UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

MAGÍSTER EN ÁREAS SILVESTRES Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

SINGULARIDAD EVOLUTIVA DE LAS ESPECIES DE LOS GÉNEROS ENDÉMICOS DE LA FLORA VASCULAR DE CHILE Y SUS IMPLICANCIAS EN LA CONSERVACIÓN

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

PAMELA ANALY RAMÍREZ VERDUGO

E-mail: pame.ramirez@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: Rosa Scherson Vicencio

Nota: 7.0

Firma: _____

Profesor Consejero

Nombre: Cristián Estades Marfán

Nota: 6.2

Firma: _____

Profesor Consejero

Nombre: Herman Silva Ascencio

Nota: 5.5

Firma: _____

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA 4
AGRADECIMIENTOS 6
RESUMEN 7
ABSTRACT 8
I. INTRODUCCIÓN 9
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 12
II.1. Conservación de la biodiversidad en el mundo 12
II.1.1. Situación global de la biodiversidad y su conservación 12
II.1.2. Límites planetarios 13
II. 2. Conservación de la biodiversidad en Chile 15
II.2.1. Situación legal 15
II.2.2. Estado de la Biodiversidad 16
II.3. Procesos evolutivos y biodiversidad 17
II.3.1. Filogenia y conservación 18
II.3.1.1. ED 19
II.3.1.2. EDGE 20
II.3.1.3. ED-R 21
II.4. Datos geográficos 22
III. HIPÓTESIS 23
IV. OBJETIVOS 24
IV.1. General 24
IV.2. Específicos 24
V. MATERIALES Y MÉTODOS 25
V.1. Material de estudio 25
V.1.1. Selección de taxa para el estudio 25
V.1.2. Obtención de secuencias genéticas 25
V.1.3. Extracción de ADN, amplificación y método de secuenciación 26
V.2. Reconstrucción filogenética 28
V.2.1. Alineamiento de las secuencias 28
V.2.2. Análisis filogenético 28
V.3. Matriz de datos geográficos 29
V.4. Cálculo de índices filogenéticos 30
V.4.1. Cálculo de ED 30
V.4.2. Cálculo de EDGE 30
V.4.3. Cálculo de ED-R 31
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 36
VI.1. Evaluación de los Estados de conservación 36
VI.2. Análisis filogenético 38
VI.2.1 Medidas filogenéticas y prioridades de conservación 39
VII. CONCLUSIÓN 54
VIII. BIBLIOGRAFÍA 57
X. ANEXOS 69
Anexo 1. 69
Anexo 2. 73
XI. FINANCIAMIENTO 77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Procesos del Sistema Tierra que han superado los límites 14
Tabla 2. Primers (cebadores) utilizados en este estudio 27
Tabla 3. Protocolo PCR llevado a cabo para cada marcador 27
Tabla 4. Extracto de la matriz de información geográfica 29
Tabla 5. Parámetros para transformaciones de probabilidad de rangos a extinción 31
Tabla 6. Resumen de ED y ED-R de la filogenia hipotética de la figura 4. 34
Tabla 7. Top ED 40
Tabla 8. Top EDGE 42
Tabla 9. Comparación de los valores del ranking de EDGE y ED 44
Tabla 10. Top ED-R. 47
Tabla 11. Tabla comparativa de los índices ED-R y EDGE (..... 49
Tabla 12. Validación estadística de índice ED-R 50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Límites Planetarios..... 13
Figura 2. Filogenia hipotética de A, B, C, D, E, F y G con valores de ED..... 20
Figura 3. Programa Biodiverse con la visualización árbol ajustado 32
Figura 4. Filogenia hipotética A, B, C, D y E de ED-Rpara ED-R 33
Figura 5. Clasificación de las especies de acuerdo a su categoría de conservación. .. 36
Figura 6. Comparación de especies evaluadas y no evaluadas 37
Figura 7. Árbol filogenético derivado de las secuencias rbcL y trnL-F 38
Figura 8. Filograma con ED más altos 41
Figura 9. Filograma con EDGE más altos..... 43
Figura 10. Filograma que representa la frecuencia de registros de presencia 45
Figura 11. Detalle de largo de rama versus presencia de dos especies en grilla 46
Figura 12. Filograma con ED-R más altos 48
Figura 13. Gráfico ED-R y EDGE de las especies de Chile continental e insular. 51
Figura 14. Gráfico ED-R y EDGE de las especies de Chile continental. 52
Figura 15. Gráfico ED-R y EDGE de las especies de Chile insular. 53

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, amigas y amigos, sin su presencia y apoyo esto no hubiese sido posible.

Definitivamente el amor es lo que
hace posible todo.

Pame RV.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de todo corazón a mi familia de la cual me siento enormemente orgullosa y afortunada de ser parte.

A mis grandes y queridos amigos Jime y Eduardo, por recibirme en su casa con tanto cariño y hacerme sentir como de la familia; Diana y Gala, por demostrarme que la amistad si existe; Pauli, Dani y Javi por el apoyo moral mutuo para terminar nuestras tesis. A mis amigos del Magíster Gerardo Valenzuela, Andrés Ceballos y en especial a Natalia Riveros, quien fue mi partner todo el tiempo ¡tantas noches estudiando, riendo y sufriendo a la vez!.

A mi profesora guía Rosita Scherson Vicencio, quien además de ser una gran investigadora, es una gran persona y mujer, que destaca por su fuerza, amabilidad y sabiduría. Gracias por compartir tus experiencias, conocimientos y abrirme las puertas este mundo nuevo de las ciencias.

A todos los miembros del laboratorio de Sistemática y Evolución de Plantas del Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, por toda la ayuda con los softwares y manejo de técnicas del laboratorio.

A Alexis Tapia y al profesor Eduardo Valenzuela de la Universidad Técnica Federico Santa María, quienes me brindaron un enorme apoyo con el estudio estadístico de mi trabajo.

A los encargados e integrantes de los herbarios EIF, AGUCH, SGO, VALPL, CONC y JBN quienes amablemente colaboraron con muestras, datos geográficos y conocimientos en general de las especies estudiadas.

Al Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Playa Ancha Don José Rubio, por el tiempo concedido para realizar mis estudios, así como a mis amigos y colegas Don Rodrigo Villaseñor y Don Guillermo Riveros, cuyas sugerencias y visiones críticas contribuyeron tanto a mi estudio como en mi formación como investigadora.

Mis sinceros agradecimientos a todos quienes de alguna u otra forma aportaron un granito durante el desarrollo de esta investigación.

¡Muchas gracias!

RESUMEN

La biodiversidad está pasando por una crisis, debido a que su tasa de pérdida es mayor a lo considerado como natural en la historia del mundo, situación que ha obligado a expertos a crear estrategias efectivas y eficientes que ayuden a la conservación de las especies. Actualmente, las mayormente utilizadas provienen de las propuestas de la UICN, con las que se ha logrado proteger a muchas especies; pero éstas parten de la premisa de que todas las especies son iguales o tienen el mismo valor, y en realidad sabemos que la pérdida de algunas podría ocasionar la pérdida de otras, o incluso ocasionar desequilibrios ecológicos inimaginables. Por lo anterior, en este estudio se analizaron las implicancias de integrar la historia evolutiva en la conservación, a través de índices evolutivos, tales como el índice ED (Singularidad Evolutiva), y el índice EDGE (Singularidad Evolutiva - Peligro de Extinción Global), este último solo aplicable en especies con categoría de conservación. Para priorizar especies sin categoría de conservación, se evaluó el uso del índice ED-R (Singularidad Evolutiva Relativa) como sustituto de EDGE, utilizando el rango de distribución geográfica de las especies como suplente de GE (Peligro de Extinción Global) del índice EDGE. El material de estudio correspondió a 151 especies de los géneros endémicos de la flora vascular del país, obteniendo las secuencias de las regiones cloroplásticas rbcL y trnL-F a partir de la base de datos Genbank y de extracciones y secuenciaciones directas. Con éstas se construyó un árbol filogenético base, para calcular los índices ED, EDGE y ED-R. Con ED la priorización tiende a recaer sobre especies con mayor historia evolutiva, como *Sanctambrosia manicata*, *Atacama nivea* y *Rimacactus laui*, pertenecientes a géneros monoespecíficos. Con EDGE la priorización también recae sobre especies con ramas largas, pero en un orden de prioridad diferente, debido a la priorización por mayor historia evolutiva y con más riesgos de extinción, como *Cuminia eriantha*. Los resultados de ED-R con especies que sí tenían categorías de conservación, mostraron gran similitud con los de EDGE y, al aplicarlo incluyendo a las especies sin categoría, varias de éstas se integran dentro de las primeras posiciones, indicando su necesidad de protección. Con este último índice, se confirma que la inclusión de la singularidad evolutiva para la priorización de especies, da mayor robustez argumentativa a las decisiones de conservación y, que la distribución geográfica junto a ED, forman un índice capaz de sustituir a EDGE para la inclusión de especies no evaluadas en la priorización para la conservación.
Palabras claves: índices evolutivos, endemismo, estado de conservación

ABSTRACT

Biodiversity is undergoing a crisis, because its rate of loss is greater than what is considered to be natural in the history of the world, a situation that has forced experts to create effective and efficient strategies that help preserving species. Currently, the most used strategy comes from the proposals of the IUCN, with which many species have been protected. However, IUCN principles work from the premise that all species are equal or have the same value, and in reality we know that the loss of some could cause the loss of others, or even cause unimaginable ecological imbalances. Therefore, in this study we analyzed the implications of integrating evolutionary history in conservation, through evolutionary indexes, such as the ED (Evolutionary Distinctness) index, and the EDGE index (Evolutionary Distinct- Globally Endangered), the latter only applicable in species with conservation category. To prioritize species without a conservation category, the use of the ED-R index (Relative Evolutionary Distinctness) was evaluated as a substitute for EDGE, using the range of geographical distribution of the species as a surrogate for GE (Global Extinction Hazard) of the EDGE index. The study material corresponded to 151 species of the endemic genera of the vascular flora of Chile, obtaining the sequences of the chloroplast regions rbcL and trnL-F from the Genbank database and from extractions and direct sequencing. With these, a phylogenetic base tree was constructed to calculate ED, EDGE and ED-R. With ED the prioritization tends to fall on species with greater evolutionary history, such as *Sanctambrosia manicata*, *Atacama nivea* and *Rimacactus laui*, belonging to monospecific genera. With EDGE, the prioritization also falls on species with long branches, but in a different order of priority, due to the addition of extinction risks, such as *Cuminia eriantha*. The results of ED-R with species that did have conservation categories, showed great similarity with those of EDGE and, when applied including uncategorized species, several of these are integrated into the first positions, indicating their need for protection. With this last index, it is confirmed that the inclusion of the Evolutionary Distinctness for the prioritization of species, gives greater argumentative robustness to conservation decisions and, that the geographic distribution together with ED, form an index capable of surrogate EDGE for inclusion of species not evaluated in the prioritization for conservation.
Keywords: evolutionary index, endemism, conservation status

I. INTRODUCCIÓN

Una serie de problemas globales están afectando al medio ambiente y provocando una grave crisis ecológica, la que se ve acrecentada con los sistemas de vida y ocupación actual de los seres humanos, que basan su economía de crecimiento ilimitado en un mundo con recursos limitados, causando profundas distorsiones en los ecosistemas y la biodiversidad (Davies 2015, Midgley *et al.* 2002). El bajo grado de conciencia respecto a esta situación, y al valor especialmente de la biodiversidad endémica, que está comprobado que posee propiedades y potencialidades necesarias para la sobrevivencia humana (Ministerio del Medio Ambiente 2014) y los peligros que representa la pérdida de la biodiversidad (CONAMA 2008), presentan en general un escenario futuro complejo de abordar.

Este contexto ha provocado que países como Chile, que de alguna manera entienden que sus modelos no están caminando de la mano con el medio ambiente y su cuidado, se estén suscribiendo a convenios y acuerdos mundiales para la conservación de la biodiversidad, como el Convenio sobre la Diversidad Biológica en 1992, que afirma que son los estados los responsables de la conservación de su diversidad biológica y de la utilización sostenible de sus recursos y por lo tanto, también de su cuidado y preservación (CBD 1992, Ministerio de Relaciones Exteriores 2016).

Sin embargo, definir prioridades de conservación no es una labor fácil y menos para los países en desarrollo, que funcionan muchas veces bajo modelos económicos que crecen separados de la protección de sus ecosistemas y especies, presionados para tomar decisiones que favorezcan el rápido crecimiento económico (Loreau *et al.* 2006, Salinas-Gutiérrez 2003), el que en gran parte es obtenido directamente de la biodiversidad (Aguilera 1992, Ehrlich 1992, Lévéque y Glachant 1992, Perrings *et al*. 1992, Uclés 2006).

Chile, para asegurar la preservación de las especies y el patrimonio genético, ha ido integrando los acuerdos y convenios a la Estrategia Nacional de Biodiversidad y el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación, el que se basa en lo propuesto por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN.

Todos los años se abre un proceso nuevo de clasificación de especies, en el

cual la ciudadanía tiene la posibilidad de participar enviando antecedentes al Ministerio del Medio Ambiente, para que expertos evalúen y definan si las especies en cuestión presentan o no problemas de conservación (Ministerio del Medio Ambiente 2017_a). En estos procesos se utilizan medidas tradicionales para definir prioridades de conservación, como el tamaño de población, la tasa de declinación poblacional, área de distribución geográfica y grado de fragmentación de la población (Myers *et al*. 2000, UICN 2012), los que no siempre son fáciles de obtener. De estas medidas, la distribución geográfica es la que más peso tiene ya que es parte de varios otros criterios y además es un dato que se puede encontrar de forma más amplia, ya que muchos estudios de diversas áreas lo registran incluso si no los ocupan para sus análisis. Pero para entrar al proceso de evaluación, normalmente los investigadores o personas envían antecedentes que cubren más que un solo criterio o medida, ya que arriesgan a quedar como especies con datos insuficientes o incompletos, quedando las especies clasificadas en una categoría de priorización menor o incluso no evaluadas.

Por otra parte, la historia evolutiva de los taxa contiene información de alta relevancia que aún no es considerada en estas evaluaciones, arriesgando perder un gran acervo genético y toda su información asociada. La teoría evolutiva demuestra y explica en gran medida la existencia de variación en todos los niveles taxonómicos, dentro y entre poblaciones. Esta variación está en la base de los procesos evolutivos que generan y mantienen la biodiversidad, siendo los patrones de distribución e interacciones producto del proceso evolutivo (Aguilera 1992, Martínez 2002, Faith 1992, Forest *et al*. 2007, Pio *et al.* 2011).

La adición de esta información se puede realizar a través de índices que evalúan la biodiversidad tomando en consideración los patrones y procesos históricos evolutivos y las relaciones de parentesco entre los taxa (Salinas-Gutiérrez 2003), permitiendo rescatar linajes con su acervo genético y sus áreas de ocurrencia, además de taxa de nodos terminales (por ejemplo especies) cuando por ejemplo la abundancia es baja. Algunos de los índices que están siendo utilizados son la Singularidad Evolutiva (Evolutionary Distinctiveness – ED por sus siglas en inglés), y Singularidad Evolutiva - Peligro de Extinción Global (Evolutionary Distinct Globally Endangered - EDGE). Ambos índices son herramientas con las que se puede inferir el grado de amenaza a través de la representación de la rama evolutiva que sostiene a una especie y

su linaje (Faith 2015, Faith *et al.* 2010, Faith y Baker 2006, Fisher y Owens 2004, Forest *et al.* 2007, Pio *et al.* 2011, Sechrest *et al.* 2002, Vane-Wright *et al.* 1991).

ED permite determinar cuán singular es un taxon respecto a un grupo de taxa, y alcanzará valores más altos mientras más largas sean las ramas que lo sostienen y menos taxa desciendan de ellas (Isaac *et al.* 2007_a). El uso de ED es de gran utilidad para la conservación cuando las especies no cuentan con información sobre su estado de conservación, ya que los resultados dan la posibilidad de priorizar de acuerdo a la cantidad de historia evolutiva acumulada (Isaac *et al.* 2012).

EDGE es un índice compuesto que se forma al asociar ED a la información sobre el estado de conservación; con este se logra priorizar, al igual que con ED, taxa singulares y que además se encuentran con altos grados de amenaza (Isaac *et al.* 2007_a, Steel *et al.* 2007, Faith 2008, Mooers *et al.* 2008, Collen *et al.* 2011). En la actualidad este índice ya está siendo utilizado. Estudios realizados por el programa EDGE of Existence han demostrado que muchas de las especies que presentaban valores altos dentro de su ranking, no siempre se encontraban dentro de áreas protegidas, revelando la necesidad de crearlas o al menos generar planes de conservación para las especies referidas (https://www.edgeofexistence.org/science/) (Isaac *et al.* 2012, EDGE of Existence. 2017). Sin embargo, este índice no se puede aplicar en especies no evaluadas de acuerdo a su estado de conservación.

A partir de la necesidad de incorporar más datos a los tradicionalmente utilizados para la priorización de especies y evaluar más especies de acuerdo a su estado de conservación, el presente estudio se enfocó en:

- Analizar el aporte e importancia de incorporar los procesos evolutivos como atributos cuantificables para la conservación de las especies de los géneros endémicos de la flora vascular de Chile, a través de la aplicación de los índices ED y EDGE.
- Evaluar el uso de la distribución geográfica y la singularidad evolutiva para crear un nuevo índice evolutivo para la conservación de especies, ED-R (Singularidad Evolutiva Relativa), que funcione como sustituto del índice EDGE y como una estrategia asequible para la priorización de especies que no han sido evaluadas en los procesos de clasificación y que por lo tanto no tienen asignada una categoría de conservación.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

II.1. Conservación de la biodiversidad en el mundo

II.1.1. Situación global de la biodiversidad y su conservación

La extinción es un fenómeno natural que ocurre y ha ocurrido con frecuencia en la historia del planeta. Los registros históricos muestran cómo la diversidad de especies ha cambiado continuamente en el tiempo, algunas con altas capacidades de acomodarse a las variaciones ambientales y otras no, dando paso al origen de nuevas especies (Elewa 2009, 2014). La tasa natural de extinción para unas 10 millones de especies es de cuatro especies por año, pero en este último tiempo, la revisión de los registros fósiles confirman que en las últimas décadas se ha sobrepasado lo considerado como natural, semejante a los cambios drásticos que ocurrieron en tiempos de extinciones masivas, donde desaparecieron entre el 75% y 95% de las especies vivas (Gaston y Spicer 2004). La tesis de la influencia humana en esta situación no es totalmente aceptada, aunque los datos muestran que la extinción es por lo menos cuatro veces superior a la existente antes del desarrollo de la sociedad industrial, hecho que coloca al ser humano como un poderoso factor de cambio ecológico (Grayson y Meltzer 2003, May y Lawton 1995).

Para reducir esta situación y evitar que aumente aún más la tasa de extinción es que se vienen creando instancias para proteger a la biodiversidad. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo, realizada en Río de Janeiro en 1992, se estableció el Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD 2010), con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica en los tres niveles (ecosistemas, especies y recursos genéticos), el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos; introduciendo nuevos conceptos y obligaciones para lograr un futuro sostenible (Gaston 1995, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2010).

Posteriormente, en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo realizada en el año 2002, algunos países se comprometieron a lograr para el año 2010 una reducción significativa de ritmo de pérdida de la

biodiversidad y garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, llegando a proteger por lo menos el 10% de cada una de las regiones ecológicas del mundo (Caballero 2013, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2010). Como esta meta no fue alcanzada por gran parte de los comprometidos, en octubre de 2010 se formula un nuevo Plan estratégico para la Diversidad Biológica, las Metas de Aichi 2011-2020, en el que mediante un marco de acción global de diez años "Década de la Biodiversidad", los países se comprometieron a proteger la biodiversidad y salvar los beneficios que ésta proporciona a las personas, a través del cumplimiento de 20 metas globales (CBD 2010).

II.1.2. Límites planetarios

Durante mucho tiempo, hasta el Holoceno, la tierra se mantuvo en equilibrio, con condiciones y características que permitieron el desarrollo de las especies. Estas características han proporcionado un espacio para el desarrollo de la vida al que Rockström y colegas (2009_a) denominan "espacio operativo seguro". Desde este concepto nacen los "Límites Planetarios", los umbrales máximos a los que se podría someter el planeta sin colocar en peligro la vida humana (Figura 1).

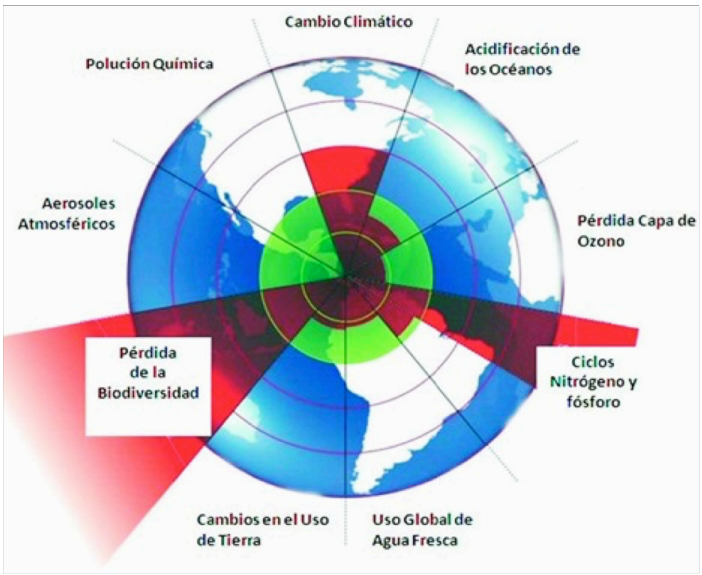


Figura 1. Límites Planetarios. El espacio verde representa el "espacio de operación seguro" para nueve sistemas planetarios. Las zonas rojas representan una estimación de la posición actual para cada sistema. (Rockström et al. 2009_b).

