

Estado actual de la Restauración ecológica en Chile, perspectivas y desafíos

Current state of ecological Restoration in Chile: perspectives and challenges

Cecilia Smith-Ramírez^{1,2}, Mauro E. González^{2,3}, Cristian Echeverría⁴, Antonio Lara^{2,3}

Resumen

La restauración ecológica es una disciplina que nació hace poco menos de 30 años. En América Latina se encuentra en proceso de formación, siendo Chile uno de los países que ha liderado en algunos aspectos dicho proceso. El objetivo de este documento es hacer una revisión del estado del arte de la Restauración Ecológica (RE) en Chile. Específicamente apuntamos a: i) hacer una breve recopilación de las primeras acciones de restauración ecológica desarrolladas en el país; ii) identificar las acciones de restauración ecológica de ecosistemas forestales que se han realizado o se encuentran en ejecución; iii) identificar las organizaciones que las han llevado a cabo, y sus principales ámbitos de acción; y iv) delinear cuales serían los desafíos y oportunidades de la RE en el país. Encontramos cerca de 60 iniciativas de RE en el país, llevándose a cabo por ONG, gobierno, empresas y universidades. A pesar de ser muchas iniciativas la superficie que abarca cada una de ellas es relativamente pequeña, sin embargo, hay compromisos de ampliarla considerablemente. La RE está siendo enseñada cada vez más en centros de educación superior. Los desafíos apuntan principalmente a generar Planes Nacionales y Regionales de RE que incluyan formas de financiamiento, soluciones pragmáticas e involucramiento social.

Palabras clave:

Restauración forestal, revegetación, rehabilitación.

Abstract

Ecological restoration is a discipline that was born just

under 30 years. In Latin America it is in a formation stage, with Chile as one of the countries that has led in some aspects of restoration. The purpose of this paper is to review the state of the art of Ecological Restoration (ER) in Chile. Specifically we aim to: i) a brief compilation of the first actions of ecological restoration developed in the country; ii) to identify the ecological restoration of forest ecosystems that have been or are being implemented; iii) to identify the organizations that have been involved; and iv) to outline the main challenges and opportunities of ER in the country. We found about 60 ER initiatives in the country, that are being developed by NGOs, government, forest companies and universities. Despite being many initiatives, the area covered by each one is rather small. However, there are commitments to expand it considerably. ER is increasingly being taught in universities. The challenges aimed primarily at generating a National and Regional ER Plans that

¹ Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Las Palmeras 3425, Ñuñoa, Santiago, csmith@willnet.cl ✉

² Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Isla Teja s/n, Valdivia; maurogonzalez@uach.cl y antoniolaraga@gmail.com

³ Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, Isla Teja s/n, Valdivia; maurogonzalez@uach.cl y antoniolaraga@gmail.com

⁴ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Victoria 631, Concepción crisecheverria@udec.cl

includes various ways of funding.

Key words:

Forest restoration, revegetation, rehabilitation.

INTRODUCCION

La plantación de especies nativas es una actividad que se ha estado realizando desde hace varias décadas en el país. Sin embargo, no es hasta el nacimiento de la disciplina de restauración ecológica (RE) que surge la necesidad de ver estas actividades desde una perspectiva de recuperación de la resiliencia, funciones, procesos e integridad ecológica (SER 2004). Entendiendo la integridad ecológica más allá de la recuperación de la cobertura arbórea, y las funciones más allá de la producción de madera.

A nivel internacional se considera que la disciplina de la RE nace, en lo formal, entre los años 1987-89, específicamente en enero de 1988 con la creación en Wisconsin (USA) de la Sociedad de Restauración Ecológica y Manejo (SERM), la cual posteriormente pasa a llamarse SER. Diecisiete años después, el año 2005, nace REDLAN (Red Latinoamericana de RE) en Valdivia, Chile (Echeverría *et al.* 2015), la cual agrupaba iniciativas en RE de varios países en América Latina. Posteriormente en el año 2007, nace en CUBA, RIACRE (Red Iberoamericana y del Caribe de RE). Ambas instituciones se fusionan en el 2013 en Colombia, dando nacimiento a SIACRE (Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica). Actualmente, en América Latina hay siete redes de RE en seis países; dos en Brasil, y una en México, Cuba, Colombia, Argentina y Chile (Echeverría *et al.* 2015). En Latinoamérica, Colombia y Brasil son los países que muestran el mayor avance y desarrollo en el ámbito de la RE, ambos cuentan con planes nacionales terminados o en proceso de terminarse (Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2012). En el caso de Argentina y Ecuador están en la etapa de formulación de su Plan Nacional de RE (Zurieta *et al.* 2015; Mendoza, 2015). Además, a nivel latinoamericano existen importantes compromisos internacionales de restauración; por ejemplo, el gobierno de Colombia se comprometió a restaurar 80.000 ha degradadas (Murcia & Guariguata,

2014).

Chile fue uno de los líderes y promotores de las iniciativas de cooperación entre los países latinoamericanos en RE, sin embargo, sólo nueve años después de nacer REDLAN, se crea el 17 de octubre del 2014 la Red Chilena de RE. La Red Chilena de RE (Restauraremos Chile) tiene por objetivo general la promoción de la investigación, colaboración, difusión y puesta en práctica de la restauración ecológica con la finalidad de coordinar los esfuerzos de manera integral y transdisciplinaria de las distintas profesiones, oficios y ocupaciones interesadas en la restauración ecológica en el país.

