UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

MAGÍSTER EN ÁREAS SILVESTRES Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

INDICADORES DEL ESTADO ACTUAL DE *UGNI MOLINAE* TURCZ. DESDE LA PERSPECTIVA DE LA CONSERVACIÓN: APORTES DESDE LA MORFOLOGÍA, LA ANATOMÍA Y EL ANÁLISIS DEL AMBIENTE

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza.

GERARDO ANDRES VALENZUELA HEREDIA

E-mail: gervalher@gmail.com

Santiago, Chile

2018

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

Profesora Guía

Nombre: Paulette I. Naulin G.

Nota: 6,5

Firma: _____

Profesora Consejera

Nombre: Rosa Scherson V.

Nota: 6,4

Firma: _____

Profesor Consejero

Nombre: Alvaro Promis B.

Nota: 6,0

Firma: _____

Tabla de Contenidos

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN 1

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 3

2.1. Criterios en la conservación de la biodiversidad. 3

2.2. Respuestas morfoanatómicas de plantas, aportes desde la comprensión biológica a la conservación de especies. 6

3. OBJETIVOS 10

3.1. OBJETIVO GENERAL 10

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....10

4. MATERIAL Y MÉTODO 11

5. RESULTADOS 20

Caracterización de poblaciones de *U. molinae*, sus ambientes climáticos y el uso del territorio actual con presencia de la especie. 21

Evaluación de la variación de los rasgos foliares de *U. molinae* a lo largo de su distribución geográfica. 28

Relación entre las variables ambientales analizadas y los rasgos morfoanatómicos para *U. molinae* en su distribución geográfica. 35

6. DISCUSIÓN 40

7. CONCLUSIONES 45

8. BIBLIOGRAFÍA 47

9. ANEXOS 56

Índice de Figuras

Figura 1: Características de *U. molinae*. a. Mapa de distribución. b. Detalle del fruto maduro, c. Arquitectura arbustiva, d. Detalle de las hojas, e. Frutos en desarrollo, f. Flores. 11

Figura 2: Esquemas de los individuos de *U. molinae*, cuadrado verde: un individuo. En terreno presentes a densidades bajas, medias y altas. En condiciones de grupos (a) o dispersos (b). 15

Figura 3: Mapa del centro sur de Chile indicando los registros históricos para *U. molinae.* 20

Figura 4: Mapa del centro sur de Chile indicando los registros en el período 2015 para *U. molinae*. Los puntos representan sitios de colecta en el ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA) del macrorelieve. 21

Figura 5: Usos del territorio asociado a *U. molinae*, en las regiones de Chile. a. plantación forestal. b. bosque nativo. c. desarrollo urbano y vial. 24

Figura 6: Aspecto del Macrorelieve en el ambiente cordillerano costero y litoral (a) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (b) a lo largo de su distribución en las regiones de Chile, con presencia de *U. molinae*. 24

Figura 7: Sitios con *U. molinae* evaluados por morfoantomia en el ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA) del macrorelieve por Región. 29

Figura 8: Gráfico de caja del Área foliar promedio de *U. molinae* por región de Chile 30

Figura 9: Gráfico de caja del Perímetro foliar promedio de *U. molinae* por región de Chile 31

Figura 10: Tejido epidermal abaxial con diferencia en la cantidad de estomas (flecha), extraído desde las hojas colectadas de individuos ubicados en la Región del Maule (a) y en la Región de Los Ríos (b)..... 32

Figura 11: Gráfico de caja de la densidad estomática promedio en el tejido epidermal abaxial de *U. molinae* por región de Chile..... 33

Figura 12: Gráfico de caja de la densidad estomática promedio en el tejido epidermal abaxial de U. molinae, según diversos usos del territorio 34

Figura 13: Gráfico de medias (con min. y máx.) de la condición geográfica y clima en ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA) del macrorelieve por Región con presencia de U. molinae. a. Altitud (m.s.n.m.). b. Temperatura media anual (°C). c. Precipitación media anual (mm). 36

Figura 14: Modelo lineal de la respuesta de la densidad estomática considerando las variables de latitud y temperatura media anual como factores independientes. 37

Índice de Tablas

Tabla 1: Categorías para el Índice de Aridez. 13

Tabla 2: Características de la Temperatura y Precipitación media anual (Ppma), Ïndice de Aridez (IAr), de los sitios con *U. molinae* en el territorio de Chile, en el ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA) del macrorelieve (MacRel) de cada Región. 22

Tabla 3: Número de colectas de *U. molinae* en el año 2015, en las categorías del uso del territorio y la de actividades del entorno. Se muestran según el macrorelieve de cada Región, en el ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA). 23

Tabla 4: Número de colectas (n) por variable en densidad de esrtomas, distribución y altura de los individuos, categorizadas por región y sus ambientes, cordillerano costero y litoral (ACCL), depresión intermedia (ADIN), precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA). 28

Tabla 5: Características morfoanatómicas en hojas de U. molinae, colectadas en diversas regiones de Chile. 29

Índice de Anexos

Anexo 1: Características de las poblaciones de *U. molinae* según condición geográfica, condiciones de temperaturas y precipitaciones medias anuales, condiciones de los individuos, uso del territorio y la condición del entorno. 56

Anexo 2: Continuación de las características de las poblaciones de *U. molinae* según condición geográfica, condiciones de temperaturas y precipitaciones medias anuales, condiciones de los individuos, uso del territorio y la condición del entorno..... 57

Anexo 3: Continuación de las características de las poblaciones de *U. molinae* según condición geográfica, condiciones de temperaturas y precipitaciones medias anuales, condiciones de los individuos, uso del territorio y la condición del entorno..... 58

Anexo 4: Características morfológicas y anatómicas de la hoja en 27 poblaciones de *U. molinae* con diversas condiciones ambientales y geográficas del territorio de Chile..... 59

Anexo 5: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región del Maule de Chile, colectadas para el año 2015 y registros pasados en publicaciones y/o colecciones..... 60

Anexo 6: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región del Biobío de Chile, colectadas para el año 2015 y registros pasados de publicaciones y/o colecciones..... 61

Anexo 7: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región de La Araucanía de Chile, colectadas para el año 2015 y registros pasados de publicaciones y/o colecciones..... 62

Anexo 8: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región de Los Ríos de Chile, colectadas para el año 2015 y registros pasados de publicaciones y/o colecciones..... 63

Anexo 9: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región de Los Lagos de Chile, colectadas para el año 2015 y los registros pasados de publicaciones y/o colecciones. 64

Anexo 10 : Características de poblaciones de *U. molinae* registradas en publicaciones y/o colecciones para el territorio de Chile, previas al año 2015. 65

Anexo 11: Continuación de las características de poblaciones de *U. molinae* registradas en publicaciones y/o colecciones para el territorio de Chile, previas al año 2015. 66

Anexo 12: Matriz de correlación de Pearson (rs) para variables morfo anatómicas, variables de clima y condición geográfica..... 67

Anexo 13: Analisis de varianza (Kruskal Wallis) por variable morfo anatómicas según Región. Los rasgos de: el área foliar (AF), el perímetro foliar (PF), la altura de los individuos y la densidad estomática del tejido epidermal 68

Anexo 14: Gráfica de residuales del modelo lineal entre la densidad estomática y las condiciones geográficas y de clima. a. Ubicación en Latitud. b. Temperatura media anual (°C). 68

Anexo 15: Resumen de coeficientes y analisis de varianza (ANOVA) para el modelo lineal entre la densidad estomática y latitud..... 69

Anexo 16: Resumen de coeficientes y analisis de varianza (ANOVA) para el modelo lineal entre la densidad estomática y Temperatura media anual. 70

Anexo 17: Actividades antrópicas relacionadas a *U. molinae*. (a.) Colecta en bosque nativo del sector Ainco de la Región Los Lagos, mostrando un entorno del desarrollo de loteos y ruta. (b.) Expansión forestal en ambientes precordilleranos y cordilleranos de los Andes de la Región Los Ríos. (c.) Déficit hídrico del Rio Rucue en ambientes precordilleranos y cordilleranos de los Andes de la Región del BíoBío. 71

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en especial a mi esposa Maëlle Monnard, su presencia y apoyo hizo que todo esto fuese posible. Dos vueltas al mundo… allez!, JT´B

A la vez a mi madre, dos hermanos, sobrinos, amigas y amigos. Nos vemos por el planeta!

Definitivamente la dedicación, amor y respeto son elementos que lo hacen posible todo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de todo corazón a mi esposa y familia, sus aportes y apoyo a esta idea siempre fue constante, me siento enormemente orgulloso y afortunado de haber recibido todas esas energías.

A todos mis grandes y queridos amigos y amigas, sí tod@s ustedes! Jaja.

A las fábricas de cerveza artesanal, “Ñañito” y “La Mala Maña, para el amor y la locura”. Sostenedores económicos constante para financiar este proceso.

A mi profesora guía Paulette Naulin.

¡Muchas gracias!

RESUMEN

La conservación de los recursos naturales se ha incorporado como prioridad por diversos actores; a pesar de esto la biodiversidad aún sostiene una creciente presión por las actividades antrópicas y por los cambios en las condiciones del clima. La respuesta a estas presiones antrópicas varía entre especies, y con las condiciones ambientales.

El objetivo de este proyecto es evaluar la relación entre la respuesta de los rasgos foliares a la variabilidad ambiental en términos de temperatura media anual (Tma), precipitación media anual (Ppma), índice de aridez (IAr) y uso del territorio a lo largo toda la distribución de una especie, y cómo estos factores podrían afectar el desarrollo de la especie *Ugni molinae,* frente a cambios globales.

Ugni molinae Turcz. es una planta vascular que habita en un amplio rango de condiciones en Chile, es una especie sin clasificación de amenaza y se presentó en un gradiente geográfico con diversas situaciones geomorfológicas, ambientales y antrópicas. *U. molinae* posee colectas históricas, reportadas tanto en la literatura científica como en el herbario EIF. Estos registros históricos se compararon con colectas de terreno realizadas durante el año 2015, en las que se obtuvieron 71 registros distribuidos desde la Región del Maule hasta la Región de Los Lagos, incluso en el territorio insular de la Isla de Chiloé. Las colectas coinciden en gran proporción con los 59 registros de referencia entre los años 1954 y 2007. Las diferencias de la no presencia de *U. molinae*, fue principalmente por actividades antrópicas.

Las colectas se situaron mayoritariamente en ambientes cordilleranos costeros y litorales, seguidos de precordilleranos y cordilleranos de los Andes, y algunas pocas poblaciones en ambientes de la depresión intermedia. La especie está presente en predios forestales (45%), en zonas con desarrollo urbano y vial (21%), y sólo un 34% está en condiciones naturales.

Los rasgos morfológicos de área foliar y perímetro foliar, como también el rasgo funcional de la densidad de estomas (DE) en el tejido epidermal abaxial del tercio central de la hoja, mostraron correlaciones significativas respecto a la condición geográfica y a las variables de clima.

La densidad de estomas del tejido dermal explicada por modelos lineales, muestran que tanto la temperatura media anual como la ubicación latitudinal, condicionan su desarrollo, pero de manera independiente.

Los resultados indican que las condiciones geográficas y de clima influyen en la respuesta del tejido dermal, también aspectos del uso del territorio y las actividades del entorno de donde se ubica una determinada especie; todas podrían indicar las posibilidades de su continuidad y conservación.

Palabras clave: variación de clima, uso del territorio, morfoanatomía, estado de desarrollo, conservación

SUMMARY

The conservation of natural resources has been incorporated as a priority by various actors; despite this, biodiversity is still under increasing pressure from anthropogenic activities and changes in climate conditions. The response to these anthropogenic pressures varies between species, and with environmental conditions.

The objective of this project is to evaluate the relationship between the response of leafy traits to environmental variability in terms of mean annual temperature (Tma), mean annual rainfall (Ppma), aridity index (IAr) and land use throughout the distribution of a species, and how these factors could affect the development of the species against global changes.

Ugni molinae Turcz. is a vascular plant that inhabits a wide range of conditions in Chile, and it is an unclassified species of threat and was presented in a geographical gradient with diverse geomorphological, environmental and anthropological situations. *U. molinae* has historical collections, reported both in the scientific literature and in the herbarium EIF. These historical records were compared with land collections carried out during 2015, in which 71 records were obtained, distributed from the Maule Region to the Lake Region, including the island territory of Chiloé. The collections coincide in great proportion with the 59 reference registers between 1954 and 2007. The differences in the absence of U. molinae were mainly due to human activities.

The collections were mostly located in coastal and coastal mountainous environments, followed by Andean foothills and mountain ranges, and a few populations in intermediate depression environments. The species is present on forest land (45%), in areas with urban and road development (21%), and only 34% are in natural conditions.

The morphological features of leaf area and leaf perimeter, as well as the functional stoma density (SD) trait in the epidermal tissue of the central third of the leaf, showed significant correlations to geographic condition and climate variables.

The results indicate that geographic and climatic conditions influence the response of dermal tissue, as well as aspects of land use and environmental activities of a given species, all of which may indicate the potential for its continuity and conservation.

Keywords: climate variation, land use, morphoanatomy, developmental status, conservation

INTRODUCCIÓN

La preocupación por la conservación de los recursos naturales es tan antigua como la civilización humana, sin embargo, la evolución de las actividades antrópicas mantienen una constante presión, al punto de amenazar la continuidad de las especies, e indirectamente la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos que estas proveen.

El desarrollo de estrategias para la conservación tiene como base la incorporación del conocimiento de un organismo. Este, en muchos casos ha sido aportado desde esfuerzos privados y públicos con intereses en la protección de la biodiversidad, como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y otras instituciones.

Bajo el marco de la conservación, los análisis morfoanatómicos de plantas han permitido comprender aspectos del ambiente o componentes biofísicos que afectan directamente el desarrollo biológico de una especie. Así, algunos rasgos son muestra directa de esta interacción, siendo útiles para evaluar el estado de individuos en el entorno que se desarrollan.

Una comprensión global de las especies es fundamental para elaborar estrategias efectivas de conservación, dada la estrecha relación entre los componentes de un ecosistema. *Ugni molinae* es una especie de la que no existen antecedentes de su relación con el entorno, a pesar de ocupar un amplio rango de condiciones ambientales en Chile.

Observar los rasgos del individuo y su población en terreno, rasgos morfológicos de área foliar (AF) y perímetro foliar (PF); también rasgos anatómicos como la densidad de estomas (DE), permite una mayor comprensión del desempeño biológico de *U. molinae*, permitiendo reconocer potenciales relaciones y presiones ambientales recibidas como organismo en un contexto de desarrollo antrópico y/o natural, aportando bases biológicas para la conservación de la especie.

El estudio del desarrollo de una especie en un gradiente geográfico permite inferir relaciones y respuestas a cambios globales tanto a nivel climático, como el potencial efecto de cambios en el uso del suelo. En el caso de *U. molinae,* identificar su estado en el territorio, considerando contrastantes variaciones registradas desde el uso del territorio a condiciones del entorno (naturales o antrópicas), la hacen un interesante modelo de estudio. Además, relacionar la variación de rasgos morfoanatómicos de la epidermis de la hoja, con la temperatura media anual, precipitación media anual e índice de aridez para diversas ubicaciones en el territorio, permite comprender la potencial respuesta de una especie a cambios climáticos observados en su área de distribución natural.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Criterios en la conservación de la biodiversidad

La preocupación por la conservación de los recursos terrestres y marinos es tan antigua como la propia civilización humana. Sin embargo, en la actualidad la evidencia pública y científica de la magnitud de los cambios que se observan en la naturaleza, entre ellos la extinción global de biodiversidad, ha impulsado el reconocimiento de programas nacionales e internacionales para la protección de especies amenazadas (Balmford *et al.,* 2005; Goble 2006).

Desde la perspectiva ecológica, la diversidad biológica o "biodiversidad" se define como la variedad y variabilidad entre los organismos vivos y los aspectos ecológicos que los incluyen, sostenido en la convención sobre diversidad biológica (OTA, 1987; Walker, 1992). Con una estructura multidimensional y jerarquizada, comprende la suma total de la variación biológica, desde genes individuales hasta ecosistemas (Naeem y Li, 1997; Chapin *et al.,* 2000; Gaston, 2000; Purvis y Hector, 2000; Fryxell *et al.,* 2014). La pérdida de biodiversidad amenaza directamente el bienestar humano, ya que se afectan los servicios ecosistémicos (Díaz *et al.,* 2006).

A partir de la década de 1960 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN ó IUCN en inglés) propone las "listas rojas", en las que se establecen estados de conservación o amenaza para la biodiversidad, comprendiendo desde el nivel de especie hasta ecosistemas. Estas listas incorporan áreas con excepcional concentración de especies y endemismos en el mundo, las que son referencia de muchas organizaciones y modelos enfocados en la conservación de la biodiversidad (Myers *et al.,* 2000).

La conservación en Chile aparece conceptualmente en el Museo Nacional de Historia Natural, donde Carlos Muñoz Pizarro publicó en el año 1973 el libro “Chile: Plantas en Extinción”, estableciéndose así el primer listado de especies amenazadas (Muñoz, 1973). En 1989 se publicó el libro rojo de Benoit, editado por CONAF. En 1994 se publica la Ley 19.300, la que establece las “Bases Generales del Medio Ambiente”. Posteriormente, en marzo del 2005 se da cumplimiento al requerimiento de esta Ley con la publicación del Decreto Supremo N° 75, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Finalmente la Ley 20.417 (26 de enero 2010), modifica la ley 19.300 incorporando las categorías recomendadas por la UICN. En la actualidad, el 19,2% del territorio continental de Chile está protegido dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, con 950 especies de flora y fauna declaradas en algún estado de conservación. Considerando esto, hoy se requiere avanzar sobre evaluaciones continuas que permitan cuantificar la efectividad de las medidas de protección, los esfuerzos actuales de sistematización de la información y generación de criterios, deben incluir con especial detalle las especies que presentan un conocimiento parcial o nulo, lo cual permitirá mejorar las acciones dirigidas a la conservación (Squeo *et al.,* 2001; Squeo *et al.,* 2010 Smith – Ramírez *et al.,* 2015).

Hoy hay un incremento constante de conocimiento proveniente de la descripción de la biodiversidad debido a las presiones ejercidas sobre los ecosistemas y en especial bajo el marco regulatorio actual de la conservación. Algunos aportes han permitido establecer niveles de organización de la biodiversidad, tales como génica, organísmica y ecológica, que corresponden a la base conceptual de modalidades de conservación establecidas internacionalmente (Soulé y Wilcox, 1980). Entre algunas modalidades, la conservación *in situ* de especies amenazadas, integra estos tres niveles en la protección de espacios naturales.