Cada límite planetario posee parámetros medibles que permiten cuantificar los cambios producidos, y a la vez determinar el momento desde el cual el daño es irreversible. La transgresión de cualquiera de los límites podría también provocar un cambio en el umbral de otro límite o incluso de todos a la vez, ya que son interdependientes (Rockström *et al.* $2009_{a,b}$).

Hoy, debido a la creciente y excesiva dependencia humana de los recursos, y los modelos económicos de los países, este equilibrio se está perdiendo, causando que varios de los límites sobrepasen los umbrales seguros (Davies 2015, Midgley *et al.* 2002, Torres-Mura *et al.* 2008, Steffen *et al.* 2015). En la figura 1 se puede observar además de los límites mismos, el espacio operativo seguro en el centro de color verde, así como los límites que han sobrepasado los umbrales (Rockström *et al.* 2009_a). Estos límites se describen con sus respectivos parámetros en la tabla 1.

Tabla 1. Procesos del Sistema Tierra que han superado los límites (Rockström *et al.* 2009b).

Procesos del Sistema Tierra	Parámetros	Límites propuestos	Status actual	Valor Pre-industrial
Cambio climático	(i) Concentración atmosférica de dióxido de carbono (partes por millón por volumen)	350	387	280
	(ii) Cambio en el forzamiento radiativo (watts por metro cuadrado)	1	1.5	0
Tasa de pérdida de biodiversidad	**Tasa de extinción (número de especies por millón de especies por año)**	**10**	**>100**	**0.1–1**
Ciclo de nitrógeno (parte de un límite con el ciclo de fósforo)	Cantidad de N2 eliminado de la atmósfera para uso humano (millones de toneladas por año)	35	121	0

De los límites mencionados, la pérdida de biodiversidad es el que más sobrepasado está (Tabla 1). Esta situación se atribuye a hechos tales como la fragmentación de hábitats, la sobreexplotación de los recursos, la invasión de especies introducidas y la contaminación, los que si se mantienen o aumentan hasta finales del siglo XXI, provocarán la desaparición de dos tercios de las especies del planeta (Crisci 2001, Crisci 2006, Raven y McNeely 1998),

afectando no sólo a cada especie de forma particular, sino que influyendo en la posible desaparición de otras y también de ecosistemas completos, por la interdependencia existente (Lazo *et al.* 2008, Muñoz y Refoyo 2013, Hopper *et al.* 2005, Tellería 2013).

En general, no se sabe cuánto es el tiempo máximo que el planeta soportará transgresiones como las expuestas (Rockström *et al.* 2009_b), pero la comunidad científica recomienda considerarlos para reducir el riesgo (Steffen *et al.* 2015).

II. 2. Conservación de la biodiversidad en Chile

II.2.1. Situación legal

El concepto de conservación en el país se institucionalizó cuando se activó el sistema de áreas protegidas, pero antes de eso el concepto mismo ha ido evolucionando desde “preservación del medio ambiente sin interferencia” a "uso sabio de los recursos tierra, agua y vida silvestre para todos los propósitos que benefician al hombre", todos hoy vinculados al desarrollo sustentable (Jorquera-Jaramillo *et al.* 2012).

Inicialmente, el cuidado ambiental no respondía a la conservación de forma específica, sino más bien al manejo de los recursos naturales que permitieran elevar la producción, sin reparar en el daño ambiental que se ocasionaba (Basic y Arriagada 2012, CONAMA 2003). Pero en los años 80 ya se hacía visible la gravedad de los problemas ambientales; por lo que organismos no gubernamentales e instituciones académicas estaban comenzando a incorporar y exigir al gobierno que los asuntos ambientales fueran prioridad (CONAMA 2003).

Chile se ha suscrito a varios convenios internacionales para establecer medidas sobre la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad en conjunto con otros países, entre ellos el Convenio sobre la Diversidad Biológica en 1992 durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, ratificado en 1994 y publicado en el diario oficial en 1995, fecha desde la cual se compromete a dar cumplimiento a los acuerdos adquiridos haciéndolos formar parte de la normativa jurídica nacional (Espinosa y Arqueros 2000).

El efecto de la suscripción fue concomitante al establecimiento de la institucionalidad ambiental en Chile en 1994, a través de la promulgación de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Esta promulgación marcó un hito en la política ambiental chilena, a partir de la cual se ha avanzado en el diseño y puesta en marcha de diversos instrumentos de gestión ambiental, como los Planes de Descontaminación, Normas de Calidad Ambiental, y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (Basic y Arriagada 2012, CONAMA 2003).

En el año 2003 se aprobó la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENBD), primera política pública que integra la visión de los distintos organismos estatales y las preocupaciones de las organizaciones sociales y gremiales en relación a la biodiversidad (Loreau *et al.* 2006, CONAMA 2003, Ministerio del Medio Ambiente 2017_b). La ENBD se materializó con la elaboración del Plan de Acción País, aprobado en el año 2005 por el Consejo Directivo de CONAMA (Chile Desarrollo Sustentable 2011), coincidiendo con la publicación del Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres y las Categorías de Conservación que serían utilizadas por el país, concretando lo establecido en el artículo N° 37 de la Ley 19.300, sobre la necesidad de contar con un procedimiento técnico que permitiera clasificar a las especies de flora y fauna según estado de conservación.

II.2.2. Estado de la Biodiversidad

El territorio chileno posee varios rasgos que lo hacen único, entre ellos, su gran longitud y su característica de insularidad, resultante de límites proporcionados por su propia geografía; éstos a su vez generan barreras naturales como el anticiclón del Pacífico Sur Oriental, la corriente marina de aguas frías de Humboldt y el fenómeno del niño, la diferencia altitudinal con cumbres andinas y las de las profundidades marinas, entre otras (CONAMA 2008, Centro de Análisis de Políticas Públicas 2016). Esta singularidad geográfica y climática ha transformado al país en una verdadera isla, causando que muchas especies hayan evolucionado casi exclusivamente en el territorio.

En comparación a otros países de América, Chile posee un bajo número de especies de flora, pero a diferencia de ellos, del total descrito a la fecha, casi un 25% son endémicas, de las cuales un 50% corresponde a plantas vasculares (CONAMA 2009, Ministerio del Medio Ambiente 2017_a). La distribución

geográfica de estas especies endémicas se concentra principalmente en la zona centro, la que también alberga la mayor parte de la población humana. Esta coincidencia ha provocado que se encuentren especialmente amenazadas (CONAMA 2009, Ministerio del Medio Ambiente 2017), principalmente por la expansión de la población y el desarrollo económico imperante, que no repara respecto a las altas tasas de explotación de recursos, mayores que la capacidad de reposición (Torres-Mura *et al.* 2008). Por esta razón es que gran parte de Chile Central y Centro –Sur es uno de los Hotspot de Biodiversidad del mundo, denominado "*Chilean winter rainfall-Valdivian forests*"(Arroyo *et al.* 2008).

La estrategia de conservación de los "Hotspots de Biodiversidad", a nivel mundial ha provocado resultados evidentes, como visibilizar zonas prioritarias que presentan altas concentraciones de especies endémicas y que experimentan una pérdida desmesurada de hábitat a manos del ser humano (Arroyo *et al.* 2008, Miranda *et al.* 2016, Myers e*t al.* 2000), las que necesariamente se deben proteger para evitar pérdidas masivas (Myers *et al.* 2000). Pero aún siendo parte de los Hotspot, la biodiversidad sigue decreciendo. De acuerdo al reporte nacional del año 2014, en el Quinto Informe Nacional de Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente, de las 1009 especies evaluadas y clasificadas, 623 se encuentran amenazadas (61,9%). Dentro de los grupos más amenazados, se encuentran las plantas vasculares, con solo 562 especies evaluadas, 419 nativas endémicas y 143 nativas no endémicas (Ministerio del Medio Ambiente 2014); situación agravada en los últimos años, ya que la pérdida de bosque nativo en la zona central ha sido significativa, reportando tasas de pérdida de entre 3,5% y 4,5% al año (Echeverría 2006, Ministerio del Medio Ambiente 2014, 2017_a),

II.3. Procesos evolutivos y biodiversidad

Darwin, pretendiendo explicar qué mecanismos eran los responsables de la existencia de las diferentes especies, su distribución y variación geográfica de sus características, se refiere al proceso evolutivo como "el responsable último de las más bellas y maravillosas formas de vida" (Darwin 1859), es decir, de la biodiversidad (Martínez 2002).

Muchos autores coinciden en que la biodiversidad es el resultado de procesos y

patrones ecológicos y evolutivos irrepetibles, como la selección natural y la adaptación a condiciones de vida cambiantes, los que, a su vez, son responsables de sus patrones de distribución, interacciones y extinciones (Tinaut y Ruano 2002, Martínez 2002). La comprensión de este concepto de biodiversidad, da la posibilidad de entender cómo la propia evolución humana se vincula al origen, mantención, dinámica de las comunidades y ecosistemas en su conjunto, y por lo tanto, también a los beneficios y servicios que proporciona (FAO 2017, Núñez *et al.* 2003, Torres-Mura *et al.* 2008). Así también, que la desaparición de las especies podría alterar procesos y servicios ecosistémicos vitales (Chapin III *et al.* 2000) y/o causar la pérdida de toda una línea filogenética, es decir, la pérdida de historia evolutiva única e irremplazable; situación que se ve agravada en familias con pocas especies y en zonas de alto endemismo (Baena *et al.* 2008, Bennett y Owens 1997, Margules y Pressey 2000, Margules y Pressey 2000, Purvis 2000, Vamosi y Wilson 2008), como es el caso de las islas o zonas geográficas con características de insularidad, como Chile (Baena *et al.* 2008).

II.3.1. Filogenia y conservación

Todo intento de conservación debería pretender ser lo más objetivo posible, para destinar adecuadamente los esfuerzos y recursos; pero para que ello resulte efectivo es necesario comprender la biodiversidad a todo nivel (genes, especies y ecosistemas) (Salinas-Gutiérez 2003), y encontrar un método más objetivo que evidencie que no todas las especies son iguales, ni cumplen el mismo rol en un ecosistema, y que por lo tanto, tampoco tienen el mismo valor (May 1990).

Los estudios evolutivos poseen enfoques que permiten complementar la interpretación de la diversidad, entregando información sobre taxa específicos, así como de aspectos y procesos generadores de la biodiversidad pasada, presente y futura (Martínez 2002). Para entender estos procesos evolutivos es necesario construir una filogenia, es decir, un modelo que represente la historia evolutiva de un taxon o grupo de taxa (clado) a través de la construcción de un árbol filogenético, donde los largos de las ramas que sostienen cada taxon y sus ancestros, se pueden aproximar a la cantidad de evolución de cada linaje. Este tipo de enfoques en contextos de conservación, permiten tomar en cuenta las divergencias evolutivas entre diferentes grupos de organismos y las diferencias filogenéticas como criterios para asignar prioridades de

conservación (Faith 2002, Isaac *et al.* 2007_b), y contribuir además a la comprensión ecológica y susceptibilidad a la extinción (Owens y Bennett 2000).

Para adicionar la información evolutiva a las evaluaciones actuales que determinan la necesidad de protección y conservación, existen diversos índices, que se basan en filogenias. Estos índices evalúan la biodiversidad tomando en consideración los patrones y procesos histórico-evolutivos, y las relaciones de parentesco entre los taxa, asignándoles un peso de importancia específico (Isaac 2007_a, Isaac 2012, Salinas-Gutiérrez 2003, Vane-Wright *et al.*1991).

Algunos de estos índices que se han utilizado de forma más global por investigadores para evaluar taxa son la Singularidad Evolutiva (ED) y Singularidad Evolutiva - Peligro de Extinción Global (EDGE). Para calcularlos necesariamente se debe construir una filogenia, es decir, un modelo que represente la historia evolutiva de un grupo de taxa. Los largos de las ramas que sostienen cada taxon y sus ancestros, representan la cantidad de evolución de cada linaje, así como sus atributos heredables, de esta forma, la presencia de una rama larga implica que desde la separación del ancestro común ese taxon o grupo de taxa (clado) ha experimentado gran cantidad de cambios en un tiempo evolutivo dado (Faith 1992, Forest *et al.* 2007).

El uso de los índices basados en filogenias para la conservación se justifica principalmente por dos motivos: por la relación que tienen la ecología y distribución de las especies con ascendencia común (Collen *et al.* 2011, Forest *et al.* 2015, Thuiller *et al.* 2011) y, por considerar el proceso evolutivo, que responde a la solicitud del Convenio Internacional sobre Diversidad Biológica, de incluir al concepto de biodiversidad, los patrones naturales que son el resultado de miles de millones de años de evolución (CBD 1992).

II.3.1.1. ED (Evolutionary Distinctiveness / Singularidad Evolutiva)

La Singularidad Evolutiva es un índice que identifica y prioriza taxa que tienen pocos parientes cercanos y que han estado evolucionando de forma independiente durante millones de años, es decir, identifica cuán singulares un taxon en cuanto a su evolución dentro de una filogenia (Isacc *et al.* 2007, Isacc *et al.* 2012). La priorización de especies a través de ED, evidencia que la pérdida de especies no necesariamente representa una pérdida proporcional de historia evolutiva, ni representa la pérdida de unidades equivalentes,

haciéndose cargo de que no todas las especies son iguales, y da indicios de que los patrones de extinción no se dan al azar, sino que aglomerados dentro del árbol de la vida (Bennett y Owens 1997, Purvis y Hector 2000, Vamosi y Wilson 2008).

Un ejemplo de la utilización de este índice se puede apreciar en la figura 2, una filogenia hipotética de siete especies (A,B, C, D, E, F y G), que demuestra con el filograma y la puntuación ED, que si se perdieran F y G (las especies con ED más alto), se perdería para siempre una cantidad desproporcionada de historia evolutiva única, ya que no habría especies similares en el planeta que pudiesen reemplazarlas.

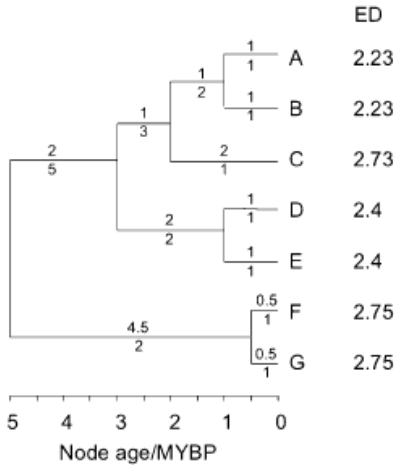


Figura 2. Filogenia hipotética de siete especies (A, B, C, D, E, F y G) con valores de ED. Los números bajo cada rama representan el número de especies descendientes de cada rama y los números arriba indican la longitud, que en este caso es el tiempo en millones de años (MYBP). Fuente: Isaac *et al.* 2007_a.

II.3.1.2. EDGE (Evolutionary Distinct Globally Endangered / Singularidad Evolutiva-Peligro de Extinción Global)

EDGE es un índice que resulta de la combinación de los valores del índice ED con las categorías de amenaza establecidas por la UICN asignadas previamente, y su finalidad es crear un ranking de prioridades entre aquellos taxa que además de ser evolutivamente singulares, están amenazados.
Con EDGE, la priorización a través de filogenias se potencia, ya que además de considerar la historia evolutiva, considera los criterios tradicionales para

clasificar a las especies de acuerdo a su estado de conservación, mejorando el ranking entregado por ED (Collen *et al.* 2011, Faith 2008, Mooers *et al.* 2008, Isaac *et al.* 2007$_{a,b}$, Isaac *et al.* 2012, Redding *et al.* 2010, Steel *et al.* 2007).

Los trabajos realizados por el programa "EDGE of Existence" dejan al descubierto que muchas de las especies que se encuentran actualmente clasificadas con algún grado de amenaza, no siempre coinciden con las especies que son evolutivamente singulares. Con la información obtenida a través de EDGE, se puede proteger especies con caracteres raros, derivados, relictuales (Collen *et al.* 2011) e inferir la amenaza de extinción de un linaje completo con la visualización de las ramas hermanas en un árbol filogenético (Faith 2015). Por ello, la aplicación del índice EDGE se hace interesante e importante al momento de la toma de decisiones para priorización de especies (Isaac *et al.* 2007$_{a,b}$, Safi *et al.* 2013).

II.3.1.3. ED-R (Singularidad Evolutiva Relativa)

ED-R es un índice nuevo propuesto en este estudio, el que se propone como sustituto del índice EDGE, para las especies que no han sido evaluadas de acuerdo a su estado de conservación y por lo tanto no se tiene conocimiento del grado de amenaza que puedan tener. Para calcularlo solo se necesita contar con datos de presencia de cada taxon y una filogenia base.

Se utiliza la distribución geográfica (o presencias en este estudio) como dato relevante porque además de ser un dato en sí mismo de la especie, sirve como fundamento de justificación de amenazas (por ejemplo en caso de reducción de la población en determinados lugares), de tipos de hábitats de especies determinadas y de cambios que se están produciendo en esos hábitats (que se pueden observar por desplazamiento de las poblaciones, ya sea provocados por el ser humano o de forma natural) y además, posee un gran peso en los criterios de evaluación tradicional (IUCN 2012).

II.4. Datos geográficos

El concepto de distribución geográfica se define como la fracción del espacio geográfico donde una especie está presente e interactúa con el ecosistema (Maciel-Mata *et al.* 2015).

Una de las formas de caracterizar el área de distribución de una especie es la ubicación geográfica con los registros de presencia y ausencia, con los cuales se pueden realizar diversos análisis, encontrar coincidencias distribucionales, indicando homologías geográficas y determinando relaciones genealógicas entre áreas de endemismo que podrían indicar una secuencia histórica (Llorente 2001, Maciel-Mata *et al.* 2015). Ciertamente las explicaciones referentes a las distribuciones geográficas no son únicas, ya que por ser un área frontera de diversas disciplinas, como sistemática, ecología y geología, estas cruzan sus conclusiones y varias veces no se aceptan entre sí; pero gracias a esta misma situación es que existen muchos registros de presencia, convirtiéndolos en un dato abundante y disponible para diversos estudios (Llorente 2001).

Los registros de presencia y/o ausencia podrían repercutir directamente sobre la protección del acervo genético de una especie (Maciel-Mata *et al.* 2015). La distribución de las especies en el espacio geográfico es fundamental para la creación de las más variadas expresiones evolutivas, ya sea desde genes y sus linajes, especies, poblaciones, entre otras formas; y para reconocer el efecto de las fuerzas que han influido y modelado la biodiversidad (Llorente 2001). Por ello, es que el registro de este dato es tan importante y es considerado como uno de los criterios con más peso para la clasificación de especies de acuerdo a su estado de conservación y para direccionar los esfuerzos.

III. HIPÓTESIS

De acuerdo al Quinto Informe Nacional de Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente (2014), a la fecha 562 especies nativas han sido evaluadas de acuerdo a su estado de conservación (8% aproximadamente), de las cuales 419 son endémicas y de estas, solo 91 especies corresponden a los géneros endémicos de Chile, estando más de la mitad aún no evaluadas. Esta situación se entiende por la cantidad de esfuerzos técnicos y económicos que comprende la evaluación, considerando que para que una especie sea evaluada, debe reunir los antecedentes necesarios que lo permitan, y para obtener éstos, se requiere de muchas investigaciones que implican tiempo y recursos.

Además, existe una variable que no se ha considerada en las evaluaciones de especies, la historia evolutiva, que da la posibilidad de incluir en la protección, la conservación del acervo genético, que implica comprender que no todas las especies son iguales y que además la pérdida de una podría significar la pérdida de otras, ya que su sobrevivencia podría estar interconectada.

En otros países, a través del índice EDGE se ha incluido la historia evolutiva como variable importante a la hora de decidir prioridades, pero aún así este índice no se puede aplicar en especies que aún no tienen asignada una categoría de conservación.

Para la determinación de la categoría de conservación que debiera tener una especie se necesitan de varios antecedentes, entre ellos, el que posee más peso es el de distribución geográfica, el que influye en varios de los criterios utilizados de acuerdo a UICN y el RCE.

En base a lo anterior expuesto, la hipótesis de este estudio se basa en que las variables singularidad evolutiva y distribución geográfica pueden combinarse para constituir un índice sustituto de EDGE, ED-R. La singularidad evolutiva da la posibilidad de integrar la historia evolutiva como criterio de importancia, y la distribución geográfica es el criterio más utilizado en evaluación. ED-R serviría para asistir en la asignación de recursos para la conservación, facilitando las decisiones de priorización con argumentos sólidos.

IV. OBJETIVOS

IV.1. General

Determinar la ED (Singularidad Evolutiva) de las especies de los géneros endémicos de la flora vascular de Chile y evaluar el uso del rango de distribución para estimar el valor de EDGE (Singularidad Evolutiva-Peligro de Extinción Global) a través de la ED-R (Singularidad Evolutiva Relativa), con el fin de proponer prioridades de conservación.

IV.2. Específicos

- Identificar las especies de los géneros endémicos de la flora vascular de Chile con altos valores de ED, mediante la realización de una filogenia.

- Calcular EDGE para aquellas especies con categoría de amenaza establecida.

- Calcular el índice ED-R para las especies de los géneros endémicos de la flora vascular de Chile que no tengan asignada una categoría de amenaza.

- Validar el índice ED-R con los cálculos de EDGE en las especies con categoría de conservación asignada.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

V.1. Material de estudio

V.1.1. Selección de taxa para el estudio

El trabajo se desarrolló con los taxa pertenecientes a los 86 géneros endémicos de Chile continental e insular (Archipiélago Juan Fernández e Islas Desventuradas), revisados por Urbina-Casanova *et al*. (2015). Cada nombre científico fue revisado además en la base de datos del Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur, en su versión más actual, publicada en la página web de Instituto de Botánica Darwinion (Zuloaga *et al.* 2008). La lista completa de los taxa utilizados y su categoría de conservación si la tiene, se presenta en el Anexo 1.