En este contexto histórico y organizacional, el objetivo de este documento es hacer una revisión del estado del arte de la Restauración Ecológica (RE) en Chile. Específicamente apuntamos a: i) hacer una breve línea de tiempo de las primeras acciones de restauración ecológica desarrolladas en el país; ii) identificar las acciones de restauración ecológica de ecosistemas principalmente forestales y que se han realizado o se encuentran en ejecución; iii) identificar las organizaciones que las han llevado a cabo, y sus principales ámbitos de acción (investigación, conservación y/o manejo de recursos naturales, ONGs o sector público); y iv) delinear cuales serían los desafíos y oportunidades de la RE en el país, teniendo en cuenta el contexto internacional, especialmente considerando los avances de esta disciplina en Latinoamérica.

Se considera en esta revisión como acciones de RE a aquellas actividades concretas establecidas en terreno y que se enmarcan dentro de los conceptos de rehabilitación y restauración definidos por la Sociedad de Restauración Ecológica (SER, 2004). Además, en esta revisión se incluye otro concepto ampliamente usado y que está asociado a la restauración ecológica. Esto es, la restauración del capital natural, la que considera explícitamente el uso de los recursos a restaurar para beneficio de la sociedad (Aronson *et al.* 2007).

Una de las mayores dificultades de este trabajo de revisión fue delimitar las acciones que estarían asociadas a RE. Para efectos de este trabajo se decidió llamar RE a todas aquellas acciones que apuntan a la recuperación de los atributos de ecosistemas naturales, tanto las especies, como las comunidades nativas en un sentido amplio, pero de las cuales se excluyeron: plantación de especies

nativas con fines de jardinería y paisajismo urbano, rehabilitación de suelo en la cual no haya monitoreo de tal forma de conocer si se están recuperando atributos de composición, estructura o funciones propios de ambientes nativos, y enriquecimiento de bosques con fines exclusivamente madereros. Hay que considerar que es muy probable que se esté dejando fuera a un número no despreciable de experiencias, las que de ser posteriormente sistematizadas y evaluadas, podrían ser consideradas como auténticas o legítimas acciones de RE.

La revisión de las acciones de RE se realizó mediante consulta por correo electrónico o teléfono a colegas y encargados de programas de RE o afines. Debe tenerse en cuenta que no contestaron todos los consultados. Además, se hizo una revisión de resúmenes de presentación a Encuentros y Talleres sobre RE. Se revisaron las páginas web de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y de los proyectos del Fondo de Protección Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) para sistematizar lo que se estaba haciendo en relación a plantación de especies nativas. También, se realizó una búsqueda de artículos, libros y capítulos de libros en google académico, incluyendo las palabras en español e inglés: restauración (restaurar), rehabilitación (rehabilitar), re-vegetación (re-vegetar). Finalmente, se buscaron tesis atingentes, en las bibliotecas de las Universidades Austral de Chile, Católica, de Chile y de Concepción, información que se complementó con estudios en curso de sistematización de este tipo de antecedentes.

Las primeras experiencias de restauración en Chile

En Lara *et al.* (2000) se sintetiza información de 17 sitios de estudio establecidos entre 1960 y 1994, que correspondieron a ensayos de plantaciones con especies nativas. Las principales especies usadas en estos ensayos fueron *Nothofagus nervosa* (Phil.) Krasser, *N. dombeyi* (Mirb.) Oerst. y *Eucryphia cordifolia* Cav. Estas especies fueron establecidas dentro del tipo forestal Roble-Raulí-Coigue. Si bien dichos estudios no fueron establecidos bajo un enfoque explícito de restauración, muchas de estas experiencias tenían como objetivo recuperar el atributo composicional

de los ecosistemas forestales originales, similar a lo que buscan actuales proyectos de restauración.

Tal vez una de las primeras experiencias de RE, enmarcada en la teoría sucesional, es la que establece el emérito profesor Patricio Montaldo de la Universidad Austral de Chile en 1965. Cerca de la ciudad de Los Lagos, en un predio de pastoreo se estableció un área de exclusión de aproximadamente dos ha (Fig. 1, Riñihue-Los Lagos, región de los Ríos; Montaldo, 1999). Los años 1, 3, 10, 25 y 34 después de realizado el cercado fue evaluada la composición de especies de dicho ensayo. Treinta y cuatro años después de establecida la exclusión, se encontró que en esta se habían establecido las especies del bosque original, dada la comparación con un pequeño bosque de referencia cercano al lugar (Montaldo, 1999). Este tipo de estudios ofrece una de las primeras demostraciones de la capacidad de recuperación natural de bosques perturbados mediante la eliminación y/o control de las limitaciones y factores de degradación del ecosistema, lo cual actualmente sustenta las acciones de regeneración natural asistida.