Esta estrategia es reconocida por su efectividad en la mantención de sistemas ecológicos, mediante el resguardo de los componentes que lo sustentan y los procesos que lo constituyen (Conway, 1988; Ashton, 1987; Guerrant *et al.,* 2004).

Otros intereses en la caracterización o criterio para definir la conservación a nivel de especie, generalmente corresponde al estado de amenaza. Considerando esta condición, una especie se define como amenazada cuando presenta un riesgo de extinción en el mediano plazo (al menos 10% de probabilidad de extinción en 100 años). Este valor es referencia por la UICN y otras organizaciones para establecer las “Listas de Especies Amenazadas”, “Lista de Especies con Problemas de Conservación” o “Lista Rojas” (MMA, 2016).

La visión ecológica ha contribuido de manera positiva en programas de conservación (Squeo *et al*, 2001; Gepts, 2006), ya que sus aportes facilitan los esfuerzos clásicos por disminuir la pérdida de biodiversidad de un área geográfica de interés (Compagno, 1990; UICN, 1995). Sin embargo, algunos de los esfuerzos pueden presentar dificultades para la conservación (Soulé, 1985; Lepš, 2004; Goble, 2006; Scott, 2010; Galindo-Leal, 2010; Kareiva, P. y Marvier, M., 2012). Así, la precisión de las definiciones para considerar el estado de la biodiversidad y el riesgo de pérdida o amenazas de las especies, son un desafío multidisciplinario (Tylianakis *et al.,* 2010). Los programas de investigación, protección, recuperación y regulación de especies facilitan la gestión de recursos para implementar acciones enfocadas hacia una conservación efectiva (MMA, 2016).

2.2. Respuestas morfoanatómicas de plantas, aportes desde la comprensión biológica a la conservación de especies

Bajo el marco de la conservación de especies, los análisis morfoanatómicos han permitido comprender aspectos del ambiente o componentes biofísicos que afectan directamente el desarrollo biológico de una especie, es decir su existencia, la que va a depender de los rasgos evolutivos (Givnish, 1979; Reich, *et al.,* 1997). Por ejemplo, la competencia y la disminución de los recursos disponibles generan variaciones en rasgos, pudiendo involucrar cambios en la estrategia de vida, lo que podría influir en la condición de vulnerabilidad de la especie y su definición en el marco de la conservación (Ramirez y Antero, 2014).

En las plantas vasculares, diversos rasgos morfoanatómicos muestran la interacción entre el individuo y el ambiente, siendo estos útiles para evaluar el estado de una especie (Parkhurst y Loucks, 1972). La posibilidad de centrarse en rasgos y sus síndromes, proporciona alternativas cuantitativas para una perspectiva científica asociada a la respuesta de una especie a cambios globales (McGill *et al.,* 2006; Westoby y Wright, 2006).

La búsqueda de rasgos morfoanatómicos en plantas ha aumentado y se ha diversificado para abordar preguntas a nivel de especie, comunidades y ecosistemas, sin embargo, es necesario aplicar definiciones y un conjunto de reglas para apegarse a terminologías que asocia la palabra “rasgo” (Violle, *et al.,* 2007).

Respecto de un "rasgo funcional”, se define como un rasgo morfo – fisio - fenológico que afecta indirectamente la aptitud (“*Fitness”*) a través del efecto sobre el crecimiento, la reproducción y la supervivencia, los cuales componen el rendimiento individual (Violle *et al.,* 2007).

La comprensión de rasgos funcionales en distintas especies de plantas ha permitido establecer la respuesta de éstas a cambios ambientales con amplitud global (Díaz *et al.,* 2002; Cornelissen, *et al.,* 2003). Por ejemplo, a nivel global es importante diferenciar la composición de especies entre sistemas biogeográficos diversos (Poorter y Bongers 2006). A nivel de especie, hay estudios que apuntan a comprender la trayectoria macroevolutiva del sistema vascular en plantas (Brodribb y Feild, 2010; Brodribb *et al.,* 2013), para luego relacionar esta trayectoria con el actual incremento exponencial de CO_2 (Woodward 1987; Kikuzawa, 1995).

Actualmente, la base de datos TRY ("*Plant Trait Database"*) representa un importante conjunto de 3 millones de rasgos que se han descrito para el 23% de las 300.000 especies vegetales que se conocen hoy. Este repositorio representa la materia prima para diversas investigaciones relacionadas a la biología evolutiva, la ecología comunitaria y la biogeografía, ya que describe rasgos implicados en distintos procesos de las etapas vegetativas y reproductivas, cubriendo estructuras para la dispersión, el establecimiento y la persistencia de las plantas (Kattge *et al.,* 2011).

El desarrollo biológico de plantas vasculares, depende de las condiciones del ambiente, siendo fundamentales algunas variables como la temperatura del aire, la disponibilidad de agua, nutrientes y luz, entre otras. En las respuestas de las plantas vasculares a las condiciones del ambiente se observan alteraciones morfológicas como cambios en la estatura y condiciones del follaje (Niinemets, 2001; Molina Montenegro y Cavieres, 2010). También se han reportado variaciones a escala anatómica como respuesta al ambiente, de rasgos tales como: forma, tamaño y densidad de estomas, entre otros (Ferris y Taylor, 1994; Ceulemans *et al.,* 1995; Morison 1998; Pritchard *et al.,* 1999, Ferris *et al.,* 2002; Wullschleger *et al.,* 2002; Wright *et al.*, 2004; Tricker *et al*, 2005; Zhang *et al.,* 2012; Casson y Gray, 2008; Naulin *et al.,* 2017).

Los estomas aparecieron por primera vez en las plantas terrestres hace más de 400 millones de años, desde entonces han cambiado notablemente en tamaño y densidad, datos recientes de diversos campos evidencia su importancia para la fisiología de las plantas, la evolución y la ecología global de la biodiversidad, mencionan que su morfología, distribución y comportamiento responde a un espectro de estímulos, desde señales intracelulares hasta cambios climáticos globales, comúnmente es considerado en la evaluación histórica de concentraciones de CO_2 del planeta (Hetherington y Alistair, 2003).

En relación a la densidad estomática, es de especial interés porque tiene un potencial efecto para el desarrollo del individuo, participan en la ganancia de carbono y en la eficiencia del uso de agua de una planta (Beerling, 1997). En general, es un indicador anatómico que se afecta más por la temperatura que por concentraciones de CO_2 (Luomala *et al.,* 2005). También influyen otros factores ambientales como el ozono (Pääkkönen *et al.,* 1998), radiación UV-B (Visser *et al.,* 1997), estrés por sequía (Pääkkönen *et al.,* 1998; Bosabalidis y Kofidis 2002), posición en un gradiente altitudinal (Hultine y Marshall, 2000) y la posición de la hoja en la planta (Poole *et a.,* 1996; Lockheart, 1998; Lin*,* 2001).

La importancia ecológica de la respuesta en las características morfológicas, anatómicas, fisiológicas, bioquímicas y fenológicas de las plantas sostiene un vínculo directo con la riqueza de especies de otros taxa, debido a su calidad de productor primario en los procesos y servicios del ecosistema (Leuschner, C. 2002; Díaz *et al*., 2006).

Frente a los antecedentes que muestran que las especies de plantas presentan diferentes rasgos y estrategias que le permiten funcionar en un contexto de gradientes biofísicos, este estudio ocupa la especie de planta vascular *Ugni molinae*, distribuida en un amplio rango de condiciones ambientales (Rideman y Aldunate, 2011), como modelo para estudiar las posibles variaciones en respuesta al entorno, lo que puede ser cuantificado a través de sus rasgos.

Los resultados de la investigación abarcando el gradiente geográfico permitieron inferir respuestas del comportamiento biológico de *U. molinae* y su estado de conservación en el territorio, incluyendo la relación entre los rasgos morfoanatómicos de la hoja y diferentes aspectos de clima. A su vez, la susceptibilidad de las poblaciones a cambios globales fue evaluada considerando las variaciones registradas en el uso del territorio y condiciones del entorno de las poblaciones (naturales o antrópicas).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la relación entre la respuesta de rasgos foliares de *U. molinae* y la variabilidad ambiental en términos de temperatura media anual, precipitación media anual e índice de aridez a lo largo de su distribución y su potencial implicancia en la conservación de una especie sin clasificación de amenaza.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las poblaciones de *U. molinae*, sus ambientes climáticos por temperatura media anual, precipitación media anual e índice de aridez a lo largo de su distribución y con el uso del territorio actual con presencia de la especie.
- Evaluar la variación de los rasgos foliares de *U. molinae* a lo largo de su distribución geográfica.
- Evaluar la relación entre las variables ambientales analizadas y los rasgos morfoanatómicos para *U. molinae* en su distribución geográfica.
- Discutir los principales resultados en el ámbito de la conservación.

4. MATERIAL Y MÉTODO

Especie de estudio

La metodología fue desarrollada para cada uno de los objetivos específicos. El material de estudio es *U. molinae*, especie de planta vascular que no se encuentra clasificada en categoría de amenaza. Habita en áreas con temperatura media anual (Tma) de 12 a 13 °C y una precipitación media anual (Ppma) que oscila entre 1.000 y 3.000 mm., períodos secos cortos, no superiores a un mes, desde la Región del Libertador Bernardo O'Higgins hasta la Región de Los Lagos. Se encuentra en una variación altitudinal que va desde los 5 m.s.n.m., valles interiores, hasta sectores elevados de los Andes con 1.300 m.s.n.m. Se desarrolla en forma de arbusto preferentemente a la sombra, en laderas pronunciadas de exposición sur, quebradas hondas, habitualmente con una protección densa de vegetación con una infiltración solar del 40-80% (Rideman y Aldunate, 2011).

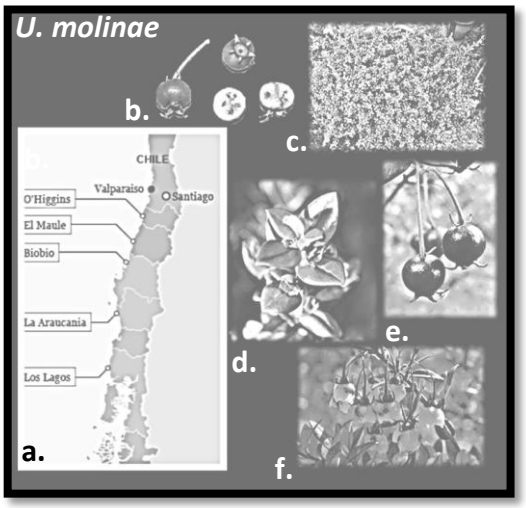


Figura 1: Características de *U. molinae. a*. Mapa de distribución de *U. molinae*. b. Detalle del fruto maduro, c. Arquitectura arbustiva, d. Detalle de las hojas, e. Frutos en desarrollo, f. Flores.

Objetivo específico 1. Caracterización las poblaciones de *U. molinae*, sus ambientes climáticos por las temperatura media anual, precipitación media anual e índice de aridez, con el uso del territorio actual con presencia de la especie.

El territorio ocupado por *U. molinae* previo al 2015 fue determinado en una revisión de la literatura científica y en lo descrito en pliegos del herbario EIF perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales Forestal y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, con lo cual se compiló un registro de presencia histórico de la especie en el territorio de Chile.

La colecta de individuos de *U. molinae,* distribuidas en el territorio de Chile para el año 2015, fue enfocada en 59 sitios referenciados en bibliografía y en otros 12 entornos biofísicos potenciales con la presencia de la especie. Se consideró como sitio de colecta, aquel que contenía 50 individuos como mínimo. Las variables del territorio ocupado por la especie se caracterizaron en distintas unidades de análisis; primero por Región, luego clasificado por unidades de macro relieve. Este último, se categorizó en ambientes cordilleranos costeros y litorales (ACCL), ambientes precordilleranos y cordilleranos de los Andes (APCA) y finalmente los ambientes de la depresión intermedia (ADIN).

En cada sitio de colecta se registró *in situ* la altitud, latitud y longitud por medio de un GPS Garmin 60. Se describieron las variables climáticas de Tma y Ppma, las que se obtuvieron desde “World Clim” (Hijmans *et al.,* 2006). Se determinó el Índice de Aridez (IAr) de acuerdo a la Ecuación 1. Basados en el valor de IAr se estableció una categorización de acuerdo a la Tabla 1 (De Martonne, 1926; Lang, 1915).

Ec.1

$$IAr = \frac{Ppma}{(Tma + 10)}$$

Donde, Índice de Aridez, utiliza la precipitación media anual (Ppma) en mm y la temperatura media anual (Tma) en °C.

Tabla 1: Categorías para el Índice de Aridez (Lang, 1915; De Martonne, 1926).

Índice de aridez	Categoría
0-5	Desértico
5-10	Semidesértico
10-20	Semiárido
20-30	Subhúmedo
30-60	Húmedo
> 60	Perhúmedo

La descripción categórica de cada sitio de colecta consideró también el uso del territorio. Esta variable fue asignada de acuerdo con la siguiente clasificación: bosque nativo, cultivo exótico o territorio urbanizado. La condición del entorno o matriz en la que se encuentra cada sitio muestra la actividad antrópica donde se desarrolla la población, aumentando la escala de observación de las potenciales influencias a nivel paisaje sobre el desempeño de los individuos. Las categorías consideradas se dividen en tres grupos: el primero, predios forestales (cosecha, construcción de caminos secundarios, plantaciones); el segundo, actividades de urbanización y construcción de rutas; el tercero, entorno naturales (quebradas, bosque nativo).

Los sitios visitados con presencia de *U. molinae* en el territorio de Chile para el año 2015, se georreferenciaron utilizando "*Google Earth*". Adicionalmente se establecieron aquellos sitios de colecta históricos de la especie.

Objetivo específico 2: Evaluar la variación de los rasgos foliares de *U. molinae* a lo largo de su distribución geográfica

De cada conjunto de individuos colectados se describió la variable morfológica de altura promedio (HPI) y visualmente la distribución espacial en dispersa o agrupada y la densidad poblacional en baja, media y alta (Figura 2). Se caracterizaron 59 sitios con registro de la especie y 12 sin registro.

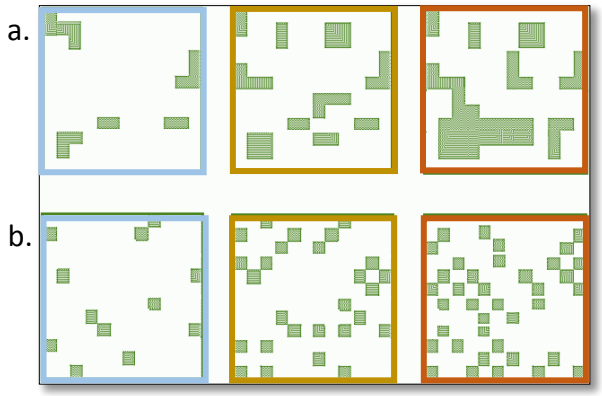


Figura 2: Esquemas de los individuos de *U. molinae,* cuadrado verde: un individuo. En terreno presentes a densidades bajas, medias y altas (celeste-amarillo-naranja). En condiciones de grupos (a) o dispersos (b).

Del total de sitios muestreados con *U. molinae* fueron utilizados 27 para los análisis morfoanatómicos, abarcando todo el rango de distribución de la especie. Tres hojas por individuo y 10 individuos por sitio se utilizaron para los análisis, permitiendo observar y describir el comportamiento biológico foliar de los individuos presentes en un amplio rango de condiciones de distribución.

El material correspondió a hojas enteramente desarrolladas (maduras), colectadas e individualizadas en contenedores con etanol al 70 % v/v para cada sitio. Posteriormente en laboratorio, estas fueron sumergidas durante 72 horas en una solución de FAA (formaldehido, alcohol, acético) y finalmente en etanol al 70 % v/v para su conservación.

Inicialmente, con el fin de describir y evaluar rasgos morfológicos de la hoja, se obtuvo un registro digital de cada lámina entera dispuesta en un escáner Epson Perfection V19, para obtener por morfometría en 810 registros, las variables o rasgos de área foliar (AF) y perímetro foliar (PF). Luego, de esta misma hoja se extrajo un fragmento y caracterizó su tejido epidermal, aplicando el protocolo descrito por Castellaro (2007).

La muestra anatómica de tejido epidermal fue tomada de un fragmento del tercio central de la hoja, el que se dispuso en un portaobjeto luego de ser sometido al proceso de Diafanización. Este proceso, permitió obtener tanto la epidermis adaxial como la abaxial (Stittmatter y Dizeo, 1973; Sandoval, 2005). El protocolo de Diafanización consiste en hervir el fragmento de hoja en etanol al 96% v/v durante 3 minutos, luego se sumerge en solución de 10 ml de hipoclorito de sodio al 7% v/v en una estufa a 30°C hasta que el fragmento esté transparente (6 a 8 horas aproximadamente). Una vez aclarado el material, se aplica una batería de tinción con una solución de agua destilada y safranina ($C_{20}H_{19}N_4Cl$) y se sella por medio de un cubre objeto con gelatina glicerinada como medio de montaje (Castellaro, 2007).

Las 810 muestras fueron observadas por medio de un microscopio trilocular de luz Carl Zeiss Axiostar, al cual se acopló a una cámara Canon híbrida para obtener un registro digital. Las mediciones en los registros morfológicos y anatómicos se realizó con el programa IMAGEJ 1.45 (Abramoff *et al.,* 2004), el que fue calibrado a micras o milímetros, según la escala observada.

La descripción anatómica de la hoja incluye la medición del rasgo funcional densidad de estomas (DE). En cada registro digital de la epidermis abaxial observada en su vista de planta, la DE se mide en un área de 0,1 mm^2 del tejido, con una matriz programada en ImageJ, que extrae y unifica el área de censo de todos los estomas presentes. La DE por individuo se calcula con la media aritmética de tres fragmentos de hojas distintas.

Objetivo específico 3: Evaluar la relación entre las variables ambientales analizadas y los rasgos morfoanatómicos para *U. molinae* en su distribución geográfica

La evaluación cuantitativa de rasgos en *U. molinae* en un amplio record de condiciones de su distribución geográfica para el período 2015, consideró los rasgos morfológicos de la altura promedio de los individuos (HPI), el área foliar (AF) y el perímetro foliar (PF), también el rasgo funcional de la densidad de estomas (DE) en el tejido epidermal. Con el fin de presentar la variabilidad de cada rasgo entre sitios, se aplicó las pruebas de Kruskal Wallis y análisis de comparaciones no paramétricos, previa evaluación de la distribución de los datos por medio de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk. En el analisis de correlaciones de Pearson (rs) se normalizaron datos mediante función "*PowerTransformation*". Los resultados permiten comprender la respuesta de los rasgos descritos en los individuos de *U. molinae* colectados en el amplio gradiente de factores biofísicos que comprenden su hábitat.