V.1.2. Obtención de secuencias genéticas

Las secuencias genéticas se seleccionaron tras de realizar una revisión bibliográfica y revisión de disponibilidad en base de datos. Se eligieron los marcadores más utilizados en las reconstrucciones filogenéticas de las plantas vasculares y con mayor cantidad de secuencias disponibles, el gen codificante del cloroplasto *rbcL* (Ribulose Biphosphate Carboxylase Large Chain) y el espaciador intergénico no codificante del cloroplasto *trnL-trnF.* Para obtener las secuencias para cada taxón se recurrió a las siguientes fuentes (en orden de prioridad citado):

V.1.2.1 Genbank:

Revisión on-line de la Base de Datos digital GenBank - National Center for Biotechnology Information (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/), que aloja secuencias de taxa estudiados por diversos investigadores del mundo y es actualizada constantemente.

V.1.2.2 Herbarios:

Se solicitó muestras vegetales de las especies que no registraban secuencias de ADN en GenBank a algunos herbarios del país indexados en el directorio mundial de herbarios públicos del Index Herbariorum del The New York Botanical Garden (http://sweetgum.nybg.org /science/ih/):

- EIF de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile

- VALPL de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Playa Ancha
- JBN del Jardín Botánico Nacional de Viña del Mar.
- CONC de la Universidad de Concepción
- AGUCH de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile
- SGO del Museo de Historia Natural de Chile
- ULS de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la Serena

V.1.2.3 Colecta:

La colecta se utilizó como último recurso para la adquisición de secuencias, evitando la extracción innecesaria de individuos con problemas de conservación. La búsqueda se realizó con datos de coordenadas adquiridas a través de bibliografía, herbarios e investigadores. De cada especie se tomaron de 2 a 5 hojas para ser guardadas en una bolsa con sílica gel hasta el momento de la extracción del ADN.

V.1.3. Extracción de ADN, amplificación y método de secuenciación

V.1.3.1. Extracción de ADN:

Para obtener las secuencias de los taxa que no tenían registro en la base de datos digital, se realizó extracción de ADN, de la siguiente manera:

V.1.3.1.1. Selección de tejido:

Tejido foliar deshidratado en sílica gel, de 0,03 a 0,3 g y en algunos casos tejidos frescos, de 0,25a 1,25 g. Esta metodología se siguió de acuerdo a la indicada por Doyle J.J. y Doyle J.L. (1987) y a lo recomendado por el producto comercial DNeasy® Plant Mini Kit (QIAGEN Inc), con el cual se hicieron todas las extracciones.

V.1.3.1.2. Homogeneización mecánica:

Pulverización del material a bajas temperaturas, macerándolo con nitrógeno líquido en un mortero de porcelana, congelándolo rápidamente y evitando que se formen cristales en el interior de las células iniciando el proceso de degradación (Alejos 2014).

V.1.3.1.3. Separación del ADN de los demás componentes celulares:

El ADN se purificó mediante una serie de precipitaciones y suspensiones, eliminando los componentes que no se utilizan y obteniendo una concentración

más pura, separándolo de los lípidos y proteínas mediante solventes orgánicos y ciclos de centrifugación. Las hebras obtenidas se conservaron a bajas temperaturas (-20ºC) hasta el conteo, la realización de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) para amplificación y finalmente una secuenciación.

V.1.3.2. Amplificación de los marcadores seleccionados:

Se realizó la Reacción de la Polimerasa en Cadena (PCR), para obtener muchas copias de una región específica de ADN (marcadores) y posteriormente ser secuenciadas. Contempla tres etapas en cada ciclo, desnaturalización, annealing y extensión. Este ciclo se repite por 30-35 veces dependiendo del gen a amplificar. Los primers utilizados en la amplificación de secuencias de cada región fueron rbcL1F, rbcL1352R, trnL-F_F y trnL_R (Tabla 2).

Tabla 2. Primers (cebadores) utilizados en este estudio para la amplificación de las secuencias de cada región mediante PCR.

Región	Primer	Secuencia (5'-3')	Referencia
rbcL	rbcL1F	ATG TCA CCA CAA ACA GAA ACT AAA GC	Molvray *et al.* 2000
	rbcL1352R	CTT CAC AAG CAG CAG CTA GTT C	Molvray *et al.* 2000
trnL-F	trnL-F_F	GGT TCA AGT CCC TCT ATC CC	Taberlet 1991
	trnL-F_R	ATT TGA ACT GGT GAC ACG AG	Taberlet 1991

El protocolo llevado a cabo para realizar la PCR contempló tres etapas, desnaturalización, templado, extensión (Buerki *et al.* 2013, Espinosa 2007) (Tabla 3). El producto final se mantuvo en un congelador a -20°C.

Tabla 3. Protocolo PCR llevado a cabo para cada marcador. Desnat. (Desnaturalización), Ann (Annealing).

	Desnat. Inicial		Desnat.		Hibridación (Ann.)		Extensión		Extensión		Mantención		N° ciclo
Marcador	(°C)	Seg	(°C)	Seg	(°C)	Seg	(°C)	Seg	(°C)	Seg	(°C)	Seg	
rbcL	94	180	94	60	50	60	72	90	72	300	10	1440	32
trnL_trnF	94	120	94	60	50	60	72	90	72	180	10	1440	35

La etapa de amplificación culmina con la visualización de los fragmentos obtenidos con la PCR, para saber si el procedimiento anterior fue realizado correctamente y para determinar si la cantidad aproximada de pares de bases presentes corresponde al marcador seleccionado (Espinosa 2007).

V.1.3.3. Secuenciación de marcadores:

Los productos de PCR se purificaron y se secuenciaron usando los secuenciadores de Applied Biosystems ABI3700 y ABI3730 XL en Macrogen Inc. de Seúl, Corea, utilizando los mismos primers de la amplificación (Tabla 3). Los resultados son recibidos en archivos de texto con la secuencia de nucleótidos de cada marcador de cada especie. Posteriormente el ensamblaje y edición de las secuencias recibidas se realizó con el programa Sequencher, versión 5.4 (Gene Codes Corporation).

V.2. Reconstrucción filogenética

V.2.1. Alineamiento de las secuencias

Para realizar el alineamiento, necesario para homologar los nucleótidos y comparar los caracteres que provengan de un ancestro común mediante una reconstrucción filogenética (Espinosa 2007), se necesitó tener previamente las secuencias de las muestras estudiadas y una secuencia de un grupo externo (outgroup), que en este estudio se designó a una especie de la división Monilophyta (*Thyrsopteris elegans*), cuya secuencia se extrajo de la Base de Datos GenBank, en las accesiones HG422549.1 para el marcador rbcL y HG422548.1 para trnL-F.

Las secuencias obtenidas se alinearon de forma separada para cada región, utilizando los softwares MAFFT (Multiple Sequence Alignment Software) versión 7.0 (Katoh y Standley 2013) y AliView versión 3.0 (Larson 2014), ambos bajo licencia GNU libre, con el algoritmo (L-INS-i). Finalmente los dos alineamientos fueron combinados en el programa MESQUITE, versión 3.03 (Maddison y Maddison, 2015), con herramientas del programa CLUSTAL X, versión 2.0 (Larkin *et al.* 2007).

V.2.2. Análisis filogenético

La reconstrucción filogenética o inferencia, realizada para determinar la relación genealógica de taxa, a partir del supuesto de que sus caracteres son heredados de un ancestro común (López y Pérez 1999), se realizó a través de la metodología Maximum Likelihood con la herramienta RAxML-Light (Stamatakis *et al.* 2012), un código abierto para la inferencia filogenética a gran escala en la

plataforma on-line de CIPRES Science Gateway (www.phylo.org). El procedimiento se realizó en dos particiones de acuerdo a cada gen incluido en el alineamiento, lo que permitió estimar los parámetros del modelo de evolución.

Para establecer las relaciones basales, se construyó un árbol de referencia en base a las relaciones evolutivas señaladas por Angiosperm Phylogeny Group (www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/) y se enraizó al grupo designado.

La evaluación del soporte estadístico de las relaciones evolutivas rescatadas en la inferencia, se realizó con análisis de Bootstraping, generando un árbol de consenso en el cual se evalúa cada clado de acuerdo al porcentaje de árboles en los que aparece. Los clados con un alto valor de bootstrap tienen una probabilidad más alta de ser correctos. Se consideraron bien soportados los grupos que tenían un valor mayor a 90 % de bootstrap (COMAV 2017).

V.3. Matriz de datos geográficos

Se construyó una matriz de ocurrencia de información geográfica para las 151 especies estudiadas (Tabla 4), a partir de los datos de presencias en la bibliografía, bases de datos de los herbarios mencionados, datos directos de terreno e información disponible en GBIF (http://www.gbif.org/) en una grilla de 0,5 x 0,5 grados (aproximadamente 55 km^2).

Tabla 4. Extracto de la matriz de información geográfica de las especies estudiadas. La información presenta las coordenadas de longitud y latitud en grados decimales (LONG, LAT), en coordenadas UTM y el respectivo Huso.

ESPECIE	LONG	LAT	Coordenadas UTM		HUSO
Adenopeltis_serrata	-72.03	-34.7	772046.0466	6156208.91	18
Adenopeltis_serrata	-72.42	-35.33	734506.6362	6087305.734	18
Adenopeltis_serrata	-71.43	-31.2	268152.9622	6545681.392	19
Adenopeltis_serrata	-71.55	-31.06	256693.2436	6560214.589	19

V.4. Cálculo de índices filogenéticos

Para calcular los índices evolutivos ED, EDGE y ED-R, se utilizó como base la filogenia final construida. El árbol se exportó al software MESQUITE versión 3.2 en un archivo Phylip. Los cálculos se realizaron utilizando el paquete de Mesquite "Tuatara" versión 1.01. El cálculo de cada índice se realizó de la siguiente forma:

V.4.1. Cálculo de ED

Este índice se obtiene sumando los cocientes entre el largo de rama y el número de taxa que desciende de cada rama, desde la raíz de la filogenia hasta la última rama que sostiene el taxon que se está evaluando, utilizando la siguiente fórmula (Isaac *et al*. 2007_a, Cadotte y Davies 2010):

$$\boxed{ED=\Sigma\left(\lambda e\frac{1}{Se}\right)}$$

Donde,
λe es el largo de rama
Se el número de especies que descienden de esa rama

ED asigna mayor prioridad de conservación a las ramas más largas y que sostienen a menos taxa, ya que estos taxa serían más únicos evolutivamente.

V.4.2. Cálculo de EDGE

El cálculo se realizó integrando los resultados de ED a las categorías de amenaza asignadas tanto por la RCE en Chile (http://www.mma.gob.cl /clasificacionespecies), como por la UICN en su libro rojo (UICN 2012), ponderadas según Mooers *et al.* (2008), con parámetros para probar sensibilidad de transformaciones de probabilidad de extinción, de acuerdo a lo propuesto por Isaac *et al.* en 2007 (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros usados para probar la sensibilidad de las transformaciones de probabilidad de rangos a extinción. Extraída de Mooers *et al.* (2008).

Categoría IUCN	Ponderaciones de Mooers *et al.,* (2008)
Preocupación menor	**0.025**
Casi amenazado	**0.05**
Vulnerable	**0.1**
Peligro	**0.2**
Peligro crítico	**0.4**

Para realizar el análisis se utilizó la fórmula propuesta por Isaac *et al.* (2007_a):

$$EDGE = \ln(1 + ED) + GE * \ln(2)$$

Donde,
ED representa la Singularidad Evolutiva,
GE el riesgo de extinción global asignado por la RCE o IUCN
Ln (1+ED) es el logaritmo natural de 1+ED

EDGE asigna mayor prioridad de conservación a las ramas más largas, que sostienen a menos taxa y que tienen mayor probabilidad de extinción.

V.4.3. Cálculo de ED-R

ED-R es un índice propuesto por este estudio como sustituto de EDGE, para las especies que no han sido evaluadas, y que por lo tanto, no tienen determinado su grado de amenaza.

Para su cálculo fue necesario utilizar una matriz de presencias de cada especie y la filogenia base, datos que fueron ingresados a la plataforma del programa Biodiverse, versión 0.99 (Laffan *et al.* 2010), calculando un árbol filogenético cuyas ramas son proporcionales a la presencia de cada taxon (Rosauer *et al*. 2009) (Figura 3). Posteriormente en el programa Mesquite, se calculó un nuevo ED, siendo ahora ED Relativo (ED-R). para asignar un largo de rama de acuerdo a la cantidad de presencias en la grilla.

De esta manera se obtuvo un árbol ajustado por presencias, exponiendo a los taxa más restringidos geográficamente con ramas más largas y ramas cortas para taxa con mayor cantidad de presencias (Rosauer *et al.* 2009).

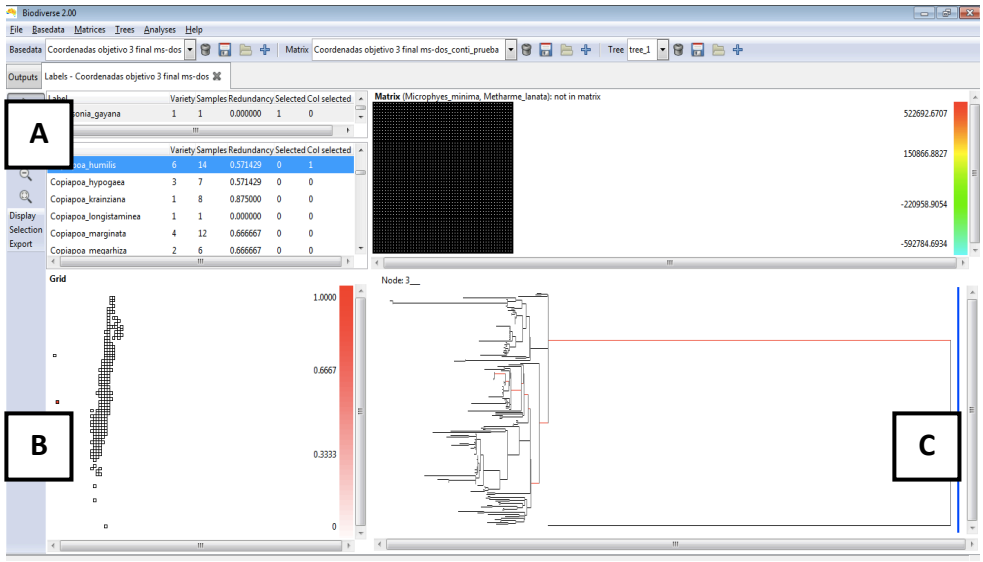


Figura 3. Programa Biodiverse con la visualización árbol ajustado. (A) Matriz de información geográfica y la filogenia base, (B) Grilla creada a partir de los datos geográficos, (C) Filogenia arrojada.

El árbol ajustado se ingresó en el programa Mesquite para calcular ED-R (ED-Relativo), con la metodología que se explica en la sección que continúa.

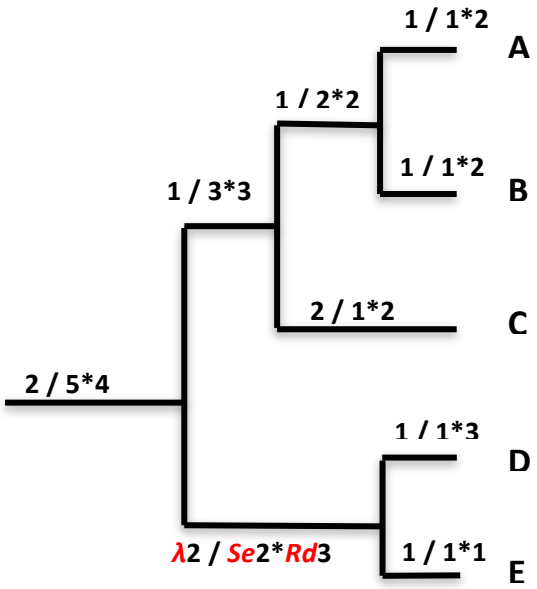
ED-R sigue la siguiente fórmula:

$$ED - R = \sum \frac{\lambda_e}{R_d \cdot S_e}$$

Donde,
λe es el largo de rama,
Se, el número de especies que descienden de esa rama
Rd, el número de celdas en las que está presente un taxón en un determinado rango de distribución.

El resultado que entrega ED-R es un ranking de prioridades para la conservación, que toma en cuenta la Singularidad Evolutiva junto al rango de distribución geográfica (presencias) de una especie en un área geográfica determinada.

Un ejemplo para realizar el cálculo de ED-R se presenta en la Figura 4.



$$ED - R = \sum \frac{\lambda_e}{R_d \cdot S_e}$$

	Presencia			
Especie	**1**	**2**	**3**	**4**
A	1	1	0	0
B	1	1	0	0
C	0	1	1	0
D	0	1	1	1
E	0	0	0	1

Figura 4. A la izquierda una filogenia hipotética de 5 especies (A, B, C, D y E); los símbolos en color rojo indican a qué corresponde cada número de acuerdo a la fórmula de ED-R de la derecha. La matriz a la derecha muestra las celdas en que los taxa están presentes en una grilla.

De acuerdo a la filogenia hipotética de la figura 4, este índice se debe calcular de la siguiente forma:

	Cálculo de ED-R	*ED-R*
A	= (2/5*4)+(1/3*3)+(1/2*2)+(1/1*2)	0.96
B	= (2/5*4)+(1/3*3)+(1/2*2)+(1/1*2)	0.96
C	= (2/5*4)+(1/3*3)+(2/1*2)	1.21
D	= (2/5*4)+(2/2*3)+(1/1*3)	0.7
E	= (2/5*4)+(2/2*3) +(1/1*1)	1.4

Al comparar los resultados de ED, calculado de acuerdo a lo expuesto en el punto anterior, con de ED-R de la filogenia hipotética presentada en la figura 4, se puede observar cómo al considerar el rango de distribución, la importancia relativa de los taxa puede cambiar, evidenciando que aquellos que tienen distribución más restringida, tienen más necesidades de protección, como es el caso de la especie E (Tabla 6).

Tabla 6. Resumen resultados del cálculo de los índices ED y ED-R de la filogenia hipotética de la Figura 4. En gris se destacan los taxa prioritarios para cada índice.

Especie	ED	ED-R
A	2.2	0.96
B	2.2	0.96
C	**2.7**	1.21
D	2.4	0.7
E	2.4	**1.4**

V.4.3.1 Validación del índice ED-R

La validación de ED-R se realizó de dos formas, primero por comparación de posiciones de sus resultados con los obtenidos de EDGE en un ranking para los taxa que tienen asignada categorías de conservación, y segundo de manera estadística con el cálculo de dos coeficientes:

Coeficiente de Correlación simple por rangos de Spearman (rs): permite medir la correlación o asociación de dos variables y es aplicable cuando las mediciones se realizan en una escala ordinal, aprovechando la clasificación por rangos. Este se rige por las reglas de la correlación simple de Pearson, y las mediciones de este índice van de + 1 a - 1, pasando por el cero, donde este último significa que no hay correlación entre las variables estudiadas, mientras que los dos primeros denotan la correlación máxima, positiva y negativa respectivamente.

El coeficiente de correlación simple por rangos de Spearman con empates se define de la siguiente manera:

$$r_s = \frac{\Sigma X^2 + \Sigma Y^2 - \Sigma d^2}{2\sqrt{\Sigma X^2 \, \Sigma Y^2}}$$

Donde:

d^2: Diferencias existentes entre los rangos de las dos variables al cuadrado.

N : Tamaño de la muestra expresada en parejas de rangos de las variables.

ΣLx : Sumatoria de empates de la variable EDGE definida por: $\frac{\Sigma L_i^3 - L_i}{12}$

.

ΣL_y : Sumatoria de empates de la variable ED-R definida por: $\frac{\Sigma L_i^3 - L_i}{12}$

ΣX^2 : Sumatoria de cuadrados de la variable EDGE definida por: $\frac{N^3 - N}{12} - \Sigma Lx$

.

ΣY^2: Sumatoria de cuadrados de la variable ED-R definida por: $\frac{N^3 - N}{12} - \Sigma Ly$

Coeficiente de Concordancia de Kendall (W): mide el grado de asociación entre varios conjuntos (k) de N entidades, determinando el grado de acuerdo entre varios jueces o variables (Martel y Diéz 1997), de forma que los individuos u objetos de la muestra pueden ordenarse por rangos (jerarquías) (Hernández *et al.* 2010). Este coeficiente oscila entre 0 y 1, donde el valor de 1 significa una concordancia de acuerdos total y el valor 0 un desacuerdo total.

El coeficiente de concordancia de Kendall se define por la siguiente ecuación:

$$W = \frac{12 * R}{m^2(k^3 - k)}$$

Donde:
m: El número de índices.
k: Especies que son calificados en orden de rango de 1 a k.

R: Desviación cuadrada dada por $\sum_{i=1}^{k}(R_i - R)$

Siendo: $R_i = \sum_{j=1}^{m} r_{ij}$

: r_{ij} Clasificación dada por el índice j a la especie i.

$\overline{R}$:Promedio de los R_i.

Para valores de k ≥ 5 o m>15, m(k – 1)W χ^2_{k-1} se pudo calcular el p-valor.
El test de hipótesis establecido para este caso fue el siguiente:

$H_0 : W = 0$ (no existe concordancia entre los índices)

$H_1 : W \neq 0$ (existe concordancia entre los índices)

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VI.1. Evaluación de los Estados de conservación de las especies de los géneros endémicos de la flora vascular de Chile

La flora perteneciente a los 86 géneros endémicos del país de acuerdo a la revisión bibliográfica, está compuesta por 231 especies, pertenecientes a 40 familias distintas. De estos, se logró obtener secuencias de 151 especies (anexo 1), cubriendo el 92% de los géneros endémicos y el 65% de las especies, con las cuales se realizaron los análisis. No se logró obtener material de las especies de los géneros *Kieslingia, Lycapsus, Nesocaryum, Selkirkia*, *Podophorus, Ivania* y *Yunquea*, siendo los tres últimos considerados extintos de acuerdo a la información del RCE.

Del total de especies estudiadas, el 46% se encuentra con problemas de conservación, del cual más de la mitad (25% del total) está clasificado en la categoría EN y un 25% como VU (14% del total) (Figura 5).

