bonis, A. (2008). Assessing functional diversity in the field – methodology matters!

Functional Ecology, 134–147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01339.x>

León, P., Sandoval, A., Bolados, G., Rosas, M., & Stark, D. (2014). Manual de Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales. Recuperado de:

http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/Manual-de-SemillasV1.2_Esp.pdf

Manchego, C. E., Hildebrandt, P., Cueva, J., Espinosa, C. I., Stimm, B., & Günter, S. (2017).

Climate change versus deforestation: Implications for tree species distribution in the dry forests of southern Ecuador. *Plos One*, 12(12), 1–19.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190092>

Markesteijn, L., Bongers, F., Poorter, L., Markesteijn, L., & Al, E. T. (2010). Seasonal variation in soil and plant water potentials in a Bolivian tropical moist and dry forest, *Journal of Tropical Ecology*, 497–508. <https://doi.org/10.1017/S0266467410000271>

Marquina, S. (2004). Universidad de los Andes-Facultad de Ciencias. Ecofisiología de la Regeneración de *Polylepis sericea* WEDD: Tipo de Reproducción y Mecanismos de Resistencia a las Temperaturas Congelantes. Recuperado de:
<http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/40241>

Martínez, R., Ruiz, D., Andrade, M., & Blacutt, L. (2011). Synthesis of the Climate of the Tropical Andes, *IAI-SCOPE* (May 2014). ISBN:9788599857056

Monteiro, V. (2016). Relative importance of transpiration rate and leaf morphological traits for the regulation of leaf temperature. *Australian Journal of Botany*, 64, 32-22.
<https://doi.org/10.1071/BT15198>

Mudrák, O., & Doležal, J. (2019). Variation in plant functional traits is best explained by the species identity: Stability of trait - based species ranking across meadow management regimes, *Functional Ecology*, 746–755. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13287>

Nabais, C., Hansen, J. K., David-schwartz, R., Klisz, M., López, R., & Rozenberg, P. (2018). The effect of climate on wood density: What provenance trials tell us?. *Forest Ecology and Management*, 408(1), 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.040>

Nicotra, A. B., Atkin, O. K., Bonser, S. P., Davidson, A. M., Finnegan, E. J., Mathesius, U., & van Kleunen, M. (2010). Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends in Plant Science*, 15(12), 684–692. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.09.008>

Nock, Charles A; Vogt, Richard J; and Beisner, Beatrix E (February 2016) Functional Traits. In: *eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester*. doi:10.1002/9780470015902.a0026282

Ortega, C., & Guanuche, S. (2016). Universidad de Cuenca. Fenología de seis especies

forestales y calidad de semillas en dos bosques altoandinos del Macizo del Cajas, provincia del Azuay. Recuperado de:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25545>

Palomeque, X., Maza, A., Iñamagua, J. P., Gunter, S., Hildebrandt, P., Weber, M., & Stimm, B. (2017). Director y Editor : Variabilidad intraespecífica en la calidad de semillas de especies forestales nativas en bosques montanos en el sur del Ecuador. *Journal of Environment Sciences*, 51(2), 52–72. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.3>

Pan, F., Liang, Y., Wang, K., & Zhang, W. (2018). Responses of Fine Root Functional Traits to Soil Nutrient Limitations in a Karst Ecosystem of Southwest China, *Forest*, 1–16. <https://doi.org/10.3390/f9120743>

Pautate, G. (2017). Universidad Técnica del Norte. Translocación de plantas de Weinmannia rollotii, Weinmannia fagaroides, Prunus huantensis y Ocotea infrafaveolata, en un área degradada en la parroquia el Carmelo, provincia del Carchi. Recuperado de:
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6722>

Peres-neto, P. R., & Braak, C. (2016). weighted mean correlation resolved by the fourth-corner approach Linking trait variation to the environment: critical issues with community-weighted mean correlation resolved by the fourth-corner approach, *Ecography*, (7). <https://doi.org/10.1111/ecog.02302>

Peters, Th., Drobnik, T., Meyer, H., Rankl, M., Richter, M., Rollenbeck, R., ... Bendix, J. (2013). Environmental Changes Affecting the Andes of Ecuador. *Ecosystem Services, Biodiversity and Environmental Change in a Tropical Mountain Ecosystem of South Ecuador*, 221(4), 1–16. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-38137-9>