La prueba de Pearson (rs) se realizó para evaluar la correlación entre los rasgos morfoanatómicos observados en la especie, y las variables de altitud, latitud y longitud, así como también, con la condición ambiental comprendida por las variables de Tma, Ppma e IAr.

Finalmente, por medio de modelos lineales (LM) (Nelder y Wedderburn, 1972), se evaluó la densidad estomática como variable respuesta a las diferentes condiciones de Tma, Ppma, IAr y latitud, como también el área y perímetro foliar, permitiendo inferir acerca del comportamiento biológico de la especie y la influencia de algunos aspectos biofísicos.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico R (R Development Core Team, 2011).

La información extraída desde el gradiente geográfico en el que se desarrolla la especie, considerando la variabilidad ambiental, el uso del territorio, la susceptibilidad a cambios globales (naturales o antrópicos) y su relación respecto de la caracterización de rasgos morfoanatómicos de la hoja, permitieron inferir relaciones o efectos del cambio en el territorio y definir actividades que afectarían a la especie.

5. RESULTADOS

Es posible afirmar que la distribución de la especie persiste desde la Región del Maule hasta la Región de Los Lagos, con presencia en todas las situaciones del macrorelieve descritas (anexos 1, 2 y 3). Los registros históricos de *U. molinae* que se obtuvieron para el territorio de Chile en publicaciones y/o colecciones datan del año 1954 hasta el año 2006 (Figura 3). Las colecciones descritas se distribuyeron en diferentes condiciones geográficas registrando su longitud, latitud y altitud. El 85% de las colecciones descritas en los registros históricos fueron encontradas y colectadas en el año 2015, mientras que el 15% restante de los registros históricos ya no está presente en la distribución descrita.

Figura 3: Mapa del centro sur de Chile indicando los registros históricos para *U. molinae*. Los círculos amarillos representan puntos de ubicación de las colectas registradas en publicaciones y/o colecciones anteriores al año 2015, para el territorio de Chile.

Caracterización de poblaciones de *U. molinae*, sus ambientes climáticos y el uso del territorio actual con presencia de la especie

Los 71 sitios con presencia de *U. molinae* contenidos entre la Región del Maule hasta la Región de Los Lagos colectados el año 2015 (Figura 4), presentaron una variación altitudinal desde los 15 hasta los 700 m.s.n.m.

Las caracterizaciones regionales de los sitios de colecta en el territorio continental e insular (Chiloé), considera 58 sitios ubicados en el ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL), 10 en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA) y 3 en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN).

Figura 4: Mapa del centro sur de Chile indicando los registros en el período 2015 para *U. molinae*. Los puntos representan sitios de colecta en el ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL-verde), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN-naranjo) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA-morado) del macrorelieve.

La caracterización climatológica de los sitios de estudio se expone en la Tabla 2, se puede observar la variabilidad de Tma, Ppma e IAr.

Tabla 2: Características de la Temperatura y Precipitación media anual (Ppma), Ïndice de Aridez (IAr), de los sitios con *U. molinae* en el territorio de Chile, en el ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA) del macrorelieve (MacRel) de cada Región (los parámetros n= número de sitios; media-d.e= media aritmética y desviación estándar entre sitios).

Región	**MacRel**		**Tma**	**Ppma**	**Iar**	**Rango altitudinal m.s.n.m.**	
		n	(media-d.e)	(media-d.e)	(media-d.e)	min	max
Maule	ACCL	16	12,6 ± 0,5	910 ± 46	40 ± 3	22	593
	APCA	5	11,2 ± 0,9	1.239 ± 111	59 ± 4	357	661
Bio Bio	ACCL	12	11,9 ± 1,0	1.437 ± 228	66 ± 11	42	406
Araucanía	ACCL	11	11,6 ± 0,8	1.590 ± 265	74 ± 13	14	668
	ADIN	2	11,2 ± 1,1	1.853 ± 216	88 ± 15	66	360
Los Ríos	ACCL	10	11,1 ± 0,6	2.121 ± 245	96 ± 10	21	381
	APCA	2	11,6 ± 0,4	2.005 ± 36	93 ± 3	75	100
Los Lagos	ACCL	5	10,7 ± 0,3	2.068 ± 268	89 ± 14	14	115
	ADIN	1	11,1 ± 0,0	1.877 ± 0	89 ± 0	20	20
	APCA	3	10,9 ± 0,6	2.180 ± 130	104 ± 7	49	102
	ACCL - I. Chiloe	4	10,7 ± 0,3	2.221 ± 103	107 ± 6	32	237

Los sitios de colecta para el año 2015 (Figura 4) están relacionados con distintos usos del territorio (Tabla 3); 30 sitios corresponden a plantación o bosque exótico, 36 sitios se ubicaron en bosque nativo, mientras que 5 se situaron en territorio urbano. Las actividades que se desarrollan en el entorno de cada sitio son enfocadas principalmente a predios forestales (32 sitios), mientras que 15 sitios están asociados a actividades de desarrollo urbano y otros 24 están en un entorno natural.

Tabla 3: Número de colectas de *U. molinae* en el año 2015, en las categorías del uso del territorio y la de actividades del entorno. Se muestran según el macrorelieve de cada Región, en el ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA).

Región	MacRel	n	Uso del territorio			Entorno		
			Predio Forestal	Nativo	Urbano	Predio Forestal	Urbanización y construcción de rutas	Natural
Maule	ACCL	16	10	5	1	11	1	4
	APCA	5	2	3	0	2	1	2
Bio Bio	ACCL	12	8	3	1	8	2	2
Araucanía	ACCL	11	4	6	1	4	2	5
	ADIN	2	2	0	0	1	1	0
Los Ríos	ACCL	10	2	8	0	2	2	6
	APCA	2	0	2	0	1	0	1
Los Lagos	ACCL	5	2	3	0	3	1	1
	ADIN	1	0	0	1	0	1	0
	APCA	3	0	3	0	0	2	1
	ACCL - I. Chiloe	4	0	3	1	0	2	2

La distribución a nivel regional para el año 2015 se detalla a continuación, considerando los ambientes climáticos, así como las características del uso del territorio (Figura 5) y ubicación geográfica (Figura 6).

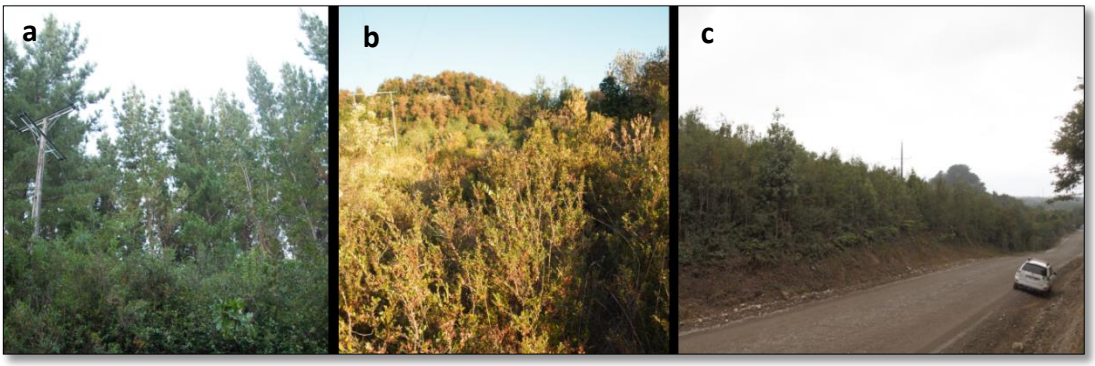


Figura 5: Usos del territorio asociado a *U. molinae,* en las regiones de Chile. a. plantación forestal. b. bosque nativo. c. desarrollo urbano y vial.

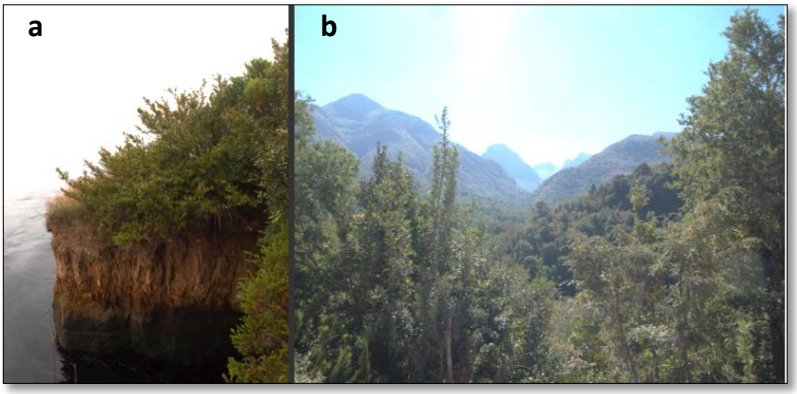


Figura 6: Aspecto del Macrorelieve en el ambiente cordillerano costero y litoral (a) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (b) a lo largo de su distribución en las regiones de Chile, con presencia de *U. molinae*.

La Región del Maule contiene 21 sitios de colecta (Anexo 5), todos ubicados en zonas húmedas según el IAr (Tabla 1). En los ACCL de la Región se ubican 16 sitios con presencia de *U. molinae,* distribuidos en un gradiente altitudinal entre los 22 y los 593 m.s.n.m. Presentan una temperatura media anual que varía entre los 11,9 y los 13,5 °C, mientras que la precipitación varía entre los 839 y los 974 milímetros anuales. Según el uso del suelo, un 62,5% de los sitios se encuentran en plantaciones, un 31,3% en bosque nativo y un 6,3% en desarrollo vial y urbano.

En la misma Región, en APCA se ubican 5 sitios entre los 357 y los 661 m.s.n.m., con temperaturas medias anuales entre los 9,9 y 12 °C, y precipitaciones entre los 1.095 y los 1.366 milímetros. Según el uso del suelo, un 40% de los sitios están presentes en plantaciones y un 60% en bosque nativo.

La Región del BioBio contiene 12 sitios de colecta, ubicados en la zona perhúmeda según el IAr. Están presentes exclusivamente en ACCL (Anexo 6) con altitudes entre los 42 y los 406 m.s.n.m., con temperaturas medias anuales que varían de 9,6 a 13,4 °C, mientras que las precipitaciones medias anuales varían de 968 a 1.652 milímetros. Considerando el uso del suelo, un 66,7% de los sitios está asociado a plantaciones exóticas, un 25% a bosque nativo y un 8,3% a emplazamientos urbanos.

Los sitios colectados en la Región de La Araucanía (Anexo 7*)* ubicados en la zona perhúmeda según el IAr. Se encontraron dos sitios en ADIN, entre los 66 a los 360 m.s.n.m. Tienen una temperatura media anual de 10,4 a 12 °C y una precipitación media anual de 1.701 a 2.006 milímetros. Según el uso del suelo, todas las colectas se asocian a una plantación exótica. Adicionalmente, se encontraron 11 sitios de colecta en ACCL ubicados entre los 14 y los 668 m.s.n.m., con temperaturas medias anuales entre 10,5 y 12,7°C y de 1.231 a 1.987 milímetros para las precipitaciones. En relación con uso de suelo, los sitios de colecta están asociados en un 54,5% al bosque nativo, 36,4% a plantaciones exóticas, y 9,1% a emplazamientos urbanos.

En la Región de Los Ríos (Anexo 8*)*, todas las colectas se ubicaron en zonas perhúmedas según el IAr. Se colectó en dos sitios con *U. molinae* en APCA, los que se ubicaron entre los 75 y los 100 m.s.n.m., con una temperatura media anual que varía entre los 11,3 y los 11,8 °C y precipitación entre los 1.979 y los 2.030 milímetros anuales. Según el uso de suelo, ambos se encuentran en bosque nativo. En el macrorelieve ACCL de esta Región se encontraron 10 sitios de colecta, los que se distribuyeron en una variación altitudinal de 21 a 381 m.s.n.m., en sectores con 10 a 11,6°C de temperatura media anual y con 1.566 a 2.285 milímetros de precipitación media anual. Según el uso del suelo, estos 10 sitios están dispuestos principalmente en bosque nativo (80%) y el resto en plantaciones (20%).

La última zona geográfica con colecta de *U. molinae es* la Región de Los Lagos (Anexo 9). Según el IAr todos se ubicaron en zonas perhúmedas. En APCA existieron 3 colectas situadas entre los 49 y los 102 m.s.n.m. y condicionadas a medias anuales de 10,4 a 11,5°C para la temperatura y de 2.030 a 2.267 milímetros para las precipitaciones. Considerando el uso de suelo, estas se situaron en bosque nativo. En ACCL, cinco sitios se dispusieron entre los 14 y los 115 m.s.n.m., registrando una media anual que varía entre 11,3 y 11,8 °C para la temperatura, y entre 2.030 y 2.267 milímetros para la precipitación. Según el uso de suelo, 60% de las colectas se encontraron en bosque nativo. Solamente un sitio se ubicó a 20 m.s.n.m. en ADIN, condicionado a una temperatura media anual de 11,1 °C, y 1.877 milímetros de precipitación media anual y está asociado a desarrollo vial y urbano.

La Isla de Chiloé, presentó cuatro sitios de colecta en ACCL que se dispusieron entre los 32 y los 237 m.s.n.m., y registran una media anual que varía entre 10,3 y 11,0 °C para la temperatura, entre 2.079 y 2.326 milímetros para la precipitación. Según el uso del suelo, un 75% de las colectas están en bosque nativo y un 25% en desarrollo urbano y vial.

Evaluación de la variación de los rasgos foliares de *U. molinae* a lo largo de su distribución geográfica

Considerando las variables de distribución y agrupamiento de los individuos en los 71 sitios de colecta, éstas no presentaron un comportamiento regular o condicionado a la ubicación geográfica (Tabla 4). La variable HDI muestra una tendencia en la que los individuos son más altos a latitudes mayores dentro de la distribución, sin embargo, el análisis posterior de Kruskal Wallis no mostró diferencia significativa (p>0,05) entre regiones. Considerando los ambientes del macrorelieve y uso del territorio, tampoco se observaron diferencias significativas (p>0,05) para la evaluación de la variación de medias de la HDI.

Tabla 4: Número de colectas (n) por variable en densidad, distribución y altura de los individuos, categorizadas por región y sus ambientes, cordillerano costero y litoral (ACCL), depresión intermedia (ADIN), precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA).

Región	**MacRel**	**n**	**Densidad individuos (n° sitios)**			**Distribución individuos (n° sitios)**		**Altura individuos** "HDI" Rango cm
			Alta	Media	Baja	Disperso	Grupo	
Maule	ACCL	16	2	10	4	9	7	50 a 200
	APCA	5	3	0	2	1	4	50 a 180
Bio-Bio	ACCL	12	6	2	4	7	5	50 a 200
Araucanía	ACCL	11	4	5	2	8	3	25 a 250
	ADIN	2	0	2	0	2	0	80 a 150
Los Ríos	ACCL	10	3	5	2	7	3	80 a 280
	APCA	2	1	1	0	2	0	90 a 320
Los Lagos	ACCL	5	1	4	0	3	2	150 a 400
	ADIN	1	0	1	0	1	0	150
	APCA	3	1	2	0	3	0	200 a 300
	ACCL - I. Chiloe	4	0	3	1	4	0	70 a 400

La caracterización de rasgos morfológicos y anatómicos de la hoja de *U. molinae* (Anexo 4) de la sub-muestra de 27 sitios de los 71 sitios que se colectaron en el año 2015 (Tabla 5) se distribuyeron en todo el territorio colectado y abarcaron los tres macrorelieve, con un patrón predominante en sectores de ACCL (Figura 7).

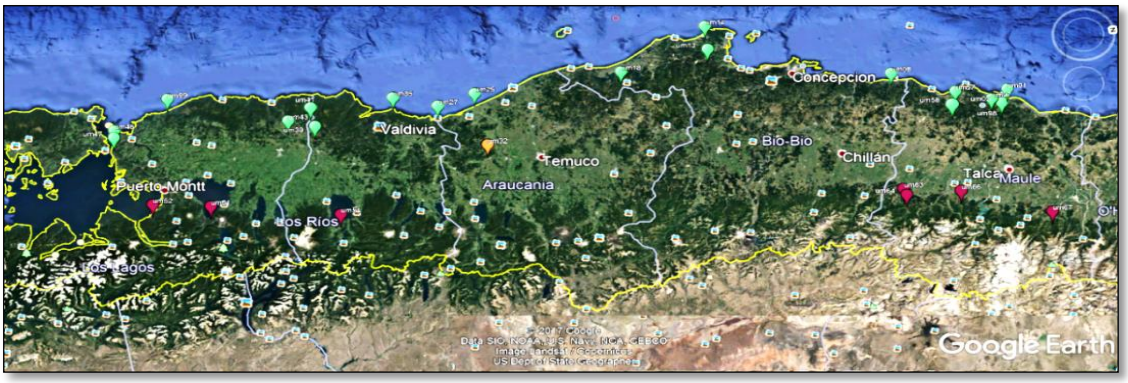


Figura 7: Sitios con *U. molinae* evaluados por morfoanatomía en el ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL-verde), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN-naranjo) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA-morado) del macrorelieve por Región.

Tabla 5: Características morfoanatómicas en hojas de *U. molinae*, colectadas en diversas regiones de Chile.

Región	**n**	**Área Foliar** (mm^2)	**Perímetro Foliar** (mm)	**Densidad Estomatica** (n)
Maule	10	254,2 ± 81,9	77,4 ± 13,8	412 ± 74
Bio-Bio	4	280,9 ± 107,9	81,1 ± 19,7	461 ± 934
Araucania	3	226,7 ± 82,2	68,1 ± 14,4	498 ± 76
Los Ríos	4	318,9 ± 118,1	82,2 ± 13,5	524 ± 71
Los Lagos	6	316,0 ± 106,4	83,3 ± 17,5	481 ± 68

La condición morfológica en la hoja de *U. molinae*, considerando la variación del área foliar (AF) se describe a nivel regional (Figura 8). A este nivel de analisis, los individuos con hojas de menor AF (143,6 ±62 mm^2) se encontraron en el relieve ACCL de la Región del Maule, mientras que los con mayor AF (509,9 ±171,7 mm^2) se situaron en el relieve APCA de la Región de Los Lagos. A pesar de estas diferencias, el análisis Kruskal Wallis no mostró diferencia significativa ($p>0,05$) en función de la variable independiente AF.

Se obtuvo este mismo resultado, pero al evaluar la variación del AF, considerando las variables categóricas del macrorelieve y el uso del territorio.