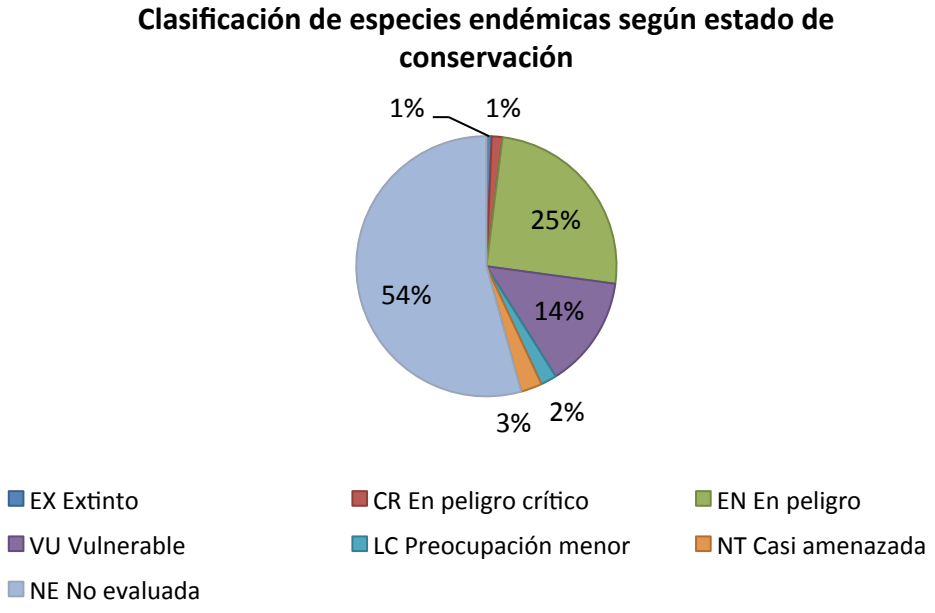


Figura 5. Clasificación de las especies pertenecientes a los géneros endémicos estudiados de acuerdo a su categoría de conservación.

El mayor porcentaje de especies evaluadas para estado de conservación está en las Islas, cubriendo un total de un 80 % evaluado, en cambio en el continente sólo se ha evaluado un 31 % del total (Figura 6).

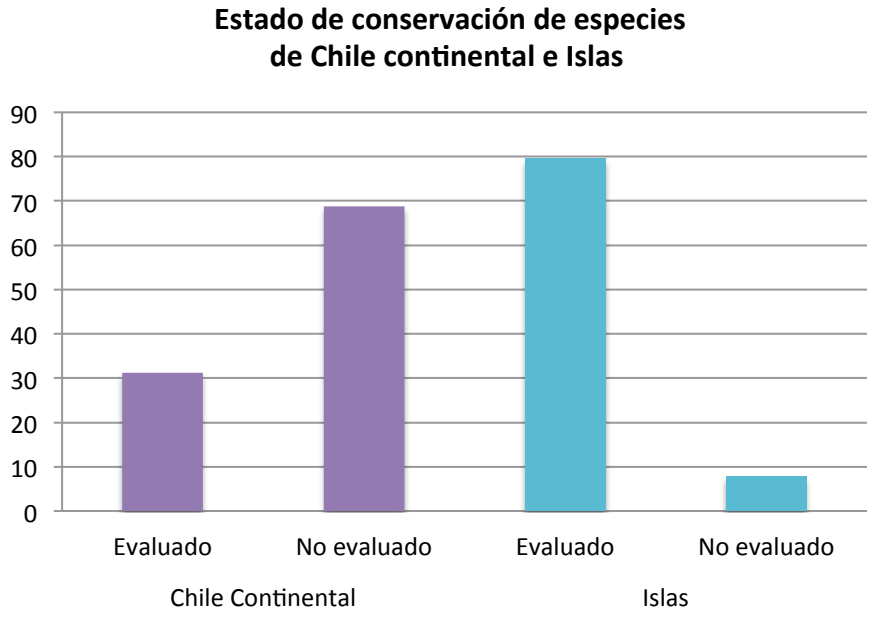


Figura 6. Comparación de Especies evaluadas y no evaluadas de acuerdo a su estado de conservación en Chile Continental y las Islas.

VI.2. Análisis filogenético

Con las 151 secuencias obtenidas, se construyó el árbol filogenético base, que muestra las relaciones de los taxa seleccionados y los clados que estos van formando de acuerdo a su grado de parentesco (Figura 7).

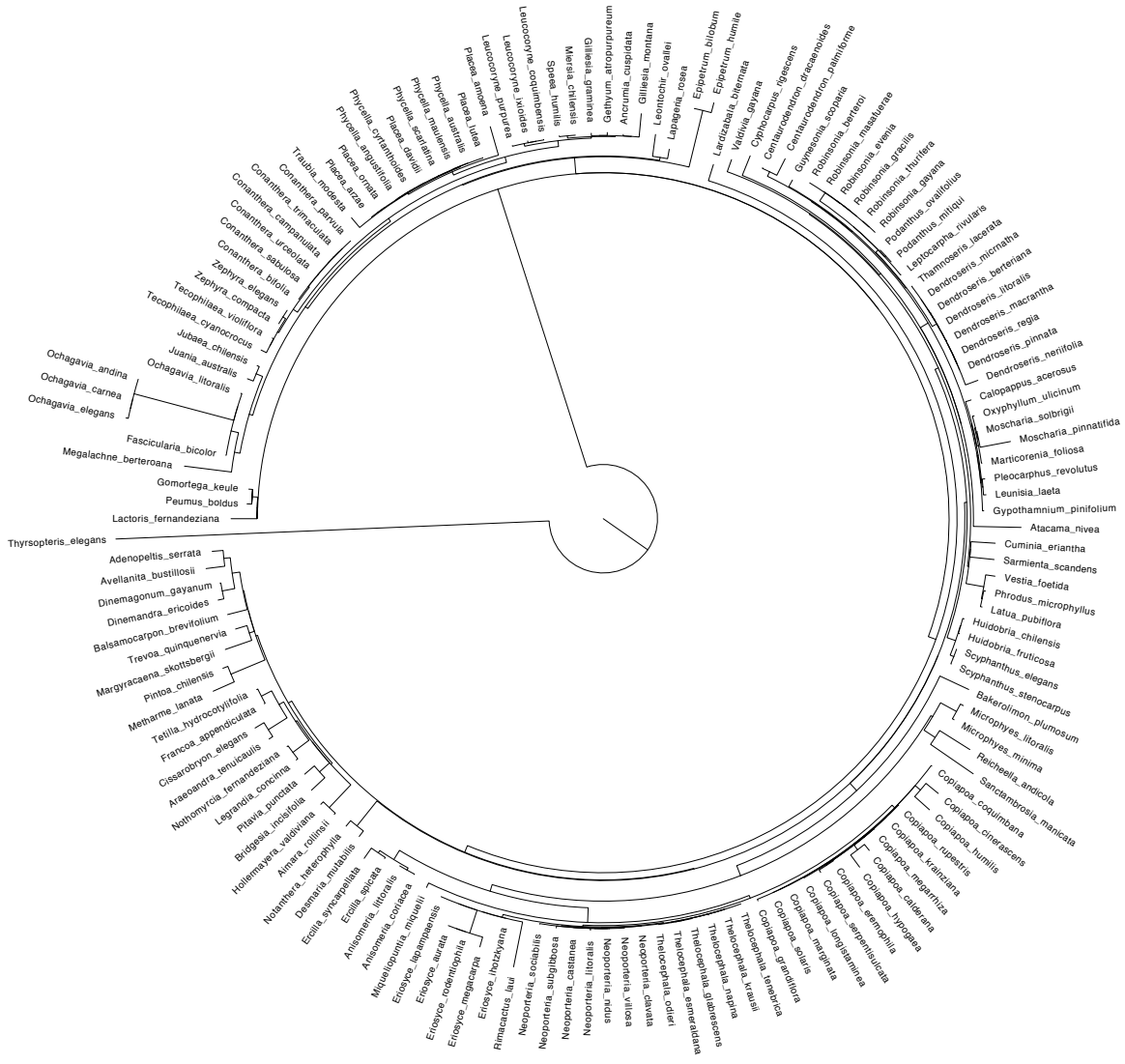


Figura 7. Árbol filogenético derivado de las secuencias rbcL y trnL-F de los taxa de los géneros endémicos de Chile, obtenido con Maximum Likelihood con la herramienta RAxML-Light en la plataforma on-line de CIPRES Science Gateway (www.phylo.org).

El filograma de la figura 7 representa la historia evolutiva inferida para los taxa estudiados a partir de las secuencias de *rbcL* y *trnL-trnF*, con el método de Máxima verosimilitud o “Maximum Likelihood”. Cada rama muestra los mejores valores de Maximum Likelihood, representando la cantidad de cambios acumulados en el tiempo en los diferentes clados y con ello las relaciones de parentesco que se han formado en el tiempo.

En este filograma se puede observar cómo destaca por su historia evolutiva el clado de las especies pertenecientes al género *Ochagavia*, así como el de *Epipetrum, Atacama, Reichella, Sanctambrosia, Pintoa, Metharme,* entre otros que también se presentan en ramas largas.

VI.2.1 Medidas filogenéticas y prioridades de conservación

VI.2.1.1. ED (Evolutionary Distinctiveness)

Respecto a la singularidad evolutiva de este grupo de especies, los resultados del índice muestran que tanto especies de Chile continental como insular son altamente singulares. En la tabla 7 se muestran las 14 especies con mayores valores de ED.

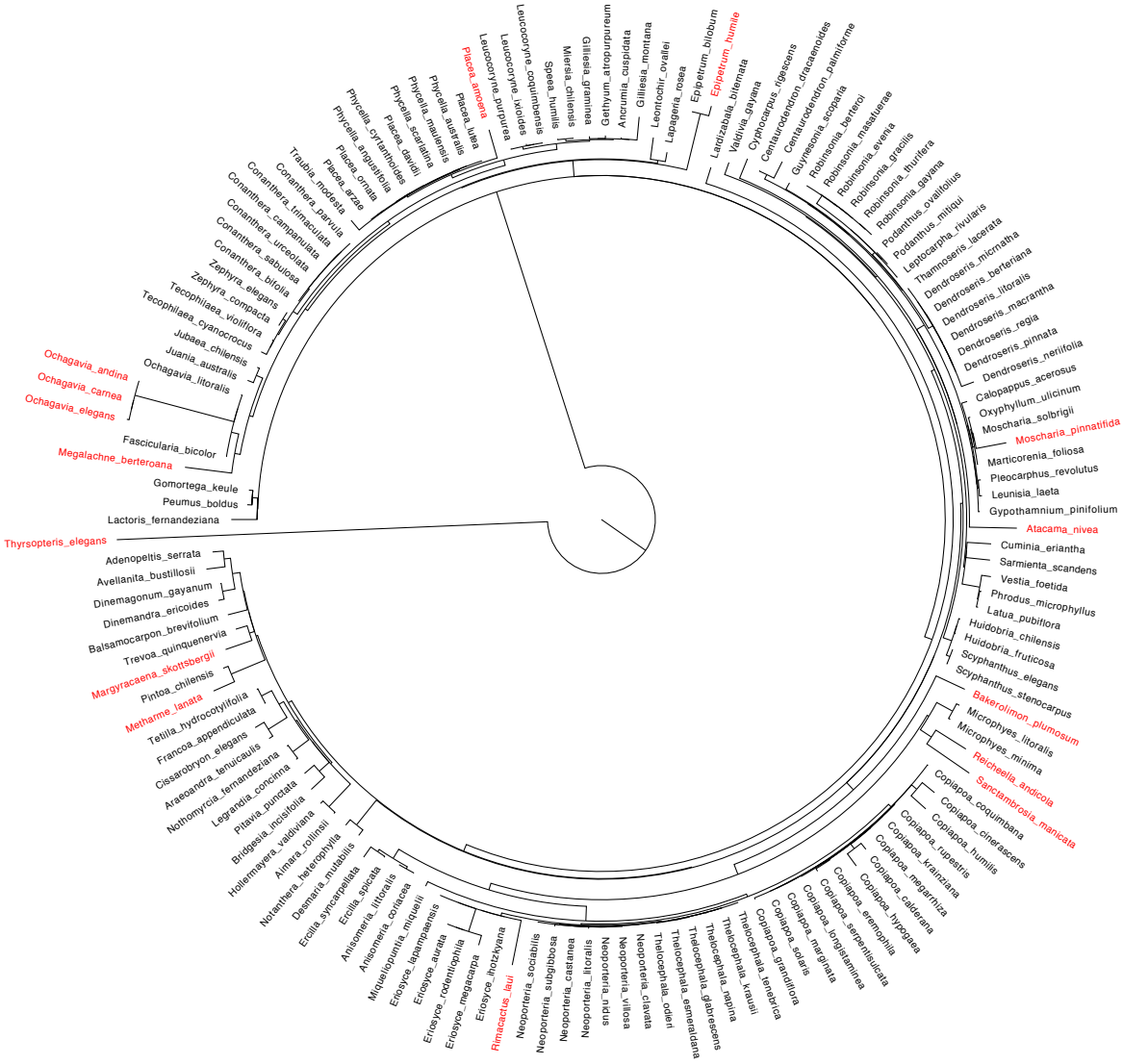
En la tabla se puede observar que tanto especies de Islas como de Chile continental son altamente singulares. Destaca en este ranking la coincidencia de que varias de las especies prioritarias se encuentran clasificadas dentro de alguna de las categorías de conservación, siendo que este criterio no es considerado en este índice.

Tabla 7. Top 14 especies de los géneros endémicos de Chile con mayores valores de ED, ordenadas de mayor a menor prioridad. En el Ranking, el número 1 indica primera prioridad y 14 última. (CC) Categorías de Conservación, Nº sp G. (Número de especies por género), (ED) Evolutionary Distinctiveness, (Rank) Ranking de prioridad de acuerdo a ED. AJF (Archipiélago Juan Fernández), ID (Islas Desventuradas) y Ch. C (Chile Continental)

Área	Familia	Especie	CC	Nº sp G.	ED	Rank.
ID	Caryophyllaceae	*Sanctambrosia manicata*	-	1	0.2521	1
AJF	Poaceae	*Megalachne berteroana*	VU	2	0.2098	2
Ch.C	Asteraceae	*Atacama nivea*	-	1	0.2055	3
Ch.C	Cactaceae	*Rimacactus laui*	EN	1	0.2036	4
Ch.C	Caryophyllaceae	*Reicheella andicola*	-	1	0.1865	5
Ch.C	Zygophyllaceae	*Metharme lanata*	EN	1	0.1807	6
Ch.C	Bromeliaceae	*Ochagavia elegans*	VU	4	0.1727	7
Ch.C	Dioscoreaceae	*Epipetrum humile*	-	3	0.1708	8
Ch.C	Bromeliaceae	*Ochagavia carnea*	-	4	0.1633	9
Ch.C	Bromeliaceae	*Ochagavia andina*	-	4	0.1633	10
Ch.C	Asteraceae	*Moscharia pinnatifida*	-	2	0.1429	11
Ch.C	Plumbaginaceae	*Bakerolimon plumosum*	-	1	0.1406	12
AJF	Rosaceae	*Margyracaena skottsbergii*	-	1	0.1366	13
Ch.C	Amaryllidaceae	*Placea amoena*	EN	5	0.1351	14

En la filogenia de la figura 8 se destaca que las especies que tienen ED más altos coinciden con los taxa que se encuentran en las ramas más largas y con menos taxa derivadas de ellas, es decir, los que han estado evolucionando, acumulando cambios de manera independiente durante millones de años.

El ED más alto lo obtuvo *Sanctambrosia manicata*, lo cual es de esperar por ser la única especie del género y además por ser originaria de una isla, dato relevante en términos evolutivos. Le siguen especies que también son parte de géneros monoespecíficos, *Atacama nivea, Rimacactus laui, Reicheella andicola, Metharme lanata;* y otras que se encuentran en clados con pocos taxa, tales como *Megalachne berteroana, Ochagavia elegans, Ochagavia carnea, Ochagavia andina y Epipetrum humile.* Para el caso de *Placea amoena*, a pesar de estar dentro de un género con 5 especies, el filograma muestra que este por algún proceso evolutivo se separa del resto de las especies hermanas, adquiriendo entonces un valor más alto por estar en una rama más larga que el resto de las especies. En este caso no se toma como ED más alto la especie del género basal monoespecífico *Thyrsopteris elegans*, ya que este fue utilizado para el enraizamiento del árbol.


Leucocoryne_coquimbensis
Leucocoryne_purpurea
Leucocoryne_ixioides
Placea_amoena
Placea_lutea
Phycella_australis
Phycella_mauleensis
Phycella_scarlatina
Placea_davidii
Phycella_cyrtanthoides
Phycella_angustifolia
Placea_ornata
Placea_arzae
Traubia_modesta
Conanthera_parvula
Conanthera_trimaculata
Conanthera_campanulata
Conanthera_urceolata
Conanthera_sabulosa
Conanthera_bifolia
Zephyra_elegans
Zephyra_compacta
Tecophilaea_violiflora
Tecophilaea_cyanocrocus
Jubaea_chilensis
Juania_australis
Ochagavia_litoralis
Ochagavia_andina
Ochagavia_carnea
Ochagavia_elegans
Fascicularia_bicolor
Megalachne_berteroana
Gomortega_keule
Peumus_boldus
Lactoris_fernandeziana
Thyrsopteris_elegans
Adenopeltis_serrata
Avellanita_bustillosii
Dinemagonum_gayanum
Dinemandra_ericoides
Balsamocarpon_brevifolium
Trevoa_quinquenervia
Margyracaena_skottsbergii
Pintoa_chilensis
Metharme_lanata
Tetilla_hydrocotyifolia
Francoa_appendiculata
Cissarobryon_elegans
Araeoandra_tenuicaulis
Nothomyrcia_fernandeziana
Legrandia_concinna
Pitavia_punctata
Bridgesia_incisifolia
Hollermayera_valdiviana
Almara_rollinsii
Notanthera_heterophylla
Desmaria_mutabilis
Ercilla_syncarpellata
Ercilla_spicata
Anisomeria_littoralis
Anisomeria_coriacea
Miquelioporutia_miquelii
Erosyce_lepampaensis
Erosyce_aurata
Erosyce_rodentophila
Erosyce_megacarpa
Erosyce_ihotzkyana
Rimacactus_laui
Neoporteria_sociabilis
Neoporteria_subgibbosa
Neoporteria_castanea
Neoporteria_litoralis
Neoporteria_nidus
Neoporteria_villosa
Neoporteria_clavata
Thelocephala_odieri
Thelocephala_esmeraldana
Thelocephala_glabrescens
Thelocephala_napina
Thelocephala_krausii
Thelocephala_tenebrica
Copiapoa_grandiflora
Copiapoa_solaris
Copiapoa_marginata
Copiapoa_longistaminea
Copiapoa_serpentisulcata
Copiapoa_eremophila
Copiapoa_hypogaea
Copiapoa_calderana
Copiapoa_megarhiza
Copiapoa_krainziana
Copiapoa_rupestris
Copiapoa_humilis
Copiapoa_cinerascens
Copiapoa_coquimbana
Copiapoa_cinerea
Copiapoa_tocopilana
Copiapoa_malleolens
Copiapoa_cephalophora
Copiapoa_dealbata
Copiapoa_gigantea
Copiapoa_ahnfeldtiana
Copiapoa_tenuissima
Copiapoa_cinnabarina
Copiapoa_haseltoniana
Copiapoa_ataciensis
Copiapoa_esmeraldana

VI.2.1.2. EDGE (Evolutionary Distinct Globally Endangered)

Al considerar el estado de conservación de las especies, el índice EDGE cambia la prioridad asignada por ED en varios casos, subiendo la prioridad de conservación de algunos taxa un poco menos singulares pero que presentan mayores grados de amenaza, tales como *Cuminia eriantha, Placea amoena, Lactoris fernandeziana, Avellanita bustillosii, Pintoa chilensis* y *Leontochir ovallei* (Tabla 8).

Tabla 8. Top 14 de las especies de los géneros endémicos de Chile con mayores valores de EDGE, ordenadas de mayor a menor prioridad. (CC) Categorías de Conservación, Nº sp G. (Número de especies por género), (EDGE) Evolutionary Distinctness Globally Endangered, (Rank) Ranking de prioridad de acuerdo a EDGE. AJF (Archipiélago Juan Fernández), ID (Islas Desventuradas) y Ch. C (Chile Continental)

Área	Familia	Especie	CC	Nº sp G.	EDGE	Rank.
AJF	Lamiaceae	*Cuminia eriantha*	CR	1	0.04420939	1
Ch.C	Cactaceae	*Rimacactus laui*	EN	1	0.04073461	2
Ch.C	Zygophyllaceae	*Metharme lanata*	EN	1	0.03615588	3
Ch.C	Amaryllidaceae	*Placea amoena*	EN	5	0.02702492	4
AJF	Lactoridaceae	*Lactoris fernandeziana*	EN	1	0.02323071	5
Ch.C	Euphorbiaceae	*Avellanita bustillosii*	EN	1	0.02204653	6
Ch.C	Zygophyllaceae	*Pintoa chilensis*	EN	1	0.02171048	7
Ch.C	Alstroemeriaceae	*Leontochir ovallei*	EN	1	0.02144483	8
AJF	Poaceae	*Megalachne berteroana*	VU	2	0.02098946	9
AJF	Asteraceae	*Centaurodendron palmiforme*	EN	2	0.01969237	10
Ch.C	Cactaceae	*Eriosyce megacarpa*	EN	5	0.01832958	11
Ch.C	Rutaceae	*Pitavia punctata*	EN	1	0.01817677	12
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa hypogaea*	EN	23	0.01806326	13
Ch.C	Bromeliaceae	*Ochagavia elegans*	VU	4	0.01727815	14

Siguiendo la tabla 8, en el filograma de la figura 9 es posible visualizar que, a pesar de que la especie *Cuminia eriantha* no se encuentra en la rama más largas, esta de todas maneras alcanza la prioridad 1 de preocupación, lo que es posible gracias a la información que entregan la historia evolutiva y las categorías de conservación asignadas previamente, en conjunto. Otras especies que destacan son *Rimacactus laui, Metharme lanata* y *Placea amoena*, las que alcanzan lugares más altos con EDGE que con ED. Además, destaca la presencia de *Copiapoa hypogaea* dentro del top 14, una especie que a diferencia de las demás, se encuentra dentro de un clado con muchas

especies, pero dentro de este es una de las que desciende de las ramas más largas.