Phil, A. (2018). Water relations and growth response to drought stress of Prosopis tamarugo, *Journal of Soil science and Plant Nutrition*, 18(2), 329–343. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162018005001103>

Pinto, E., Ulloa, C. U., & Cuesta, F. (2018). Árboles representativos de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha. CONDESAN. ISBN: 978-9942-8662-2-6

Posada, J. (2014). Universidad de los Andes. El papel de la dispersión de semillas en la regeneración de la vegetación de páramo en un paisaje fragmentado. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/39864/Posada2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Prado, J. A., Schiavini, I., Vale, V. S., Arantes, C. S., Sande, M. T. Van Der, Lohbeck, M., & Poorter, L. (2016). Conservative species drive biomass productivity in tropical dry forests, *Journal Ecology*, 817–827. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12543>

Ramón, M. (2015). Estimación de la fracción de agua de evento y pre evento que aportan al caudal, mediante el uso de isótopos estables, en la cuenca del río Zhurucay. Recuperado de: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22781/1/tesis.pdf>

- Res, C., Rapp, J. M., & Silman, M. R. (2012). Diurnal, seasonal, and altitudinal trends in microclimate across a tropical montane cloud forest, *Climate Research*, 55, 17–32. <https://doi.org/10.3354/cr01127>
- Ruili, W., Guirui, Y. U., Nianpeng, H. E., Qiufeng, W., Ning, Z., & Zhiwei, X. U. (2016). Latitudinal variation of leaf morphological traits from species to communities along a forest transect in eastern China, *Journal of Geographical Sciences*, 26(2013), 15–26. <https://doi.org/10.1007/s11442-016-1251-x>
- SENPLADES. (2011). Influencia de los proyectos estratégicos nacionales "memoria técnica. recuperado de: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/pdot/zona6/nivel_del_pdot_cantonal/azuay/cuenca/chaucha/iee/memoria_tecnica_mt_chaucha.pdf
- Shipley, B., Vile, D., & Garnier, É. (2006). From plant traits to plant communities: A statistical mechanistic approach to biodiversity. *Science*, 314(5800), 812–814. <https://doi.org/10.1126/science.1131344>
- Singh, J. S. (2011). Plant functional traits with particular reference to tropical, *Journal of Biosciences*, 963–981. <https://doi.org/10.1007/s12038-011-9159-1>
- Sklena, P., & Balslev, H. (2007). Geographic flora elements in the Ecuadorian superpáramo Geographic flora elements in the Ecuadorian superpáramo, *Flora: Morphology, Distribution, Functional, Ecology of plants*. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2006.03.002>
- Songsri, P., Jogloy, S., Holbrook, C. C., Kesmala, T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., & Patanothai, A. (2009). Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water, *Agriculture Water Management*, 790–798. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.10.009>
- Swenson, N., & Enquist, B. (2007). And evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its community – wide variation across latitude and elevation. *American Journal of Botany*, 94(3), 451–459. <https://doi.org/10.3732/ajb.94.3.451>.
- Tesemma, Z. K., Wei, Y., Peel, M. C., & Western, A. W. (2015). Including the dynamic relationship between climatic variables and leaf area index in a hydrological model to improve streamflow prediction under a changing climate, *Hydrology and Earth System Science*, 2821–2836. <https://doi.org/10.5194/hess-19-2821-2015>
- Vanacker, V., Molina, A., Torres, R., Calderon, E., & Cadilhac, L. (2018). Challenges for research on global change in mainland Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 4(1), 114–118. <https://doi.org/10.1080/23766808.2018.1491706>
- Willis, K., Carretero, J., Enquist, B., Kuhn, N., Tobar, C., & Vandvik, V. (2017). Climate change – which plants will be the winners? *Royal Kew Botanic Gardens*, 42–49. ISBN: 978-1-84246-647-6
- Zhu, R., Macfie, S. M., & Ding, Z. (2005). Cadmium-induced plant stress investigated by



scanning electrochemical microscopy, *Journal of Experimental Botany*, 56(421), 2831–2838. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri275>

12. ANEXOS

Anexo 1: Barrera geográficas que permite la influencia del Pacífico en menor grado para el Bosque de Llaviucu



Anexo 2: Medias de los valores de los rasgos funcionales de cada especie por zona de estudio.

