

CAPÍTULO 12

Bioprospección y biotecnología para uso sostenible de la biodiversidad

Lucrecia Piñuel, Patricia Boeri

Introducción

La biodiversidad es el sustento de la mayoría de las actividades humanas; es parte esencial de nuestras culturas e identidades y es crucial para amortiguar los efectos del cambio climático y la desertificación, especialmente en las regiones más secas del planeta (ver la Introducción de este libro). Por ello, en todo el mundo se han impulsado diferentes estrategias tendientes a promover la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, como el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), las Metas de Aichi y del Acuerdo de París. Sin embargo, en su último informe internacional, la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios del Ecosistema (IPBES, 2019) advirtió sobre la pérdida de biodiversidad a niveles alarmantes, el incremento de la tasa de extinción de especies, y con ello, la capacidad de la naturaleza por contribuir al bienestar de las personas. La degradación ambiental, el cambio climático, la sobreexplotación y uso no sostenible de los recursos naturales, son algunos de los principales impulsores (IPBES 2019). Estas problemáticas conllevan a la pérdida de biodiversidad y amenazan las economías regionales, la seguridad alimentaria y la calidad de vida de los habitantes (SAyDS 2019), incluida la salud, aspecto que ha recobrado mayor importancia ante el actual escenario de pandemia por COVID-19. Además, el cumplimiento de los ODS, especialmente aquéllos relacionados con la pobreza, la alimentación, la salud y el bienestar, depende tanto de la biodiversidad como de los bienes y servicios ecosistémicos. Los científicos coinciden en que la mala gestión de los recursos naturales implica, en la mayoría de los casos, un aumento en la aparición y riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas, de modo que, una gestión adecuada de la naturaleza redonda en beneficios sobre la salud humana.

Los ecosistemas áridos proporcionan una serie de servicios ecológicos esenciales para la sostenibilidad de la vida humana y el desarrollo de las actividades productivas. Estos representan aproximadamente el 70% de la superficie continental de Argentina y se distribuyen en tres provincias fitogeográficas: Patagonia, Puna y Monte, donde las temperaturas medias anuales son de 13°C y las precipitaciones, inferiores a los 300 mm. El sector más meridional del Monte corresponde a la Patagonia extraandina, un área que alberga ecosistemas endémicos del Cono Sur americano, como son la Estepa Patagónica y la Estepa Arbustiva del Monte (Chehébar et al.

2013), áreas consideradas de máxima prioridad de conservación (Beeskow et al. 2005). Además, la flora nativa de esta región presenta abundantes endemismos de géneros y especies por lo que ha sido calificada como uno de los centros de alta diversidad vegetal por la IUCN (Villamil 1999, Soriano et al. 1995, Cabrera 1994). A pesar de ello, existe una creciente tendencia a la degradación de las tierras y desertificación, con un 12% de la superficie con altas tasas de erosión, concentrada especialmente en zonas áridas y semiáridas, como la Patagonia (Informe del Estado del Ambiente 2019). En este sentido, se ha determinado que el Monte constituye el ecosistema más amenazado del sur de Sudamérica, con una tasa anual de desmonte de la flora nativa estimada en un 3,7% en el noreste de la Patagonia, valor que supera ampliamente la tasa media de pérdida estimada en los bosques tropicales (0,4%) (Balmford *et al.* 2003; Pezzola y Winschel 2004; Winschel 2017). A este contexto, se suma la ocurrencia de incendios, los cuales se prevé que aumenten en los próximos años, producto del cambio climático global (Schumacher y Bugmann 2006). Debido a su vulnerabilidad, estas regiones son muy susceptibles a los impactos ambientales y presentan escasa probabilidad de recuperación natural después de las perturbaciones (Pérez *et al.* 2020). En conjunto, todo ello contribuye a una crisis del concepto de sostenibilidad ambiental, ecológica y social en la región y de sus sistemas tradicionales de desarrollo. Cabe destacar que, en las regiones áridas y semiáridas de la Patagonia, gran parte de las comunidades constan de pequeños y medianos productores que realizan prácticas de subsistencia y dependen de los servicios ecosistémicos para cubrir sus necesidades básicas (CNULD 2016). Así, ellos ven afectadas sus actividades productivas, la seguridad alimentaria y el acceso a los beneficios que obtienen de la naturaleza (FAO 2015; Isbell *et al.* 2017). En estas situaciones, la flora constituye un valioso recurso, muchas veces aún desconocido, capaz de garantizar la soberanía alimentaria y fortalecer las economías regionales, especialmente en áreas vulnerables. Ante ello, el desafío es integrar el conocimiento tradicional y el científico sobre la flora nativa y sus potencialidades para generar estrategias de uso sostenible y contribuir con su valoración y conservación *ex situ*. En este sentido, las biotecnologías y la bioprospección vegetal ofrecen la posibilidad de explorar nuevas fuentes de potenciales cultivos y bioproductos, generar conocimiento sobre sus potencialidades y abordar estrategias de propagación y conservación.

Los ecosistemas áridos y su contribución al bienestar común

Los ecosistemas áridos son particularmente susceptibles al cambio climático y a los procesos de desertificación y, aunque proporcionan una amplia diversidad de bienes y servicios que redundan en beneficios para la población, no son tan reconocidos como otros ecosistemas terrestres del planeta. Entre los servicios que brindan se puede diferenciar aquellos considerados de provisión, es decir, productos que se obtienen de los ecosistemas (madera, agua, alimentos), los de regulación, que comprende aquellos beneficios obtenidos de procesos claves como el ciclo del agua y el control de la erosión de suelos, entre otros, los culturales, que involucran aquellos

relacionados con la recreación, estética, turismo y, finalmente, aquellos de soporte, como la biodiversidad y los procesos naturales del ecosistema, que garantizan la producción de los demás servicios (Ravelo *et al.* 2011). En este sentido, más del 38% de la población humana necesita los bienes y servicios de los ecosistemas para su supervivencia. Las contribuciones de la biodiversidad y la naturaleza a las personas constituyen nuestro patrimonio común y el sistema de seguridad más importante para la vida de la humanidad (IPBES 2019). Esto es aún más importante cuando se considera que millones de personas dependen de la leña para satisfacer sus necesidades y de las medicinas naturales para su atención sanitaria, donde, por ejemplo, el 70% de los fármacos usados en el mundo para el tratamiento del cáncer son de origen natural o están basados en ellos (IPBES 2019). Por otra parte, ante el actual contexto de pandemia, se considera que el escenario de recuperación post-COVID debe estar basado en el mantenimiento de la biodiversidad, como parte fundamental del sistema que sustenta nuestra vida en la tierra.