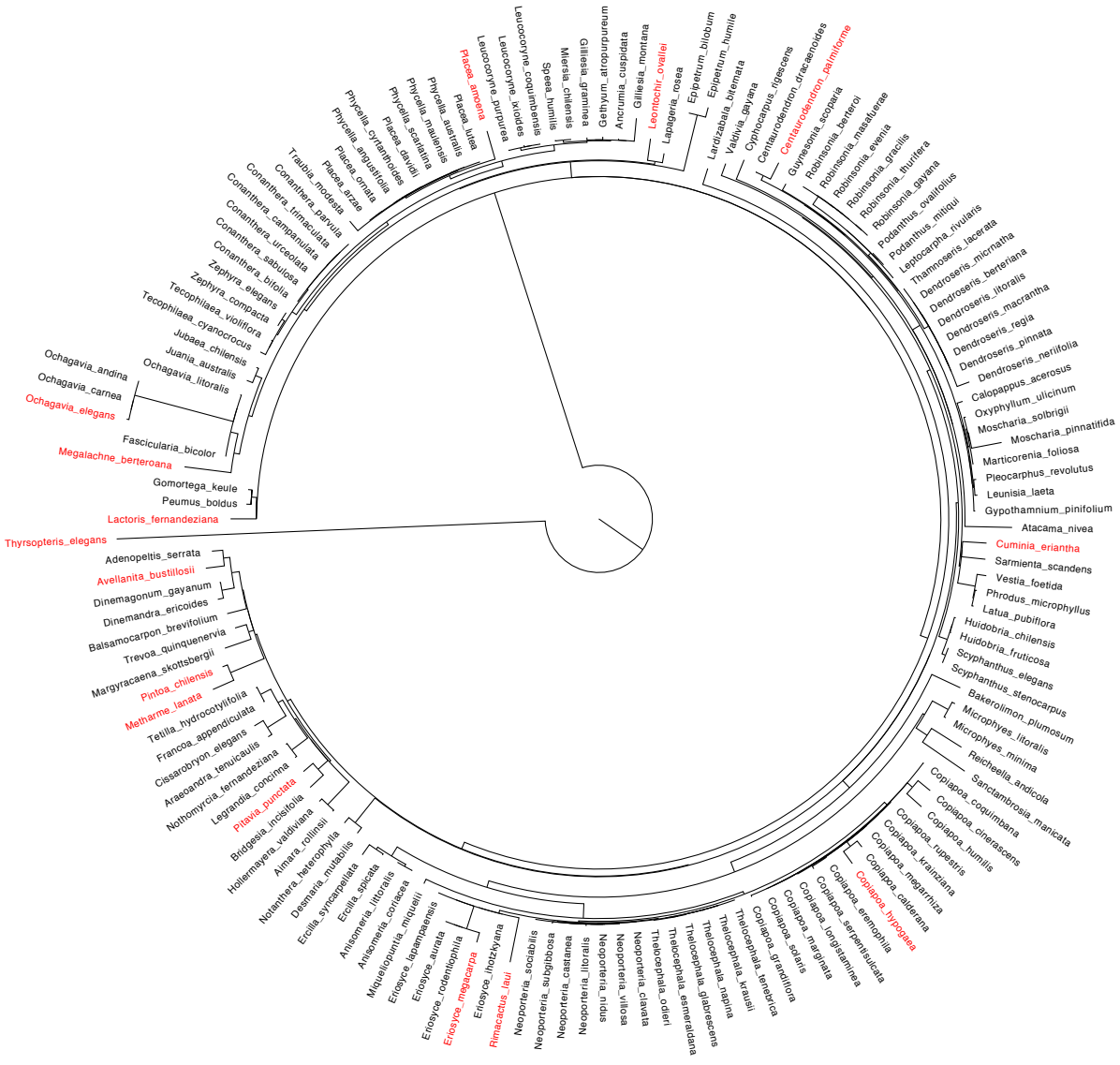


Figura 9. Filograma utilizado para mostrar en rojo los valores de EDGE más altos del grupo de especies de los géneros endémicos de Chile. En color rojo se muestran las especies con los valores más altos de EDGE.

Con este índice se puede observar que el estado de conservación de las especies influye sobre la priorización realizada sólo con ED y así mismo, la historia evolutiva acumulada también influye y cambia la priorización realizada sólo con las medidas tradicionales para asignación de categorías de conservación; dando mayor oportunidad de proteger especies amenazadas así como especies que además presenten gran cantidad de historia evolutiva única acumulada, como es el caso de especies que son parte de géneros o familias pequeñas e incluso únicas dentro de un linaje completo

En la tabla 9 se presentan con color rojo las coincidencias detectadas entre EDGE y ED, y en negro las nuevas prioridades, asignadas con EDGE.

Tabla 9. Comparación de los valores del ranking de EDGE y ED para priorizar taxa de acuerdo a su historia evolutiva. Las especies coincidentes para ambos índices se indican con color rojo y las especies nuevas con color negro en el ranking. (CC) Categorías de Conservación, Nº sp G. (Número de especies por género), (EDGE) Evolutionary Distinctness Globally Endangered, (Rank EDGE - ED) Ranking de prioridad de acuerdo a EDGE y ED. AJF (Archipiélago Juan Fernández), ID (Islas Desventuradas) y Ch. C (Chile Continental).

Área	Familia	Especie	CC	Nº sp G.	Rank EDGE	Rank ED
AJF	Lamiaceae	***Cuminia eriantha***	CR	1	**1**	**21**
Ch.C	Cactaceae	***Rimacactus laui***	EN	1	**2**	**4**
Ch.C	Zygophyllaceae	***Metharme lanata***	EN	1	**3**	**6**
Ch.C	Amaryllidaceae	***Placea amoena***	EN	5	**4**	**14**
AJF	Lactoridaceae	***Lactoris fernandeziana***	EN	1	**5**	**16**
Ch.C	Euphorbiaceae	***Avellanita bustillosii***	EN	1	**6**	**22**
Ch.C	Zygophyllaceae	***Pintoa chilensis***	EN	1	**7**	**23**
Ch.C	Alstroemeriaceae	***Leontochir ovallei***	EN	1	**8**	**24**
AJF	Poaceae	***Megalachne berteroana***	VU	2	**9**	**2**
AJF	Asteraceae	***Centaurodendron palmiforme***	EN	2	**10**	**28**
Ch.C	Cactaceae	***Eriosyce megacarpa***	EN	5	**11**	**32**
Ch.C	Rutaceae	***Pitavia punctata***	EN	1	**12**	**33**
Ch.C	Cactaceae	***Copiapoa hypogaea***	EN	23	**13**	**34**
Ch.C	Bromeliaceae	***Ochagavia elegans***	VU	4	**14**	**7**

VI.2.1.3. ED-R (Singularidad Evolutiva Relativa)

Con los datos geográficos recolectados desde diferentes herbarios, estudios científicos y registros presenciales, se construyó una nueva filogenia con ramas ponderadas de acuerdo al rango de distribución geográfica (Figura 10). En esta, las ramas más cortas las obtienen las especies que presentaron más registros de presencias y las más largas las que presentaron menos registros, resaltando la importancia de estas últimas.

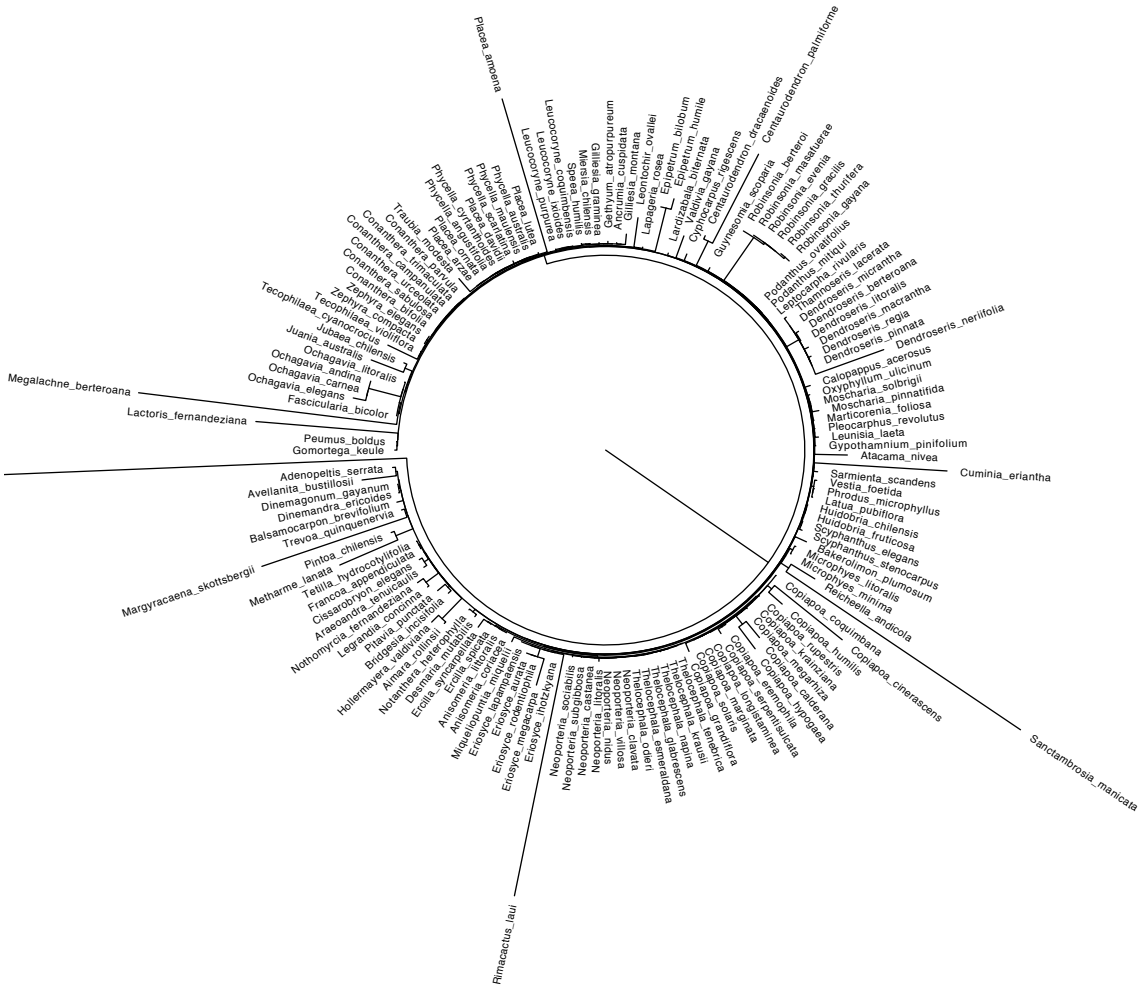


Figura 10. Filograma que presenta largos de rama de acuerdo la frecuencia de registros de presencia de las especies pertenecientes a los géneros endémicos de Chile. Ramas más largas implican menos registros de presencias y ramas cortas, más registros de presencia

La visualización del largo de rama de acuerdo a la cantidad de registros de presencia se puede observar en la figura 11, a la derecha en una grilla de 0,5x0,5 grados por ejemplo, *Peumus boldus* con más cantidad de presencias obtiene una rama más corta que *Metharme lanata*, la que presenta menos presencias y por lo tanto una rama larga en la filogenia.

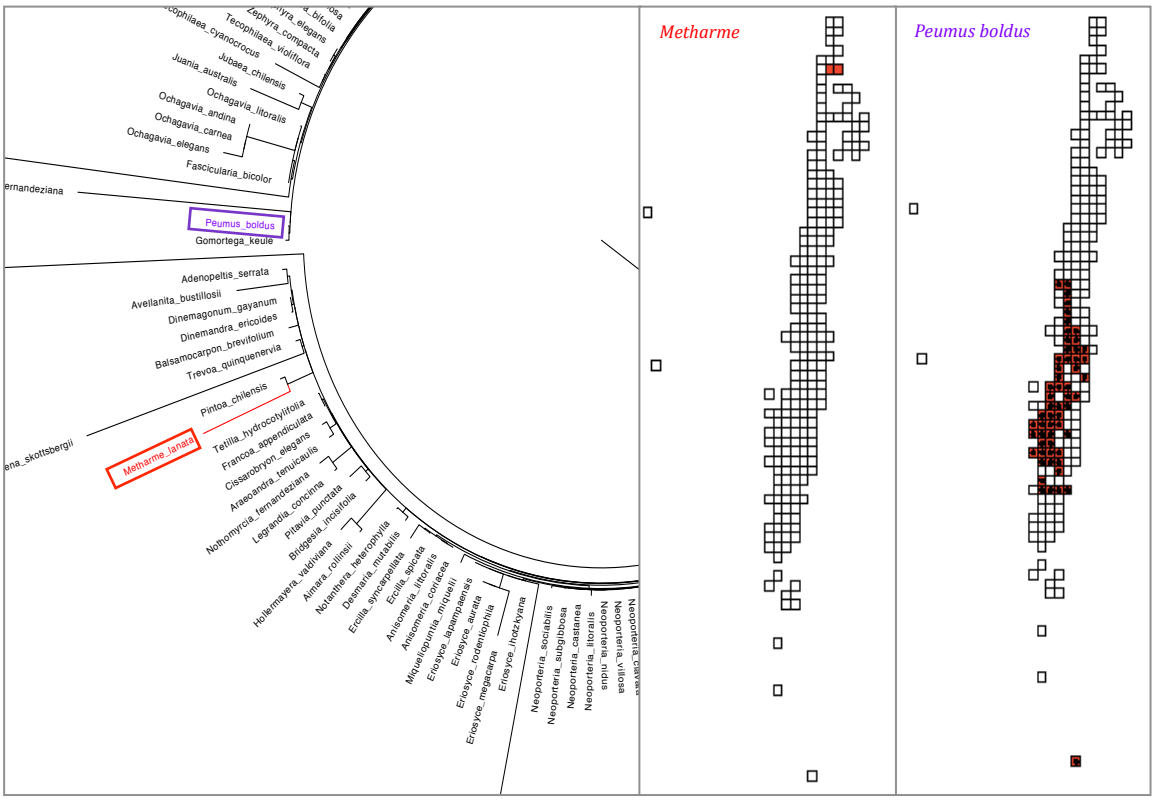


Figura 11. Detalle de largo de rama versus presencia de dos especies en grilla. A la izquierda se puede observar que *Metharme lanata* (rojo) adquiere un largo de rama mayor que *Peumus boldus* (morado); a la derecha en la grilla *Metharme lanata* se presenta en menos cuadros de presencia que *Peumus boldus*.

Los resultados de ED-R arrojaron un nuevo listado de prioridades, que se presentan en la tabla 10. En esta se puede observar cómo ingresan al ranking especies que no presentaban categoría de conservación asociada, es decir, que no han sido evaluadas a la fecha en los procesos de clasificación de especies, tales como *Sanctambrosia manicata, Margyracaena skottsbergii, Copiapoa cinerascens* y *Epipetrum humile*, que son especies que poseen una distribución geográfica conocida muy acotada.

Tabla 10. Top 14 de las especies de los géneros endémicos de Chile con mayores valores de ED-R ordenadas de mayor a menor prioridad. (CC) Categorías de Conservación, (Cant.Reg) Cantidad de registros geográficos, Nº sp G. (Número de especies por género), (ED) Singularidad Evolutiva, (ED-R) Singularidad Evolutiva Relativa, (Rank) Ranking de prioridad de acuerdo a ED-R. AJF (Archipiélago Juan Fernández), ID (Islas Desventuradas) y Ch. C (Chile Continental).

Área	Familia	Especie	CC.	Cant. Reg.	Nº sp G.	ED-R	Rank ED-R
ID	Caryophyllaceae	*Sanctambrosia manicata*	-	1	1	0.21422	1
AJF	Poaceae	*Megalachne berteroana*	VU	1	2	0.19270	2
Ch.C	Cactaceae	*Rimacactus laui*	EN	1	1	0.18634	3
Ch.C	Amaryllidaceae	*Placea amoena*	EN	1	5	0.12057	4
AJF	Rosaceae	*Margyracaena skottsbergii*	-	1	1	0.11424	5
AJF	Lactoridaceae	*Lactoris fernandeziana*	EN	1	1	0.10572	6
AJF	Lamiaceae	*Cuminia eriantha*	CR	1	1	0.09857	7
AJF	Asteraceae	*Centaurodendron palmiforme*	EN	1	2	0.08568	8
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa cinerascens*	-	5	23	0.06692	9
AJF	Asteraceae	*Dendroseris neriifolia*	EN	1	11	0.05521	10
Ch.C	Zygophyllaceae	*Metharme lanata*	EN	7	1	0.05380	11
AJF	Arecaceae	*Juania australis*	EN	1	1	0.02849	12
Ch.C	Euphorbiaceae	*Avellanita bustillosii*	EN	21	1	0.02629	13
Ch.C	Dioscoreaceae	*Epipetrum humile*	-	12	3	0.02519	14

Al igual que con los índices anteriores ED y EDGE, ED-R sigue priorizando principalmente los taxa con ramas más largas, lo que se puede observar en la filogenia base de la figura 12.

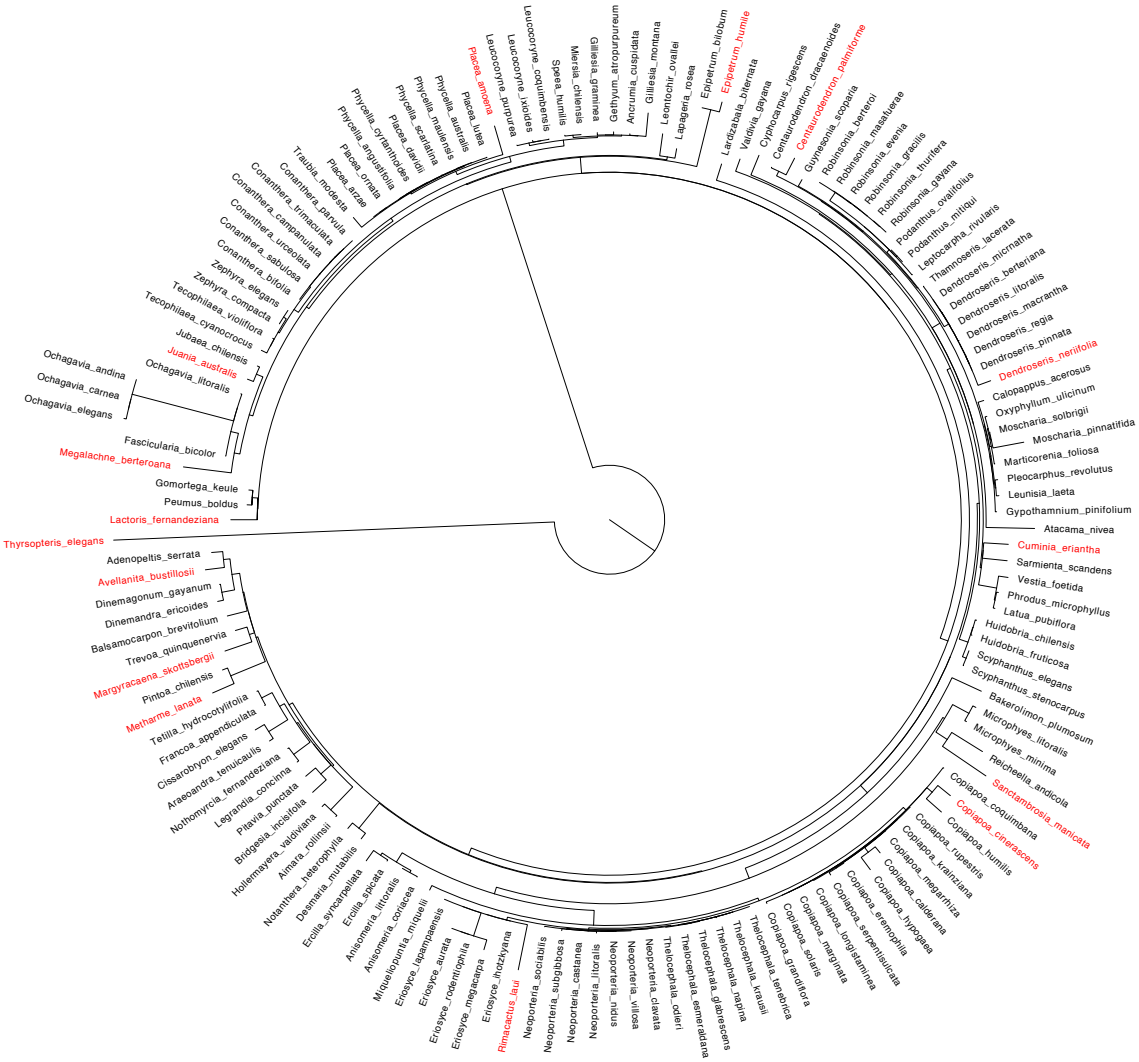


Figura 12. Filograma utilizado para mostrar en color rojo el top 14 de las especies de los géneros endémicos de Chile que alcanzaron los valores más altos de ED-R.

VI.2.1.3.1. Validación comparativa de ED-R

Para validar este índice propuesto, se realizó una comparación más amplia, un top 19 de los rankings de EDGE y ED-R para las especies que tienen asignada una categoría de conservación, observando las posiciones que alcanzaron con cada índice (Tabla 11). Las especies marcadas con color rojo corresponden a las especies que están en los top de ambos índices, en este caso 15 especies de 19.

Tabla 11. Tabla comparativa de posiciones de prioridad de especies de los géneros endémicos de Chile de los índices ED-R y EDGE (CC) Categorías de Conservación. En rojo especies que se encuentran dentro del top de ambos índices.