Otra iniciativa que en principio tampoco fue concebida en el ámbito de la restauración, es la llevada a cabo en 1993 en el Fundo San Pablo de Tregua, Panguipulli, región de Los Ríos (Fig. 1). En un área de aproximadamente de 1 ha se realizó el cercado y plantación de *Nothofagus nervosa* (o *N. alpina*; raulí), sin alterar y manteniendo la cobertura y composición natural de las especies previas y naturalmente establecidas. Esta área había sido cubierta originalmente por bosques del tipo Coihue-Raulí-Tepa, explotados en décadas previas para aprovechar la valiosa madera de *N. nervosa* (raulí), posteriormente abandonados, y sujetos posteriormente a la ganadería extensiva (M. E. González, datos sin publicar).

A partir de la mitad de los años noventa dos experiencias de restauración independientes marcan probablemente el comienzo de los estudios dentro del marco conceptual actual de la disciplina. En el año 1995 se inician los primeros estudios para la restauración de los bosques de *Fitzroya cupressoides* (Molina) I. M. Johnst. en la depresión intermedia de la provincia de Llanquihue (Lara *et al.* 2008, 2014; Fig. 1). La restauración de estos escasos bosques remanentes destruidos o

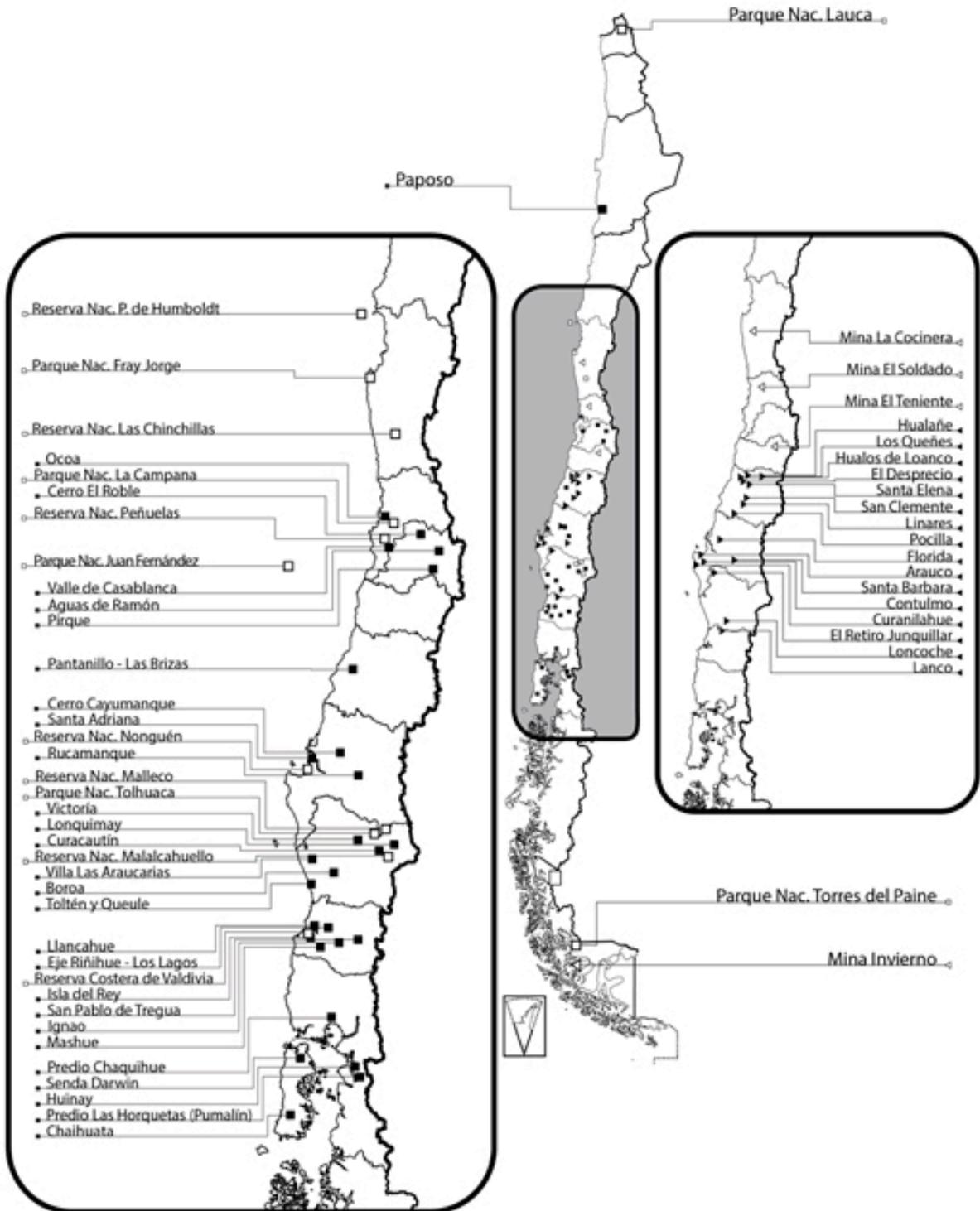


Fig. 1. Se indican las localidades donde se han identificado acciones de restauración. A la izquierda con puntos blancos se destacan los lugares donde hay acciones en áreas silvestres protegidas por el Estado; con puntos negros las realizadas por universidades, MMA y ONGs. A la derecha y con triángulos blancos se destacan las acciones llevadas a cabo en mineras, con triángulos negros las realizadas por empresas forestales. En algunas localidades hay más de una institución realizando acciones de restauración.

degradados por incendios, habilitación agropecuaria y pastoreo incluyó tanto la identificación de las poblaciones de alerce existentes – cómo bosques de referencia y áreas de colecta de semillas - producción de plantas, cercado, plantación de alerces y monitoreo en un área de 2,7 ha en el Predio Chaqueihua, cercano a la ciudad de Puerto Montt (Lara *et al.* 2008, 2014; Fig. 1).