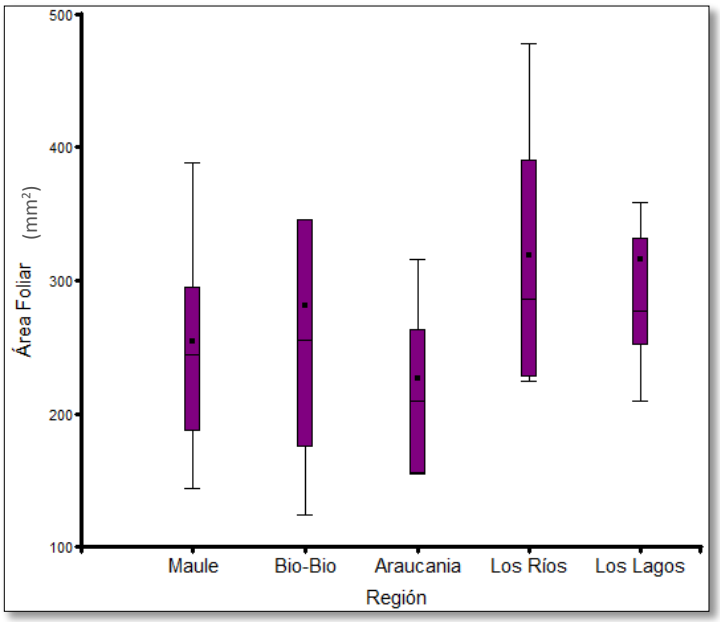


Figura 8: Gráfico de caja del Área foliar promedio de *U. molinae* por región de Chile (caja = 75% de los datos; línea sobre la caja = mediana; punto sobre la caja = media aritmética; barras = ±2 desviación estándar).

La evaluación morfológica de la hoja de *U. molinae* para el perímetro foliar (PF) (Figura 9), mostró que tanto los individuos con hojas de menor PF (56,6 ±15,9 mm) y los con mayor PF (99,9 ±24,9 mm), se situaron en ACCL, en la Región del Maule y en la Región de Los Ríos, respectivamente. Se realizó un análisis estadístico posterior utilizando como variable independiente el PF (Anexo 13). El análisis de Kruskal Wallis no arrojó diferencia significativa. Este mismo resultado se obtuvo en la evaluación de la variación del PF, pero considerando los ambientes del macrorelieve y uso del territorio.

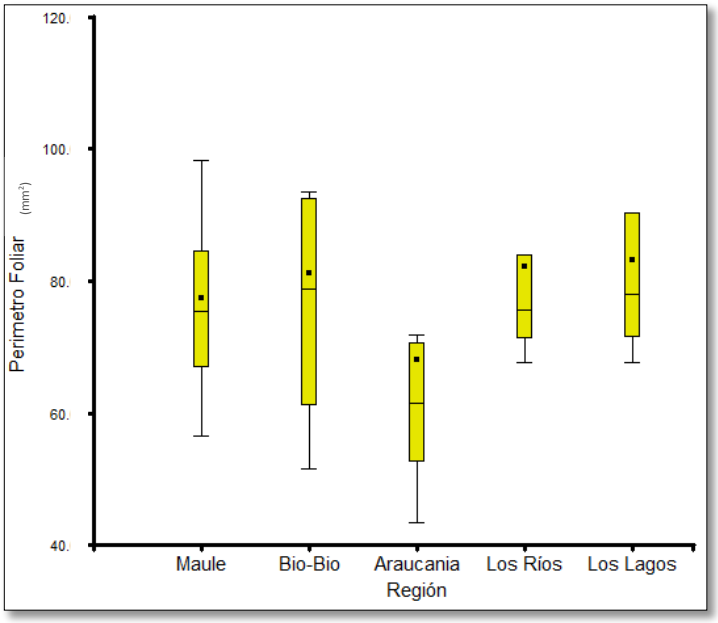


Figura 9: Gráfico de caja del Perímetro foliar promedio de *U. molinae* por región de Chile, (caja = 75% de los datos; línea sobre la caja = mediana; punto sobre la caja = media aritmética; barras = ±2 desviación estándar).

La evaluación de la característica anatómica de la hoja de *U. molinae* (Figura 10), en función de la variación en la densidad del complejo estomático presente en el tejido dermal (Figura 11), mostró que tanto aquellos individuos que presentaron menor DE (319 ±70 estomas) como los que tenían mayor DE (614 ±118 estomas), están situados en el relieve ACCL, uno en la Región del Maule y el otro en la Región de Los Ríos, respectivamente (Figura 10).

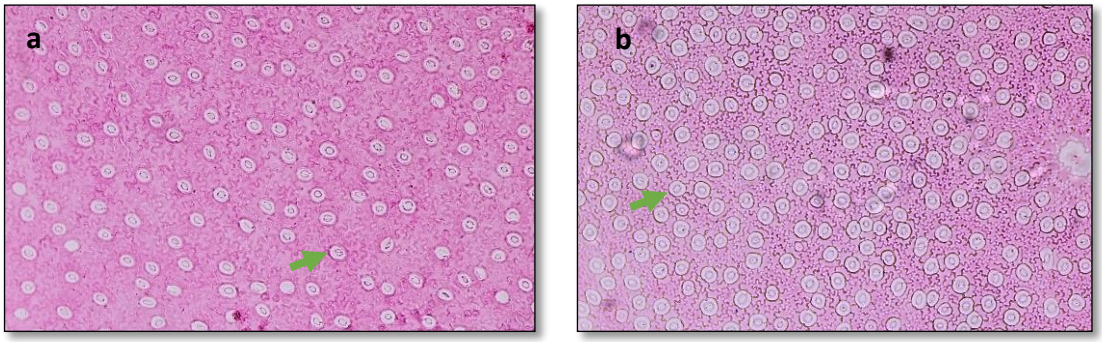


Figura 10: Tejido epidermal abaxial con diferencia en la cantidad de estomas (flecha), extraído desde las hojas colectadas de individuos ubicados en la Región del Maule (a) y en la Región de Los Ríos (b).

El resultado de Kruskal Wallis (Anexo 13) indica que esta variable independiente no muestra diferencia significativa a nivel regional. Estos mismos resultados se obtuvieron para la evaluación de la variación, pero categorizadas según los ambientes del macrorelieve.

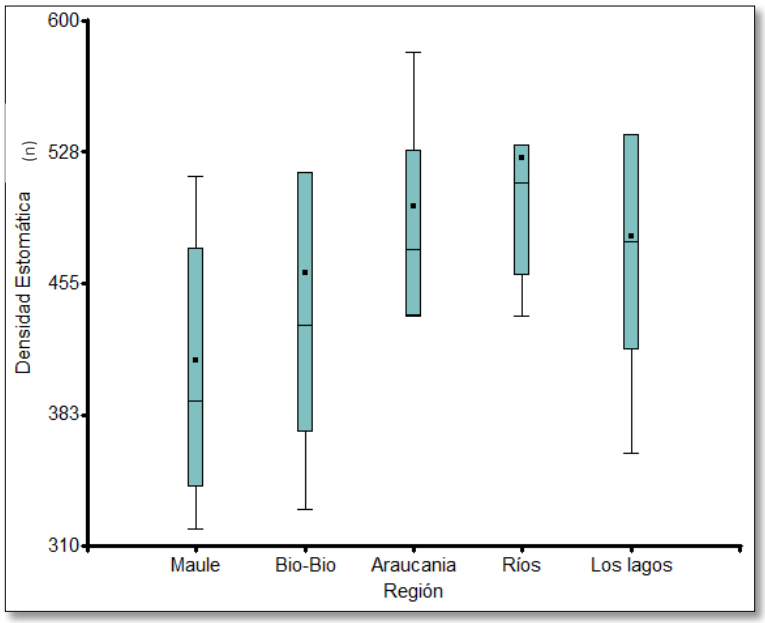


Figura 11: Gráfico de caja de la densidad estomática promedio en el tejido epidermal abaxial de *U. molinae* por región de Chile (caja = 75% de los datos; línea sobre la caja = mediana; punto sobre la caja = media aritmética; barras = ±2 desviación estándar).

Las medias de la DE en los distintos usos del territorio muestra diferencia significativa ($p<0,05$; R^2: 0,21; F-valor: 7,8), es decir que el comportamiento del tejido dermal entre individuos colectados desde predios forestales es significativamente diferente de aquellos obtenidos del bosque nativo (Figura 12).El tejido epidermal con influencia del uso asociado a predios forestales muestra una media de 417 (±71) estomas por la unidad de superficie definida en 0,1 mm^2, mientras que con la influencia asociada a bosque nativo muestra una media de 496 (±73) estomas para la misma superficie.

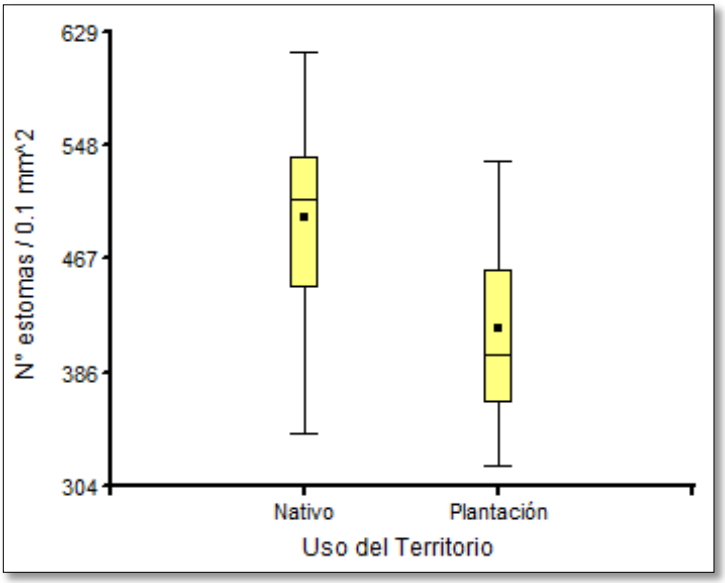


Figura 12: Gráfico de caja de la densidad estomática promedio en el tejido epidermal abaxial de *U. molinae*, según diversos usos del territorio (caja = 75% de los datos; línea sobre la caja = mediana; punto sobre la caja = media aritmética; barras = ±2 desviación estándar).

Relación entre las variables ambientales analizadas y los rasgos morfoanatómicos para *U. molinae* en su distribución geográfica

La caracterización de rasgos morfológicos y anatómicos de la hoja de *U. molinae* colectadas en el año 2015 (Anexo 4), tienen relaciones significativas ($p<0,05$) luego del análisis de comparaciones múltiples de Pearson (rs) (Anexo 12), especialmente considerando las condiciones del ambiente y ubicación geográfica (Figura 13).

La disponibilidad de precipitación incrementa en los sectores ubicados al sur de la distribución de *U. molinae* (Figura 13), esto es posible de precisar en ACCL Y APCA. En cambio, las temperaturas medias anuales disminuyen en estos sectores (Figura 13), pero solamente en ACCL. También la altitud disminuye al sur de la distribución de *U. molinae* (Figura 13), en ACCL Y APCA. Las colectas en ADIN no permiten diferenciar gradientes de las variables ambientales y de ubicación geográfica mencionadas (Figura 13).

Entre los rasgos evaluados, en la escala morfológica, la altura promedio de los individuos se relaciona positivamente en sitios ubicados a mayor latitud de su distribución (rs: 0,59) y en ambientes con mayores precipitaciones (rs: 0,57). El área foliar también se relaciona positivamente con la variable ambiental Ppma (rs: 0,39).

En la escala anatómica, la densidad de estomas se relaciona positivamente con la latitud (rs: 0,45) y a los ambientes húmedos según IAr (rs: 0,39), no así con la temperatura, ya que se relacionan negativamente (rs: -0,57). Al integrar ambas escalas de observación, morfológica y anatómica, estas se relacionan negativamente. La DE de la hoja disminuye en individuos con hojas de gran AF (rs: -0,53) y gran PF (rs: -0,64).

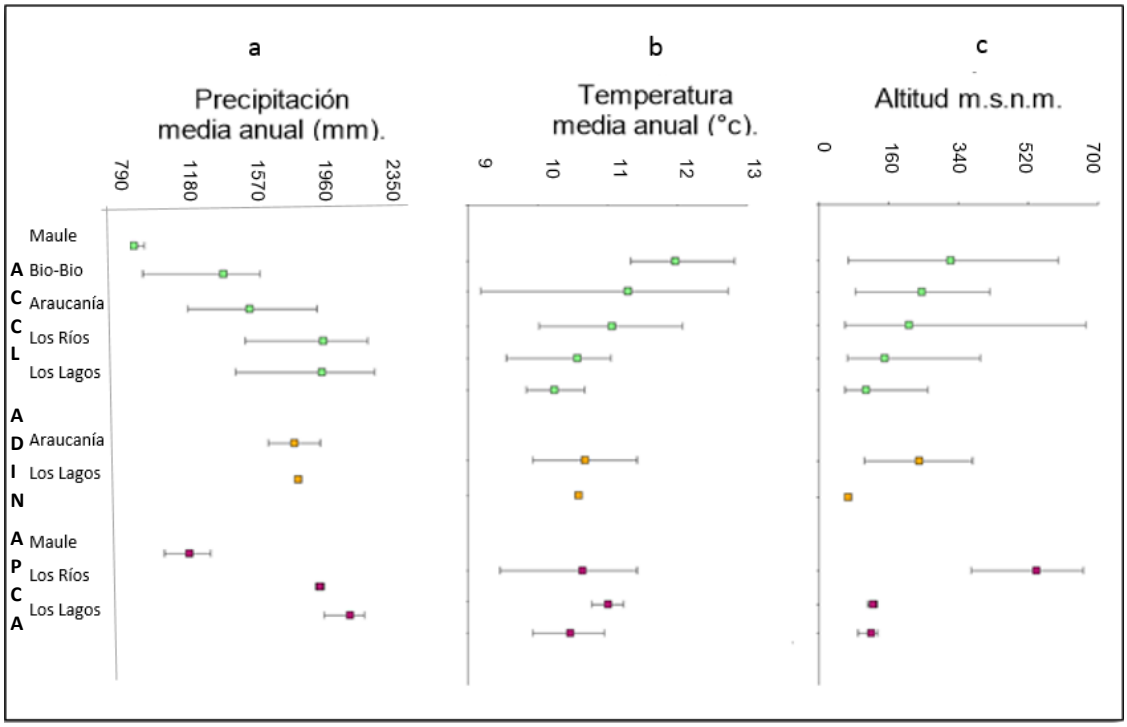


Figura 13: Gráfico de medias (con min. y máx.) de la condición geográfica y clima en ambiente cordillerano costero y litoral (ACCL-verde), en el ambiente de la depresión intermedia (ADIN-naranjo) y en el ambiente precordillerano y cordillerano de los Andes (APCA-morado) del macrorelieve por Región con presencia de *U. molinae*. a. Altitud (m.s.n.m.). b. Temperatura media anual (°C). c. Precipitación media anual (mm).

Se evaluó con un modelo lineal la relación entre la respuesta del tejido epidermal con las variables climáticas y geográficas (Figura 14). La condición del ambiente, en cuanto a la temperatura media anual (R^2: 0,21; F-valor: 6,7; Pr<F: 0,01) y la ubicación latitudinal de los sitios con presencia de *U. molinae* (R^2: 0,20; F-valor: 6,4; Pr<F: 0,01), de manera independiente, son factores significativos que condicionan el desarrollo de la densidad estomática, la distribución de residuales no evidencia valores atípicos, muestran ser aleatorios, por lo que es una buena indicación de que el modelo de regresión se ajusta en ambas variables (anexos 14, 15 y 16).

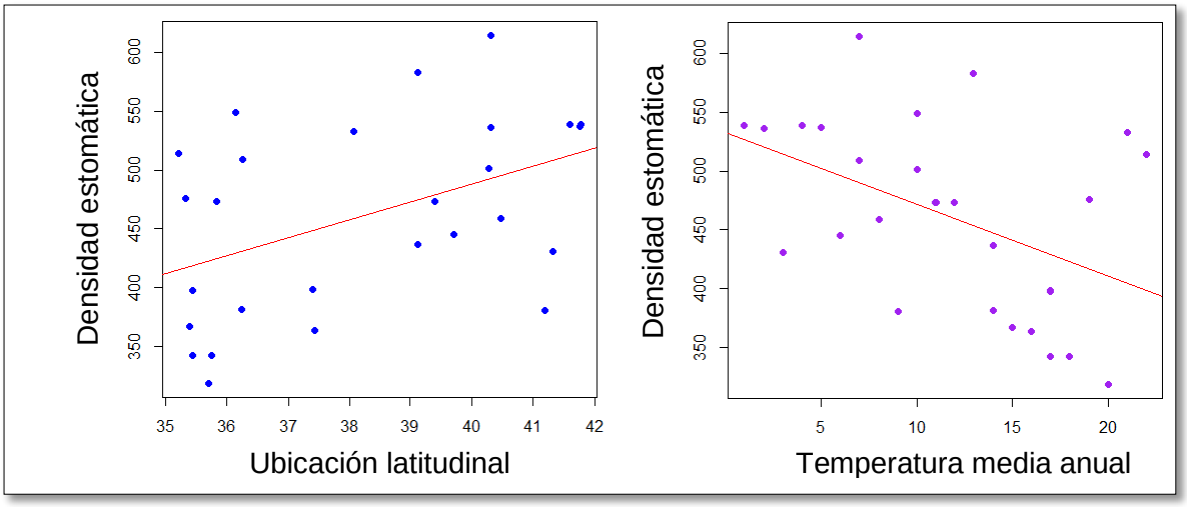


Figura 14: Modelo lineal de la respuesta de la densidad estomática considerando las variables de latitud (F-valor: 6,4; R^2: 0,20) y temperatura media anual (F-valor: 6,7; R^2: 0,21) como factores independientes.

Discutir los principales resultados en el ámbito de la conservación

Aquellos sitios con registros de colectas históricas y que hoy no están ocupados por *U. molinae* se asocian a la expansión urbana y de rutas, principalmente en lugares como Linares, Ancud, Temuco y sus alrededores. En el mismo ámbito, otros registros se ubicaron en cultivos exóticos, por lo que se podría indicar la expansión urbana y la actividad silvoagropecuaria como responsables de la ausencia de *U. molinae* dentro de su zona de distribución. Sin embargo, más antecedentes son necesarios para afirmar esta condición, pero marca un precedente de como las actividades antrópicas han afectado a las especies.

La falta de información respecto del uso del territorio asociado a colectas pasadas no permite comparar el registrado de las colectas del 2015, sin embargo, la predisposición de cada ambiente a sufrir modificaciones abruptas (naturales o antrópicas), es un factor que puede llegar a determinar la respuesta y presencia de la especie. Al menos 15 poblaciones registradas en el año 2015, ubicadas en ambientes de la cordillera de la costa y litoral, desde la Región Libertador hasta la Región del BioBio, pudieron ser afectadas por actos de incendios provocados en predios forestales, alrededor de 600.000 hectáreas se vieron afectadas para la temporada 2016-2017. Se declara a dos poblaciones que fueron afectadas por este incendio, que se estaban ubicadas en sectores del predio “Pantanillo”, perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza.