Rank ED-R	Especie	CC	ED-R	Rank EDGE	Especie	CC	EDGE
1	*Megalachne berteroana*	VU	0.1927	1	*Cuminia eriantha*	CR	0.0442
2	*Rimacactus laui*	EN	0.1863	2	*Rimacactus laui*	EN	0.0407
3	*Placea amoena*	EN	0.1206	3	*Metharme lanata*	EN	0.0362
4	*Lactoris fernandeziana*	EN	0.1057	4	*Placea amoena*	EN	0.027
5	*Cuminia eriantha*	CR	0.0986	5	*Lactoris fernandeziana*	EN	0.0232
6	*Centaurodendron palmiforme*	EN	0.0857	6	*Avellanita bustillosii*	EN	0.022
7	*Dendroseris neriifolia*	EN	0.0552	7	*Pintoa chilensis*	EN	0.0217
8	*Metharme lanata*	EN	0.0538	8	*Leontochir ovallei*	EN	0.0214
9	*Juania australis*	EN	0.0285	9	*Megalachne berteroana*	VU	0.021
10	*Avellanita bustillosii*	EN	0.0263	10	*Centaurodendron palmiforme*	EN	0.0197
11	*Copiapoa hypogaea*	EN	0.0247	11	*Eriosyce megacarpa*	EN	0.0183
12	*Tecophilaea cyanocrocus*	EN	0.0244	12	*Pitavia punctata*	EN	0.0182
13	*Eriosyce megacarpa*	EN	0.0231	13	*Copiapoa hypogaea*	EN	0.0181
14	*Leontochir ovallei*	EN	0.0226	14	*Ochagavia elegans*	VU	0.0173
15	*Copiapoa calderana*	VU	0.0199	15	*Dendroseris neriifolia*	EN	0.0139
16	*Ochagavia elegans*	VU	0.0181	16	*Legrandia concinna*	EN	0.0124
17	*Valdivia gayana*	VU	0.0175	17	*Copiapoa humilis*	VU	0.0111
18	*Copiapoa humilis*	VU	0.0156	18	*Juania australis*	EN	0.0107
19	*Traubia modesta*	LC	0.0131	19	*Robinsonia berteroi*	EX	0.0085

En esta tabla se puede observar que a simple vista hay una gran coincidencia de posiciones en el ranking o por lo menos posiciones cercanas, demostrando en primera instancia su efectividad como sustituto de EDGE.

VI.2.1.3.2. Validación estadística de ED-R

Esta validación se realizó calculando el coeficiente de correlación de Spearman (rs) y el coeficiente de concordancia de Kendall (W), para las 69 plantas pertenecientes a los géneros endémicos de Chile que presentan categoría de conservación de amenaza, en tres casos: (Grupo 1) para todas las plantas del estudio, tanto de Chile continental como de las Islas, (Grupo 2) para las especies continentales y (Grupo 3) para las especies insulares. La tabla 12 presenta los resultados para cada coeficiente.

Tabla 12. Validación estadística de índice ED-R en tres etapas: Plantas de Chile Continental e insular, Plantas de Chile continental y Plantas de Chile insular.

	Grupo 1	**Grupo2**	**Grupo3**
	Plantas de Chile continental e insular	Plantas de Chile continental	Plantas de Chile insular
Coeficiente de correlación (rs)	0,9958	0,9998	0,9973
Coeficiente de concordancia (W):	0,9193	0,8804	0,9772
p-valor:	3,09E-05	0,0009	0,0064

En el primer caso, Plantas de Chile Continental e insular el valor 0,99 de rs indica alta asociatividad o correlación entre los índices EDGE y ED-R, así como 0,91 de W que muestra el alto grado de acuerdo entre los mismos índices. Además el resultado de p-valor, menor que 0,05 confirma esta situación, rechazando la hipótesis nula de que no existe concordancia entre los índices.

En la figura 13, se grafican las posiciones de obtenidas en los rankings de cada índice, mostrando las altas correlaciones entre estos.

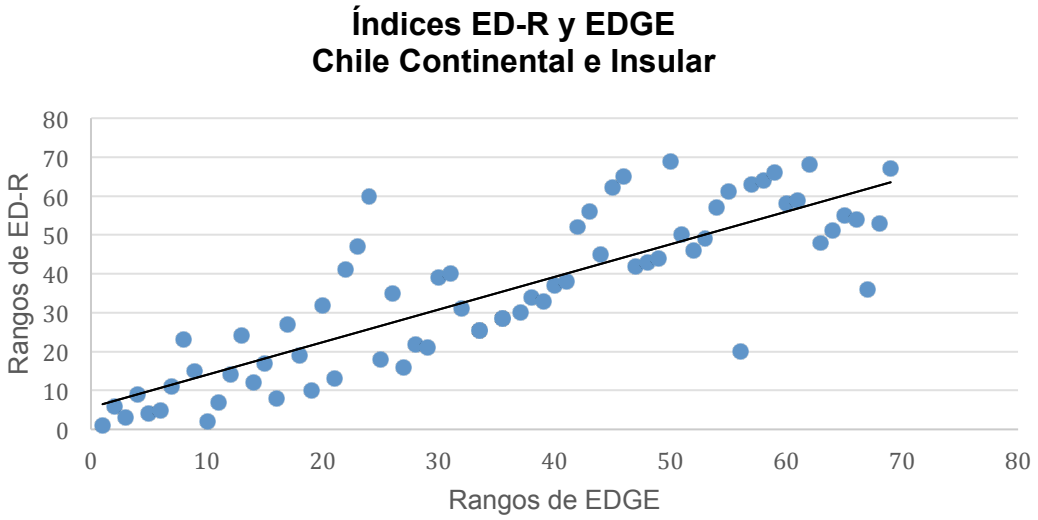


Figura 13. Gráfico de dispersión del ranking de ED-R y EDGE de las especies pertenecientes a los géneros endémicos de Chile continental e insular.

En el segundo caso de Plantas de Chile continental (Tabla 12), el valor 0,99 de rs indica alta asociatividad o correlación entre los índices EDGE y ED-R, calculado para las especies pertenecientes a los géneros endémicos de Chile continental e insular; así como 0,88 de W que muestra el alto grado de acuerdo o concordancia entre los mismos índices.

Al igual que para el análisis con todas las especies, es decir, de Chile continental e insular, el p-valor es menor que 0,05, lo que confirma el rechazo de la hipótesis nula de que no existe concordancia entre los índices (Figura 14).

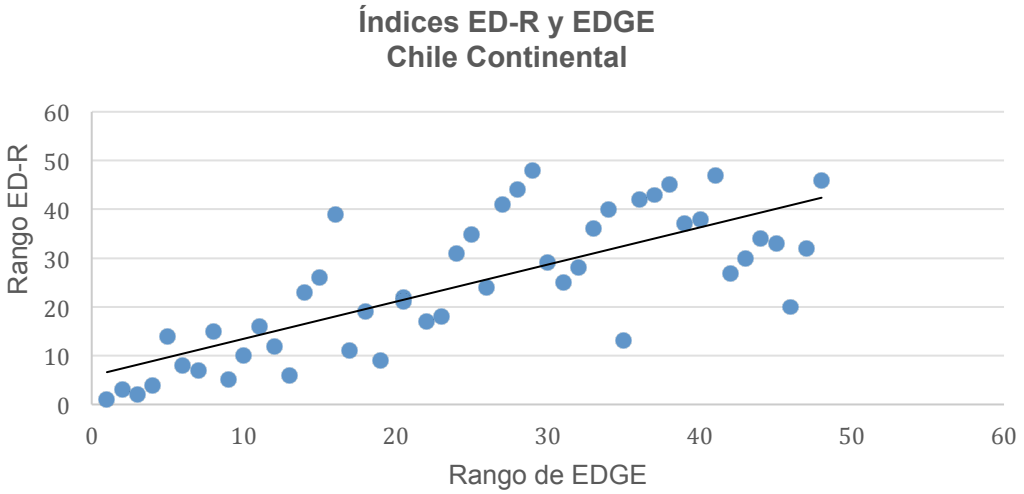


Figura 14. Gráfico de dispersión del ranking de ED-R y EDGE de las especies pertenecientes a las géneros endémicos de Chile continental.

En el tercer caso de Plantas de Chile insular (Tabla 12), el valor 0,99 de rs indica nuevamente alta asociatividad o correlación entre los índices EDGE y ED-R calculado para las especies pertenecientes a los géneros endémicos de Chile insular; así como 0,97 de W que muestra el grado de acuerdo casi total entre los mismos índices.

En este caso, así como en el análisis con todas las especies, p-valor es menor que 0,05, lo que confirma el rechazo la hipótesis nula de que no existe concordancia entre los índices (Figura 15).

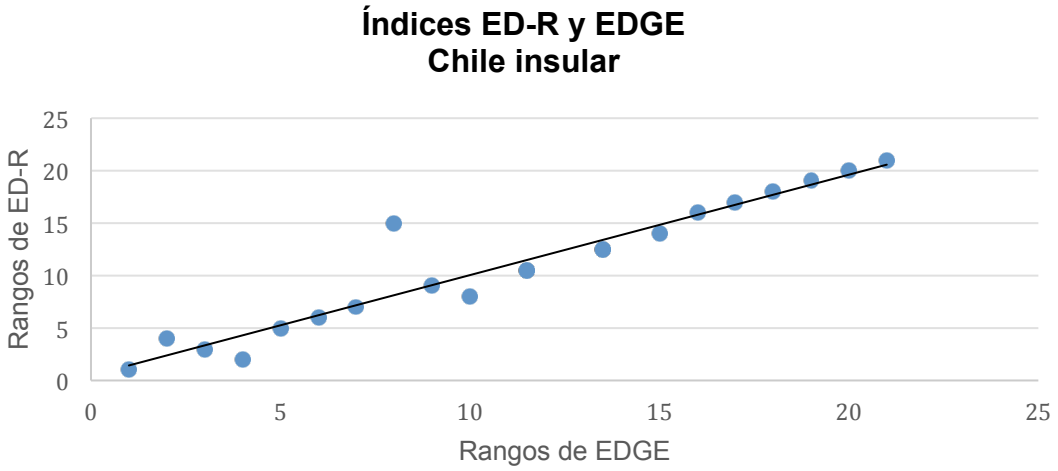


Figura 15. Gráfico de dispersión del ranking de ED-R y EDGE de las especies pertenecientes a las géneros endémicos de Chile insular.

En los tres grupos evaluados, ambos coeficientes muestran una correlación y concordancia significativas, lo que fundamenta la posibilidad de usar ED-R como un índice sustituto de EDGE, es decir, da la posibilidad de crear un listado de especies prioritarias que no tienen asignada una categoría de conservación, en base a su posición filogenética y su distribución geográfica, ya sea para enfocar estudios de posibles especies amenazadas o para asignarles una categoría directamente.

Con el índice ED-R las decisiones para destinar recursos de conservación se simplifican.

VII. CONCLUSIÓN

El conocimiento de la flora endémica y la evaluación de las amenazas de extinción que puedan tener, son labores complicadas, especialmente cuando es necesario definir prioridades, ya sea por recursos, esfuerzos técnicos o simplemente porque no es posible pretender que todas las especies se mantengan en el tiempo por siempre. Pero la necesidad de conservación se hace cada vez más evidente, principalmente por el riesgo que supone para los seres humanos la pérdida de biodiversidad en general.

Actualmente, los métodos para evaluar y clasificar a las especies de acuerdo a estados de conservación, son efectivos, protegen; pero estos no consideran a la historia evolutiva como una variable de importancia, a pesar de que los procesos evolutivos son los que generan y mantienen la biodiversidad, así como las interacciones y los patrones de distribución. Existe evidencia de que esta variable explica en gran medida la variación a diversos niveles taxonómicos, dentro y entre poblaciones. Los patrones evolutivos aportan a la posible respuesta de quiénes y por qué conservar.

Por lo anterior y por la necesidad de encontrar una forma de evaluar a más especies, en este estudio se probó la influencia de la historia evolutiva en las priorizaciones.

ED por un lado visibiliza y prioriza sólo considerando la historia evolutiva única acumulada, en cambio EDGE, además, rescata los datos tradicionales utilizados para evaluar el grado de amenaza (Isaac *et al.* $2007_{a,b}$). Este último arrojó un ranking que deja en las posiciones más altas a las especies con categorizaciones altas de amenaza de acuerdo a las medidas tradicionales (CR, EN y VU), con un orden de prioridad algo diferente, ya que ahora es influenciado también por la historia evolutiva acumulada. Las posiciones más bajas de las especies en el ranking, se explican a través de que podrían presentar especies hermanas dentro de un mismo clado, por lo que si una de ellas se perdiera, la historia evolutiva acumulada se mantendría con toda la información ancestral heredada, pudiendo de alguna forma “reemplazar” el rol que cumple una especie dentro de una serie de interacciones que se producen en el ecosistema.

A pesar de que EDGE logra mayor robustez argumentativa para destinar recursos para el cuidado de especies, deja de lado a aquellas especies que no han sido evaluadas de acuerdo a los métodos tradicionales; es por ello que se propone un sustituto de EDGE, el índice ED-R, el que reemplaza la categoría de amenaza (GE) por un dato ampliamente registrado por diversos estudios y áreas de investigación y que, además posee alto peso en las medidas tradicionales, la distribución geográfica. Este dato, en el protocolo de evaluación establecido por la IUCN, se inserta en los criterios A, B, C y D, tomado al menos como un indicador tentativo o inferencial para cada uno de ellos, siendo A la reducción del tamaño de la población, B, la extensión de presencia, y C y D el tamaño de las poblaciones (UICN 2012).

Los resultados obtenidos a través de ED-R, lo validan como un buen sustituto de EDGE, ya que la priorización de especies es similar para ambos índices con especies que sí tienen categoría de conservación asignada, como lo muestra la tabla 11 (sección resultados). Así mismo, al aplicarlo con todas las especies (con y sin evaluación) se puede observar que ingresan a las posiciones más altas del ranking, especies sin categoría de conservación (tabla 11 - sección resultados), indicando su efectividad para el cumplimento del objetivo principal.

Posterior a este estudio, en el décimo tercer proceso de clasificación de especies del país, se logró el ingreso de *Sanctambrosia manicata* al listado de especies amenazadas y considerada como En Peligro Crítico. Esta categorización dio la oportunidad de corroborar la efectividad de ED-R, el que también lo colocó en una prioridad muy alta (tabla 11- sección resultados).

Este estudio confirma la hipótesis de que las variables singularidad evolutiva y distribución geográfica en conjunto son capaces de formar un índice sustituto de EDGE, dando la posibilidad de integrar la historia evolutiva como criterio de importancia al tomar decisiones de conservación.

Algunas dudas respecto al uso de la distribución geográfica como de importancia para definir prioridades de conservación, surgen porque ciertamente, siempre es más consistente contar con más información respecto a cada especie a evaluar, pero no se debe dejar de lado la oportunidad de utilizar este dato, especialmente porque pronto, será de libre acceso y se podrá encontrar fácilmente tanto en las plataformas de GBIF como las del Ministerio del Medio Ambiente (Ministerio del Medio Ambiente 2017c).

Por lo tanto, el listado o ranking de especies, generado a través de ED-R, se presenta como una estrategia útil para realizar análisis preliminares para la conservación y detección de especies amenazadas, y/o identificar especies de las cuales sea necesario investigar de manera más detallada.

Finalmente, los índices evolutivos no son estáticos, se pueden ir ajustando cada vez que sea necesario y se obtenga nueva información de las especies, como estados de conservación y registros de presencia, confirmando cada vez o cambiando alguna posición de acuerdo al ranking que adquieren en un tiempo determinado.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA F. 1992. La preocupación por el medio ambiente en el pensamiento económico actual, en Información Comercial Española, 711:31-42.
- ALEJOS L., ARAGÓN M. y A. CORNEJO. 2014. Extracción y purificación de ADN (pp.1-25). *En:* Cornejo A., Serrato A., Rendón B., Rocha M. Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos. Primera edición. D.F. México. 274 pp.
- ARROYO M., MARQUET P., MARTICORENA C., SIMONETTI J., CAVIERES L., SQUEO F., ROZZI R., y F. MASSARDO. 2008. El Hotspot Chileno: Prioridad Mundial para la Conservación. 90-95 en J. Rovira, J. Ugalde y M. tutzin, eds. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Conama, Santiago.
- BAENA M., HALFFTER G., LIRA-NORIEGA A. y J. SOBERÓN. 2008. Extinción de especies, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de labiodiversidad. Conabio, México, pp. 263-282.
- BANNISTER J., VIDAL O., TENEB E.y V. SANDOVAL. 2012. Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270-km gradient in continental Chile. Austral Ecol 37(4):500–509.
- BASIC, Z. y R. ARRIAGADA. 2012. Conservación de la biodiversidad y áreas protegidas en Chile. Agron y For UC 46: 18–23.
- BENNETT P. y I. OWENS. 1997. Variation in extinction risk among birds: chance or evolutionary predisposition? Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 264(1380):401–408.
- BUERKI S., FOREST F. y MANNING J. 2013. Spatio-temporal history of the disjunct family Tecophilaeaceae: a tale involving the colonization of three Mediterranean-type ecosystems. Annals of Botany 111(3):361-373.
- CABALLERO H. 2013. Situación y Retos Globales de la Biodiversidad. Perspectiva de Naciones Unidas en Pérdida de Biodiversidad: Responsabilidaddes y Soluciones. Muñoz B.y Refoyo P.(Eds.). Madrid 2013. pp 27-40.
- CADOTTE M., CARDINALE B. y T. OAKLEY. 2008. Evolutionary history and the effect of biodiversity on plant productivity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105, 17012– 17017.

- CADOTTE M. y T. DAVIES. 2010. Rarest of the rare: Advances in combining evolutionary distinctiveness and scarcity to inform conservation at biogeographical scales. Diversity and Distributions 16(3):376–385.
- CARR. 2017. The Polymerase Chain Reaction (PCR) [en línea]<https://www.mun.ca/biology/scarr/PCR_simplified.html > [consulta: Octubre 2017].
- CBD (CONVENTION ON BIOLOGICALDIVERSITY). 1992. Convention on biological diversity. [en línea]<http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>[consulta: Marzo 2015].
- CBD (CONVENTION ON BIOLOGICALDIVERSITY). 2010. Provisional technical rationale, possible indicators and suggested milestones for the Aichi biodiversity targets. Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. Convention on Biological Diversity, Nagoya, Japan.
- CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS. 2016. Informe País Estado del Medio Ambiente en Chile, comparación 1999-2015. Instituto de Asuntos Públicos. Universidad de Chile. 605pp.
- CHAPIN III., ZAVELETA E., EVINER V., NAYLOR R., VITOUSEKP., LAVOREL S., REYNOLDS, HOOPERD., SALA O., HOBBIES., MACK M. y S. DIAZ. 2000. Consequences of changing biotic diversity. Nature 405: 234-242.
- CHILE DESARROLLO SUSTENTABLE. 2011. Estrategia Nacional de Biodiversidad. [en línea] <http://www.chiledesarrollosustentable.cl/desarrollo-sustentable/ministerio-de-medio-ambiente/gestion/estrategia-nacional-de-biodiversidad/ > [consulta: Junio 2017].
- COLLEN B., TURVEY S., WATERMAN C., MEREDITH H., KUHN T., BAILLIE J. y N. ISAAC. 2011. Investing in evolutionary history: implementing a phylogenetic approach for mammal conservation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences 366(1578):2611–2622.
- COMAV. 2017. Filogénias. Bioinformática y genómica.[en línea] <https://bioinf.comav.upv.es/courses/intro_bioinf/filogenias.html> [consulta: Junio 2017].
- CONAMA. 2003. Primer Informe Nacional a La Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biologica. Gobierno de Chile. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo PNUD. 60 pp.
- CONAMA. 2008. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos, Ocho Libros Editores (Santiago de Chile), 640 pp.

- CONAMA. 2009. Especies amenazadas de Chile. Protejámoslas y evitemos su extinción. Comisión Nacional de Medio Ambiente, Santiago, Chile.
- CRAWLEY M. 1986. e population biology of invaders. Phil. Trans. Roy. Soc. London B 314 : 711-731.
- CRISCI J. 2006. Espejos de nuestra epoca: biodiversidad, sistemática y educación. Gayana Bot. 63(1): 106-114, 2006.
- CRISCI J. 2001. La biodiversidad como recurso vital de la humanidad. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Tomo LV:256-269.
- DARWIN C. 1859. On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life. John Murray, London.
- DAVIES T. J. 2015. Losing history : how extinctions prune features from the tree of life. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 370:20140006.
- DOYLE J.J. y J.L.DOYLE. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem. Bull. 19: 11-15.
- ECHEVERRÍA C., COOMES D., SALASJ., REY-BENAYAS J., LARA A. y A. NEWTON. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. Biological Conservation130: 481-494.
- EDGE OF EXISTENCE. 2017. EDGE Evolutionarily Distinct and Globally Endangered. [en línea]<http://www.edgeofexistence.org/> [consulta: Marzo 2017].
- ELEWA A. (ed.). 2009. Mass Extinction. Springer. New York. 252 pp.
- ELEWA A. 2014. Causes of Mass Extinctions - With Special Reference to Vanishing Of Dinosaurs. Greener Journal of Physical Sciences. 4(2):13-01.
- EHRLICH P.R. 1992. "The loss of diversity, causes and consequences". In: E. O. Wilson (ed.): Biodiversity. National Academy Press, Washington. W. 21-27.
- EHRLICH P.R. y EHRLICH. 1992. "The value of biodiversity". Ambio. 21: 219-226.
- ESPINOSA C. y M. ARQUEROS (*eds*). 2000 El valor de la biodiversidad en Chile. Aspectos económicos, ambientales y legales. Fundación Terram, Chile 85 pp.
- ESPINOSA L. 2007. Guía práctica sobre la técnica de PCR. En: Eguiarte L, Souza V, Aguirre X editores. Ecología molecular. México: INE, CONABIO y UNAM, 2007. Pp 520-36.