	Medias de Rasgos						
	DM	PS	AFE	GR	DE	TE	PH
<i>Alnus acuminata</i>							
Zona Oriental	0.4085	0.4169	68.3200	0.2799	33.16	56.96	-
Zona Occidental	0.4148	0.7325	79.1124	0.2958	30.78	53.08	-
<i>Brugmansia sanguinea</i>							
Zona Oriental	0.3636	0.1715	185.4302	0.2552	27.16	61.18	-
Zona Occidental	0.3715	0.3964	173.3896	0.2938	28.94	62.05	-
<i>Escallonia myrtilloides</i>							
Zona Oriental	0.5067	0.0098	79.1130	0.2468	43.94	51.92	-2.5165
Zona Occidental	0.5482	0.0174	78.1736	0.329	35.04	49.4	-10.3168
<i>Hedyosmum luteynii</i>							
Zona Oriental	0.3863	0.4004	90.2436	0.397	13.1	95.41	-
Zona Occidental	0.4305	0.5123	64.5600	0.5174	12.92	84.89	-

*Morella parvifolia*

Zona Oriental	0.61000	0.1826	57.3374	0.2495	47.66	37.84	-
Zona Occidental	0.4381	0.1748	208.5114	0.2348	32.42	34.4	-

Myrcianthes rhopalooides

Zona Oriental	0.7429	0.3420	47.3711	0.3679	34.06	33.27	-
Zona Occidental	0.7689	0.2626	45.9184	0.3698	44	37.46	-

Oreocallis grandiflora

Zona Oriental	0.5333	0.4641	64.0183	0.4728	18.92	64.08	-
Zona Occidental	0.5436	0.3692	48.2496	0.630	16.88	18.87	-

Polylepis reticulata

Zona Oriental	0.5093	0.0779	58.3515	0.3757	-	-	-2.1649
Zona Occidental	0.5360	0.0894	33.2987	0.4314	-	-	-7.9588

Vallea stipularis

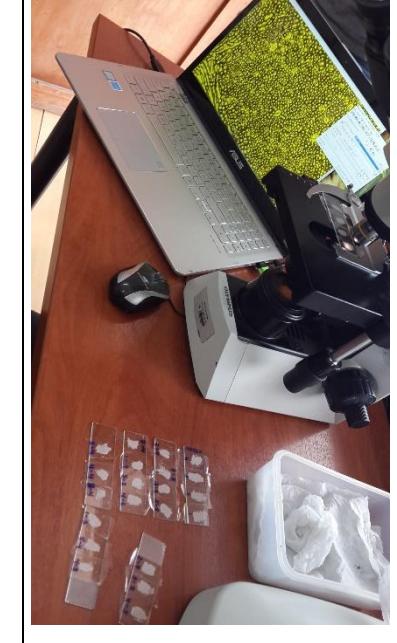
Zona Oriental	0.55406	0.16842	107.4287	0.2236	32.36	38.56	-
Zona Occidental	0.48226	0.29040	91.5176	0.3282	37.74	30.7	-