Aquellos sitios de colecta ubicados en bosque nativo (34%) podrían afectarse en el futuro cercano, ya que una porción de estos está en una matriz de predios forestales o actividades de urbanización y construcción de rutas (Tabla 3).

Los rasgos morfoanatómicos de la hoja de *U. molinae* (Tabla 5), como el área foliar (AF) y perímetro foliar no presentaron diferencias significativas, ni se distribuyeron en patrones o grupos particulares, según el uso del territorio, la ubicación según la región y el macrorelieve. En contraste, la variable DE muestra diferencias significativas según el uso del territorio.

Datos recientes de diversos campos de investigación han resurgido y establecido un nuevo interés con respecto al complejo estomático del tejido dermal en plantas vasculares, tanto para la fisiología de las plantas, la evolución y la ecología global (Alistair, 2003). La DE en *U. molinae*, mostró tener respuestas negativas en relación a aumentos de temperatura media anual, en cambio, tiene respuestas positivas con aumento en latitud (-) y en ambientes de zonas perhúmedos según IAr.

Respecto del desempeño de una especie, es relevante determinar las condiciones ambientales a gran escala que permiten el desarrollo. *U. molinae* en su distribución en Chile mostró estar presente fuertemente en la zona perhúmeda (Tabla 2) y responder de manera distinta en su densidad estomática respecto del uso del territorio en que se encuentre.

Este estudio sugiere que los cambios globales en estas condiciones podrían limitar el desarrollo de *U. molinae*, ya que los resultados de modelos lineales mostraron que la densidad de estomas en el tejido epidermal depende de la Tma y Latitud. En términos generales, identificar factores del ambiente que afecten el desarrollo de la biodiversidad y humanidad, favorecería a identificar posibles objetos de conservación con distintos niveles de susceptibilidad a los cambios globales (Díaz *et al.*, 2006).

6. DISCUSIÓN

Este estudio presenta un análisis integral que permite inferir la respuesta de *U. molinae* a situaciones ambientales cambiantes. Para ello se comparó la presencia de la especie en Chile entre la colecta del año 2015 (Figura 4*)* y registros anteriores este año (Figura 3) y se utilizaron las variables de descripción del territorio según el uso en los sitios de colecta y las actividades de uso en el entorno (Tabla 3), además de la evaluación y relación (Anexo 12) entre la caracterización de rasgos morfológicos y anatómicos de la hoja de *U. molinae* (Tabla 5), la ubicación geográfica y la condición climática de los sitios (Tabla 2).

Hubo registros de referencia no visitados en APCA de la Región de la Araucanía y la Región de Los Ríos, debido a la erupción de algunos volcanes ubicados en estas zonas durante el período de colecta. En el caso de la erupción del volcán Villarrica (2015), este evento natural afectó varias hectáreas y probablemente también a algunas poblaciones de *U. molinae* en sectores de Pucón y Tapihue en la IX Región. La misma situación debió de ocurrir en áreas con la presencia de la especie y afectadas por la erupción del volcán Calbuco (2015).

Considerar el uso del territorio puede ser condicionante en las oportunidades para el desarrollo de *U. molinae* (Figura 12). Los sitios de colecta se asocian fuertemente a usos con fines económicos, específicamente a predios forestales (45%) y al desarrollo urbano y vial (21%).

Al menos un 15% de las poblaciones *U. molinae* se verían afectadas por cambio en el uso de territorio, a actividades antrópicas, tales como: desarrollo de rutas, la expansión de la urbe o por el desarrollo de predios forestales. Esto se observó principalmente de colectas extraídas en bosque nativo con cambio de uso de suelo para expansión urbana o loteos de parcelación, por ejemplo en sectores

cercanas a Ainco (Anexo 17) y Constitución, en ambas localidades el entorno condiciona la existencia de los individuos que constituyen la población.

Chile, en el período entre la primera mitad del siglo XIX y mediados del siglo XX, mostró un aumento poblacional, subdivisión de tierras y la destrucción de grandes extensiones de bosques nativos, para el desarrollo de poblados, agricultura y ganadería, además de fuertes oportunidades hacia los sectores económicos e incentivos para su desarrollo en regiones del sur del país (Bosque para Chile, 2011).

En caso del sector forestal, favorecido por la promulgación de la Ley de Bosques en el año 1931, luego por la regulación de las actividades forestales, se fortalece con la promulgación del Decreto Ley 701 de Fomento Forestal (1974), con el establecimiento de la Tipología Forestal, y el Decreto Supremo 259, que establece regulaciones para la corta en bosque nativo (Laroze, A. 2014).

La expresión de “Chile, País Forestal”, acuñada a fines del siglo XX justifica 3 millones de hectáreas de plantaciones (pino y eucalipto), que representan un 3,5% del Producto Interno Bruto Nacional y un 13% de las exportaciones. Esto podría condicionar y justificar la oportunidad en el pasado, pero también las del futuro que tiene la especie *U. molinae*, como también otros componentes de la biodiversidad con los que se asocia (Anexo 17).

La fuerte presión que ejercen las faenas desarrolladas en predios forestales (Castillo *et al.*, 2003), puede aminorarse y con ello mejorar el impacto ecológico, con prácticas de bajas densidades y rotaciones cortas, cosecha y manejo de desechos, entre otras enfocadas en favorecer la continuidad y la coexistencia de especies con diferente origen y uso.

En algunos casos de zonas recién cosechadas no se encontraron individuos de *U. molinae*, sin embargo, observaciones durante la colecta muestran que se recupera lentamente en el tiempo a pesar de lo invasivo de la faena. Considerando a recuperación de las poblaciones, no es posible determinar que sus individuos fueron sobrevivientes a la cosecha y persisten en el tiempo, o que son producto de la reproducción sexual o asexual de la especie, estos diversos escenarios pueden ser considerados en investigaciones futuras, evaluando las posibilidades de dispersión de semillas por la fauna y/o la existencia de semillas e individuos remanentes.

Una de las oportunidades que contribuyó al explosivo aumento en la superficie del recurso forestal, es la buena adaptación del pino insigne (*Pinus radiata*) al terreno y a los ambientes en el centro sur de Chile (Anexo 17). De hecho desde la segunda mitad del siglo XX, la producción anual de madera aserrada aumentó de un 3% a un 85% luego de 30 años (Bosques para Chile, 2011), lo que generó una oportunidad y demanda de territorio tal que se refleja en la condición actual respecto de la fuerte relación entre esta especie y *U. molinae*, dado que ambos pueden coexistir en estratos de dosel superior y de sotobosque.

En resumen, en las actividades antropogénicas que se relacionan con *U. molinae,* tanto la presencia de monocultivos, como también el desarrollo urbano y rutas, son los factores con mayor influencia en la persistencia de esta especie, 47 de las 71 colectas del año 2015 estaban en una de estas situaciones. Evidencias en terreno, también resaltan la importancia de evaluar en investigaciones similares el efecto de la disponibilidad del recurso hídrico (Anexo 17), a nivel de la cuenca u otras escalas (Hawkins *et al.,* 2003).

Los estomas se distribuyen por casi toda el área del tejido dermal de la hoja y desempeñan un papel fundamental en la regulación del intercambio de gases y conducción de agua en la planta (Pääkkönen *et al.,* 1998; Bosabalidis y Kofidis, 2002) es decir que inciden indirectamente sobre el desempeño (*"Fitness"*) de los individuos (Chaerle *et al.,* 2005).

El tejido epidermal de la hoja colectada en un predio forestal tiene menor densidad de estomas, que aquel tejido de hoja obtenida en un bosque nativo. Las condiciones ambientales, la temperatura media anual muestra una relación negativamente con el desarrollo de estomas, mientras que con la latitud, la relación es positiva.

En las hojas maduras de *U. molinae*, el comportamiento en densidad de estomas fue variable entre sitios de colecta, considerando principalmente diferentes usos del territorio al que se somete. Alcances que explican esta condición, indican que durante la génesis de la hoja se determina la densidad estomática y la red del tejido vascular, mientras que al madurar se determina el número de células epidermales y sus dimensiones (Sack y Scoffoni, 2013), entonces el análisis de hojas maduras de *U. molinae* implica una buena relación entre las condiciones de desarrollo del individuo y las características de su epidermis.

Factores del ambiente pueden modelar las vías de formación y frecuencia de estomas en las hojas, tales como la intensidad de la luz o el CO_2 (Salisbury, 1927; Tichá, 1982; Woodward, 1987) lo que puede incidir indirectamente sobre el desempeño de los individuos, por ejemplo en aquellos ambientes con altas concentraciones de CO_2 que conlleva un incremento en la temperatura, y a una disminución en la conductancia foliar en los individuos (Field *et al.*, 1995). La relación negativa entre las temperaturas y la densidad estomática en *U. molinae*, podría indicar que se afecta directamente s su conductancia foliar.

La DE en *U. molinae*, en parte está condicionada a factores de cambios globales, como la Tma (R^2:0,20) y Pma (R^2:0,20), como también, existen otras variables que dan cuenta de su desarrollo. La heterogeneidad de la densidad de estomas en *U. molinae* podría ser explicada por las diferencias en el tejido dermal, como también en el sistema funcional y vascular de las hojas, en conjunto de diversas condiciones ambientales (Beerling y Woodward, 1995; Croxdale, 2000; Sack y Scoffoni, 2013). Existen también diferencias en la densidad estomática entre especies de distintas escalas evolutivas (Naulin *et al.,* 2017). Adicionalmente, la morfología, distribución y comportamiento estomático, responde con señales intracelulares a cambios en el ambiente y a todas las escalas de tiempo (Hetherington y Woodward, 2003). En *Arabidopsis* se han identificado varios componentes y señales genéticas que regulan este mecanismo, manteniendo un mínimo de células epidérmicas entre estomas (Casson *et al.,* 2008).

En resumen, los resultados indican que las acciones de uso del territorio, y algunas condiciones geográficas y de clima, son condicionantes para el desarrollo de *U. molinae* y posiblemente de otras especies, cuyas oportunidades y alternativas futuras además están sometidas a escenarios de cambios globales, que podrían disminuir las alternativas para su desarrollo (Conget y Nuñez, 2008).

7. CONCLUSIONES

La distribución de *U. molinae*, que comprende desde la Región del Maule hasta la Región de Los Lagos, incluso en el territorio insular de la Isla de Chiloé, no ha tenido alteraciones significativas, las 71 poblaciones colectadas en su mayoría tenían registros previos en las publicaciones y/o colecciones entre los años 1954 y 2006.

El uso de territorio se debe destacar como un agente responsable en la persistencia de las especies. Las condiciones de los ambientes cordilleranos costeros y litorales, ha favorecido las oportunidades y la demanda de territorio por diversos sectores productivos, en consecuencia, la condición actual de las poblaciones de *U. molinae* muestra una fuerte asociación con predios forestales, dado que ambos pueden coexistir en estratos de dosel superior y de sotobosque.

En la necesidad de avanzar en las consideraciones para definir el estado de la biodiversidad y el riesgo de pérdida o amenazas, aspectos del territorio, como las condiciones del entorno de donde se ubica una determinada especie, corresponde una variable que podría indicar las posibilidades de su continuidad, por tanto sería interesante indagar en más antecedentes de su aporte en la toma de decisiones para la conservación de especies, ya que comúnmente se considera presencia, como también establecer estándares métricos.

La caracterización y comprensión morfoanatómica de las hojas, la ubicación geográfica y la condición del clima permiten determinar el estado de una especie. En este estudio se demostró que las correlaciones significativas entre estas variables y la construcción de modelos establecen una base en la comprensión del comportamiento biológico de los individuos sometidos a ambientes que pueden experimentar cambios abruptos, en especial frente a la proyección futura de incremento en temperatura y desarrollo urbano. De esta manera se pueden proyectar acciones que favorezcan la coexistencia de especies que habitan en situaciones de conflicto por uso.

8. BIBLIOGRAFÍA

ABRAMOFF, M.D., MAGALHAES, P.J. Y SUNANDA J. 2004. *Image processing with ImageJ*, *Igitur Archief-Utrecht Publishing and Archiving Service*. [En línea] Recuperada en: <http://www.temoa.info/es/node/321343> Consultada el: 25 de septiembre de 2012.

HETHERINGTON, A.M., Y WOODWARD, F.I. 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change. Nature 424(6951), 901.

ASHTON, P.S. 1987. Biological considerations in in-situ versus ex-situ plant conservation. En: Botanic Gardens and the World Conservation Strategy. eds. Academic Press, London, p. 117-130.

BALMFORD, A., BENNUN L., TEN BRINK B. 2005. The convention on biological diversity's 2010 target. Science 307, 212 – 213.

BEERLING, D.J., BIRKS, H.H., y WOODWARD, F.I. 1995. Rapid late-glacial atmospheric CO2 changes reconstructed from the stomatal density record of fossil leaves. Journal of Quaternary Science 10(4), 379-384.

BENOIT, C. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera Parte).

BRODRIBB, T.J., Y FEILD, T.S. 2010. Leaf hydraulic evolution led a surge in leaf photosynthetic. Ecology letters 13(2), 175-183.

BOSABALIDIS, A. M., Y KOFIDIS, G. 2002. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. Plant science 163(2), 375-379.

BOSQUES PARA CHILE. 2011. Chile, país Forestal. [En línea]. <http://www.bosquesparachile.cl/bosques.asp?id=317&ids=465&idq=488&pagina=4>.

BRODRIBB, T.J., JORDAN, G.J., Y CARPENTER, R.J. 2013. Unified changes in cell size permit coordinated leaf evolution. New Phytologist 199 (2).

CASSON, S., Y GRAY, J.E. 2008. Influence of environmental factors on stomatal development. New Phytologist 178(1).

CASTELLARO, G., SQUELLA, F., ULLRICH, T., LEÓN, F. Y RAGGI, A. 2007. Algunas técnicas microhistológicas en la determinación de la composición botánica de dietas de herbívoros. Agricultura técnica (Chile) 67(1).

CASTILLO, M., PEDERNERA, P., Y PEÑA, E. 2003. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. Revista ambiente y desarrollo de CIPMA 19(3), 44-53.

CEULEMANS, R., PRAET, LV, Y JIANG, XN. 1995. Effects of CO2 enrichment, leaf position and clone on stomatal index and epidermal cell density in poplar (*Populus*). New Phytologist 131 (1), 99-107.

CHAPIN F.S., ZAVALETA E.S., EVINER, V.T., NAYLOR, R.L., VITOUSEK, T.M., REYNOLDS, H.L., HOOPER, D.U., LAVOREL, S., SALAS, O.E., HOBBIE, S.E., MACK, M.C. Y DÍAZ, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. Nature 405: 234-242.

COMPAGNO, L.J.V. 1990. Shark exploitation and conservation. Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries (HL Pratt, Jr., SH Gruber, and T. Taniuchi, eds). p. 391-414.

CONGET, C.F. Y NÚÑEZ, M. 2008. Hacia un nuevo modelo forestal en Chile. Revista Bosque Nativo. <http://revista.bosquenativo.cl/volumenes/47/2_opinion.htm>.

CONWAY, J.W. 1988. Can technology aid species preservation? En: Biodiversity. Wilson, E.O., ed., National Academy Press, Washington, DC, pp. 263-268.

CORNELISSEN, J.H.C., LAVOREL, S., GARNIER, E., DÍAZ, S., BUCHMANN, N., GURVICH, D.E. Y PAUSAS, J.G. 2003. Un manual de protocolos para la medición estandarizada y fácil de rasgos funcionales de plantas en todo el mundo. Australian Journal of Botany 51 (4), 335-380.

CROXDALE, J.L. 2000. Stomatal patterning in angiosperms. American Journal of Botany 87(8), 1069-1080.

DÍAZ, S., FARGIONE, J., CHAPIN III, F. S., Y TILMAN, D. 2006. Biodiversity loss threatens human well-being. Plos biology 4(8), e277.

DIZEO DE STRITTMATTER, C. 1973. Nueva técnica de diafanización. Bol. Soc. Arg. Bot 15 (1), 126-129.

FERRIS, R., Y TAYLOR, G. 1994. Stomatal characteristics of four native herbs following exposure to elevated CO2. Annals of Botany. *73* (4), 447-453.

FERRIS, R., LONG, L., BUNN, S.M., ROBINSON, K.M., BRADSHAW, H.D., RAE, A.M., Y TAYLOR, G. 2002. Leaf stomatal and epidermal cell development: identification of putative quantitative trait loci in relation to elevated carbon dioxide concentration in poplar. Tree Physiology *22*(9), 633-640.

FIELD, C.B., JACKSON, R.B., y MOONEY, H.A. 1995. Stomatal responses to increased CO2: implications from the plant to the global scale. Plant, Cell & Environment 18(10), 1214-1225.

FRYXELL, J.M., SINCLAIR, A.R. Y CAUGHLEY, G. 2014. Wildlife ecology, conservation, and management. John Wiley y Sons.

GALINDO-LEAL, C. 2000. Ciencia de la conservación en América Latina. Interciencia. vol. 25, no 3, p. 129-135.

GASTON, K.J. 2000. Global patterns in biodiversity. Nature 405, 220-227.

GEPTS, P. 2006. Plant genetic resources conservation and utilization. Crop Science 46(5), pp. 2278-2292.

GIVNISH, T. 1979. On the adaptive significance of leaf form. In Topics in plant population biology. pp.375-407. Macmillan Education UK.

GOBLE, D.D. 2009. The Endangered Species Act: what we talk about when we talk about recovery. Natural Resources Journal 49 (1), 1-44.

GUERRANT, E.O., ASILOS, K. Y MAUNDER, M. 2004. La conservación ex situ de plantas: el apoyo a la supervivencia de las especies en el medio natural (Vol. 3). Island Press.

HAWKINS, B.A., FIELD, R., CORNELL, H.V., CURRIE, D.J., GUÉGAN, J.F., KAUFMAN, D.M. Y PORTER, E.E. 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. Ecology 84(12), 3105-3117.

HETHERINGTON, A.M. Y WOODWARD, F.I. 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change. Nature, 424(6951), 901.

HIJMANS, R.J.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L. 2006. WorldClim Global Climate Layers Version 1.4. <http:// www. worldclim.org.>.

HULTINE, K. R. Y MARSHALL, J. D. 2000. Altitude trends in conifer leaf morphology and stable carbon isotope composition. Oecologia 123(1), 32-40.

KAREIVA, P. Y MARVIER, M. 2012. What is conservation science?. BioScience. 62(11), 962-969.

KIKUZAWA, K. 1995. Leaf phenology as an optimal strategy for carbon gain in plants. Canadian Journal of Botany *73*(2), 158-163.