Argentina es uno de los países más áridos del planeta, con el 37% de su superficie afectada por la erosión, cuyo avance es de aproximadamente 2 millones de hectáreas por año (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación). Por el contrario de lo que se percibe generalmente, estos ecosistemas no son extensas áreas vacías, estériles y deshabitadas sino tierras agrícolas de laboreo y extensas áreas urbanas. A pesar de las limitaciones hídricas, las tierras secas proporcionan forraje para la ganadería y superficie para el desarrollo agrícola, que luego repercuten en la disponibilidad de otros insumos como carne, leche, lana, fibras, cuero, granos y cereales para los seres humanos. Estos ecosistemas, constituyen el hábitat de especies únicas, adaptadas a ambientes poco predecibles y extremos, y por ello algunas de estas áreas se han identificado como sitios de prioridad de conservación. Además, estas superficies son capaces de almacenar grandes cantidades de carbono, especialmente en el suelo, por lo que adquieren una relevancia particular en lo referido a la huella de carbono a nivel mundial. Por otro lado, estas regiones ofrecen oportunidades para el desarrollo de energías alternativas (eólica, solar y geotérmica) y en los últimos años, han cobrado mayor importancia en el sector turístico, tanto por sus paisajes abiertos y pintorescos, como por su riqueza cultural y de biodiversidad. De esta manera, los ecosistemas de tierras secas, entre los que se encuentra el Monte Patagónico, proporcionan una larga lista de bienes y servicios relacionados con la biodiversidad, como la prevención de la erosión del suelo, el control de plagas, la polinización, el agua potable y los alimentos, la mitigación del cambio climático, el suministro de energía y agua, el forraje y la resiliencia y estabilidad del ecosistema local (MEA 2005). En este sentido, la vegetación leñosa parece tener un papel importante en el origen, la dinámica y el mantenimiento de la vegetación a modo de parches, característica del Monte patagónico (Bertiller *et al.* 2009). En la región extraandina, la vegetación dominante corresponde a arbustos con adaptaciones xerófitas, muchas de ellos endémicos, resistentes, y/o aclimatados al medio y considerados como plantas alimenticias no convencionales (PANC'S), entre los que se destacan las jarillas (*Larrea spp*), el piquillín (*Condalia microphylla* Cav.), el tomillo del monte (*Acantholippia seriphioides* (A. Gray) Moldenke.), el mata sebo (*Monttea aphylla* (Miers.) Hauman), el chañar (*Geoffroea decorticans* (Gill ex Hook et. Arn.) Burkart) y diferentes especies de algarrobo, como el algarrobo dulce (*Prosopis flexuosa*

D.C) y el alpataco (*Prosopis alpataco* Phil.). Además, muchas especies se utilizan como productos forestales no madereros, ya sea como alimentos o aditivos alimentarios (semillas comestibles, frutos, fibras, especias, condimentos, aromatizantes, vestimenta o para la elaboración de utensilios) y otros productos vegetales son utilizados con fines medicinales, cosméticos o culturales, como resinas y gomas (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva).

No obstante, la multiplicidad de usos que satisfacen estas especies vegetales para las poblaciones rurales y urbanas, especialmente aquellas asociadas con la extracción de leña como los algarrobos, el chañar y el piquillín, ha provocado la extracción indiscriminada de estos recursos, y con ello, potenciado aún más la desertificación en grandes áreas de la Patagonia (<https://www.argentina.gob.ar/normativa/recurso/84725/res250-5-5-2003-cap4/htm>). Así, para promover un uso sostenible de la biodiversidad nativa, es necesario profundizar el conocimiento sobre sus potencialidades, especialmente en la producción de alimentos saludables y nutritivos promoviendo así, una dieta basada en la seguridad alimentaria y nutricional de la población. Por otra parte, si bien muchas especies han sido y son utilizadas tradicionalmente como recursos alimenticios y medicinales, en la mayoría de los casos, aún falta la integración de estos conocimientos ancestrales y científicos. Una forma de lograr este objetivo sería, por ejemplo, la incorporación de las especies nativas comestibles en el Código Alimentario Argentino (CAA). Ello permite ampliar las posibilidades para que las comunidades locales puedan comercializar formalmente sus productos biobasados, además de obtener un ingreso alternativo a través del uso sostenible del entorno. Así, la revalorización de la biodiversidad nativa puede generar empleo e ingresos para las comunidades dependientes de los ecosistemas nativos y ofrecerles nuevas alternativas para garantizar una alimentación saludable.