- FAITH D. 1992. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. Biological Conservation 61(1):1–10.
- FAITH D. 2002. Quantifying biodiversity: a phylogenetic perspective. Conservation Biology 16:248-252.
- FAITH D. y A. BAKER. 2006. Phylogenetic diversity (PD) and biodiversity conservation: some bioinformatics challenges. Evolutionary Bioinformatics Online 2:121–128.
- FAITH D. 2008. Threatened species and the potential loss of phylogenetic diversity: conservation scenarios based on estimated extinction probabilities and phylogenetic risk analysis. Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology 22: 1461–70.
- FAITH D., MAGALLÓN S., HENDRY A.P., CONTI E., YAHARA T.y M.J. DONOGHUE. 2010. Evosystem services: An evolutionary perspective on the links between biodiversity and human well-being. Current Opinion in Environmental Sustainability 2: 66–74.
- FAITH D. 2015 Phylogenetic diversity, functional trait diversity and extinction: avoiding tipping points and worst-case losses. Phil. Trans. R. Soc. B 370: 20140011.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. Servicios Ecosistémicos y biodiversidad. [en línea] http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/ [consulta: Marzo 2017].
- FISHER D. y I. OWENS. 2004. The comparative method in conservation biology. Trends in Ecology and Evolution 19(7): 391–398.
- FOREST F., GRENYER, R.; ROUGET, M.; DAVIES, T. J.; COWLING, R.; FAITH, D.; BALMFORD A., MANNING J., PROCHES S., VAN DEL BANK M., REEVES G., HEDDERSON T. y V. SAVOLAINEN. 2007. Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots. Nature 445(7129):757–760.
- FOREST F., CRANDALL K. A., CHASE M. W. y D.P. FAITH. 2015. Phylogeny, extinction and conservation: embracing uncertainties in a time of urgency.Philosophical Transactions of the Royal Society B. 20140002.
- GBIF (GLOBAL BIODIVERSITY INFOMATION FACILITY). 2014. [en línea] < http://www.gbif.org/> [consulta: Marzo 2015].
- GENBANK. NCBI (National Center for Biotechnology Information). 2014. [en línea] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>[consulta: Marzo 2015].

- GRAYSON D. y D. MELTZER. 2003. Requiem for North American overkill. Journal of Archaeological Science 30 : 585-593.
- HERNÁNDEZ R., FERNÁNDEZ C. y M. BAPTISTA. 2010. Metodología de la Investigación, Quinta edición. Mc Graw Hill. México. 656 pp.
- HORTAL J. 2004. Selección y Diseño de Áreas Prioritarias de Conservación de la Biodiversidad mediante Sinecología. Inventario y modelización predictiva de la distribución de los escarabeidos coprófagos (Coleoptera, scarabaeoidea) de Madrid. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid. 333 pp.
- ISAAC N., TURVEY S., COLLEN B., WATERMAN C. y J. BAILLIE. 2007a. Mammals on the EDGE: Conservation priorities based on threat and phylogeny. PLoS ONE 2(3).
- ISAAC N., REDDING D., MEREDITH H. y S. SAFI. 2007_b. Phylogenetically-Informed Priorities for Ampmphibian Conservation. PLoS ONE 7(8): e43912.
- ISAAC N., REDDING D., MEREDITH H. y K. SAFI. 2012. Phylogenetically-informed conservation priorities for amphibian conservation. PLoS one 7: e43912.
- JORQUERA-JARAMILLO C.,VEGA J., MARTÍNEZ-TILLERÍA K., ABURTO J., LEÓN M., PÉREZ MA.,GAYMER C. y FA SQUEO. 2012. Conservación de la biodiversidad en Chile: Nuevos desafíos y oportunidades en ecosistemas terrestres y marinos costeros. Revista Chilena de Historia Natural 85: 267-280.
- LABOME. 2017. Extracción y purificación de ADN [en línea] <http://www.labome.es/method/DNA-Extraction-and-Purification.html>[consulta: Octubre 2017].
- LAFFAN S., LUBARSKY E. y D. ROSAUER. 2010. Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological;and related diversity. Ecography 33(4): 643–647.
- LARKIN, M., BLACKSHIELDS G., BROWN N., CHENNA R., MCGETTIGAN P., MCWILLIAM H., VALENTIN F., WALLACE I., WILM A., LÓPEZ R., THOMPSON J., GIBSON T. y D. HIGGINS. 2007. Clustal W and Clustal X version 2.0. Bioinformatics Applications note 23(21):2947-2948.
- LAZO I., GINOCCHIO R., COFRÉ H., VILINA Y. y A. IRIARTE. 2008. Nuestra diversidad Biológica. Capítulo II. Introducción en Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. Ocho Libros editores. Santiago de Chile. 49–55 pp.

- LEAKEY R. y LEWIN R. 1995. La sexta extinción. El futuro de la vida y de la humanidad, Tusquets Ediciones. Barcelona.
- LÉVÉQUE, F. y GLACHANT, M. 1992. "Diversité génétique. La gestion mondiale des ressources vivantes". La Recherche. 23: 114-123.
- LLORENTE F. 2001. Estrategias para la competitividad de los proveedores directos de los fabricantes en la industria auxiliar automovilística catalana. Economía Industrial, Ministerio de Ciencia y Tecnología. 342:137-152.
- LÓPEZ E. y G. PÉREZ. 1999. Métodos de análisis en la reconstrucción filogenética. Bol. S.E.A. 26: 45-56.
- LOREAU M., OTENG-YEBOAH A., ARROYO MTK., BABIN D., BARBAULT R., DONOGHUE M., HAÜSER C., HEIP C., LARIGAUDERIE A., MA K., MACE G., MOONEY HA., PERRINGS C., RAVEN P., SARUKLAN J., SCHEI P., SCHILES RJ y WATSON RT. 2006.Diversity without representation. Nature 442: 245-246.
- MACIEL-MATA C.A., MANRÍQUEZ-MORÁN N., OCTAVIO-AGUILAR P. y G. SÁNCHEZ-ROJAS . 2015. El área de distribución de las especies: revisión del concepto.Acta Universitaria. 25. pp. 3-19.
- MADDISON, D., SCHULZ, K. y MADDISON, W. 2007. The tree of life web project. Zootaxa, 19-40.
- MADDISON, W. y D. MADDISON. 2015. Mesquite: a modular system for evolutionary analysis. Version 3.03. [en línea] <http://mesquiteproject.org> [consulta: Marzo 2015]
- MARGULES C. y R. PRESSEY. 2000. Systematic conservation planning. Nature, 405(6783):243–253.
- MARTEL P. y F DÍEZ. 1997. Probabilidad y estadística en medicin. Aplicaciones en la práctica clínica y en la gestión sanitaria. Ed. Díaz de Santos. España. 364 pp.
- MARTICORENA C. 1990. Contribución a la estadística de la flora vascular de Chile". Gayana Botánica, 47(3-4): 85-113. 47:85–114 [en línea] http://biostor.org/reference/133650 [consulta: Marzo 2015].
- MARTICORENA C., STUESSY T.F. y C.M BAEZA. 1998. Catálogo de la Flora vascular de las Islas Robinson Crusoe y Juan Fernández. Gayana Botánica, 55(22): 187-211.
- MAY R. 1990. Taxonomy asdestiny. Nature 347: 129. 130.
- MAY R. y J. LAWTON. 1995. Assessing extinction rates, en J.H. Lawton y R.M. May (eds.), Extinction rates. Oxford University Press, Oxford, pp. 1-24.

- MEFFE GK, CR CARROLL y MJ GROOM. 2006. What is Conservation Biology? En: Groom MJ, GK Meffe & CR Carroll (eds) Principles of conservation biology: 3-25. Third edition, Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.
- MIDGLEY G., HANNAH L., MILLAR D., RUTHERFORD M. y L. POWRIE. 2002. Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. Global Ecology And Biogeography 11(6):445–451.
- MILLENIUM ECOSISTEM ASSESSMENT. 2003. Ecosystems and human well-being: a framework for aassessment. Island Press. Washington.
- MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES. 2016. Departamento de Recursos Naturales [en línea] <http://www.minrel.gov.cl/departamento-de-recursos-naturales/minrel/2012-09-21/130123.html>, [consulta: Diciembre 2016].
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2011. Biodiversidad Capítulo 7. Informe del Estado de Medio Ambiente 2011. 74 pp.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2012. Decreto Supremo N° 29. Aprueba reglamento para la clasificación de especies silvestres según estado de conservación. Diario oficial. Abril de 2012.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2014. Quinto Informe Nacional de Biodibersidad de Chileante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). Santiago, Chile, 140 pp.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2017_a. Especies, Clasificación según su estado de conservación [en línea] <http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/> [consulta: Marzo 2017].
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2017_b. Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos [en línea] <http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/propertyvalue-15408.html> [consulta: Marzo 2017].
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2017_c.Proyecto Hongos Microscópicos y Líquenes presentes en Chile. [Presentación]. Reunión Nodo GBIF Chile.
- MIRANDA A., ALTAMIRANO A., CAYUELA L., LARA A. y M. GONZÁLEZ.2016. Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. Regional Environmental Change 17 (1): 285-297.
- MOLVRAY M., KORES PJ.y MW. CHASE. 2000. Polyphyly of mycoheterotrophic orchids and functional influences on floral and molecular

characters. In: Wilson KL, Morrison DA, editors. Monocots: systematics and evolution. Melbourne: CSIRO Publishing. pp. 441–448.

- MONTENEGRO O. 2009. La conservación biológica y su perspectiva evolutiva. Acta Biológica Colombiana [en línea]<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028030006>[consulta: Octubre 2017].
- MOOERS A.Ø., FAITH D.P. y W.P. MADDISON. 2008. Converting Endangered Species Categories to Probabilities of Extinction for Phylogenetic Conservation Prioritization. 3: 1–5.
- MUÑOZ B. y P. REFOYO. 2013. Pérdida de Biodiversidad: causas y consecuencias de la desaparición de especies. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Editores:. Segunda Época. Tomo X. 112 pp.
- MYERS N., MITTERMEIER R., MITTERMEIER C., FONSECA G. y J. KENT. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403(6772):853–8.
- NU (NACIONES UNIDAS). 2017. Convenio sobre la Diversidad Biológica. [en línea] <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml>, [consulta: Abril 2017].
- NÚÑEZ I., GONZÁLEZ E. y A. BARAHONA. 2003. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. Interciencia.28(7): 387-393.
- OWENS I. y BENNETT P. 2000. Quantifying biodiversity: a phenotypic perspective. Conservation Biology 14 (4): 1014–1022
- OWENS I. y P. BENNETT. 2000. Ecological basis of extinction risk in birds: Habitat loss versus human persecution and introduced predators. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 97:12144-12148.
- PERRINGS CH., FOLKE C. y M. KARL-GÖRAN. (1992). "The ecology and economics of biodiversity loss: the research agenda". Ambio. 21: 201-211.
- PIO D., BROENNIMANN O., BARRACLOUGH T., REEVES G., REBELO A., THUILLER W., GUISAN A. y N. SALAMIN. 2011. Spatial Predictions of Phylogenetic Diversity in Conservation Decision Making. Conservation Biology 25(6):1229–1239.
- PITMAN, N. y P. JØRGENSEN. 2002. Estimating the size of the world's threatened flora. Science 298(5595): 989.
- PURVIS A. 2000. Nonrandom extinction and the loss of evolutionary history. Science 288:328-330.

- PURVIS A. y A. HECTOR. 2000. Getting the measure of biodiversity. Nature 405: 212-219.
- RAPOPORT E.H. 1993. Remarks on marine and continental biogeography: an areographical viewpoint. Phil. Trans. Royal Society. London. B. 343: 71-78.
- RAVEN P.H. y J.A. MCNEELY. 1998. Biological extinction: Its scope and meaning for us. En: Protection of global biodiversity. Converging strategies. (Eds. D. Lakshman & J.A. McNeely), pp. 3-32. Duke University Press. Durham and London.
- RCE (Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres e Inventario Nacional de Especies). 2015. Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 9º Proceso de Clasificación [en línea]. <http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/informacion-procesos-2014.htm > [consulta: marzo 2015]
- REDDING D., DEWOLFF C. y MOOERS A. 2010. Evolutionary distinctiveness, threat status, and ecological oddity in primates. Conserv. Biol. 24:1052–1058.
- ROCKSTRÖM, J., W. STEFFEN, K. NOONE, Å. PERSSON, F.S. CHAPIN, E. LAMBIN, T.M. LENTON, SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J; NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P. y J. FOLEY. $2009_{a.}$ Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14.
- ROCKSTRÖM J., STEFFEN W., NOONE K., PERSSON Å., CHAPIN F. S. III, LAMBIN E., LENTON T. M., SCHEFFER M., FOLKE C., SCHELLNHUBER H., NYKVIST B., DE WIT C. A., HUGHES T., VAN DER LEEUW S., RODHE H., SÖRLIN S., SNYDER P.K., COSTANZA R., SVEDIN U., FALKENMARK M., KARLBERG L., CORELL R. W., FABRY V. J., HANSEN J., WALKER B., LIVERMAN D., RICHARDSON K., CRUTZEN P. y J. FOLEY. 2009_b. A safe operatinng space for humanity. Nature 461: 472–475.
- ROSAUER D., LAFFAN S., CRISP M., DONNELLAN S. y L. COOK. 2009. Phylogenetic endemism: A new approach for identifying geographical concentrations of evolutionary history. Molecular Ecology 18(19):4061–4072.
- SAFI K., ARMOUR-MARSHALL K., BAILLIE J. y ISAAC N. 2013 . Global Patterns of Evolutionary Distinct and Globally Endangered Amphibians and Mammals. PLOS ONE 8(5): e63582

- SALINAS-GUTIÉRREZ. 2003. Índices filogenéticos para la conservación: una discusión del método. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 74(1): 21-34.
- SCHERSON R., ALBORNOZ A., MOREIRA-MUÑOZ A. y R. URBINA-CASANOVA. 2014. Endemicity and evolutionary value: A study of Chilean endemic vascular plant genera. Ecology and Evolution 4(6):806–816.
- SECHREST W., BROOKS, T.; DA FONSECA, G.; KONSTANT, W.; MITTERMEIER, R.; PURVIS, A.; RYLANDS, A. y J. GITTLEMAN. 2002. Hotspots and the conservation of evolutionary history. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 99(4):067–2071.
- SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. 2010. Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3 – Resumen Ejecutivo. Montreal. 16 pp.
- SIMÓ ALGADO S. 2012. Terapia Ocupacional eco-social: hacia una ecología ocupacional. Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar. 20:7-16.
- STAMATAKIS A., ABERER A., GOLL C., SMITH S., BERGER S. y F. IZQUIERDO-CARRASCO. 2012. RAxML-Light: A tool for computing terabyte phylogenies. Bioinformatics 28(15):2064–2066.
- STEEL M., MIMOTO A. y A.Ø. MOOERS. 2007. Hedging our bets: the expected contribution of species to future phylogenetic diversity. Evolutionary bioinformatics online 3: 237–44.
- STEFFEN W., RICHARDSON K., ROCKSTRÖM J., CORNELL S., FETZER I., BENNETT E. BIGGS R., CARPENTER S., DE VRIES WIM., DE WIT C., FOLKE C., GERTEN D., HEINKE J., MACE G., PERSSON L., RAMANATHAN V., REYERS B. y S. SÖRLIN. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science 347, 1259855.
- TABERLET P., GIELLY L., PAUTOU G. y BOUVET J. 1991. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA. Plant Mol Biol, 17: 1105–1109.
- TEEB. 2010b. Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB. The Eco-nomics of Ecosystems and Biodiversity.
- TEILLIER S. 2008. Diversidad de especies: Flora vascular en Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. Ocho Libros editores. Santiago de Chile. pp 310–339.

- TELLERÍA JL. 2013. Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies en Pérdida de Biodiversidad: Responsabilidaddes y Soluciones. Muñoz B.y Refoyo P.(Eds.). Madrid 2013. pp 13-25.
- THUILLER W., LAVERGNE S., ROQUET C., BOULANGEAT I.yARAÚJO M.B.2011. Consequences of climate change on the Tree of Life in Europe. Nature, 448, 550–552.
- TINAUT A. y F. RUANO. 2002. Bidiversidad, clasificicación y filogenia; en Evolución la base de la Biología. Proyecto Sur de Ediciones, S.L. España. Pp 293-306.
- TORRES-MURA J., CASTRO S. y D. OLIVIA. 2008. Conservación de la biodiversidad en Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. Ocho Libros editores. Santiago de Chile. pp 413–427.
- UCLÉS D. 2006. El valor económico del medio ambiente. Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente, 15, 63-68.
- UICN (UNION INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y LOS RECUSOS NATURALES). 2012. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp. Originalmente publicado como IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Segunda edición. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).
- UNEP. 2011.Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. (e-book). [en línea]. <http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/ger_final_dec_2011/Green%20EconomyReport_Final_ Dec2011.pdf> [Consulta: 01-05-2013].
- URBINA-CASANOVA R., SALDIVIA P. y R. SCHERSON. 2015. Consideraciones sistemáticas en el listado y clasificación de las familias y géneros de plantas vasculares endémicos de Chile. Gayana Botánica 72(2): 272-295.
- VAMOSI J. y J. WILSON. 2008. Nonrandom extinction leads to elevated loss of angiosperm evolutionary history. Ecology Letters 11(10):1047–1053.
- VANE-WRIGHT R.I., HUMPHRIES C.J., y P.H. WILLIAMS. 1991. What to protect? - Systematics and the agony of choice. Biological Conservation 55: 235–254.

- VERON S., PENONE C., CLERGEAU P., COSTA G., OLIVEIRA B., SAO-PEDRO A. y PAVOINE S. 2016.Integrating data-deficient species in analyses of evolutionary history loss. Ecology & Evolution: 6; 8502-8514.
- WILSON K.,MCBRIDE M., BODE, M. y H. POSSINGHAM. 2006. Prioritizing global conservation efforts. Nature 440(7082):337–340.
- WRI, IUCN y PNUMA. 1992. Global Biodiversity Strategy: Guidelines for Action to Save, Study, and Use Earth's Biotic Wealth Sustainably and Equitably. World Resources Institute, The World Conservation Union and Unites Nation Environment Programme, Washington. 244 pp.
- ZULOAGA F., O. MORRONE O. y M. BELGRANO.2008. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. Vol. 107. 3348pp.

X. ANEXOS

Anexo 1.

Taxa pertenecientes a los 86 géneros endémicos de la flora de Chile estudiada. AJF (Archipiélago Juan Fernández), ID (Islas Desventuradas), Ch.C (Chile Continental), CC (Categorías de conservación).

Área	Clase	Familia	Género	Especie	CC
AJF	Pteridophyta	Thyrsopteridaceae	Thyrsopteris	*Thyrsopteris elegans*	EN
Ch.C	Monocotyledoneae	Alliaceae	Ancrumia	*Ancrumia cuspidata*	VU
Ch.C	Monocotyledoneae	Alliaceae	Gethyum	*Gethyum atropurpureum*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Alliaceae	Gilliesia	*Gilliesia graminea*	VU
Ch.C	Monocotyledoneae	Alliaceae	Gilliesia	*Gilliesia montana*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Alliaceae	Leucocoryne	*Leucocoryne coquimbensis*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Alliaceae	Leucocoryne	*Leucocoryne ixioides*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Alliaceae	Leucocoryne	*Leucocoryne purpurea*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Alliaceae	Miersia	*Miersia chilensis*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Alliaceae	Speea	*Speea humilis*	NT
Ch.C	Monocotyledoneae	Alstroemeriaceae	Leontochir	*Leontochir ovallei*	EN
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Phycella	*Phycella angustifolia*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Phycella	*Phycella australis*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Phycella	*Phycella cyrtanthoides*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Phycella	*Phycella maulensis*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Phycella	*Phycella scarlatina*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Placea	*Placea amoena*	EN
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Placea	*Placea arzae*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Placea	*Placea davidii*	EN
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Placea	*Placea lutea*	EN
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Placea	*Placea ornata*	VU
Ch.C	Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	Traubia	*Traubia modesta*	LC
Ch.C	Monocotyledoneae	Bromeliaceae	Fascicularia	*Fascicularia bicolor*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Bromeliaceae	Ochagavia	*Ochagavia andina*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Bromeliaceae	Ochagavia	*Ochagavia carnea*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Bromeliaceae	Ochagavia	*Ochagavia elegans*	VU
Ch.C	Monocotyledoneae	Bromeliaceae	Ochagavia	*Ochagavia litoralis*	-
AJF	Monocotyledoneae	Arecaceae	Juania	*Juania australis*	EN
Ch.C	Monocotyledoneae	Arecaceae	Jubaea	*Jubaea chilensis*	VU
Ch.C	Monocotyledoneae	Dioscoreaceae	Epipetrum	*Epipetrum bilobum*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Dioscoreaceae	Epipetrum	*Epipetrum humile*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Philesiaceae	Lapageria	*Lapageria rosea*	-

AJF	Monocotyledoneae	Poaceae	Megalachne	*Megalachne berteroana*	VU
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Conanthera	*Conanthera bifolia*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Conanthera	*Conanthera campanulata*	LC
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Conanthera	*Conanthera parvula*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Conanthera	*Conanthera sabulosa*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Conanthera	*Conanthera trimaculata*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Conanthera	*Conanthera urceolata*	EN
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Tecophilaea	*Tecophilaea cyanocrocus*	EN
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Tecophilaea	*Tecophilaea violiflora*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Zephyra	*Zephyra compacta*	-
Ch.C	Monocotyledoneae	Tecophilaeaceae	Zephyra	*Zephyra elegans*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Atacama	*Atacama nivea*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Calopappus	*Calopappus acerosus*	-
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Centaurodendron	*Centaurodendron dracaenoides*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Centaurodendron	*Centaurodendron palmiforme*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Dendroseris	*Dendroseris berteroana*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Dendroseris	*Dendroseris litoralis*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Dendroseris	*Dendroseris macrantha*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Dendroseris	*Dendroseris micrantha*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Dendroseris	*Dendroseris neriifolia*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Dendroseris	*Dendroseris pinnata*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Dendroseris	*Dendroseris regia*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Guynesomia	*Guynesonia scoparia*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Gypothamnium	*Gypothamnium pinifolium*	NT
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Leptocarpha	*Leptocarpha rivularis*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Leunisia	*Leunisia laeta*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Marticorenia	*Marticorenia foliosa*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Moscharia	*Moscharia pinnatifida*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Moscharia	*Moscharia solbrigii*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Oxyphyllum	*Oxyphyllum ulicinum*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Pleocarphus	*Pleocarphus revolutus*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Podanthus	*Podanthus mitiqui*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Podanthus	*Podanthus ovatifolius*	-
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Robinsonia	*Robinsonia berteroi*	EX
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Robinsonia	*Robinsonia evenia*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Robinsonia	*Robinsonia gayana*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Robinsonia	*Robinsonia gracilis*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Robinsonia	*Robinsonia masafuerae*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Robinsonia	*Robinsonia thurifera*	EN
ID	Eudiicotyledoneae	Asteraceae	Thamnoseris	*Thamnoseris lacerata*	-