En el año 1996-97 se realiza la restauración de 28,5 ha en la isla El Rey en Valdivia (Fig. 1), realizado por la ONG CEA (Centro de Estudios Ambientales) y la comunidad. La selección de especies a plantar se hizo siguiendo criterios de sucesión ecológica (Muñoz-Pedreros *et al.* 2015 en revisión). Esta experiencia es notable y única en el país, al abordar exitosamente el difícil control de una de las peores plagas invasoras a nivel mundial, esto es *Ulex europaeus* L. (espinillo).

Otra iniciativa importante y pionera, es la que nace el año siguiente, en 1998; esta vez recuperando vegetación esclerófila, la cual fue realizada por la Fundación La Palma. En esta iniciativa se inicia la restauración de 150 ha de vegetación esclerófila, principalmente en cerros de la ladera norte del sector de Ocoa, Región de Valparaíso (Fig. 1) y mediante la siembra al voleo de semillas de *Acacia caven* Mol. (espinillo). Cinco años después, bajo la sombra de estos individuos se plantaron otras especies nativas (Mauricio Moreno comunicación personal). Posterior a estas primeras actividades de RE, continúan una serie de plantaciones, estudios y comunicaciones hasta el día de hoy.

Estudios y educación en Restauración en Chile

Según Echeverría *et al.* (2013), sólo el 5% de las publicaciones ISI sobre RE (incluida en su búsqueda las palabras de restauración, revegetación y rehabilitación) que se generaban en América Latina eran estudios realizados en Chile. Todas estas publicaciones fueron producidas totalmente o en parte por grupos chilenos. Los estudios en RE producidos en Chile, actualizado para el año 2015, consisten en 7 artículos aparecidos en revistas ISI. Por otra parte, se encontraron 15 capítulos de libro en 11 libros que tratan la RE, dos de ellos de distribución internacional (Gatica en preparación). Las tesis de pre y posgrado

que incluían la restauración como parte de su título fueron 10. Las tendencias en número de publicaciones en RE en Chile respecto a América Latina están muy por debajo el porcentaje de otras publicaciones que Chile produce en ciencias en general (Noorden, 2014). Este resultado es especialmente preocupante, cuando se piensa en cumplir con el compromiso que el gobierno de Chile estableció internacionalmente de restaurar el 15% de sus ecosistemas degradados para el 2020 (Metas Aichi; Divers, 2010) y otros compromisos que subyacen a las convenciones de Cambio Climático Global y Programa de Lucha contra la desertificación, todas ratificadas como leyes de la república por nuestro país.

A pesar de que aún son pocas las publicaciones en RE en el país, las entidades de educación superior que imparten cursos de RE han ido aumentando rápidamente. Actualmente las universidades de La Serena, Valparaíso, Católica, Chile, Concepción, La Frontera y Austral de Chile imparten cursos de pregrado y/o posgrado en las carreras de Ingeniería en Recursos Naturales, Forestal y/o Agronomía.

Experiencias de Restauración en Chile

Pudimos detectar que actualmente en el país existen cerca de 60 lugares donde se realizan iniciativas de RE, ya sea en pequeñas superficies donde se ensayan determinadas técnicas (quitando diferentes limitantes a la restauración, sembrando, plantando, etc.) o donde se hace restauración a mayor escala (Fig. 1).

En algunos de estos lugares hay más de una experiencia, por ejemplo en el Parque Nacional Torres del Paine detectamos iniciativas en curso llevadas a cabo por diferentes entidades, estas son: CONAF, Reforestemos Patagonia, AMA Torres del Paine, MMA-Universidad de Magallanes y P. Universidad Católica de Chile; de estas iniciativas, a lo menos tres constituyen plantaciones y dos constituyen estudios. En la última década, estos esfuerzos han significado una superficie cercana a las 200 ha. reforestadas, con una cantidad aproximada de 500.000 plantas de lenga (*Nothofagus pumilio*), con porcentajes de prendimiento entre 21 a 84% (Salinas *et al.*, 2014). En Cayumanqui (Fig. 1) hay iniciativas de

MMA y del INIA. En Villa Las Araucarias (Fig. 1) hay dos iniciativas de RE, realizadas por la U. Austral y U. de Concepción. En Riñihue-Los Lagos (Fig. 1) hay otras dos iniciativas realizadas por la U. Austral y MMA (GEF-SIRAP). En la Fig. 1 no incluimos plantaciones de especies nativas realizadas por CONAF, ONGs y otras instituciones, que secundariamente podrían estar acelerando el proceso de sucesión, por ende pasando a constituir experiencias de RE.