De acuerdo al IPBES (2019), para atender la pérdida de biodiversidad y hacer frente a los nuevos desafíos mundiales, como el cambio climático, la escasez de recursos naturales y los patrones de consumo insostenibles, es necesario generar cambios sostenidos en el tiempo, en todos los niveles de la sociedad. En este contexto, la bioeconomía, es decir, la producción sustentable de bienes y servicios a través del uso o transformación de recursos biológicos (Trigo *et al.* 2016), representa una oportunidad para abordar estos retos y crear las transformaciones necesarias en los sistemas sociotécnicos con el propósito de avanzar hacia una economía sostenible (Van der Meulen *et al.* 2012). Sin embargo, para ello resulta crucial considerar a la biodiversidad como el principal insumo de la bioeconomía, capaz de ofrecer amplias posibilidades para el aprovechamiento de los recursos y los procesos biológicos. Asociada a ella, existe una diversa gama de recursos alimenticios y compuestos biológicos que siguen siendo una de las fuentes más sofisticadas de nuevos modelos moleculares para la química médica y la obtención de nuevos fármacos. Sin embargo, el desarrollo de una bioeconomía basada en la biodiversidad debe fundamentarse en una estrategia erigida sobre tres pilares fundamentales: conservación, conocimiento y uso sostenible. Para ello, no solo se debe profundizar el conocimiento acerca del uso y las potencialidades de la biodiversidad sino también en los aspectos de propagación de las especies utilizadas, que permitan generar estrategias para su conservación, a través de la investigación científica y la transferencia tecnológica.

Las biotecnologías como soporte para la propagación, conservación y uso de la biodiversidad

Recientemente, el informe del IPBES (2019) ha señalado que las trayectorias actuales impiden alcanzar los objetivos para el 2030 de conservar y utilizar de manera sostenible la naturaleza. Sin embargo, ello sólo podrá ser factible a través de cambios transformadores en los sectores económicos, sociales, políticos y tecnológicos. Entre las medidas a adoptar para lograr dicho cambio, se sugiere disponer de opciones adaptadas al plano local en materia de conservación, restauración, uso sostenible y conectividad ecológica, que consideren la incertidumbre y los escenarios de cambio climático. En este sentido, el informe plantea también la necesidad de usar los recursos genéticos en la agricultura de forma sostenible, en especial mediante la conservación de la biodiversidad.

Las biotecnologías son reconocidas por muchos países como un factor prioritario para dar respuesta a los objetivos planteados por el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB 1992) de mantener y proteger la biodiversidad, así como promover el uso sostenible de todos sus componentes, incluidos aquellos utilizados en la agricultura y silvicultura ya que, la conservación de la diversidad permite, además, mantener la estabilidad en los sistemas productivos. El Centro Mundial de Conservación y Monitoreo estima que más de 8000 especies de árboles del mundo están en peligro de extinción (WCMC 2001), y, muchas de ellas dependen de la conservación *ex situ*, fuera de las áreas protegidas. Frente a esta situación, las biotecnologías ofrecen la oportunidad de convertir la biodiversidad en un factor de desarrollo económico y social a través de su valoración, uso sostenible y conservación. Por ello, en los últimos años, la conservación *ex situ* de especies vegetales a través de bancos de germoplasma y el cultivo de tejidos vegetales (CTV) ha adquirido mayor relevancia como parte de una estrategia de almacenamiento a corto y largo plazo de semillas, propágulos o meristemas (Engelmann y Engels 2002).

En muchos casos, como el de algunas especies de regiones áridas y semiáridas que han sido sometidas a la presión humana por su extracción y uso irracional, es probable que las medidas de conservación mediante colecciones *ex situ* constituyan la única alternativa capaz de garantizar su disponibilidad futura. Existe una serie de metodologías biotecnológicas que pueden ayudar a los programas de conservación de plantas, como las técnicas de cultivo de tejidos, los bancos de germoplasma y de semillas, el análisis de genomas moleculares y los protocolos de crioconservación.

Los bancos de semillas representan uno de los métodos más efectivos de conservación *ex situ*, que consiste en secar las semillas hasta bajos niveles de humedad y almacenarlas a bajas temperaturas. Además, estos pueden complementarse con otros métodos biotecnológicos para la conservación *in vitro* a través del CTV, como es la encapsulación de propágulos, es decir, la producción de semillas sintéticas y la crioconservación. Las semillas sintéticas son semejantes a una semilla natural y puede estar formada por un embrión somático o por propágulos capaces de producir una planta completa. Sin embargo, a diferencia de las semillas originadas mediante

un proceso sexual, las sintéticas carecen de recombinación genética, por lo que garantizan la propagación clonal de la planta madre.

Para el almacenamiento a largo plazo, generalmente se utiliza la crioconservación, aunque también pueden aplicarse otras técnicas de cultivo *in vitro* que retrasan el crecimiento. La crioconservación permite el almacenamiento de células, tejidos u órganos vegetales vivos a temperaturas extremadamente bajas (-80 °C), o durante períodos superiores a un año, utilizando nitrógeno líquido (-196 °C) (Sánchez-Chiang y Jiménez 2010). Además de la crioconservación, también existe la posibilidad de almacenar tejidos *in vitro* a largo plazo retrasando el crecimiento mediante el control de factores como el estrés osmótico del medio de cultivo. Así, la incorporación de azúcares no metabolizables por las plantas, como el manitol o el sorbitol o de reguladores de crecimiento adecuados, podrá ser utilizada como métodos de conservación (Sánchez-Chiang y Jiménez 2010).

Por otra parte, la vulnerabilidad de los ecosistemas semiáridos y su lenta recuperación natural después de perturbaciones, hacen que la restauración en estos sitios depende en gran parte de la reintroducción de especies nativas en sus hábitats naturales (Safriel *et al.* 2005; Reynolds *et al.* 2007; Busso y Fernández 2018; Pérez *et al.* 2020). Entonces, las biotecnologías adquieren un valor preponderante, debido a que resultan ser claves para salvaguardar los recursos nativos, así como también para propagar en forma masiva el material vegetal adecuado, capaz de garantizar el éxito de futuros programas de restauración. Así, las técnicas de cultivo de tejidos *in vitro* pueden ser de gran interés para la recolección de germoplasma, el almacenamiento y la multiplicación de especies amenazadas, recalcitrantes (aquellas cuyas semillas no pueden ser conservadas por largos períodos) o de propagación vegetativa (Engelmann 1991).