Ch.C	Eudiicotyledoneae	Brassicaceae	Aimara	*Aimara rollinsii*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Brassicaceae	Hollermayera	*Hollermayera valdiviana*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa calderana*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa cinerascens*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa coquimbana*	NT
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa eremophila*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa grandiflora*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa humilis*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa hypogaea*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa krainziana*	CR
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa longistaminea*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa marginata*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa megarhiza*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa rupestris*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa serpentisulcata*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Copiapoa	*Copiapoa solaris*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Eriosyce	*Eriosyce aurata*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Eriosyce	*Eriosyce ihotzkyana*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Eriosyce	*Eriosyce lapampaensis*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Eriosyce	*Eriosyce megacarpa*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Eriosyce	*Eriosyce rodentiophila*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Miqueliopuntia	*Miqueliopuntia miquelii*	LC
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Neoporteria	*Neoporteria castanea*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Neoporteria	*Neoporteria clavata*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Neoporteria	*Neoporteria litoralis*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Neoporteria	*Neoporteria nidus*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Neoporteria	*Neoporteria sociabilis*	CR
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Neoporteria	*Neoporteria subgibbosa*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Neoporteria	*Neoporteria villosa*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Rimacactus	*Rimacactus laui*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Thelocephala	*Thelocephala esmeraldana*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Thelocephala	*Thelocephala glabrescens*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Thelocephala	*Thelocephala krausii*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Thelocephala	*Thelocephala napina*	NT
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Thelocephala	*Thelocephala odieri*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Cactaceae	Thelocephala	*Thelocephala tenebrica*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Campanulaceae	Cyphocarpus	*Cyphocarpus rigescens*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Caryophyllaceae	Microphyes	*Microphyes litoralis*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Caryophyllaceae	Microphyes	*Microphyes minima*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Caryophyllaceae	Reicheella	*Reicheella andicola*	-

ID	Eudiicotyledoneae	Caryophyllaceae	Sanctambrosia	*Sanctambrosia manicata*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Escalloniaceae	Valdivia	*Valdivia gayana*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Euphorbiaceae	Adenopeltis	*Adenopeltis serrata*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Euphorbiaceae	Avellanita	*Avellanita bustillosii*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Fabaceae	Balsamocarpon	*Balsamocarpon brevifolium*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Francoaceae	Francoa	*Francoa appendiculata*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Francoaceae	Tetilla	*Tetilla hydrocotylifolia*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Gesneriaceae	Sarmienta	*Sarmienta scandens*	-
Ch.C	Magnoliidae	Gomortegaceae	Gomortega	*Gomortega keule*	EN
AJF	Magnoliidae	Lactoridaceae	Lactoris	*Lactoris fernandeziana*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Lamiaceae	Cuminia	*Cuminia eriantha*	CR
Ch.C	Eudiicotyledoneae basal	Lardizabalaceae	Lardizabala	*Lardizabala biternata*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Loasaceae	Huidobria	*Huidobria chilensis*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Loasaceae	Huidobria	*Huidobria fruticosa*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Loasaceae	Scyphanthus	*Scyphanthus elegans*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Loasaceae	Scyphanthus	*Scyphanthus stenocarpus*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Loranthaceae	Desmaria	*Desmaria mutabilis*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Loranthaceae	Notanthera	*Notanthera heterophylla*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Malpighiaceae	Dinemagonum	*Dinemagonum gayanum*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Malpighiaceae	Dinemandra	*Dinemandra ericoides*	-
Ch.C	Magnoliidae	Monimiaceae	Peumus	*Peumus boldus*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Myrtaceae	Legrandia	*Legrandia concinna*	EN
AJF	Eudiicotyledoneae	Myrtaceae	Nothomyrcia	*Nothomyrcia fernandeziana*	VU
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Phytolaccaceae	Anisomeria	*Anisomeria coriacea*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Phytolaccaceae	Anisomeria	*Anisomeria littoralis*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Phytolaccaceae	Ercilla	*Ercilla spicata*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Phytolaccaceae	Ercilla	*Ercilla syncarpellata*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Plumbaginaceae	Bakerolimon	*Bakerolimon plumosum*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Rhamnaceae	Trevoa	*Trevoa quinquenervia*	-
AJF	Eudiicotyledoneae	Rosaceae	Margyracaena	*Margyracaena skottsbergii*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Rutaceae	Pitavia	*Pitavia punctata*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Sapindaceae	Bridgesia	*Bridgesia incisifolia*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Solanaceae	Latua	*Latua pubiflora*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Solanaceae	Phrodus	*Phrodus microphyllus*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Solanaceae	Vestia	*Vestia foetida*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Vivianiaceae	Araeoandra	*Araeoandra tenuicaulis*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Vivianiaceae	Cissarobryon	*Cissarobryon elegans*	-
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Zygophyllaceae	Metharme	*Metharme lanata*	EN
Ch.C	Eudiicotyledoneae	Zygophyllaceae	Pintoa	*Pintoa chilensis*	EN

Anexo 2.

Indices filogenéticos ED EDGE y ED-R calculados para la flora de los géneros endémicos de Chile estudiados, ordenados de acuerdo a ED-R de forma descendente. AJF (Archipiélago Juan Fernández), ID (Islas Desventuradas), Ch.C (Chile Continental).

Área	Familia	Especie	CC	ED	EDGE	ED-RW
AJF	Thyrsopteridaceae	*Thyrsopteris elegans*	EN	1.473932	0.2947864	1.473932
ID	Caryophyllaceae	*Sanctambrosia manicata*	-	0.25215476	0	0.21422409
AJF	Poaceae	*Megalachne berteroana*	VU	0.20989456	0.02098946	0.1927088
Ch.C	Cactaceae	*Rimacactus laui*	EN	0.20367307	0.04073461	0.18634176
Ch.C	Amaryllidaceae	*Placea amoena*	EN	0.13512461	0.02702492	0.12057729
AJF	Rosaceae	*Margyracaena skottsbergii*	-	0.13667253	0	0.1142403
AJF	Lactoridaceae	*Lactoris fernandeziana*	EN	0.11615355	0.02323071	0.10572679
AJF	Lamiaceae	*Cuminia eriantha*	CR	0.11052348	0.04420939	0.09857421
AJF	Asteraceae	*Centaurodendron palmiforme*	EN	0.09846184	0.01969237	0.08568938
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa cinerascens*	-	0.09506705	0	0.06692377
AJF	Asteraceae	*Dendroseris neriifolia*	EN	0.06961267	0.01392253	0.05521494
Ch.C	Zygophyllaceae	*Metharme lanata*	EN	0.18077938	0.03615588	0.05380939
AJF	Arecaceae	*Juania australis*	EN	0.05329939	0.01065988	0.02849561
Ch.C	Euphorbiaceae	*Avellanita bustillosii*	EN	0.11023263	0.02204653	0.02629665
Ch.C	Dioscoreaceae	*Epipetrum humile*	-	0.17083646	0	0.02519347
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa hypogaea*	EN	0.09031629	0.01806326	0.02467585
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Tecophilaea cyanocrocus*	EN	0.0401501	0.00803002	0.02436153
Ch.C	Asteraceae	*Atacama nivea*	-	0.20552291	0	0.02431443
Ch.C	Caryophyllaceae	*Reicheella andicola*	-	0.18656676	0	0.0242278
Ch.C	Cactaceae	*Eriosyce megacarpa*	EN	0.09164792	0.01832958	0.02310293
Ch.C	Alstroemeriaceae	*Leontochir ovallei*	EN	0.10722413	0.02144483	0.0226327
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa calderana*	VU	0.06032229	0.00603223	0.01991152
Ch.C	Bromeliaceae	*Ochagavia elegans*	VU	0.17278151	0.01727815	0.01806729
Ch.C	Brassicaceae	*Hollermayera valdiviana*	-	0.09023147	0	0.01792552
Ch.C	Escalloniaceae	*Valdivia gayana*	VU	0.06356754	0.00635675	0.0175123
Ch.C	Dioscoreaceae	*Epipetrum bilobum*	-	0.12963846	0	0.01695417
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa humilis*	VU	0.11103205	0.0111032	0.0156146
Ch.C	Amaryllidaceae	*Traubia modesta*	LC	0.06680411	0.0016701	0.01306083
AJF	Asteraceae	*Centaurodendron dracaenoides*	EN	0.02578584	0.00515717	0.01301338
Ch.C	Brassicaceae	*Aimara rollinsii*	-	0.08191847	0	0.01222927
AJF	Myrtaceae	*Nothomyrcia fernandeziana*	VU	0.05917301	0.0059173	0.01117374

Ch.C	Plumbaginaceae	*Bakerolimon plumosum*	-	0.14065627	0	0.00929019
Ch.C	Zygophyllaceae	*Pintoa chilensis*	EN	0.10855238	0.02171048	0.00927372
Ch.C	Bromeliaceae	*Ochagavia andina*	-	0.16335101	0	0.00863676
Ch.C	Bromeliaceae	*Ochagavia carnea*	-	0.16335151	0	0.00863636
Ch.C	Rutaceae	*Pitavia punctata*	EN	0.09088385	0.01817677	0.00826503
Ch.C	Alliaceae	*Gilliesia montana*	-	0.11347589	0	0.00814019
Ch.C	Phytolaccaceae	*Ercilla syncarpellata*	-	0.08072431	0	0.00771692
AJF	Asteraceae	*Robinsonia gayana*	EN	0.02216641	0.00443328	0.00756415
AJF	Asteraceae	*Robinsonia thurifera*	EN	0.02216641	0.00443328	0.00756415
Ch.C	Myrtaceae	*Legrandia concinna*	EN	0.06184601	0.0123692	0.00722674
AJF	Asteraceae	*Robinsonia evenia*	EN	0.02152741	0.00430548	0.00692515
AJF	Asteraceae	*Robinsonia gracilis*	EN	0.02152741	0.00430548	0.00692515
AJF	Asteraceae	*Robinsonia masafuerae*	EN	0.02152666	0.00430533	0.0069244
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa grandiflora*	EN	0.02307014	0.00461403	0.00689163
AJF	Asteraceae	*Robinsonia berteroi*	EX	0.02124826	0.0084993	0.006646
Ch.C	Campanulaceae	*Cyphocarpus rigescens*	-	0.09734487	0	0.00542368
Ch.C	Arecaceae	*Jubaea chilensis*	VU	0.03738639	0.00373864	0.00534886
Ch.C	Asteraceae	*Moscharia pinnatifida*	-	0.14296404	0	0.00523784
Ch.C	Fabaceae	*Balsamocarpon brevifolium*	-	0.09517063	0	0.00492023
AJF	Asteraceae	*Dendroseris macrantha*	EN	0.01926308	0.00385262	0.00486536
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa serpentisulcata*	EN	0.03041354	0.00608271	0.00462093
Ch.C	Vivianiaceae	*Araeoandra tenuicaulis*	-	0.08140201	0	0.004504
Ch.C	Vivianiaceae	*Cissarobryon elegans*	-	0.10593601	0	0.0043077
Ch.C	Cactaceae	*Miqueliopuntia miquelii*	LC	0.03502974	0.00087574	0.00413308
AJF	Asteraceae	*Dendroseris berteroana*	EN	0.01847842	0.00369568	0.00408069
Ch.C	Asteraceae	*Calopappus acerosus*	-	0.03753987	0	0.00406033
Ch.C	Sapindaceae	*Bridgesia incisifolia*	-	0.11355785	0	0.00363888
AJF	Asteraceae	*Dendroseris regia*	EN	0.01801333	0.00360267	0.00361561
Ch.C	Loranthaceae	*Desmaria mutabilis*	-	0.10373177	0	0.00331657
Ch.C	Gesneriaceae	*Sarmienta scandens*	-	0.11141248	0	0.00317333
ID	Asteraceae	*Thamnoseris lacerata*	-	0.01751152	0	0.0031138
Ch.C	Asteraceae	*Guynesonia scoparia*	-	0.04320229	0	0.0030905
Ch.C	Euphorbiaceae	*Adenopeltis serrata*	-	0.07815963	0	0.00286079
Ch.C	Rhamnaceae	*Trevoa quinquenervia*	-	0.07146753	0	0.00274176
Ch.C	Asteraceae	*Leunisia laeta*	-	0.02527107	0	0.0027227
Ch.C	Cactaceae	*Neoporteria litoralis*	-	0.02402861	0	0.00270632
Ch.C	Loasaceae	*Scyphanthus stenocarpus*	-	0.02960391	0	0.0024554
Ch.C	Amaryllidaceae	*Phycella scarlatina*	-	0.01775607	0	0.00243245
Ch.C	Cactaceae	*Eriosyce rodentiophila*	VU	0.05028842	0.00502884	0.00242346
Ch.C	Cactaceae	*Eriosyce aurata*	VU	0.05028842	0.00502884	0.00242254

Ch.C	Solanaceae	*Vestia foetida*	-	0.07465365	0	0.00219214
Ch.C	Caryophyllaceae	*Microphyes litoralis*	-	0.06480876	0	0.00213248
Ch.C	Alliaceae	*Gethyum atropurpureum*	-	0.03053089	0	0.00198601
Ch.C	Loranthaceae	*Notanthera heterophylla*	-	0.10427777	0	0.001984
Ch.C	Lardizabalaceae	*Lardizabala biternata*	-	0.07903408	0	0.00185926
Ch.C	Gomortegaceae	*Gomortega keule*	EN	0.03759405	0.00751881	0.00182544
AJF	Asteraceae	*Dendroseris litoralis*	EN	0.01621942	0.00324388	0.00182169
Ch.C	Caryophyllaceae	*Microphyes minima*	-	0.05938676	0	0.00168196
Ch.C	Asteraceae	*Oxyphyllum ulicinum*	-	0.02415804	0	0.00146448
Ch.C	Solanaceae	*Latua pubiflora*	-	0.04491565	0	0.00143671
Ch.C	Solanaceae	*Phrodus microphyllus*	-	0.04508665	0	0.00138818
AJF	Asteraceae	*Dendroseris micrantha*	EN	0.01577842	0.00315568	0.00138069
AJF	Asteraceae	*Dendroseris pinnata*	EN	0.01577833	0.00315567	0.00138061
Ch.C	Amaryllidaceae	*Placea lutea*	EN	0.01663077	0.00332615	0.00130743
Ch.C	Malpighiaceae	*Dinemandra ericoides*	-	0.07022863	0	0.00124321
Ch.C	Philesiaceae	*Lapageria rosea*	-	0.05637913	0	0.00119681
Ch.C	Alliaceae	*Ancrumia cuspidata*	VU	0.02421389	0.00242139	0.00118427
Ch.C	Cactaceae	*Neoporteria sociabilis*	CR	0.01837833	0.00735133	0.00116294
Ch.C	Alliaceae	*Speea humilis*	NT	0.02514514	0.00125726	0.00115409
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa megarhiza*	VU	0.01888829	0.00188883	0.00113702
Ch.C	Alliaceae	*Gilliesia graminea*	VU	0.02807289	0.00280729	0.00111144
Ch.C	Bromeliaceae	*Ochagavia litoralis*	-	0.02796101	0	0.00095948
Ch.C	Francoaceae	*Tetilla hydrocotylifolia*	-	0.04674701	0	0.00082953
Ch.C	Cactaceae	*Thelocephala napina*	NT	0.02025364	0.00101268	0.00076742
Ch.C	Malpighiaceae	*Dinemagonum gayanum*	-	0.04985263	0	0.00074978
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa eremophila*	-	0.01861154	0	0.00068759
Ch.C	Asteraceae	*Pleocarphus revolutus*	-	0.02571907	0	0.00066214
Ch.C	Asteraceae	*Marticorenia foliosa*	-	0.01742437	0	0.00065253
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa rupestris*	EN	0.01759173	0.00351835	0.00063743
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Zephyra compacta*	-	0.0220941	0	0.00063732
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Zephyra elegans*	-	0.0220941	0	0.0006364
Ch.C	Cactaceae	*Neoporteria subgibbosa*	LC	0.02455553	0.00061389	0.00063365
Ch.C	Phytolaccaceae	*Ercilla spicata*	-	0.03509431	0	0.00062289
Ch.C	Francoaceae	*Francoa appendiculata*	-	0.04553301	0	0.00060345
Ch.C	Asteraceae	*Gypothamnium pinifolium*	NT	0.01814107	0.00090705	0.00059932
Ch.C	Monimiaceae	*Peumus boldus*	-	0.04091005	0	0.00058616
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Tecophilaea violiflora*	-	0.0223621	0	0.00053494
Ch.C	Alliaceae	*Leucocoryne purpurea*	-	0.02220948	0	0.00052437
Ch.C	Asteraceae	*Moscharia solbrigii*	-	0.01876604	0	0.00052276
Ch.C	Alliaceae	*Leucocoryne ixioides*	-	0.02706498	0	0.00051679

Ch.C	Bromeliaceae	*Fascicularia bicolor*	-	0.02491576	0	0.00051653
Ch.C	Alliaceae	*Miersia chilensis*	-	0.02178314	0	0.00048156
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa coquimbana*	NT	0.01935797	0.0009679	0.00046702
Ch.C	Loasaceae	*Scyphanthus elegans*	-	0.02759591	0	0.00044643
Ch.C	Loasaceae	*Huidobria chilensis*	-	0.02597441	0	0.0004454
Ch.C	Phytolaccaceae	*Anisomeria coriacea*	-	0.03097481	0	0.00044373
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa solaris*	EN	0.01715524	0.00343105	0.00043598
Ch.C	Alliaceae	*Leucocoryne coquimbensis*	-	0.02134298	0	0.00038186
Ch.C	Loasaceae	*Huidobria fruticosa*	-	0.02543741	0	0.00037841
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa marginata*	VU	0.01715335	0.00171534	0.00036791
Ch.C	Phytolaccaceae	*Anisomeria littoralis*	-	0.02890881	0	0.00034981
Ch.C	Amaryllidaceae	*Phycella angustifolia*	-	0.01592543	0	0.00025688
Ch.C	Amaryllidaceae	*Phycella cyrtanthoides*	-	0.01592543	0	0.00025671
Ch.C	Amaryllidaceae	*Placea davidii*	VU	0.01592493	0.00159249	0.00025659
Ch.C	Amaryllidaceae	*Placea ornata*	VU	0.01582527	0.00158253	0.00025057
Ch.C	Amaryllidaceae	*Phycella maulensis*	-	0.0160729	0	0.00025027
Ch.C	Amaryllidaceae	*Placea arzae*	-	0.01582527	0	0.00025027
Ch.C	Amaryllidaceae	*Phycella australis*	-	0.0160729	0	0.00024991
Ch.C	Cactaceae	*Eriosyce ihotzkyana*	-	0.01763667	0	0.00024668
Ch.C	Cactaceae	*Eriosyce lapampaensis*	-	0.01763692	0	0.00024619
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa krainziana*	CR	0.01677129	0.00670851	0.00022752
Ch.C	Cactaceae	*Copiapoa longistaminea*	VU	0.01677087	0.00167709	0.00022745
Ch.C	Cactaceae	*Thelocephala esmeraldana*	EN	0.0165348	0.00330696	0.00022383
Ch.C	Cactaceae	*Thelocephala glabrescens*	-	0.0165348	0	0.00022333
Ch.C	Cactaceae	*Thelocephala odieri*	VU	0.0165343	0.00165343	0.00022287
Ch.C	Asteraceae	*Leptocarpha rivularis*	-	0.01672697	0	0.0001683
Ch.C	Asteraceae	*Podanthus mitiqui*	-	0.01733609	0	0.00015447
Ch.C	Asteraceae	*Podanthus ovatifolius*	-	0.01733609	0	0.00015447
Ch.C	Cactaceae	*Neoporteria castanea*	VU	0.01636661	0.00163666	0.00015248
Ch.C	Cactaceae	*Neoporteria nidus*	EN	0.01636611	0.00327322	0.00015213
Ch.C	Cactaceae	*Neoporteria villosa*	VU	0.01636578	0.00163658	0.0001521
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Conanthera trimaculata*	-	0.01578376	0	0.00013623
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Conanthera campanulata*	LC	0.01578376	0.00039459	0.00013617
Ch.C	Cactaceae	*Thelocephala krausii*	-	0.01579039	0	0.00013002
Ch.C	Cactaceae	*Thelocephala tenebrica*	-	0.01579019	0	0.00013001
Ch.C	Cactaceae	*Neoporteria clavata*	VU	0.01579016	0.00157902	0.00012981
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Conanthera urceolata*	EN	0.01526443	0.00305289	0.00011808
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Conanthera parvula*	-	0.01526476	0	0.00011774
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Conanthera sabulosa*	-	0.01522593	0	0.00011748
Ch.C	Tecophilaeaceae	*Conanthera bifolia*	-	0.01516993	0	0.00011491

XI. FINANCIAMIENTO

La ejecución del presente proyecto es financiado por el proyecto de Iniciación en Investigación 2012 del Fondo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (FONDECYT), n°11121579, adjudicado por la Dra. Rosa Amelia Scherson Vicencio.