LALIBERTÉ B. 1997. Botanic garden seed banks / genebanks worldwide, their facilities, collections and network. Botanic Gardens Conservation News 2, 18-23.

LAROZE, A. 2014. Cambio climático y fomento a la forestación. LIGNUM: bosque, madera y tecnología. [En línea]. <http://www.lignum.cl/columnas/cambio-climatico-y-fomento-la-forestacion/>.

LAROZE, A. 2014. Chile, país de sustentabilidad forestal. LIGNUM: bosque, madera y tecnología. [En línea]. < http://www.lignum.cl/columnas/chile-pais-de-sustentabilidad-forestal/>.

LAROZE, A. 2016. Reactivación del fomento a la forestación. LIGNUM: bosque, madera y tecnología. [En línea]. < http://www.lignum.cl/columnas/reactivacion-del-fomento-a-la-forestacion/>.

LIN, J., JACH, M. E., & CEULEMANS, R. 2001. Stomatal density and needle anatomy of Scots pine (Pinus sylvestris) are affected by elevated CO2. New Phytologist 150(3), 665-674.

LOCKHEART, MJ, POOLE, I., VAN BERGEN, PF, Y EVERSHED, RP 1998. Composiciones de isótopos de carbono de hoja y caracteres estomáticos: consideraciones importantes para las reconstrucciones de palaeoclima. Organic Geochemistry 29(4), 1003-1008.

LUOMALA, E., LAITINEN, K., SUTINEN, S., KELLOMÄKI, S., Y VAPAAVUORI, E. 2005. Stomatal density, anatomy and nutrient concentrations of Scots pine needles are affected by elevated CO2 and temperature. Plant, Cell and Environment 28(6), 733-749.

MMA. 2016. Ministerio del medio ambiente de Chile. [En línea] <http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/pagina.aspx?id=87>.

MOLINA - MONTENEGRO, M. A., Y CAVIERES, L. A. 2010. Variación altitudinal de los atributos morfo-fisiológicos en dos especies de plantas alto-andinas y sus implicancias contra la fotoinhibición. Gayana. Botánica *67*(1), 1-11.

MORISON, J.I. 1998. Stomatal response to increased CO2 concentration. Journal of Experimental Botany 49, 443-452.

MUÑOZ – PIZARRO, C. 1973. Chile: Plantas en extinción. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITERMEIER, C.G., FONSECA G.A.B Y KENT J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

NAEEM, S. Y LI, S. 1997. Biodiversity enhances ecosystem reliability. Nature 390: 507-509

NAULIN, P.I., VALENZUELA, G., Y ESTAY, S.A. 2017. Size matters: point pattern analysis biases the estimation of spatial properties of stomata distribution. New Phytologist 213(4), 1956-1960.

NIINEMETS, U. 2001. Controles climáticos de escala global de la hoja de masa seca por unidad de superficie, densidad y espesor en árboles y arbustos. Ecology *82* (2), 453-469.

OTA. 1987. US Congress, Office of Technological Assessment. Technologies to maintain biological diversity. OTA-F-330. US Government Printing Office, Washington DC.

PÄÄKKÖNEN, E., VAHALA, J., POHJOLA, M., HOLOPAINEN, T. y KÄRENLAMPI, L. 1998. Physiological, stomatal and ultrastructural ozone responses in birch (Betula pendula Roth.) are modified by water stress. Plant, Cell & Environment 21(7), 671-684.

PARKHURST, D.F., Y LOUCKS, O.L. 1972. Optimal leaf size in relation to environment. The Journal of Ecology 505-537.

POOLE, I., WEYERS, J. D. B., LAWSON, T. y RAVEN, J. A. 1996. Variations in stomatal density and index: implications for palaeoclimatic reconstructions. Plant, Cell & Environment 19(6), 705-712.

POORTER, L. Y BONGERS, F. 2006. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. Ecology *87*(7), 1733-1743.

PRITCHARD, S., ROGERS, H., PRIOR, S. A. Y PETERSON, C. 1999. Elevated CO2 and plant structure: a review. Global Change Biology *5*(7), 807-837.

PURVIS, A. Y HECTOR, A. 2000. Getting the measure of biodiversity. Nature. 405: 212-219.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.

RAMIREZ H.V. Y ANTERO A.J. 2014. Evolución de las teorías de explotación de recursos naturales: hacia la creación de una nueva ética mundial. *Luna Azul* [En línea].

<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742014000200017&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1909-2474.

REICH, P.B., WRIGHT, I.J., CAVENDER-BARES, J., CRAINE, J.M., OLEKSYN, J., WESTOBY, M. Y WALTERS, M.B. 2003. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. International Journal of Plant Sciences *164* (S3), S143-S164.

RIEDEMANN, P., Y ALDUNATE, G. 2011. Flora Nativa de Valor Ornamental de Chile, Zona Sur y Austral: Identificación y Propagación. Pp 224-227.

SACK, L. Y SCOFFONI, C. 2013. Leaf venation: structure, function, development, evolution, ecology and applications in the past, present and future. New Phytologist. 198: 983–1000.

SANDOVAL, E. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea] <http://books.google.cl/books?id=5aD01sQ9v3wCyprintsec=frontcoveryhl=esysource=gbs_ge_summary_rycad=0#v=onepageyqyf=false> Consultada el 25 de septiembre de 2012.

SCOTT, J.M., GOBLE, D.D., HAINES, A.M., WIENS, J.A. Y NEEL, M.C. 2010. Conservation-reliant species and the future of conservation. Conservation Letters *3*(2), 91-97.

SMITH - RAMÍREZ, C., GONZÁLEZ, M.E. Y LARA, A. 2015. Estado actual de la Restauración ecológica en Chile, perspectivas y desafíos: Current state of ecological restoration in Chile: Perspectives and challenges. In Anales del Instituto de la Patagonia. Vol. 43, No. 1, pp. 11-21.

SOULÉ, M.E. Y WILCOX, B.A. 1980. Conservation biology. An evolutionary-ecological perspective. Sinauer Associates, Inc.

SOULÉ, M.E. 1985. What is conservation biology?. BioScience 35(11), 727-734.

SQUEO, F.A., ARANCIO, G., MARTICORENA, C., MUÑOZ, M. y GUTIÉRREZ, J.R. 2001. Diversidad vegetal de la IV Región de Coquimbo, Chile. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo, 149-158.

SQUEO, F.A., ESTADES, C., BAHAMONDE, N., CAVIERES, L.A., ROJAS, G., BENOIT, I. Y SOLÍS, R. 2010. Revisión de la clasificación de especies en categorías de amenaza en Chile. Revista chilena de historia natural 83(4), 511-529.

TRICKER, P.J., TREWIN, H., KULL, O., CLARKSON, G.J., EENSALU, E., TALLIS, M.J., Y TAYLOR, G. 2005. Stomatal conductance and not stomatal density determines the long-term reduction in leaf transpiration of poplar in elevated CO^2. Oecologia *143*(4), 652-660.

TYLIANAKIS, J.M., LALIBERTÉ, E., NIELSEN, A., Y BASCOMPTE, J. 2010. Conservation of species interaction networks. Biological conservation *143*(10), 2270-2279.

UICN. 1995. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, y Recursos Naturales. Comisión de Supervivencia de Especies. Categorías de la lista Roja de la UICN.

VISSER, A. J., TOSSERAMS, M., GROEN, M. W., KALIS, G., KWANT, R., MAGENDANS, G. W. H., Y ROZEMA, J. 1997. The combined effects of CO^2 concentration and enhanced UV-B radiation on faba bean. 3. Leaf optical properties, pigments, stomatal index and epidermal cell density. In UV-B and biosphere (pp. 208-222). Springer, Dordrecht.

WALKER, B. H. 1992. Biodiversity and ecological redundancy. Conservation biology 6(1), 18-23.

WOODWARD, F.I. 1987. Stomatal numbers are sensitive to increases in CO^2 from pre-industrial levels. Nature *327*(6123), 617-618.

WRIGHT, I.J., REICH, P.B., WESTOBY, M., ACKERLY, D.D., BARUCH, Z., BONGERS, F. Y FLEXAS, J. 2004. The worldwide leaf economics spectrum. Nature *428*(6985), 821-827.

WULLSCHLEGER, S.D., GUNDERSON, C.A., HANSON, P.J., WILSON, K.B., Y NORBY, R.J. 2002. Sensitivity of stomatal and canopy conductance to elevated CO^2 concentration–interacting variables and perspectives of scale. New Phytologist *153*(3), 485-496.

ZHANG, S.B., GUAN, Z.J., SUN, M., ZHANG, J.J., CAO, K.F., Y HU, H. 2012. Evolutionary association of stomatal traits with leaf vein density in Paphiopedilum, Orchidaceae. Plos one *7*(6), e40080.

9. ANEXOS

Anexo 1: Características de las poblaciones de *U. molinae* según condición geográfica, condiciones de temperaturas y precipitaciones medias anuales, condiciones de los individuos, uso del territorio y la condición del entorno.

Población	Región	Localidad	macrel	Longitd	Latitud	Altitud	Tma	Ppma	Altura media individuos	Densidad de individuos	Agrupamiento	Uso	Entorno
um						n.s.n.m.	°c	mm					
1	Maule	constitucion	ACCL	-72.38	-35.33	22	12.9	859	50	baja	disperso	urbano	urbanización y desarrollo vial
2	Maule	pr. quivolgo 1	ACCL	-72.35	-35.35	95	12.6	891	70	media	disperso	plantación	forestales
3	Maule	los huesos	ACCL	-72.23	-35.39	235	12.2	964	70	baja	disperso	plantación	forestales
4	Maule	los huesos	ACCL	-72.24	-35.39	593	12.2	964	50	media	grupo	nativo	natural
5	Maule	cañete	ACCL	-72.24	-35.28	549	12.1	948	60	baja	disperso	plantación	forestales
6	Maule	la eldea	ACCL	-72.62	-35.93	248	11.9	889	50	media	grupo	nativo	natural
7	Maule	la eldea	ACCL	-72.65	-35.94	111	12.6	867	80	media	disperso	plantación	forestales
56	Maule	san ignacio	ACCL	-72.28	-35.62	478	12.0	974	80	media	disperso	plantación	forestales
57	Maule	tenequin - tejeria	ACCL	-72.43	-35.71	272	13.0	905	70	baja	grupo	plantación	forestales
58	Maule	tapihue	ACCL	-72.29	-35.76	357	12.8	917	100	media	grupo	plantación	forestales
59	Maule	el rincón de piren	ACCL	-72.47	-36.00	230	12.6	896	200	alta	disperso	nativo	natural
60	Maule	esquina mocha	ACCL	-72.40	-35.91	215	13.5	839	100	media	grupo	plantación	forestales
61	Maule	tranque tutuven	ACCL	-72.39	-35.91	183	13.5	839	70	media	disperso	nativo	forestales
62	Maule	cauquenes-chanco	ACCL	-72.40	-35.87	201	12.6	892	150	alta	grupo	plantación	forestales
63	Maule	parral-bullileo	APCA	-71.50	-36.24	494	12.0	1366	150	baja	grupo	plantación	forestales
64	Maule	bajando bullileo	APCA	-71.42	-36.25	539	11.0	1289	50	baja	disperso	nativo	urbanización y desarrollo vial
65	Maule	la balsa-longaví	APCA	-71.42	-36.23	609	11.0	1289	180	alta	grupo	nativo	natural
66	Maule	lomas de putagan	APCA	-71.38	-35.84	357	11.9	1154	150	alta	grupo	plantación	forestales
67	Maule	qba onda	APCA	-71.00	-35.22	661	9.9	1095	80	alta	grupo	nativo	natural
97	Maule	pantanillos - hualo	ACCL	-72.29	-35.45	550	12.4	959	100	media	grupo	nativo	natural
98	Maule	pantanillos - pino	ACCL	-72.29	-35.44	451	12.4	959	70	media	disperso	plantación	forestales
8	Bio-Bio	cobquera-quirihue	ACCL	-72.75	-36.14	406	11.8	968	170	alta	grupo	nativo	urbanización y desarrollo vial
9	Bio-Bio	quirihue-treguaco	ACCL	-72.65	-36.40	328	13.4	1070	80	media	grupo	plantación	forestales
10	Bio-Bio	san carlitos	ACCL	-72.86	-36.65	156	11.7	1278	70	baja	disperso	plantación	forestales

Anexo 2: Continuación de las características de las poblaciones de *U. molinae* según condición geográfica, condiciones de temperaturas y precipitaciones medias anuales, condiciones de los individuos, uso del territorio y la condición del entorno.

Población	Región	Localidad	macrel	Longitd	Latitud	Altitud	Tma	Ppma	Altura media individuos	Densidad de individuos	Agrupamiento	Uso	Entorno
um						n.s.n.m.	°c	mm					
11	Bio-Bio	camino a penco	ACCL	-72.92	-36.74	298	11.5	1358	50	baja	disperso	plantación	forestales
12	Bio-Bio	collico	ACCL	-73.33	-37.38	317	12.7	1580	60	baja	disperso	plantación	forestales
13	Bio-Bio	collico 2	ACCL	-73.32	-37.40	152	12.4	1580	80	alta	disperso	plantación	forestales
14	Bio-Bio	camino a lebu	ACCL	-73.42	-37.43	158	12.3	1569	50	alta	grupo	plantación	forestales
15	Bio-Bio	camino los alamos	ACCL	-73.48	-37.58	174	12.1	1595	60	media	disperso	plantación	forestales
16	Bio-Bio	sta lucia	ACCL	-73.42	-37.79	175	12.6	1644	60	baja	grupo	urbano	urbanización y desarrollo vial
17	Bio-Bio	camino contulmo	ACCL	-73.34	-37.89	93	11.0	1652	200	alta	disperso	nativo	natural
18	Bio-Bio	sur contulmo	ACCL	-73.23	-38.06	42	9.6	1537	120	alta	disperso	plantación	forestales
22	Bio-Bio	tirua	ACCL	-73.39	-38.33	350	11.2	1413	200	alta	grupo	nativo	natural
19	Araucania	manzanar	ACCL	-73.18	-38.04	668	10.5	1542	150	alta	disperso	plantación	forestales
20	Araucania	capitan pastene	ACCL	-73.00	-38.21	398	11.4	1231	150	baja	disperso	nativo	natural
21	Araucania	cerca de relun	ACCL	-73.16	-38.27	376	11.0	1331	60	media	disperso	plantación	forestales
23	Araucania	trovolhue	ACCL	-73.34	-38.62	75	11.2	1258	200	media	grupo	nativo	natural
24	Araucania	camino a hualpin	ACCL	-73.29	-39.00	17	12.6	1534	130	media	disperso	nativo	natural
25	Araucania	porma	ACCL	-73.27	-39.13	24	12,7	1704	25	alta	grupo	nativo	natural
26	Araucania	comuy	ACCL	-72.98	-39.04	14	12.6	1405	120	media	disperso	nativo	natural
27	Araucania	queule	ACCL	-73.22	-39.40	44	12,1	1987	250	alta	disperso	nativo	urbanización y desarrollo vial
30	Araucania	lastarria en los cerros	ACCL	-72.78	-39.23	196	11.0	1816	130	media	grupo	plantación	forestales
31	Araucania	lastarria	ACCL	-72.72	-39.23	116	10.5	1885	150	alta	disperso	plantación	forestales
33	Araucania	camino a villarica	ACCL	-72.51	-39.01	113	12.1	1802	50	baja	disperso	urbano	urbanización y desarrollo vial
29	Araucania	cruce lastarria	ADIN	-72.64	-39.35	66	10.4	2006	150	media	disperso	plantación	forestales
32	Araucania	gorbea	ADIN	-72.70	-39.12	360	12	1701	80	media	disperso	plantación	urbanización y desarrollo vial
28	Los Ríos	mehuin	ACCL	-73.20	-39.43	85	11.6	2028	150	media	disperso	nativo	natural
34	Los Ríos	cutipay	ACCL	-73.33	-39.85	132	11.2	2243	250	baja	disperso	nativo/plantación	urbanización y desarrollo vial

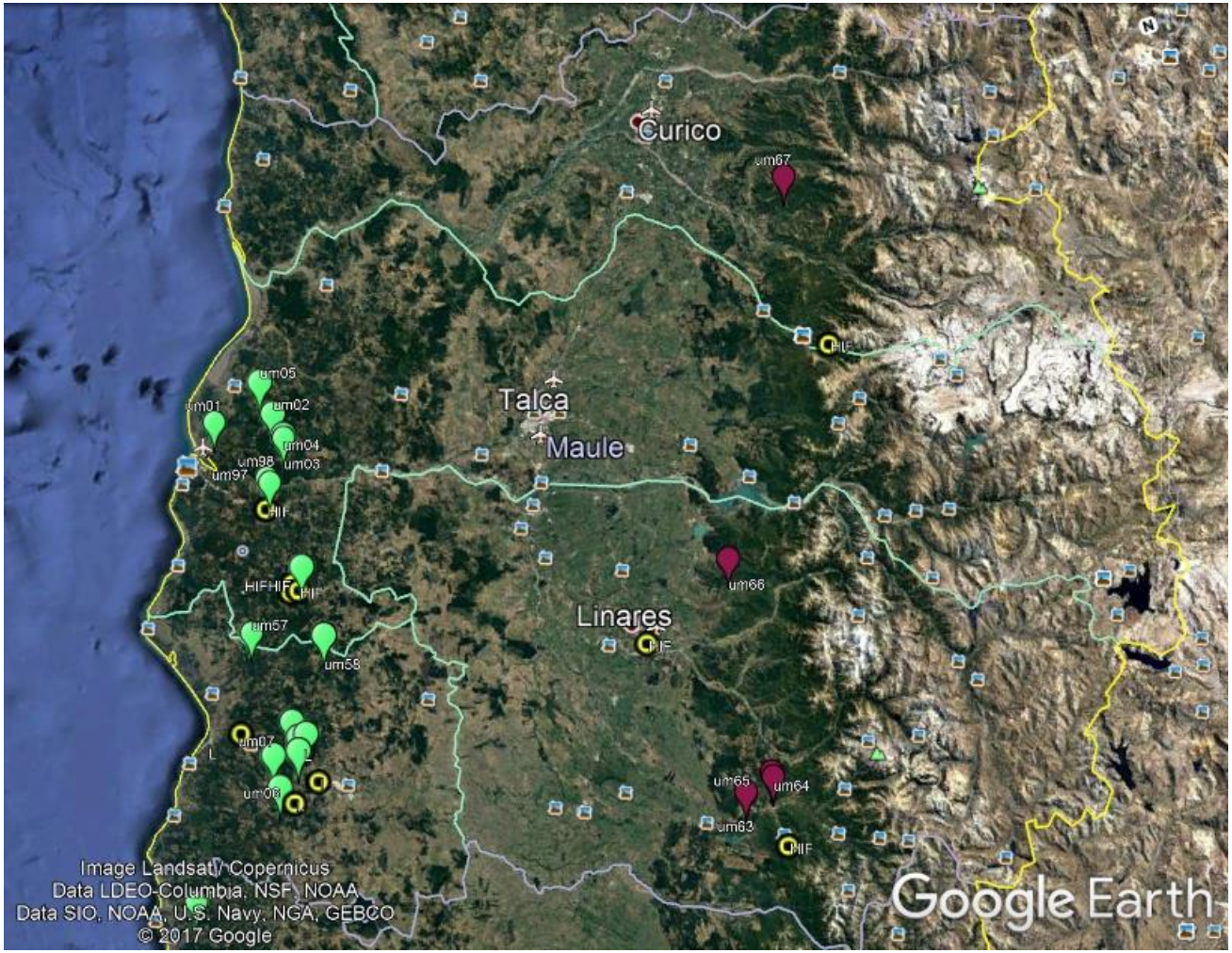
Anexo 3: Continuación de las características de las poblaciones de *U. molinae* según condición geográfica, condiciones de temperaturas y precipitaciones medias anuales, condiciones de los individuos, uso del territorio y la condición del entorno.