Una parte importante del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) constituye una experiencia de gran escala espacio/temporal de restauración ecológica asistida de nuestro país. En al menos seis parques nacionales se han realizado actividades directas de RE, además del establecimiento de restricciones de uso. Estas áreas son: Lauca, Bosque Fray Jorge, Archipiélago de Juan Fernández, Tolhuaca y Torres del Paine. Además, en Rapa Nui se ha hecho rehabilitación de suelos degradados, plantando especies introducidas por razones obvias de que el ecosistema de referencia se extinguió, y por la urgente necesidad de aminorar el grave problema de erosión que existe actualmente en la isla. Similarmente, en al menos ocho reservas nacionales se han realizado actividades de RE, estas son: Pingüino de Humboldt (en isla Choros), Las Chinchillas, Lago Peñuelas, Río Clarillo, Roblería del Cobre de Loncha, Nonguén, Malleco y Malalcahuello. En las Reservas Nacionales Río Clarillo y Roblería del Cobre de Loncha se han realizado principalmente enriquecimiento con especies nativas. En el caso de las Reservas de Malalcahuello y Malleco – junto a los Parques Nacionales Tolhuaca y Villarrica- en la década de 1960 el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), institución que precedió a la CONAF en estas tareas, realizó plantaciones y siembra de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch. en áreas previamente explotadas y/o quemadas de este tipo de bosques (González, 2012, 2013). En la Reserva Nacional las Chinchillas, se han venido realizando diferentes ensayos de enriquecimiento desde la década de los 80 y, hace una década, en el marco de las medidas de mitigación y compensación de la ruta Aucó-Los Pozos, que pasa a través de esta unidad. Sin embargo, los prendimientos de los individuos plantados no siempre ha sido lo deseado. Es probable que en otras áreas del SNASPE se

hayan realizado actividades de enriquecimiento, siembra o plantación con especies nativas, pero estas no han sido documentadas ni sistematizadas. Actualmente gran parte de las actividades de RE en áreas protegidas las realiza CONAF en colaboración con otras instituciones. Como consecuencia de los importantes desafíos de conservación de los ecosistemas incluidos en SNASPE, la existencia de una política nacional para la restauración ecológica en el SNASPE (CONAF, 2012) y la contingencia impuesta por los grandes incendios que han afectado durante los últimos años a Parques y Reservas Nacionales icónicos del país, la CONAF está estructurando un programa sistemático de RE en unidades priorizadas o más afectadas por perturbaciones recientes (CONAF, 2012, 2014), a partir del cual se está planificando y coordinando las acciones y actividades de restauración en conjunto con otras instituciones.

Solo cuatro son los lugares que identificamos acciones de rehabilitación de suelos afectados por la actividad minera con un enfoque cercano a la restauración ecológica. Estas actividades se han llevado a cabo en la Mina La Cocinera (sur de Coquimbo), El Soldado (frente a La Calera), El Teniente y Mina Invierno (en isla Riesco) (comunicación personal Eduardo Arellano; ver Fig.1).

Escasas son las experiencias de RE en el norte y sur del país. Destacamos en la zona norte dos experiencias: una pequeña plantación de queñoa (*Polylepis tarapacana* Phil.), especie Vulnerable, en el Parque Nacional Lauca, y la plantación de tres especies Vulnerables *Senna paposana* Phil., *Dicliptera paposana* Phil. y *Dalea azurea* Phil., en Paposos (Fig. 1) a partir de una iniciativa ejecutada por INIA (Instituto de Investigaciones Agrarias) y CEAZA (Centro de Estudios Avanzados de Zonas Áridas). Si se sistematizaran otras acciones realizadas principalmente por CONAF en la zona norte o en el marco de proyectos contra la desertificación, en cuanto a su aporte a recuperar los atributos de sistemas nativos, podrían sumarse más actividades de RE en esta zona del país. Por ejemplo, las plantaciones con especies nativas y exóticas para evitar procesos erosivos en cerros que rodean la ciudad de Illapel coordinadas desde 1976 por CONAF. Estas plantaciones han dado lugar al establecimiento espontáneo de especies

de arbustos y herbáceas nativas, además de aves nidificantes (Silva 2004). En el extremo sur del país llama la atención la falta de proyectos de este tipo, especialmente en la Región de Aysén.

Hemos podido detectar que los actores que realizan la RE son particulares, centros de investigación, empresas, la CONAF, el MMA y ONGs. Entre estas últimas hemos encontrado que al menos trece ONGs, cuatro de ellas internacionales (TNC, WWF, Oikonos y Island Conservation) se dedican en Chile a realizar RE. Entre las grandes empresas forestales que están comenzando a realizar RE se encuentran MASISA, Mininco S.A. y Forestal Arauco S.A. como parte de sus compromisos de certificación FSC, y específicamente como compensación a la superficie de bosque nativo sustituida por plantaciones desde el año 1994 (Fig. 1). En el caso de Arauco S. A., las acciones de RE totalizaban a fines del 2014 poco más de 200 ha que comenzaron un proceso de restauración, principalmente a través de la corta y control de rebrote de plantaciones.