En Argentina, durante los últimos años, se han dedicado esfuerzos para multiplicar y conservar la flora nativa de diferentes ecorregiones que han sido utilizadas en forma sistemática e irracional. De esta manera, se han producido varios avances sobre la optimización de metodologías de cultivo *in vitro* en diferentes especies herbáceas y leñosas (Boeri y Dalzotto 2018). Algunos ejemplos de ello lo constituyen los protocolos establecidos para especies nativas de la selva paranaense, como *Peltophorum dubium* (caña fístula), *Enterolobium contortosiliquum* (timbo), *Acca sellowiana* (acca) y *Eugenia involucrata* (cerella) (Niella y Rocha, 2015); de los talaes y bosques marginales de la provincia de Buenos Aires, como *Acacia caven* (espinillo), *Celtis tala* (tala) y *Parkinsonia aculeata* (cina-cina) (Abedini *et al.* 2000) o del monte patagónico, como *Prosopis alpataco* (alpataco), *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Prosopis caldenia* (caldén). En este sentido, desde el año 2016, en la Universidad de Río Negro se han desarrollado diversas técnicas biotecnológicas para la propagación y conservación de la vegetación nativa del monte patagónico. En el caso particular de *Prosopis* spp, se logró la embriogénesis somática y la regeneración de plantas enteras de *P. alpataco* en cultivos de callos derivados de cotiledones de plántulas *in vitro* (Boeri y Sharry 2018; Boeri *et al.* 2022). En *P. caldenia*, se obtuvieron brotes a través de la organogénesis directa y raíces por la vía indirecta (Cedres Gazo 2015; Dalzotto *et al.* 2021). Por otra parte, se logró la obtención de brotes de chañar en medios de cultivo de Murashige y Skoog

(1962) suplementados con 6-Bencilaminopurina (BAP) mediante organogénesis indirecta (Maschio *et al.* 2019). Además, se logró la introducción al cultivo *in vitro* de *Acantholippia seriphioides* (tomillo de monte), una especie considerada dentro de la categoría de amenazada, y se obtuvieron plántulas *in vitro* que luego se multiplicaron a partir de la producción de ramas laterales, desarrolladas durante el cultivo, por pérdida de dominancia apical, característica relacionada con su condición natural de planta rizomatosa (Boeri *et al.* 2017a). Por otra parte, los diferentes estudios de cultivo de tejidos llevados a cabo en estas plantas leñosas del monte patagónico, demostraron una tendencia por generar respuestas morfogénicas en ausencia de reguladores de crecimiento. Ello fue observado en el cultivo *in vitro* de varias especies características de estos ambientes como los Algarrobos (alpataco y caldén), el monte negro (*Bougainvillea spinosa*) y el chañar (Maschio *et al.*, 2019; Boeri *et al.* 2019; Espíndola, 2021). Estos resultados sugieren la presencia de fitohormonas endógenas capaces de inducir estas respuestas morfogénicas en bajas concentraciones o incluso en ausencia de reguladores de crecimiento. Ello podría estar asociado a que el material vegetal introducido en el cultivo *in vitro* proviene de ambientes con marcado estrés hídrico y ello induce a la síntesis de metabolitos secundarios, entre los cuales se encuentran las fitohormonas como mecanismos de defensa. Por ejemplo, las plantas pueden sintetizar ácido abscísico (ABA) en las raíces y hojas maduras, particularmente ante situaciones de estrés hídrico, mientras que, en las semillas, el ABA está vinculado con la inducción y el mantenimiento de algunos aspectos de latencia (Wilkinson y Davies 2010).

Por último, se han llevado a cabo los primeros estudios tendientes a producir semillas sintéticas a fin de establecer protocolos de conservación a mediano y largo plazo en *Larrea divaricata*, *Bougainvillea spinosa* y *Acantholippia seriphioides* (Huenelaf *et al.* 2021; Espíndola 2021).

Así, la combinación de diferentes herramientas biotecnológicas constituye una alternativa posible para dar respuesta a la pérdida de la biodiversidad nativa y a la necesidad de restaurar ecosistemas degradados con este tipo de material vegetal, atendiendo simultáneamente tanto a los aspectos relacionados con la conservación como a la propagación masiva de estas especies.

El estado de la bioprospección de la flora nativa

Las plantas, especialmente aquellas que crecen bajo factores de estrés ambiental, producen numerosos compuestos orgánicos que cumplen con determinadas funciones protectoras o ecológicas y contribuyen con su adaptación y supervivencia. Históricamente, el ser humano ha extraído y utilizado estos metabolitos naturales con diversos fines como medicamentos, insecticidas, herbicidas, perfumes o colorantes, entre otros. En la actualidad, estos productos naturales han adquirido un importante y significativo valor medicinal y económico, derivado principalmente de su uso en la industria cosmética, alimenticia y farmacéutica. Así, los productos derivados de la biodiversidad ya se han establecido en muchos mercados internacionales europeos y de Norteamérica y, en los últimos años, han adquirido mayor relevancia en los países de nuestra región. Por otra parte, existe una creciente preocupación en la industria alimenticia y de la salud por

conocer nuevos compuestos y por obtener concentrados proteicos de origen vegetal, que provean de aminoácidos esenciales (García *et al.* 2013; Ruiz *et al.* 2014).