Población	Región	Localidad	macrel	Longitd	Latitud	Altitud	Tma	Ppma	Altura media individuos	Densidad de individuos	Agrupamiento	Uso	Entorno
um						n.s.n.m.	°c	mm					
35	Los Ríos	curiñanco	ACCL	-73.40	-39.71	35	11,6	2285	280	alta	disperso	nativo	natural
36	Los Ríos	curiñanco	ACCL	-73.39	-39.76	128	11.6	2268	100	media	grupo	nativo	natural
37	Los Ríos	sta elvira	ACCL	-73.18	-39.77	26	11.3	2278	200	media	disperso	nativo	forestales
38	Los Ríos	camino a la union	ACCL	-73.14	-40.01	126	11.3	1959	80	baja	disperso	nativo	natural
39	Los Ríos	el cerro	ACCL	-73.23	-40.32	21	11.0	1566	150	media	disperso	nativo	urbanización y desarrollo vial
40	Los Ríos	llancacura	ACCL	-73.39	-40.32	206	10.2	1848	130	alta	disperso	nativo	natural
41	Los Ríos	llancacura	ACCL	-73.45	-40.31	381	10.0	1780	250	media	grupo	plantación	forestales
53	Los Ríos	el arenal (ranco)	ACCL	-72.24	-40.27	52	11.0	1959	80	alta	grupo	nativo	natural
54	Los Ríos	rio nilahue	APCA	-72.19	-40.28	75	11.8	1979	90	media	disperso	nativo	forestales
55	Los Ríos	camino a futrono	APCA	-72.35	-40.12	100	11.3	2030	320	alta	disperso	nativo	natural
43	Los lagos	poachu	ACCL	-73.34	-40.48	29	11.2	1513	250	media	grupo	plantación	forestales
46	Los lagos	ainco	ACCL	-73.59	-41.76	72	10.7	2068	150	alta	disperso	nativo	urbanización y desarrollo vial
47	Los lagos	camino a ainco	ACCL	-73.51	-41.78	14	10,7	2050	400	media	disperso	nativo	forestales
42	Los lagos	mision san juan	ACCL	-73.40	-40.50	115	10.7	1596	200	media	disperso	plantación	forestales
99	Los lagos	playa hua-huar	ACCL	-73.83	-41.32	15	10.3	1996	60	media	grupo	nativo	natural
51	Los lagos	ensenada	APCA	-72.53	-41.19	49	11.5	2243	300	alta	disperso	nativo	natural
52	Los lagos	lenca	APCA	-72.66	-41.60	99	10.4	2267	240	media	disperso	nativo	urbanización y desarrollo vial
68	Los lagos	piedra azul	APCA	-72.78	-41.50	102	11.0	2030	200	media	disperso	nativo	urbanización y desarrollo vial
44	Los lagos	matao - i. chiloé.	ACCL	-73.43	-42.57	237	11.0	2234	180	media	disperso	nativo	urbanización y desarrollo vial
48	Los lagos	chacao viejo - i. chiloé.	ACCL	-73.50	-41.83	58	10.8	2079	70	baja	disperso	urbano	urbanización y desarrollo vial
49	Los lagos	linao - i. chiloé.	ACCL	-73.54	-41.97	32	10.8	2248	250	media	disperso	nativo	natural
50	Los lagos	quemchi - i. chiloé.	ACCL	-73.49	-42.16	48	10.3	2326	400	media	disperso	nativo	natural
45	Los lagos	chinquihue	ADIN	-73.04	-41.51	20	11.1	1877	150	media	disperso	urbano	urbanización y desarrollo vial

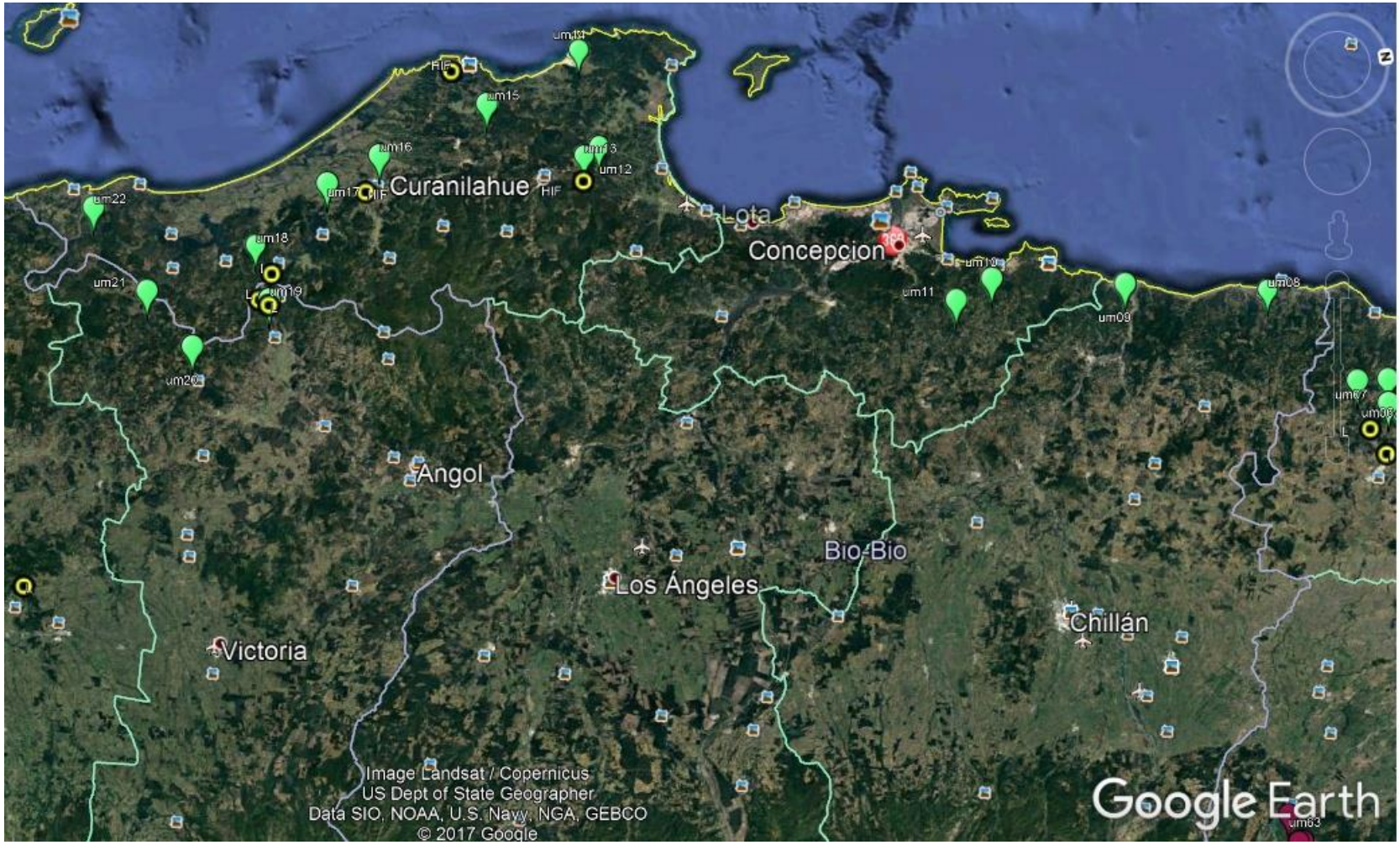
Anexo 4: Características morfológicas y anatómicas de la hoja en 27 poblaciones de *U. molinae* con diversas condiciones ambientales y geográficas del territorio de Chile. (punto = separación decimal).

Población	Región	macrel	Longitd (-)	Latitud (-)	Altitud	Tma	Ppma	Área foliar	Perimetro foliar	Densidad estomática
um					n.s.n.m	°c	mm	mm2	mm	n
57	Maule	ACCL	72.43	35.71	272	13,0	905	329.1 ± 127.5	90.5 ± 20.3	319 ± 70
58	Maule	ACCL	72.29	35.76	357	12,8	917	388.5 ± 167.2	98.3 ± 22.6	343 ± 81
1	Maule	ACCL	72.38	35.33	95	12,9	859	143.6 ± 62.0	56.6 ± 16.0	477 ± 110
3	Maule	ACCL	72.23	35.39	593	12,2	964	348.5 ± 179.2	82.6 ± 20.5	367 ± 66
98	Maule	ACCL	72.29	35.44	451	12,4	959	247.9 ± 117.3	74.6 ± 17.3	398 ± 70
97	Maule	ACCL	72.29	35.45	550	12,4	959	203.2 ± 179.6	71.5 ± 41.9	343 ± 52
67	Maule	APCA	71.00	35.22	661	9,9	1095	162.4 ± 62.1	61.5 ± 14.8	514 ± 87
66	Maule	APCA	71.38	35.84	357	11,9	1154	194.8 ± 52.9	68.6 ± 12.5	474 ± 127
63	Maule	APCA	71.50	36.24	494	12,0	1366	283.3 ± 116.0	94.0 ± 23.3	382 ± 83
64	Maule	APCA	71.42	36.25	539	11,0	1289	240.3 ± 64.1	76.1 ± 12.5	509 ± 75
8	Bio-Bio	ACCL	72.75	36.14	328	11,8	968	160.3 ± 92.7	57.1 ± 17.6	549 ± 143
13	Bio-Bio	ACCL	73.32	37.40	158	12,4	1580	364.2 ± 140.8	99.0 ± 19.8	398 ± 92
14	Bio-Bio	ACCL	73.42	37.43	174	12,3	1569	379.5 ± 206.3	95.3 ± 26.9	364 ± 67
18	Bio-Bio	ACCL	73.23	38.06	668	9,6	1537	219.5 ± 135.3	73.2 ± 23.7	533 ± 122
32	Araucania	ADIN	72.70	39.12	113	12,0	1701	209.3 ± 87.9	70.7 ± 17.3	437 ± 89
25	Araucania	ACCL	73.27	39.13	14	12,7	1704	154.6 ± 57.8	52.5 ± 8.9	583 ± 75
27	Araucania	ACCL	73.22	39.40	85	12,1	1987	316.2 ± 128.5	81.0 ± 19.3	474 ± 141
35	Los Ríos	ACCL	73.40	39.71	128	11,6	2285	478.5 ± 224.4	99.9 ± 24.9	445 ± 112
39	Los Ríos	ACCL	73.23	40.32	206	11,0	1566	224.3 ± 74.1	72.4 ± 14.9	614 ± 118
41	Los Ríos	ACCL	73.39	40.32	29	10,0	1780	235.0 ± 84.2	70.9 ± 15.8	536 ± 99
54	Los Ríos	APCA	72.19	40.28	100	11,8	1979	337.8 ± 138.9	85.6 ± 20.6	502 ± 79
43	Los lagos	ACCL	73.34	40.48	237	11,2	1513	358.4 ± 171.0	86.7 ± 21.5	459 ± 96
99	Los lagos	ACCL	73.83	41.32	15	10,3	1996	266.8 ± 96.5	79.6 ± 16.2	431 ± 86
46	Los lagos	ACCL	73.59	41.76	14	10,7	2068	209.6 ± 98.2	67.6 ± 14.4	537 ± 89
47	Los lagos	ACCL	73.51	41.78	58	10,7	2050	264.6 ± 97.9	6.0 ± 15.1	539 ± 85
51	Los lagos	APCA	72.53	41.19	99	11,5	2243	509.9 ± 171.7	116.5 ± 21.7	380 ± 80
52	Los lagos	APCA	72.66	41.60	52	10,4	2267	286.5 ± 105.3	76.6 ± 14.0	539 ± 92

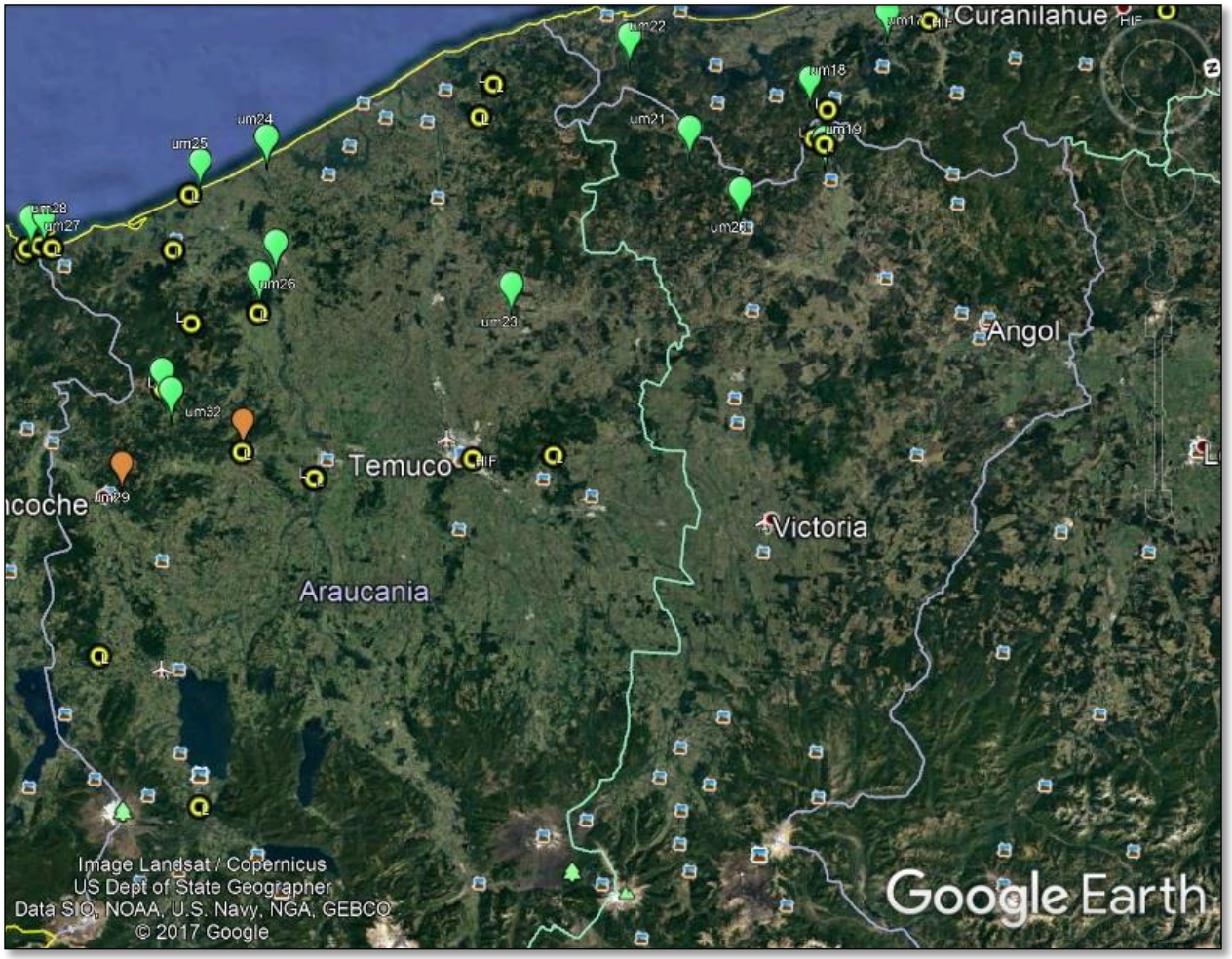
Anexo 5: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región del Maule de Chile, colectadas para el año 2015 (verde) y registros pasados en publicaciones y/o colecciones (círculo amarillo).



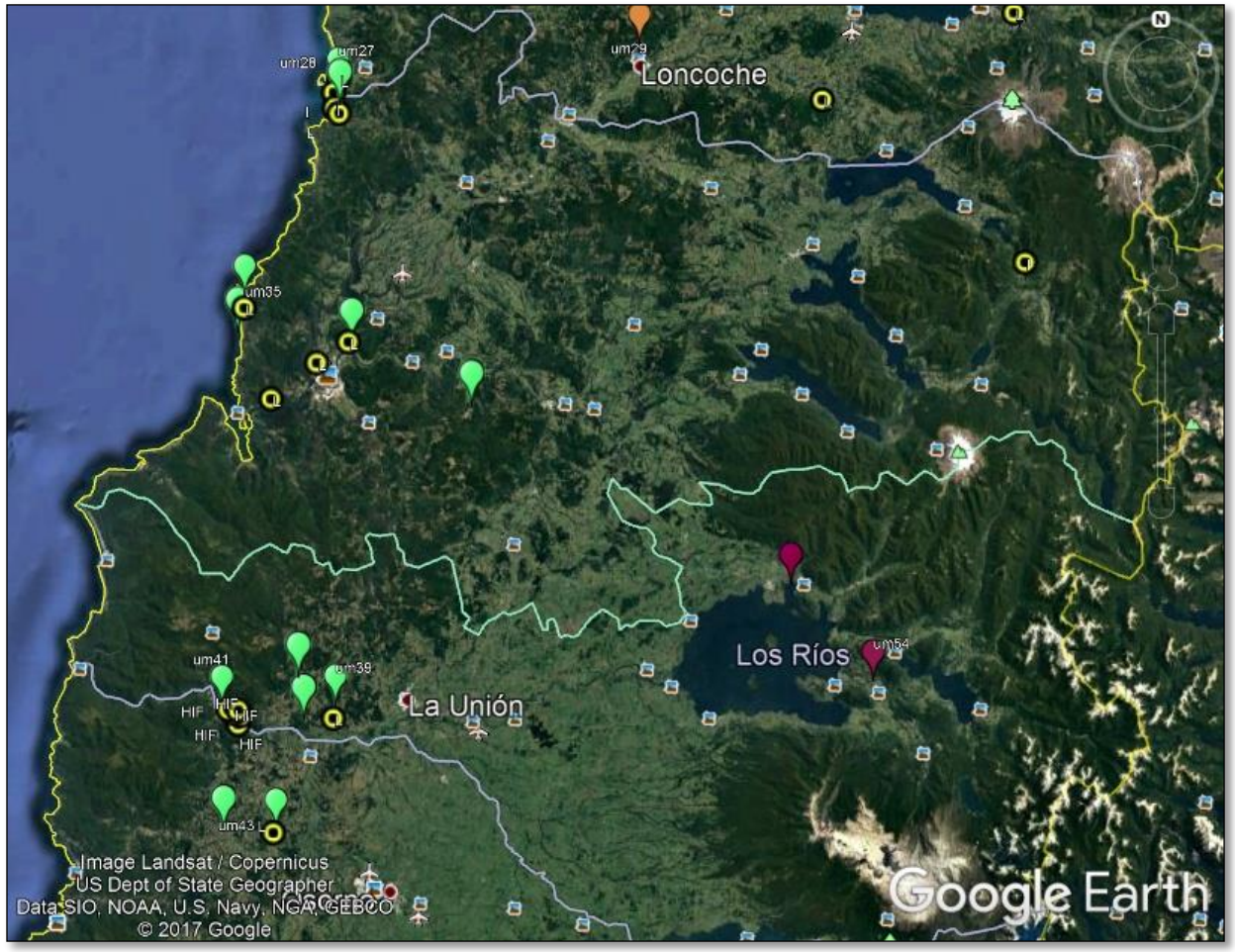
Anexo 6: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región del Biobío de Chile, colectadas para el año 2015 (verde) y registros pasados de publicaciones y/o colecciones (círculo amarillo).