A pesar, de que se ve un avance en las acciones de RE en diversas instituciones, este avance se refleja poco en proyectos liderados por comunidades. Así, se constata que de las experiencias financiadas a través de los proyectos de Fondo de Protección Ambiental (FPA) del MMA durante los años 2012, 2013 y 2014, donde sólo el 1,8% de estos trataron de viverización y/o plantación de especies nativas como su eje central.

Las dos experiencias de RE que abarcan mayor superficie son la realizada por la Fundación La Palma (ya mencionada) y la que ha realizado la Universidad Austral de Chile en la Reserva Costera Valdiviana (Fig. 1). En esta última se han reemplazado plantaciones de *Eucalyptus* por especies nativas en 55 ha (Lara *et al.* 2014). En este lugar, de propiedad de The Nature Conservancy (TNC) se espera llegar a reconvertir a futuro un total de 3.600 ha de *Eucalyptus* con especies nativas. Las mayores superficies de las experiencias que constituyen ensayos experimentales para evaluar el éxito de determinados métodos de RE, oscilan entre 2,7 y 8 ha (Lara *et al.* 2014). Según información entregada por los entrevistados, otros ensayos son menores a 1 ha, un mayor número de

estos tienen de 100-250 m² de superficie.

Se desconoce la cantidad de dinero que el país invierte anualmente en RE, ya sea mediante acción directa o a través de estudios. La cantidad de inversión en recuperar la cobertura arbórea nativa pudiera llegar a ser un monto elevado de inversión a través de planes de compensación y reparación ambiental, además de fondos de inversión de particulares (principalmente empresas) que se han comprometido a reemplazar plantaciones forestales por especies nativas en el marco de la certificación forestal. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que mucha de la inversión en compensación y reparación no resulta en éxitos ni sigue los objetivos de una RE (Bustamante *et al.* en preparación).

Existen dos grandes inversiones extraordinarias en RE por los altos montos que responden a la ocurrencia de desastres naturales, específicamente dos mega incendios, el de Cayumanqui ocurrido el verano del 2012 el cual incluye un sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad (17.000 ha quemadas) y el de Torres del Paine ocurrido el verano del mismo año (20.000 ha quemadas, 17 mil dentro del Parque Nacional). En la restauración de la vegetación del cerro Cayumanqui el Gobierno Regional destinó el 2013, 2.700 millones de pesos (4,4 millones de dólares). Las acciones de RE las lleva a cabo el MMA. En la restauración del Parque Nacional Torres del Paine, el Ministro del Interior anunció este año (2015) que se destinarán cerca de 8 millones de dólares para su restauración, y cerca de 3 millones de dólares para prevención de futuros incendios. Como se puede apreciar en los últimos años el gobierno se está enfocando a resolver problemáticas relacionadas de la RE y direccionando importantes cifras de dinero para la restauración de ambientes en respuesta a desastres que ocurren cada vez con mayor frecuencia y severidad (González *et al.* 2011). Por otro lado es evidente que la falta de comprensión del efecto y naturaleza de los procesos ecológicos y la respuesta de los ecosistemas a éstos, limita una adecuada gestión y asignación de recursos. Esto se suma a la falta de preparación y sobre todo experiencia de profesionales en las correspondientes reparticiones públicas, en la academia, ONGs y empresa privada, tanto en los conceptos, ciencia y práctica de esta

nueva disciplina.

Junto con la disposición de destinar fuertes sumas de dinero para la RE de un área perturbada (e.g., fuego) es primordial la elaboración de planes de restauración ecológica, los cuales entre otras cosas identificarán mediante una línea base el potencial natural del sistema de recuperarse (Clewell & Aronson, 2013). Por ejemplo, en el caso del bosque esclerófilo de la Región de Valparaíso y Región Metropolitana, Fuentes-Castillo *et al.* (2013) encontraron que en promedio entre 0,4 a 1,0 ha/año se recuperan espontáneamente, basados en estudios de cinco sitios que estaban semi-abandonados. En estos sitios en un período de 52 años (1955 a 2007) el bosque esclerófilo se recuperó espontáneamente en 90 a 200 ha (dependiendo del sitio), a pesar de la ocurrencia de la fuerte sequía de verano, herbivoría, extracción de leña y otras limitantes. Si las 198 ha recuperadas naturalmente en San Carlos de Apoquindo (Santiago) le asignamos un (valor de reforestación) costo inicial de restauración de \$ 2 millones/ha (3.200 dólares/ha) (precio de 300 plántulas de un año, cercado por planta, honorarios de jornaleros, transporte y alimentación, no incluye tratamiento del suelo ni riego) se logra un ahorro por concepto de esperar que el sistema se recupere naturalmente de 792.000 dólares (Smith-Ramírez, datos no publicados). Sin embargo, en muchos casos no es posible o es muy complejo el evitar o desactivar la acción de los factores limitantes o de degradación post-disturbio cuyo ejemplo más ubicuo es la presión ejercida por el ganado, las plantas invasoras o el avance de los procesos erosivos.