La biodiversidad es el principal insumo de estos compuestos y constituye una sofisticada fuente de nuevos bioproductos con alto valor agregado, ya sea como ingredientes bioactivos (digestivos, cardiovasculares, analgésicos, antitumorales, inmunológicos, entre otros) y/o complementos alimenticios (Valli *et al.* 2018). En base a esto, es importante destacar que, de los 1211 nuevos prototipos de bajo peso molecular introducidos en el mercado mundial como productos farmacéuticos, el 60% de ellos son de base biológica (Newman y Cragg 2016). Sin embargo, las contribuciones de la biodiversidad de las regiones áridas y semiáridas sobre las economías nacionales y mundiales han sido subestimadas y, como consecuencia, ello repercute en una baja inversión en el manejo sostenible de estas zonas (Barrow y Mogaka 2007). Gran parte de los beneficios que aportan estas regiones proceden de las plantas nativas y a pesar de ello y de su uso tradicional comprobado, muchas de estas especies aún no han sido caracterizadas químicamente. En este contexto, la bioprospección juega un papel estratégico dado que permite generar desarrollos tecnológicos basados en los recursos fitogenéticos. La bioprospección es definida como el estudio de la biodiversidad dedicado al hallazgo de organismos y compuestos que puedan tener valor comercial para el sector industrial, alimentario, farmacéutico y cosmético. Contempla entonces la búsqueda sistemática, clasificación e investigación de nuevas fuentes de compuestos químicos, genes, proteínas, microorganismos y otros productos con valor económico actual o potencial y que se encuentran en los componentes de la diversidad biológica (Duarte Torres 2011). Sin embargo, a pesar de que al menos el 10% de la flora de América del Sur y de Argentina cuenta con un uso etnobotánico comprobado, sólo el 0,1% de ella ha sido investigada. Para hacerlo, existen diferentes criterios a seguir, como es el estudio ecológico, es decir, de aquellas especies que podrían producir ciertos compuestos de acuerdo al ecosistema donde viven. El segundo criterio es el taxonómico, en el cual se selecciona un determinado grupo de especies. Luego existe la alternativa de analizar todas las especies posibles de un área determinada (abierto) y, finalmente, uno de los criterios más utilizados, es el de iniciar los estudios en base al conocimiento ancestral de las comunidades originarias (criterio etnobotánico). Por ejemplo, en este caso, los estudios surgen a partir de los usos populares de las plantas medicinales y alimenticias. De esta manera, el acceso a estos saberes y prácticas ancestrales, relacionadas con el aprovechamiento de las plantas, no sólo permite identificar nuevos productos y usos, sino que también favorece la conservación del patrimonio cultural y local (Boeri *et al.* 2017b).

Por otra parte, la bioprospección es una herramienta eficaz para promover iniciativas de Biocomercio. El Biocomercio comprende aquellas actividades de recolección, producción, transformación y comercialización de bienes y servicios derivados de la biodiversidad bajo criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica. Este término fue adoptado durante el CDB y acordado por la Corporación Andina de Fomento (CAF), la Comunidad Andina de Naciones (CAN) y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. Dentro del Biocomercio se identifican y priorizan tres sectores: los ingredientes y productos naturales para la industria farmacéutica y cosmética; aquellos ingredientes y productos naturales para la industria alimentaria;

y el turismo sostenible. En general, el Biocomercio permite integrar a los productores rurales (pequeños y medianos) con nuevos mercados para dar respuesta a la demanda de consumidores que cada vez más, prefieren productos naturales de origen sostenible que sean más respetuosos con el medio ambiente y contribuyan a la equidad social.

La biodiversidad específica de la Patagonia extraandina brinda la posibilidad de obtener muchos de estos productos naturales, debido principalmente a que, en estos ecosistemas áridos y semiáridos, las condiciones de estrés inducen la síntesis de compuestos vegetales asociados a la supervivencia (Vilela *et al.* 2011). Así, en estas regiones, la selección natural favorece la presencia de especies con alto nivel de defensa y ello se traduce en una mayor síntesis de compuestos bioactivos que puedan ser potencialmente utilizados por la industria. Desde esta misma perspectiva, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, promueve el desarrollo productivo mediante generación, difusión e incorporación de prácticas de manejo sustentable de las tierras a través de diversos proyectos. Entre ellos, se destaca el Proyecto “Uso Sustentable de la Biodiversidad” (USUBI - PNUD ARG 15/G53). (<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/biodiversidad/usubi>) el cual, entre sus principales objetivos, plantea la incorporación al Código Alimentario Argentino (CAA) de 17 especies nativas del noroeste de nuestro país. De esta manera, se pretende superar las limitaciones técnicas y de mercado actuales impuestas para los productos regionales derivados de la flora nativa. Además, esta inclusión en el CAA contribuye con la reducción de la conversión y la degradación de los bosques nativos, incrementa la restauración y promueve la conectividad ecosistémica.

En concordancia con ello, en la última década, la Universidad Nacional de Río Negro estudia la composición química y nutricional de frutos de diferentes especies nativas y cultivadas de la Patagonia extraandina. Así, por ejemplo, se han caracterizado químicamente las harinas integrales de los algarrobos de la región (*Prosopis alpataco* y *P. flexuosa*), y se ha determinado que éstas podrían ser utilizadas como suplemento dietario para la industria alimentaria, tanto en la preparación de alimentos para consumo humano como animal, dadas las características nutricionales y funcionales que presentaron (Boeri *et al.* 2017c, Boeri *et al.* 2022, Hoffman *et al.* 2019; 2020; 2021). Por otra parte, recientemente se ha demostrado la actividad antiinflamatoria y antioxidante de los extractos y aislados proteicos del caldén (*P. caldenia*) del Monte Patagónico (Dalzotto *et al.* 2021b, Dalzotto *et al.* 2021c). También han sido evaluadas las propiedades funcionales-alimentarias del piquillín (*Condalia microphylla*) dado que las comunidades locales consumen sus drupas como frutos frescos. En este sentido, se cuantificó el valor nutricional del fruto, los compuestos fenólicos presentes y se determinó una potencial actividad antioxidante de los mismos tanto en condiciones *in vitro* como *in vivo* (Boeri *et al.* 2017d) Además, se evaluó la presencia de proteínas bioactivas con potencial actividad antitumoral (Piñuel *et al.* 2015). Se estudiaron, además, otras especies de la región, como el chañar y el tomillo de monte (*Geoffroea decorticans* y *Acantholippia seriphioides*, respectivamente). Las harinas obtenidas de los frutos completos del chañar es una materia prima muy utilizada en preparaciones culinarias en diferentes provincias del país. Así, se logró caracterizar las harinas integrales de diferentes ecorregiones argentinas (Catamarca y Río Negro) y se determinó que los macrocomponentes (proteínas, lípidos, carbohidratos y cenizas) no variaron según el sitio de colecta de los frutos. Sin embargo, el contenido total de polifenoles presentó diferencias