Weinmannia fagaroides

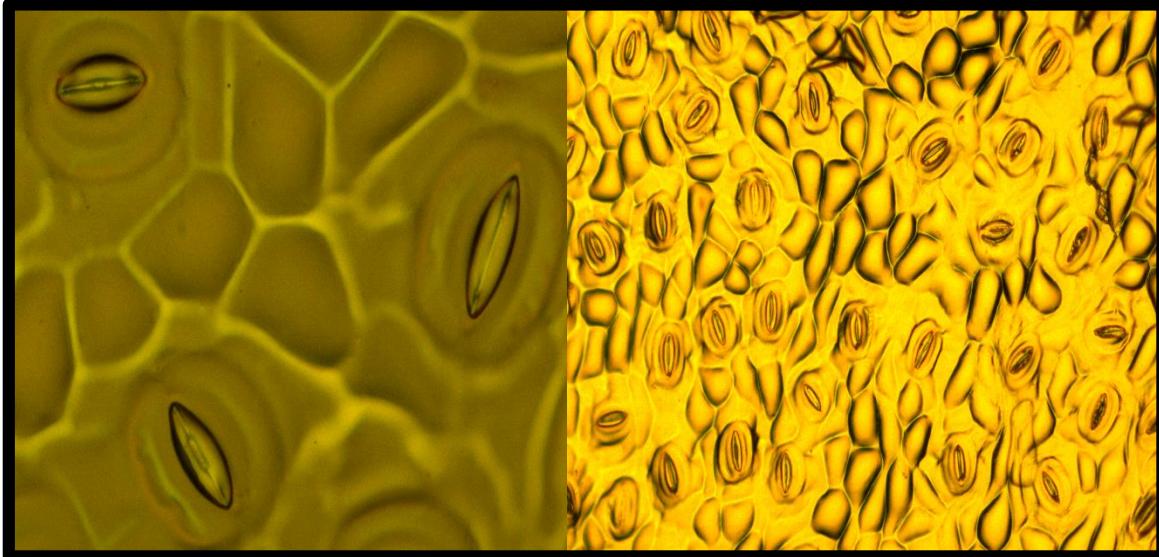
Zona Oriental	0.5357	0.0284	79.0592	0.2346	37.7	43.88	-1.8546
Zona Occidental	0.5020	0.1146	54.9235	0.2934	35.4	35.14	-7.4670

Nota: DM (Densidad de madera); PS (Peso seco de la hoja); AFE (Área foliar específica); GR (Grosor de la hoja); DE (Densidad de estomas); TE (Tamaño de estomas); PH (Potencial hídrico)

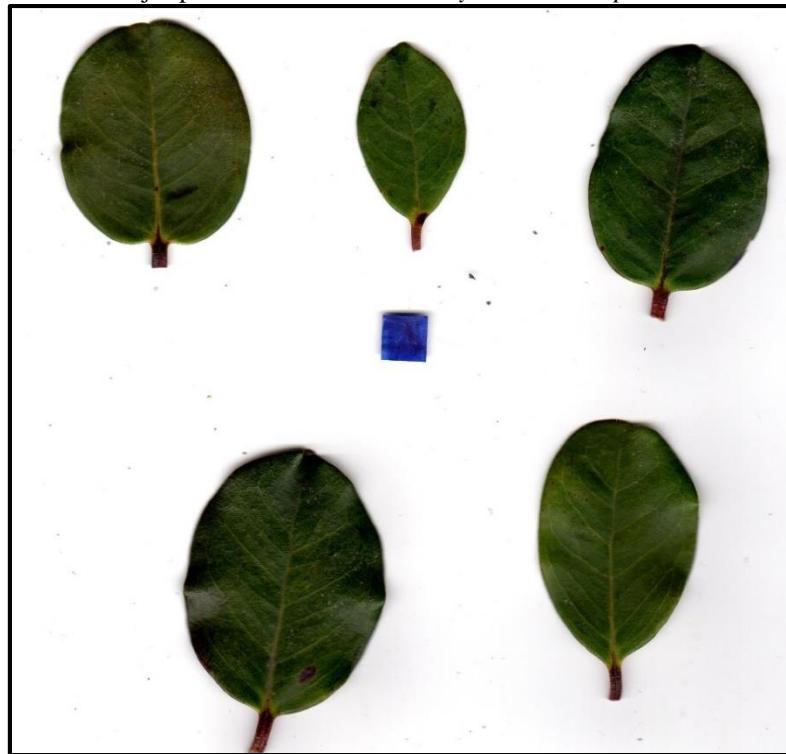
Anexo 3: Metodología de trabajo de campo.

		
<p>a. Recolección de Material Vegetal de las copas de <i>H. luteynii</i> con una podadora forestal.</p>	<p>b. Medición del grosor de la hoja de <i>V. stipularis</i> usando un calibrador digital.</p>	<p>c. Pesado de una muestra de madera de <i>O. heterochroma</i> obtenida con el barreno.</p>
		
<p>d. Material vegetal recolectado de <i>V. stipularis</i> previo al análisis foliar.</p>	<p>e. Hojas de <i>E. myrtilloides</i> y <i>O. grandiflora</i> en proceso de medición de AFE previo al secado.</p>	<p>f. Medición estomática de <i>B. sanguinea</i> a nivel microscópico.</p>

Anexo 4: Estomas de *Hedysosmum luteynii* x40, x10.