Lo anterior estaría dando cuenta de que en la planificación de esfuerzos de RE, a veces puede cobrar una importancia fundamental los trabajos de mitigación (e.g. control de suelo y disminución de la contaminación de acuíferos, en ecosistemas perturbados por el fuego) y rehabilitación (e.g. exclusión de la herbivoría y disminución de faenas extractivas), más que las acciones de restauración propiamente tal. La mitigación y rehabilitación pueden resultar en esfuerzos claves o suficientes, en sí mismos, para activar los procesos de resiliencia de los ecosistemas perturbados.

Actualmente, las principales temáticas en RE que están siendo estudiadas en diferentes centros de investigación del país son: éxito de sobrevivencia

y crecimiento de plantaciones experimentales (aproximadamente 34 estudios, Fig. 1), monitoreo de la recuperación de determinados componentes de la biodiversidad (micro-lepidópteros, macro-artrópodos, aves) (aprox. 8 estudios), restauración-plantación especies amenazadas (6 estudios), determinación de áreas prioritarias de restauración (4 estudios), restauración después de tala rasa de plantaciones forestales (5 estudios al menos), revegetación-remediación en relaves (4 estudios), control de especies invasoras (plantas y/o animales) y monitoreo de ensayos (4 estudios), capacidad de recuperación del sistema después de incendios, (3 estudios), restauración de atributos de bosque antiguo (1 estudio), resistencia a la sequía ante cambio climático (1 estudio), efecto facilitador de micorrizas (2 estudios), efecto facilitador nódulos fijadores de nitrógeno (1 estudio), mejoramiento genético (1 estudio), recuperación del servicio ecosistémico agua (5 estudios), sistematización de éxitos y fracasos de restauración (1 estudio) y control químico y biológico para la restauración de la biodiversidad (2 y 1 estudio, respectivamente).

Desafíos y oportunidades de la Restauración en Chile

Para abordar la RE en Chile tenemos que avanzar en dos grandes temas en paralelo: a) el desarrollo de capacidades profesionales en la ciencia y práctica de la RE; y b) el establecimiento de políticas nacionales que promuevan y financien la RE a escala local y a gran escala.

Respecto al primer punto, existen centros de formación académica, con adecuada experiencia que se va enriqueciendo constantemente, para capacitar y entrenar a los futuros restauradores, dinamizando a la academia en estos ámbitos, y apoyando técnica y científicamente a los organismos que requieran desarrollar proyectos y planes de restauración a distintas escalas. Sin embargo, falta gestión y diseño de programas de posgrado en Restauración Ecológica en el país. En el caso del segundo punto, el principal objetivo se centra en elaborar un Plan Nacional de Restauración en donde se identifique las áreas prioritarias de restauración y se establezca una estrategia de financiamiento. En esta línea la restauración de ecosistemas a gran escala para

asegurar la provisión de ciertos bienes y servicios ecosistémicos cada vez más escasos (agua) es clave.

La prevención de desastres ecológicos debería estar en la agenda de las prioridades de realizar restauración ecológica. Por otra parte, se requiere una revisión del funcionamiento y resultados de los planes de reparación y compensación ambiental de manera que efectivamente se asegure el restablecimiento en forma equivalente del daño producido a largo plazo. Por otra parte, se requiere sensibilizar e involucrar a la sociedad en general, y direccionar e incentivar a aquellos propietarios que están dispuestos a ofrecer tierras para restauración, pero que no cuenta con los recursos para realizarlo.

Así mismo se requieren esfuerzos por relevar y dimensionar acciones de RE de trabajos históricos y/o que se realizan actualmente. También se debería diagnosticar, establecer prioridades y proyectar acciones de RE ante situaciones de degradación más urgentes. Además, se requiere promover instancias y herramientas que permitan difundir y coordinar el trabajo de RE en el país, junto con el establecimiento de alianzas estratégicas nacionales e internacionales para reforzar el cumplimiento de estos objetivos.

Una de las oportunidades que existen para avanzar en la generación de un Plan Nacional de RE, además de planes regionales, es la ley en discusión que crea el Sistema de Biodiversidad y Áreas protegidas (SBAP). El objetivo general de dicha ley es “la conservación de la diversidad biológica del país, a través de la preservación, restauración y uso sustentable de las especies y ecosistemas, con énfasis en aquellos de alto valor ambiental o que, por su condición de amenaza o degradación, requieren de medidas para su conservación”. Finalmente creemos que la voluntad política es fundamental para poder avanzar en restauración de nuestros degradados ecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Paula Gatica por el avance en resultados de su tesis, el aporte en información de todas las personas que están haciendo RE y ayudaron a confeccionar la Fig. 1, la revisión de este documento por parte de Adison Altamirano y Victor Lagos. La redacción de este trabajo fue financiado por el proyecto Fondef Ca13I1027,

CONAF 007, PFB23, ICM 05-002, Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 (CONICYT/FONDAP 15110009).