significativas entre los extractos obtenidos de frutos de ambas procedencias (Maschio *et al.* 2021). Estos resultados confirman que la síntesis de metabolitos secundarios está directamente relacionada con los factores externos a los que se encuentra sometida la planta, como la altitud, latitud, tipos de suelo, estrés, entre otros. Continuando con la bioprospección de plantas nativas, se evaluó el perfil aromático y capacidad antioxidante del aceite esencial de tomillo del monte, una especie aromática, endémica de Argentina (Piñuel *et al.* 2018; Piñuel *et al.* 2021). Este arbusto, es ampliamente reconocido en la etnobotánica del país por sus usos medicinales (en el tratamiento del dolor de estómago, indigestión y gripe) así como por sus aplicaciones culinarias (como condimento sustituto del tomillo comercial, *Thymus vulgaris*). Los estudios realizados permitieron corroborar que la composición de sus aceites esenciales varía según la procedencia del material vegetal analizado. Esta diferenciación en distintos quimiotipos de acuerdo a la composición del mismo también incide sobre las propiedades bioactivas de los aceites. Por otro lado, en los últimos años, los berries patagónicos como el calafate (*Berberis microphylla*) han atraído una atención especial y han sido objeto de una amplia investigación en materia de bioprospección. El calafate es una especie nativa de la Patagonia argentina que produce pequeños frutos comestibles de gran importancia para la economía regional. Tradicionalmente, son utilizados en preparaciones alimenticias y medicinales y en la elaboración de productos artesanales con identidad regional. Estos frutos tienen una alta concentración de compuestos fenólicos, principalmente antocianinas, que, junto con su alta actividad antioxidante, aumentan su valor y calidad nutritiva. Además, las proteínas y péptidos extraídos de sus semillas, también presentaron actividad antioxidante (Dalzotto *et al.* 2019; Boeri *et al.* 2020). Así, la caracterización química y nutricional de los frutos del calafate indica que éstos podrían utilizarse como ingredientes funcionales o como ingrediente en suplementos alimenticios.

Finalmente, los estudios de bioprospección aplicados sobre la flora nativa de la Patagonia extraandina constituyen un ejemplo de cómo el conocimiento sobre los potenciales usos de la biodiversidad nativa regional permite generar productos con identidad local, incorporar valor agregado y diversificar así, la matriz productiva regional que impactan en las economías de estos territorios. Así, el estudio de la biodiversidad como insumo de productos naturales es clave para potenciar las economías de países emergentes como Argentina que, por su alto valor de biodiversidad específica, especialmente en ecosistemas áridos y semiáridos, amplía las posibilidades de obtener productos derivados de la Bioprospección y de las Biotecnologías simples.

Conclusión

Una de las principales amenazas para la biodiversidad mundial es desconocer su importancia como patrimonio natural y, mantener su integridad, constituye nuestro principal desafío. En todo el mundo se están aunando los esfuerzos tendientes a generar una transición productiva hacia modelos económicos sostenibles, basados en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Los ecosistemas de regiones áridas y semiáridas de Argentina, son importantes medios de vida para el sustento de las poblaciones rurales, sin embargo, la falta de integración entre los conocimientos ancestrales y científicos ha sido una de las principales causas de la infravaloración de estos

entornos. Además, Argentina es uno de los países más áridos del planeta, y las tierras secas constituyen uno de los ecosistemas más susceptibles a los futuros cambios ambientales. Esta situación limita la toma de decisiones y la gestión, necesarias para reconocer su importancia y potenciar así las economías regionales a partir de su uso sostenible.

En este contexto, resulta necesario acompañar las transformaciones en el plano social, económico y ambiental que el planeta requiere para lograr una transición hacia modelos económicos sostenibles. Para ello, contempla nuevos enfoques donde los conocimientos ancestrales se integren a los generados por la ciencia donde la biotecnología y la bioprospección vegetal juegan un papel estratégico ya que permiten generar desarrollos tecnológicos basados en nuestros bienes naturales comunes. La biotecnología brinda diferentes estrategias de propagación y conservación de la flora nativa, mientras que la bioprospección proporciona el conocimiento necesario para encontrar nuevos productos y caracterizar fuentes potenciales de alimentos y medicamentos. Estas propiedades dan a la flora autóctona un valor adicional y ello repercute directamente en beneficios para las personas. Por otro lado, los programas basados en la propagación, caracterización y conservación de la biodiversidad permiten garantizar su permanencia a largo plazo y establecer tecnologías de uso sostenible de los mismos.

Los últimos avances del conocimiento acreditan la idea de que las regiones áridas y semiáridas de todo el mundo tienen un gran potencial para el desarrollo de estas tecnologías, en particular, la biotecnología y la bioprospección para la promoción de la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible. La integración de estas tecnologías, los conocimientos ancestrales y la ciencia, permitirá desarrollar modelos de producción más sostenibles desde el punto de vista económico, social y medioambiental y favorecer así las economías regionales y locales. Por otra parte, estos nuevos modelos de desarrollo aplicados en regiones áridas y semiáridas como los de la Patagonia, permitirán posicionar la región hacia un enfoque bioeconómico, con una mayor apertura hacia la generación de empleo, especialmente en los sectores rurales. Ello repercutirá también en un mejor aprovechamiento de la biodiversidad como estrategia para mejorar los medios de vida y garantizar el acceso a los recursos y la soberanía alimentaria de los pobladores locales, incluyendo a las generaciones presentes y futuras.