Anexo 5: Hojas para encontrar el AF de *Myrcianthes rhopaloides*.



**Anexo 6:** Circunferencia, DAP, altura y área basal de los 220 individuos seleccionados para el estudio

Zona	Especies	Circunferencia(cm)	DBH(cm)	Altura(m)	Área basal (cm ²)
Llaviucu					
Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	21.68	6.90	5.3	37.46
Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	71.63	22.80	5.0	408.98
Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	39.90	12.70	4.3	126.89
Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	55.29	17.60	6.3	243.70
Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	41.15	13.10	4.3	135.01
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	18.85	6.00	4.2	28.32
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	28.90	9.20	3.9	66.59
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	32.04	10.20	3.7	81.85
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	24.50	7.80	5.3	47.87
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	42.41	13.50	5.1	143.39
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	22.50	70.71	5.9	3933.26
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	12.00	37.71	3.6	1118.79
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	11.70	36.77	6.1	1063.55
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	11.00	34.57	5.6	940.10
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	11.80	37.08	5.3	1081.81
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	79.00	25.15	10.1	497.64
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	46.20	14.71	7.8	170.24
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	135.40	43.12	13.2	1462.83
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	73.80	23.50	9.9	434.48
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	52.60	16.75	5.3	220.76
Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	28.59	9.1	4.2	65.15
Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	25.13	8.0	3.5	50.35
Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	44.30	14.1	4.6	156.41
Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	35.18	11.2	4.1	98.69
Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	28.90	9.2	3.7	66.59
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	34.60	11.01	5.6	95.44
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	25.00	7.96	5.0	49.82
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	32.90	10.47	5.5	86.29
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	38.10	12.13	5.8	115.72
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	32.80	10.44	8.0	85.77
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	30.69	9.77	5.3	75.10
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	49.01	15.60	7.9	191.46
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	44.61	14.20	10.3	158.64
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	55.61	17.70	5.3	246.48
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	88.91	28.30	8.9	630.10
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	42.30	13.46	4.3	142.63
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	28.60	9.10	3.8	65.20
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	52.20	16.62	5.6	217.21
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	40.40	12.86	3.2	130.11



Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	60.90	19.39	6.6	295.65
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	20.73	6.60	8.5	34.27
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	28.90	9.20	6.6	66.59
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	19.48	6.20	4.7	30.24
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	15.08	4.80	5.2	18.13
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	29.85	9.50	6.3	71.00
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	76.97	24.50	11.2	472.25
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	38.80	12.35	12.3	120.00
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	97.39	31.00	9.6	756.07
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	103.98	33.10	10.4	861.97
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	32.36	10.30	12.1	83.47
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	46.40	14.77	11.5	171.63
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	94.40	30.06	18.5	710.91
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	230.50	73.40	14.8	4238.66
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	53.40	17.01	10.5	227.53
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	71.20	22.67	9.6	404.33

Zhurucay

Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	114.35	36.40	5.40	1042.41
Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	41.47	13.20	6.20	137.08
Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	52.78	16.80	5.70	222.05
Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	53.09	16.90	6.40	224.70
Oriental	<i>Alnus acuminata</i>	48.69	15.50	6.20	189.02
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	36.13	11.50	4.40	104.05
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	52.15	16.60	4.70	216.80
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	33.93	10.80	2.90	91.77
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	22.30	7.10	3.30	39.66
Oriental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	47.44	15.10	4.10	179.39
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	125.00	38.30	6.50	1154.08
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	104.00	33.10	4.70	861.97
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	175.00	34.20	4.90	920.21
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	51.00	16.40	5.60	211.60
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	66.00	21.40	6.40	360.30
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	45.87	14.60	13.50	167.70
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	127.86	40.70	8.80	1303.24
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	152.05	48.40	12.50	1843.01
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	54.03	17.20	7.00	232.75
Oriental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	46.49	14.80	6.10	172.33
Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	52.78	16.80	4.90	222.05
Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	31.73	10.10	3.60	80.26
Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	24.19	7.70	6.10	46.65
Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	19.16	6.10	3.90	29.27