LITERATURA CITADA

- Aronson, J., Renison, D., Rangel-Ch, J. O., Levy-Tacher, S., Ovalle, C. & Del Pozo, A. (2007). Restauración del capital natural: sin reservas no hay bienes ni servicios. *Ecosistemas*, 16, 15-24.
- Aronson, J., Milton, S. J., Blignaut, J. N., Raven, P. H. (2007). *Restoring Natural Capital: Science, Business, and Practice* (1st edition). San Diego, USA: Island Press.
- Bannister, J. R., González, M. E., Little, C., Gutierrez, A., Donoso, P. & Mujica, R. (2013). Experiencias de restauración en los bosques nativos del sur de Chile: Una mirada desde la Isla Grande de Chiloé. *Revista Bosque Nativo*, 52, 35-43.
- Clewell, A. & Aronson, J. (2013). *Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession* (2nd Edition). San Diego, USA: Society of Ecological Restoration, Island Press.
- CONAF (2012). Política y estrategia de restauración ecológica para el sistema nacional de áreas silvestres protegidas del estado. Santiago, Chile.
- CONAF (2014). Plan de acción de corto plazo para iniciar la implementación de la política y estrategia nacional para la restauración ecológica del SNASPE. Santiago, Chile.
- Díaz, M. (2011). El factor animal en la administración de áreas silvestres protegidas y la conservación de la diversidad biológica de Chile: apuntes para el desarrollo de una política pública en salud de fauna silvestre. II Simposio de Medicina de la Conservación”. 23-25 de Noviembre, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.
- Divers, S. C. B. (2010). *Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020*. COP 10 Decision X/2, Nagoya, Japan.
- Echeverría, C., López-Barrera, F., Bustamante, M., Schiappacasse, I., Duarte de Moraes,

- L., Rovere, A., Jiménez, C. & Gatica, P. (2013). Esfuerzos y retos de la restauración de ecosistemas en América Latina: ¿cuántas hemos avanzado y qué nos falta? Conferencia plenaria. III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica. Bogotá, Colombia.
- Echeverría, C., Smith-Ramírez, C., Aronson, J. & Barrera-Cataño, J. I. (2015). Good news from Latin America and the Caribbean: national and international restoration networks are moving ahead. *Restoration Ecology*, 23, 1-3.
- Fuentes-Castillo, T., Miranda, A., Smith-Ramírez, C. & Holmgren, M. (2012). Nucleated regeneration of Mediterranean evergreen forests reveals facilitative role of remnant vegetation on passive restoration. *Forest Ecology and Management*, 274, 38-47.
- González, M. E., Lara, A., Urrutia, R. & Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque*, 32, 215-219.
- González, M. E. (2012). Experiencias de restauración y rehabilitación de *Araucaria araucana* en Chile. Workshop "Experiencias de restauración de bosques nativos del sur de Chile" Octubre 2012, Isla de Chiloé.
- González, M. E., Cortes, M., Gallo, L., Bekessy, S., Echeverría, C., Izquierdo, F. & Montaldo, P. (2013). Coníferas chilenas: *Araucaria araucana*. En C. Donoso (Ed.), *Las especies arbóreas de los bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología* (p. 36-53). Valdivia, Chile: Marisa Cuneo Ediciones.
- González, M. E. (2014). Post-fire passive restoration of Andean *Araucaria-Notofagus* forests. En Bozzano, M., Jalonen, R., Thomas, E., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., Bordács, S., Smith, P. & Loo, J. (Eds), *Ecological Restoration Approaches* (Chapter 14). Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. State of the World's Forest Genetic Resources—Thematic Study. Rome: FAO and Biodiversity International.
- Lara, A., Echeverría, C., Donoso, C. (2000). *Guía de ensayos silviculturales permanentes en los bosques nativos de Chile*. World Wildlife Fund. Instituto de Silvicultura de la Universidad Austral de Chile.
- Lara, A., Echeverría, C., Thiers, O., Huss, E., Escobar, B., Tripp, K., Zamorano, C., & Altamirano, A. (2008). Restauración ecológica de coníferas longevas: el caso del alerce (*Fitzroya cupressoides*) en el sur de Chile. En M. González-Espinosa, J. M. Rey-Benayas & N. Ramírez-Marcial (Eds.). *Restauración de bosques en América Latina* (pp 39-56). Mexico: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE) y Editorial Mundi-Prensa México.
- Lara, A., Little, C., Cortés, M., Cruz, E., González, M. E., Echeverría, C., Suarez, J.,... Coopman, R. (2014). Restauración de ecosistemas forestales. En: Donoso, C., M.E González, A. Lara, (eds), *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile* (605-672). Valdivia: Ediciones Universidad Austral de Chile.
- MMA (2014). Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad: Propuesta Ministerial elaborada en el marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático y de la actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Santiago: Chile.
- Montaldo, P. (1999). Treinta y cuatro años de una sucesión secundaria en praderas de ñadi en la provincia de Valdivia, Chile. *Agro sur*, 27, 82-89.
- Murcia, C. & Guariguata, M. R. (2014). *La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades*. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Salinas, P., Ruiz, C., Arcos, M. & Lagos, V. (2014). Una década de reforestación en el Parque Nacional Torres del Paine: Catalizando la restauración ecológica de un ecosistema resiliente. *Biodiversidata*, 2: 93-101.

- SER (2004). <http://ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration>
- Silva, J. (2004). Caracterización de plantaciones con especies nativas para fines de protección, en la cuenca periurbana de la ciudad de Illapel, Región de Coquimbo. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. 93 p.
- Van Noorden, R. (2014). The gap: South America by the numbers. *Nature*, 510, 202-203.