Bibliografía

- Abedini, W., Boeri, P., Marinucci, L., Scelzo, L., Abedini, W., & Ruscitti, M. (2000). Biotécnicas aplicadas a especies forestales nativas. *Forest Systems*, 9(1), 31-43.
- Balmford, A., Gaston, K. J., Blyth, S., James, A., & Kapos, V. (2003). Global variation in terrestrial conservation costs, conservation benefits, and unmet conservation needs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(3), 1046-1050.
- Barrow, E. y Mogaka, H. (2007). Las tierras áridas de Kenia: tierras baldías o un recurso económico nacional infravalorado'. UICN–Unión Mundial para la Naturaleza. Available from:

<https://www.iucn.org/es/content/las-zonas-aridas-contribuyen-a-la-economia-mas-de-lo-que-se-ha-reconocido-hasta-hoy>

- Beeskow, A.M., Monsalve, M.A. & Duro, V. (2005). Identificación de Áreas de Mayor Diversidad en Endemismos Vasculares en la Región Patagónica Argentina. In: *Anales del Instituto de la Patagonia* (Vol. 33, pp. 5-20). Universidad de Magallanes.
- Bertiller, M.B., Marone, L., Baldi, R., & Ares, J.O. (2009). Biological interactions at different spatial scales in the Monte desert of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 73(2), 212-221.
- Boeri, P., Piñuel L., Dalzotto, D., *et al.* (2018) Sustainable management of biodiversity in woody ecosystems: biotechnology and bioprospecting of native species from Monte desert, Patagonia. In: Eisenlohr P (ed) *Forest conservation: methods, management and challenges* 1st Ed Nova science Publishers, New York, 41-65 pp
- Boeri, P., Piñuel, L., Dalzotto, D. & Sharry, S. (2020a) Biodiversidad nativa: un recurso estratégico para acelerar el desarrollo de la bioeconomía en América Latina y el Caribe. En: Chong P., Newman D., Steinmacher D. (Eds) *Biología y biodescubrimiento agrícola, forestal y bio-industrial*. Springer, Cham. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51358-0_10
- Boeri, P., Piñuel, L., Dalzotto, D., Sharry, S., Barrio, D. & Carrillo, I. (2020b). Argentine Patagonia barberry chemical composition and evaluation of its antioxidant capacity. *Journal of Food Biochemistry*, e13254.
- Boeri, P., Romero Alves, M., Dalzotto, D. y Sharry, S. (2017a). Resultados preliminares del cultivo de tejidos de tomillo de monte: *Acantholippia seriphoides* (A. Gray) Moldenke. REDBIO. B. Blanca.
- Boeri, P., Piñuel, L., Zubillaga, F., Dalzotto, D. & Sharry, S. (2017b). Revalorizar el saber ancestral: una experiencia de extensión con nuestros adultos mayores. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata*. Vol. 116, núm. 3: edición especial: "50 aniversario de la formación en extensión rural". 87-96 pp.
- Boeri, P., L. Piñuel, S. Sharry, & D. Barrio. (2017c). Caracterización nutricional de la harina integral de algarroba (*Prosopis alpataco*) de la norpatagonia Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, Vol 116 (1): 129-140.
- Boeri, P., Piñuel, L., Sharry, S., & D. Barrio. (2017d). Chemical and Biological Characterization from *Condalia microphylla* Fruits, a Native Species of Patagonia Argentina. *Journal of Agricultural Science and Technology* B7 395-405 doi: 10.17265/2161-6264/2017.06.004
- Boeri, P. & Dalzotto, D. (2018). Propagación de especies en peligro de extinción. En: *Biología y biodiversidad: diálogo de saberes*, Cap. 6. Varios autores latinoamericanos. Sharry S. y Trujillo I. (Eds). La Plata, EDULP, 308pp. ISBN 978-987-4127-50-1.
- Boeri, P. & Sharry, S. (2018). Somatic embryogenesis of ALPATACO (*Prosopis alpataco* L.). In: *Stepwise protocols for somatic embryogenesis of woody plants*. Forestry Sciences, Vol.II. Series 85, Shri Mohan Jain and Pramod Gupta (Eds): Springer International Publishing AG. Edition Number 2. VII, 451pp
- Boeri, P.; Espíndola, M.; Dalzotto, D; Cedres Gazo, M; Piñuel, L. & Sharry, S. (2019). ¿Es necesario suplementar reguladores de crecimiento al medio de cultivo? Respuestas morfogénicas