Oriental	<i>Morella parvifolia</i>	18.85	6.00	4.70	28.32
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	34.71	11.05	3.90	96.06
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	54.98	17.50	4.80	240.94
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	79.79	25.40	8.00	507.58
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	44.30	14.10	3.30	156.41
Oriental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	83.25	26.50	5.80	552.50
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	36.44	11.60	5.60	105.87
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	41.78	13.30	5.10	139.17
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	51.83	16.50	6.20	214.19
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	49.01	15.60	4.90	191.46
Oriental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	34.87	11.10	3.90	96.94
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	61.60	19.60	8.00	302.24
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	104.00	31.95	8.60	803.12
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	144.40	45.90	5.60	1657.53
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	25.00	7.40	5.30	43.08
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	36.50	12.00	5.80	113.29
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	74.45	23.70	3.60	441.91
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	28.59	9.10	4.80	65.15
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	32.04	10.20	5.30	81.85
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	44.30	14.10	4.55	156.41
Oriental	<i>Vallea stipularis</i>	50.89	16.20	4.20	206.47
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	26.70	8.50	6.60	56.84
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	185.66	59.10	11.50	2747.97
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	107.44	34.20	12.30	920.21
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	66.29	21.10	6.10	350.27
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	34.87	11.10	4.80	96.94
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	68.00	21.65	3.80	368.62
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	56.50	17.99	5.90	254.48
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	78.20	24.89	5.30	487.50
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	75.10	23.91	5.80	449.62
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	82.10	26.13	4.20	537.34

Angas

Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	22.62	7.20	4.5	40.79
Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	21.36	6.80	6.1	36.38
Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	42.10	13.40	6.0	141.27
Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	25.76	8.20	2.0	52.90
Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	46.81	14.90	4.2	174.67
Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	41.47	13.20	5.2	137.08
Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	37.07	11.80	3.4	109.55
Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	35.18	11.20	3.2	98.69
Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	31.10	9.90	3.1	77.11



Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	30.79	9.80	2.8	75.56
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	30.79	9.80	4.1	75.56
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	27.65	8.80	3.9	60.93
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	26.70	8.50	3.7	56.84
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	20.11	6.40	3.4	32.23
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	24.82	7.90	4.3	49.10
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	49.95	15.90	6.1	198.90
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	32.67	10.40	4.2	85.09
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	36.44	11.60	3.6	105.87
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	89.54	28.50	3.8	639.04
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	48.38	15.40	6.5	186.59
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	41.47	13.20	5.2	137.08
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	37.07	11.80	3.4	109.55
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	35.18	11.20	3.2	98.69
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	31.10	9.90	3.1	77.11
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	30.79	9.80	2.8	75.56
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	56.30	17.92	7.3	252.68
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	60.20	19.16	6.3	288.91
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	48.00	15.28	7.9	183.67
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	22.60	7.19	3.3	40.72
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	31.20	9.93	3.6	77.60
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	53.72	17.10	6.2	230.05
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	23.56	7.50	4.7	44.25
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	41.78	13.30	4.3	139.17
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	32.67	10.40	4.1	85.09
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	35.19	11.20	3.9	98.69
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	27.33	8.70	2.1	59.55
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	48.38	15.40	4.5	186.59
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	50.89	16.20	7.3	206.47
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	46.49	14.80	8.2	172.33
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	29.22	9.30	3.8	68.05
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	22.05	7.02	5.9	38.77
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	11.78	3.75	7.3	11.06
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	32.67	10.40	5.6	85.09
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	82.94	26.40	5.1	548.33
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	16.96	5.40	3.4	22.94
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	55.61	17.70	10.8	246.48
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	103.99	33.10	10.8	861.97
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	86.39	27.50	7.0	594.98
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	54.19	17.25	11.8	234.11
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	58.12	18.50	7.9	269.27



Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	24.50	7.80	4.8	47.87
Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	24.82	7.90	4.5	49.10
Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	28.90	9.20	3.8	66.59
Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	37.39	11.90	4.9	111.41
Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	57.18	18.20	6.6	260.60
Migüir					
Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	62.83	20.00	6.2	314.70
Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	40.53	12.90	6.0	130.92
Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	65.66	20.90	7.3	343.66
Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	26.39	8.40	4.5	55.51
Occidental	<i>Alnus acuminata</i>	38.64	12.30	4.5	119.03
Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	19.48	6.20	2.6	30.24
Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	48.06	15.30	3.8	184.17
Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	23.56	7.50	3.8	44.25
Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	30.79	9.80	3.4	75.56
Occidental	<i>Brugmansia sanguinea</i>	23.25	7.40	3.6	43.08
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	34.24	10.90	3.6	93.47
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	21.36	6.80	1.8	36.38
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	41.15	13.10	6.1	135.01
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	54.03	17.20	4.1	232.75
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	23.56	7.50	2.5	44.25
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	109.95	35.00	6.7	963.77
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	51.21	16.30	10.0	209.03
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	60.00	19.10	4.3	287.01
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	79.17	25.20	10.3	499.62
Occidental	<i>Hedyosmum luteynii</i>	47.12	15.00	8.1	177.02
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	16.96	5.40	3.1	22.94
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	19.16	6.10	3.4	29.27
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	18.53	5.90	4.5	27.39
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	29.53	9.40	4.2	69.52
Occidental	<i>Morella parvifolia</i>	16.96	5.40	3.2	22.94
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	130.35	41.50	4.8	1354.98
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	28.27	9.00	4.0	63.73
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	21.36	6.80	4.2	36.38
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	35.18	11.20	4.6	98.69
Occidental	<i>Myrcianthes rhopalooides</i>	29.53	9.40	4.4	69.52
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	84.51	26.90	6.9	569.30
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	35.81	11.40	4.3	102.25
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	88.90	28.30	6.1	630.10
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	70.37	22.40	6.2	394.76
Occidental	<i>Oreocallis grandiflora</i>	48.38	15.40	7.0	186.59



Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	65.34	20.80	2.9	340.38
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	75.40	24.00	4.7	453.17
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	108.38	34.50	3.5	936.43
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	30.79	9.80	2.4	75.56
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	76.02	24.20	4.2	460.75
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	19.16	6.10	4.1	29.27
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	28.59	9.10	6.2	65.15
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	28.27	9.00	5.8	63.73
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	25.45	8.10	6.1	51.62
Occidental	<i>Vallea stipularis</i>	15.39	4.90	5.3	18.89
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	24.19	7.70	1.8	46.65
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	32.36	10.30	2.4	83.47
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	25.13	8.00	2.8	50.35
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	27.02	8.60	3.1	58.19
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	40.84	13.00	5.6	132.96
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	39.27	12.50	3.6	122.93
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	27.65	8.80	2.5	60.93
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	26.07	8.30	3.0	54.20
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	56.23	17.90	5.0	252.08
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	30.79	9.80	1.9	75.56

Anexo 7: Potencial hídrico al amanecer, al medio día y su diferencia medidas solamente en siete especies.

Zona	Especies	Amanecer (MPa)	Medio día (MPa)	Diferencia (MPa)
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-2.55	-5.17	-2.62
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-2.76	-4.14	-1.38
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-2.48	-6.76	-4.27
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-2.62	-6.76	-4.14
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-2.07	-4.83	-2.76
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.59	-6.76	-5.17
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.79	-5.17	-3.38
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.31	-2.62	-1.31
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.72	-2.76	-1.03
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.38	-4.00	-2.62
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-1.72	-3.52	-1.79
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-2.41	-4.34	-1.93
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-1.52	-3.52	-2.00
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-1.72	-4.41	-2.69
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-2.34	-3.65	-1.31
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	-3.31	-4.21	-0.90
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	-2.62	-4.41	-1.79



Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	-2.48	-3.86	-1.38
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	-2.07	-3.45	-1.38
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	-2.41	-2.83	-0.41
Oriental	<i>Ocotea heterochroma</i>	-1.38	-3.31	-1.93
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-1.17	-3.10	-1.93
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-1.31	-3.17	-1.86
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-1.24	-3.79	-2.55
Oriental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-1.52	-3.24	-1.72
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.59	-2.76	-1.17
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.72	-3.24	-1.52
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.24	-3.52	-2.28
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.31	-2.90	-1.59
Oriental	<i>Polylepis reticulata</i>	-1.45	-3.03	-1.59
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-1.24	-3.17	-1.93
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-1.31	-2.90	-1.59
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-1.52	-3.10	-1.59
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-1.17	-2.96	-1.79
Oriental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-1.38	-3.31	-1.93
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	-1.72	-3.72	-2.00
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	-1.38	-3.65	-2.28
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	-1.52	-3.38	-1.86
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	-1.52	-3.59	-2.07
Oriental	<i>Polylepis incana</i>	-1.79	-3.79	-2.00
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-4.14	-13.10	-8.96
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-4.69	-13.44	-8.76
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-4.48	-13.10	-8.62
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-4.00	-14.48	-10.48
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-4.34	-14.34	-10.00
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-5.17	-12.07	-6.89
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-5.03	-11.72	-6.69
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-4.69	-12.55	-7.86
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-5.45	-12.76	-7.31
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-4.83	-12.76	-7.93
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-6.14	-15.17	-9.03
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-6.21	-16.00	-9.79
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-6.76	-15.51	-8.76
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-6.55	-16.06	-9.51
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-6.41	-16.62	-10.20
Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	-6.55	-11.03	-4.48
Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	-6.14	-10.48	-4.34
Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	-6.55	-11.79	-5.24



Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	-6.21	-11.38	-5.17
Occidental	<i>Polylepis lanuginosa</i>	-6.96	-11.03	-4.07
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-5.86	-16.85	-10.99
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-5.86	-17.12	-11.26
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-6.21	-17.70	-11.49
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-5.86	-17.17	-11.31
Occidental	<i>Escallonia myrtilloides</i>	-6.14	-17.44	-11.31
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-3.49	-12.94	-9.45
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-3.98	-14.59	-10.62
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-4.21	-11.90	-7.70
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-4.09	-10.76	-6.66
Occidental	<i>Polylepis reticulata</i>	-4.50	-12.99	-8.48
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-7.40	-12.30	-4.90
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-7.19	-12.82	-5.63
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-7.19	-13.72	-6.53
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-7.31	-12.48	-5.17
Occidental	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-7.54	-12.69	-5.15
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	-4.34	-10.00	-5.65
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	-3.79	-11.17	-7.38
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	-4.07	-10.89	-6.83
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	-4.48	-9.58	-5.10
Occidental	<i>Polylepis weberbaueri</i>	-4.83	-9.79	-4.96



Anexo 8: Prueba post - hoc de Bonferroni de los rasgos funcionales de las 10 especies estudiadas por comunidad.

Peso seco de la hoja

	Aa	Bs	Em	Hl	Mp	Mr	Og	Pr	Vs
Bs	0.0082								
Em		0.0082							
Hl			0.0082						
Mr	0.0148	0.0082	0.0082	0.0111	0.0082				
Og				0.0082					
Pr			0.0082	0.0346	0.0454	0.0082			
Vs				0.0082			0.0082	0.0198	0.0111
Wf					0.0082				

Grosor de la hoja

	Aa	Bs	Em	Hl	Mp	Mr	Og	Pr	Vs
Hl		0.0082	0.0198	0.0346					
Mp				0.0082	0.0082				
Mr			0.0082			0.0082			
Og			0.0082	0.0082	0.0082		0.0082		
Pr		0.0082	0.0082	0.0148			0.0082		
Vs					0.0111		0.0262	0.0346	0.0082
Wf					0.0111			0.0082	0.0082

Tamaño de estomas

	Aa	Bs	Em	Hl	Mp	Mr	Og	Pr	Vs
Bs	0.0363								
Em		0.0088							
Hl	0.0066	0.0066	0.0065						
Mp	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065					
Mr	0.0088	0.0065		0.0065					
Og	0.0102	0.0065	0.0208	0.0065					
Pr	0.0066	0.0066	0.0065	0.0066			0.0612		
Vs	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065					

Potencial hídrico

	Em	Pr	Wf
Pr	0.0030		
Wf	0.0030		

Nota: Valores que resultaron estadísticamente diferentes

(a) Aa (*Alnus acuminata*) (b) Bs (*Brugmansia sanguinea*) (c) Em (*Escallonia myrtilloides*) (d) Hl (*Hedyosmum luteynii*) (e) Mp (*Morella parvifolia*) (f) Mr (*Myrcianthes rhopaloides*) (g) Og (*Oreocallis grandiflora*) (h) Pr (*Polylepis reticulata*) (i) Vs (*Vallea stipularis*) (j) Wf (*Weinmannia fagaroides*)