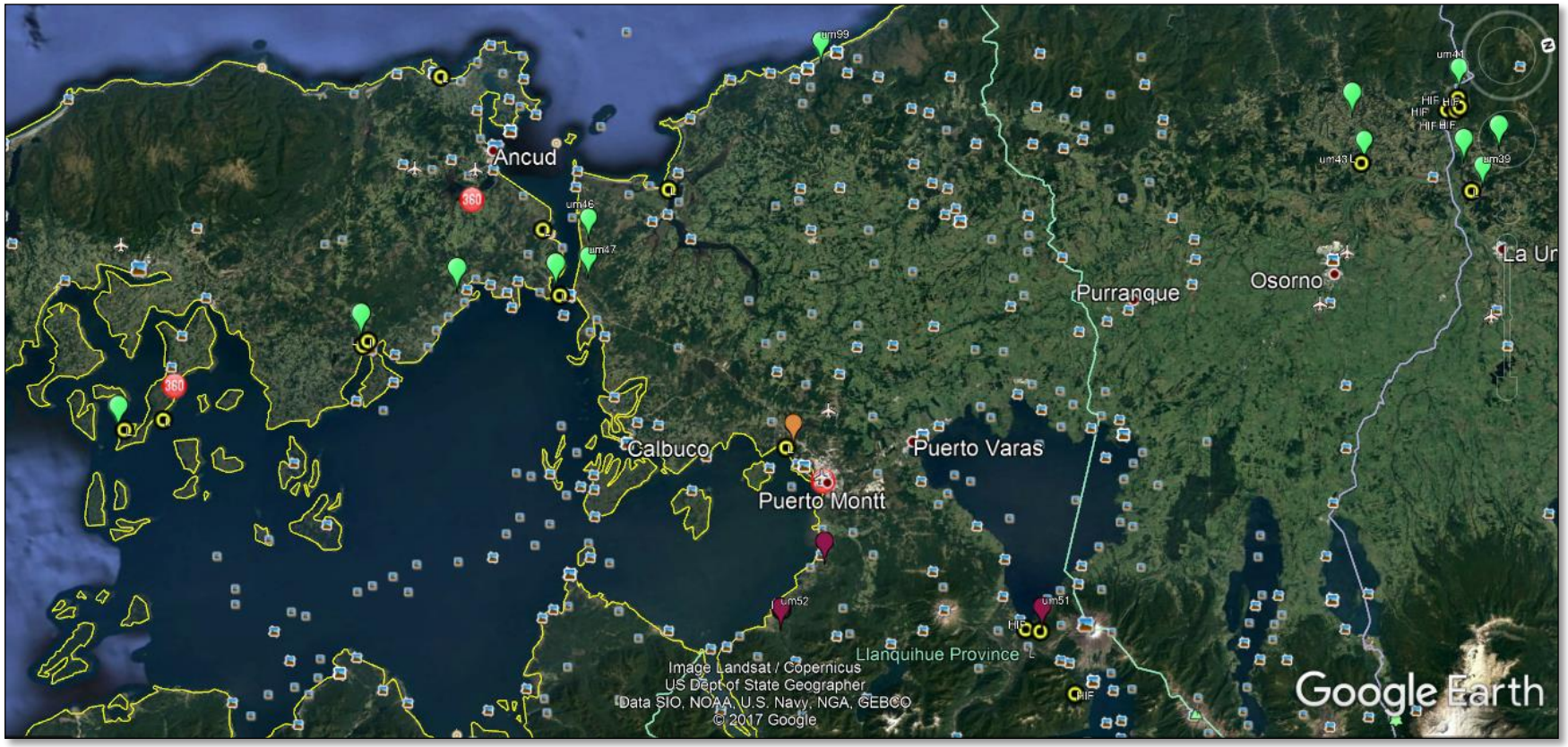
Anexo 7: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región de La Araucanía de Chile, colectadas para el año 2015 (verde) y registros pasados de publicaciones y/o colecciones (círculo amarillo).



Anexo 8: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región de Los Ríos de Chile, colectadas para el año 2015 (verde) y registros pasados de publicaciones y/o colecciones (círculo amarillo).



Anexo 9: Ubicación de las poblaciones *U. molinae* en los tres tipos de macrorelieve de la Región de Los Lagos de Chile, colectadas para el año 2015 (verde) y los registros pasados de publicaciones y/o colecciones (círculo amarillo).



Anexo 10 : Características de poblaciones de *U. molinae* registradas en publicaciones y/o colecciones para el territorio de Chile, previas al año 2015.

Localidad	Región	Latitud	Longitud	Altitud	Fuente informacion	Año colecta
Tapihue	VII	35º46'	72º17'	350	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Piren Alto	VII	35º58'	72º26'	300	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Embalse Tutuven	VII	35º53'	72º23'	170	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Los Ruiles	VII	35º49'	72º30'	150	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Cabrería	VII	35º50'	72º50'	440	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Ancoa - Linares	VII	35º53'	71º34	1000	HIF 8822	1997
Qda. Honda - Forel - Talca	VII	-	-	-	HIF 8818 - 8820	1974
Paso Mora	VII	-	-	-	HIF 8816	1986
Cerro Fraile - Radal 7 tazas	VII	35º27'	70º59'	1172	HIF 8814	1987
Predio Pantanillos - Constitucion	VII	35º27'	72º17'	356	HIF 11560	1998
Bullileo - Linares	VII	36º18'	71º24'	731	HIF 03252	1971
Fundo "El fin" - Empedrado - Maule	VII	35º35'	72º17'	431	HIF 04188 - 02421 - 02422	1970
Cauquenes	VII	35º57'	72º21'	148	Germoplasma INIA Carillanca	-
San Jose de Colico - Arauco	VIII	37º23'	73º19'	140	HIF 8821	1991
Cañete - Arauco	VIII	37º48'	73º22'	70	HIF 01371	1967
Contulmo	VIII	38º00'	73º13'	39	Germoplasma INIA Carillanca	-
Comun.Tiltil	IX	39º00'	72º36'	92	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Comun. Tiltil	IX	39º00'	72º36'	92	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Comun. Tiltil	IX	39º00'	72º36'	92	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Gorbea/Lastarria	IX	39º07'	72º41'	40	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Aeródromo Pucón	IX	39º17'	71º55'	230	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Lago LleLleu	IX	38º02'	73º09'	210	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Manzanar Alto	IX	38º03'	73º10'	600	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Comuy	IX	39º03'	72º59'	160	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Trovolhue	IX	38º37'	73º20'	110	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Loncoyamo	IX	38º35'	73º24'	510	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Soloyó	IX	38º35'	72º34'	340	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Porma	IX	39º08'	37º16'	70	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Lastarria	IX	39º10'	72º59'	40	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996

Anexo 11: Continuación de las características de poblaciones de *U. molinae* registradas en publicaciones y/o colecciones para el territorio de Chile, previas al año 2015.

Localidad	Región	Latitud	Longitud	Altitud	Fuente informacion	Año colecta
Lastarria	IX	39º14'	72º51'	290	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Loncoyamo	IX	38º35'	73º24'	370	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Cerro Ñielol - Temuco	IX	38º43'	72º35'	254	HIF 8815	1988
Llancacura - Valdivia	IX	40º19'	73º23'	273	HIF 00549 - 00546 - 00929 - 00548 - 00550	1954 - 1957 - 1961 - 1965
Fundo "Las Marias" - Valdivia	IX	39º48'	73º14'	25	NISSEN M, Juan. *Et al* ., 2010.	2006 - 2007
Toltén	IX	39º10'	73º09'	8	Germoplasma INIA Carillanca	-
Queule	IX	39º23'	73º12'	10	Germoplasma INIA Carillanca	-
Lebu	IX	37º36'	73º38	25	HIF 8817	1977
Mehuín	XIV	39º26'	73º12'	10	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Curiñanco	XIV	39º43'	73º23'	20	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Cutipay	XIV	39º51'	73º20'	330	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Fdo. Sta. Elvira	XIV	39º46'	73º11'	110	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Cerro Sn. Miguel	XIV	40º19'	73º13'	208	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Mehuin	XIV	39º25'	73º12'	46	Germoplasma INIA Carillanca	-
Coñaripe	XIV	39º38'	71º53'	1138	Germoplasma INIA Carillanca	-
Queule	X	39º23'	73º12'	80	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Chacao Viejo	X	41º49'	73º29'	20	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Caulín	X	41º49'	73º38'	10	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Pumillahue	X	41º55'	74º01'	40	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Aucar	X	42º09'	73º29'	20	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Putique	X	42º30'	73º26'	120	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Matao	X	42º34'	73º26'	80	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Chinquihue	X	41º31'	73º02'	70	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Llanquihue	X	41º36'	72º39'	130	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Ensenada	X	41º11'	72º31'	200	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Poaucho	X	40º29'	73º20'	220	Seguel, I. *et al* ., 1996.	1996
Ensenada - Llanquihue	X	41º12'	72º30'	72	HIF 03851	1971
Lago Todos Los Santos - Llanquihue	X	41º07'	72º19'	204	HIF 00547	1958
Metri	X	41º35'	72º43'	10	Germoplasma INIA Carillanca	-
Quemchi	X	42º08'	73º28'	26	Germoplasma INIA Carillanca	-

Anexo 12: Matriz de correlación de Pearson (rs) para variables morfo anatómicas, variables de clima y condición geográfica. (punto = separación decimal).

Correlacion de Pearson (diag.Inf) \ Probabilidad (diag. Sup)	Área foliar	Perímetro foliar	h promedio individuos (cm).	Densidad estomatica (n / 0,1 mm2)	Altitud (m.s.n.m.)	Latitud	Longitud	Temperatura media anual (°c)	Precipitación media anual (mm)	Iar
Área foliar	1	0.00	0.07	0.00	0.39	0.22	0.34	0.40	0.05	0.09
Perímetro foliar	0.95	1	0.22	0.00	0.78	0.51	0.73	0.37	0.16	0.24
h promedio individuos (cm)	0.35	0.25	1	0.24	0.09	0.00	0.11	0.06	0.00	0.15
Densidad estomática (n / 0,1 mm^2)	-0.53	-0.64	0.23	1	0.20	0.02	0.28	0.00	0.08	0.04
Altitud (m.s.n.m.)	-0.17	-0.06	-0.34	-0.25	1	0.00	0.00	0.84	0.00	0.07
Latitud	0.24	0.13	0.59	0.45	-0.73	1	0.00	0.01	0.00	0.00
Longitud	-0.19	-0.07	-0.31	-0.21	0.65	-0.67	1	0.39	0.00	0.00
Temperatura media anual (°c)	0.17	0.18	-0.37	-0.57	-0.04	-0.50	0.17	1	0.02	0.00
Precipitación media anual (mm)	0.38	0.28	0.57	0.35	-0.67	0.91	-0.56	-0.45	1	0.00
Iar	0.33	0.23	0.25	0.39	0.15	-0.92	-0.55	-0.56	0.99	1

Anexo 13: Analisis Kruskal Wallis, por variable morfo anatómicas según Región. Los rasgos de: el área foliar (AF), el perímetro foliar (PF), la altura de los individuos y la densidad estomática del tejido epidermal. (punto = separación decimal).

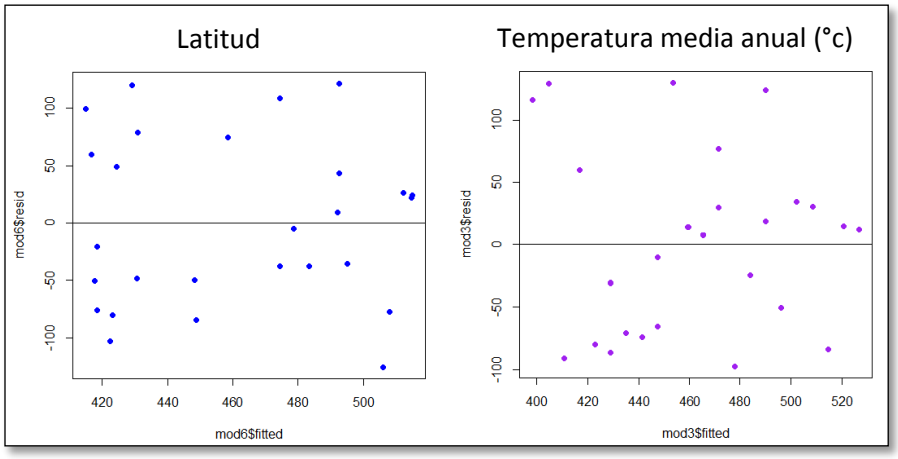
Variable	Región	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
area	Araucania	3	226.69	82.23	209.26	4	3.18	0.5289
area	Bio-Bio	4	280.88	107.98	291.85			
area	Los lagos	6	315.97	106.44	276.68			
area	Maule	10	254.17	81.92	244.12			
area	Rios	4	318.90	118.10	286.41			

Variable	Región	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
perimetro	Araucania	3	68.07	14.44	70.69	4	2.26	0.6880
perimetro	Bio-Bio	4	81.14	19.66	84.24			
perimetro	Los lagos	6	83.27	17.51	78.07			
perimetro	Maule	10	77.42	13.81	75.35			
perimetro	Rios	4	82.19	13.53	78.99			

Variable	Región	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
h prom. ind.	Araucania	3	118.33	117.30	80.00	4	8.43	0.0749
h prom. ind.	Bio-Bio	4	105.00	51.96	100.00			
h prom. ind.	Los lagos	6	233.33	117.93	245.00			
h prom. ind.	Maule	10	89.00	36.35	75.00			
h prom. ind.	Rios	4	192.50	88.08	200.00			

Variable	Región	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
densidad	Araucania	3	497.91	76.00	473.97	4	6.32	0.1765
densidad	Bio-Bio	4	461.04	93.57	465.75			
densidad	Los lagos	6	480.77	67.79	497.82			
densidad	Maule	10	412.47	74.02	389.78			
densidad	Rios	4	524.16	70.54	518.76			

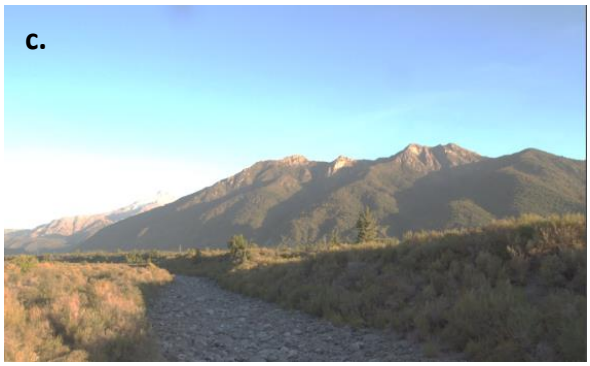
Anexo 14: Gráfica de residuales del modelo lineal entre la densidad estomática y las condiciones geográficas y de clima. a. Ubicación en Latitud. b. Temperatura media anual (°c).



Anexo 15: Resumen de coeficientes y analisis de varianza (ANOVA) para el modelo lineal entre la densidad estomática y latitud. (punto = separación decimal)

```
> summary(mod6)

Call:
lm(formula = densidad ~ lat, data = yayo)

Residuals:
     Min       1Q   Median       3Q      Max 
-125.551  -50.547   -4.786   54.442  121.131 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  
(Intercept) -120.491    230.189  -0.523   0.6053  
lat           15.209      6.011   2.530   0.0181 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 73.79 on 25 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2039,	Adjusted R-squared:  0.1721 
F-statistic: 6.403 on 1 and 25 DF,  p-value: 0.01806

> anova(mod6)
Analysis of Variance Table

Response: densidad
          Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
lat        1  34863   34863  6.4032 0.01806 *
Residuals 25 136114    5445 
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Anexo 16: Resumen de coeficientes y analisis de varianza (ANOVA) para el modelo lineal entre la densidad estomática y Temperatura media anual. (punto = separación decimal).

```
> summary(mod3)

Call:
lm(formula = densidad ~ tmax, data = yayo)

Residuals:
   Min     1Q Median     3Q    Max 
-97.44 -68.27   8.19  32.41 129.59 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept)  532.917     31.100   17.14  2.5e-15 ***
tmax          -6.116      2.353   -2.60   0.0154 *  
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 73.37 on 25 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2128,    Adjusted R-squared:  0.1813 
F-statistic: 6.758 on 1 and 25 DF,  p-value: 0.01544

> anova(mod3)
Analysis of Variance Table

Response: densidad
          Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
tmax       1  36385   36385  6.7583 0.01544 *
Residuals 25 134592    5384                  
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Anexo 17: Actividades antrópicas relacionadas a *U. molinae*. (a.) Colecta en bosque nativo del sector Ainco de la Región Los Lagos, mostrando un entorno del desarrollo de loteos y ruta. (b.) Expansión forestal en ambientes precordilleranos y cordilleranos de los Andes de la Región Los Ríos. (c.) Déficit hídrico del Rio Rucue en ambientes precordilleranos y cordilleranos de los Andes de la Región del BíoBío.