- in vitro* de plantas leñosas de ambientes xerofíticos. X Encuentro Latinoamericano y Del Caribe De Biotecnología Agropecuaria y XI Simposio Redbio Argentina, Montevideo, Uruguay.
- Boeri, P.A., Piñuel, L., Dalzotto, D.C., Barrio, D.A., & Sharry, S.E. (2022). Biotechnology and bioprospecting of *Prosopis alpacato* from Patagonia, Argentina. *Prosopis as a Heat Tolerant Nitrogen Fixing Desert Food Legume*, 157-167.
- Busso, C.A., & Fernández, O.A. (2018). Arid and semiarid rangelands of Argentina. En: *Climate variability impacts on land use and livelihoods in drylands* (pp. 261-291). Springer, Cham.
- Cabrera, A.L. (1994). Regiones Fitogeográficas Argentinas. Editorial ACME. S.A.C.I. Buenos Aires.
- CDB (1992) Convenio sobre la Diversidad Biológica. Río de Janeiro: ONU. Available from: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Cedres Gazo, M., Boeri, P., Dalzotto, D., Barrio, D., Baffoni, J.C y Sharry, S. (2015). Organogénesis *in vitro* de *Prosopis caldenia*. X Simposio Nacional de Biotecnología REDBIO Argentina. San Miguel de Tucumán.
- Chehébar, C., Novaro, A., Iglesias, G., Walker, S., Funes, M. Tammone, M. & Didier, K. 2013. Identificación de áreas de importancia para la biodiversidad en la estepa y el monte de Patagonia. ErreGé y Asociados imprenta, 112pp.
- CNULD - Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (2016). Informe técnico “Alineación de los contenidos del actual Programa de Acción Nacional Contra la Desertificación”, con la Estrategia Decenal de la Convención (CNULD), la iniciativa de Degradación Neutral de la Tierra y los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Sud-Austral Consulting SpA. 29 p. Available from: https://www.researchgate.net/publication/312138970_Convencion_de_Naciones_Unidas_de_Lucha_contra_la_Desertificacion_CNULD
- Dalzotto, D. (2019). *Biodiversidad regional: estrategias de propagación, propiedades nutricionales y funcionales de los frutos del Calafate (Berberis microphylla G. Forst)*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Río Negro.
- Dalzotto, D; Piñuel, L; Boeri, P y Sharry S. (2019). Efecto protector de los frutos de *Berberis microphylla* contra el estrés oxidativo inducido por AAPH en embriones de peces cebra. XVII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos y XXI Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Buenos Aires, Argentina
- Dalzotto, D; Espindola, M., Huenelaf, V., Piñuel, L., Sharry, S., Boeri, P. (2021a). Secondary metabolites of *Bougainvillea spinosa* with antioxidant activity through callus grown in vitro under physical stress. XXXIII Argentinian meeting of Plant Physiology Argentina, Santa Fé.
- Dalzotto, Daniela; Boeri, Patricia; Piñuel, Lucrecia; Sharry, Sandra. (2021b). Harina integral de vainas de *Prosopis caldenia* Burkart como potencial fuente de proteínas bioactivas. I Encuentro Intersectorial sobre Innovación y Calidad en la Alimentación (EIICA 2021).
- Dalzotto, D; Boeri, P; Piñuel, L; Sharry, S. (2021c). Bioprospección de metabolitos secundarios con potencial actividad antioxidante en harinas integrales del fruto de *Prosopis caldenia* Burkart de diferentes ecorregiones. XIII Simposio Redbio Argentina 2021.
- Engelmann, F. (1991). In vitro conservation of tropical plant germplasm - a review. *Euphytica*, 57(3), 227-243.

- Engelmann, F. & Engels, J.M.M. (2002). Technologies and strategies for ex situ conservation. *Managing Plant Genetic Diversity*, 89-103.
- Espíndola, M.B. (2021). *Aplicación de biotecnologías para la propagación y conservación de "monte negro" (Bougainvillea spinosa (Cav.) Heimerl.)* Tesis de grado. Universidad Nacional de Río Negro.
- FAO. (2015). Informe de Diagnóstico de los principales valles y áreas con potencial agrícola de la Provincia de Río Negro. Proyecto FAO UTF ARG 017 – “Desarrollo Institucional para la Inversión” Informe de Diagnóstico de los Principales Valles y Áreas con Potencial Agrícola de la Provincia de Río Negro - DT N°12 Aspectos Ambientales. 93 p. Available from: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/rionegro/DT_12_Aspectos_ambientales.pdf
- García, M.C., Puchalska, P., Esteve, C., & Marina, M.L. (2013). Vegetable foods: A cheap source of proteins and peptides with antihypertensive, antioxidant, and other less occurrence bioactivities. *Talanta*, 106, 328-349.
- Hoffmann, E., Piñuel, L., Boeri, P., Puppo M.C., & Barrio, D. (2019). Harinas integrales de fruto de *Prosopis flexuosa* y *Prosopis alata* de la Norpatagonia, un potencial ingrediente funcional para alimentos. XVII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos y XXI Congreso Latinoamericano y Del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Buenos Aires, Argentina.
- Hoffmann E., Piñuel M.L., Boeri P., Barrio D.A. y Puppo M.C. (2020). Gomas comestibles de *Prosopis alata* y *P. flexuosa*: optimización del proceso de extracción. 3° Congreso Iberoamericano de Ingeniería de los Alimentos (CIIAL).
- Hoffman, E.; Penisi, M.; Piñuel, L.; Boeri, P.; Barrio, D.; Puppo C. (2021). Compuestos nutritivos de interés de *Prosopis flexuosa* y *Prosopis alata* patagónicos. I Encuentro Intersectorial sobre Innovación y Calidad en la Alimentación (EIICA). Argentina
- Huenelaf, V., Dalzotto, D., & Boeri, P. (2021). Unidades encapsulables: una estrategia de propagación y conservación ex situ de plantas nativas. III Jornadas Internacionales y V Nacionales de Ambiente "Soberanía y gestión de los bienes naturales comunes" (UnaHur-UNM). Available from: <https://jornadasambiente.ar/unidades-encapsulables-una-estrategia-de-propagacion-y-conservacion-ex-situ-de-plantas-nativas/>
- Informe del Estado del Ambiente (2019). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Available from: <https://informe.ambiente.gob.ar/#>
- IPBES (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E.S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneeth, P. Balvanera, K.A. Brauman, S.H.M. Butchart, K.M.A. Chan, L.A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S.M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y.J. Shin, I.J. Visseren-Hamakers, K.J. Willis, & Zayas C.N. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 p.
- Isbell, F., Gonzalez, A., Loreau, M., Cowles, J., Díaz, S., Hector, A., ... & Larigauderie, A. (2017). Linking the influence and dependence of people on biodiversity across scales. *Nature*, 546 (7656), 65-72.

- Maschio, I., Boeri, P., Piñuel, L. & Sharry, S. (2019). Aplicación de la biotecnología vegetal para el cultivo y domesticación de *Geoffroea decorticans* (Gill ex Hook et Arn.) Burkart. (chañar). Redbio 2019. Encuentro Latinoamericano y del Caribe de Biotecnología Agropecuaria y XI Simposio Redbio Argentina, Montevideo, Uruguay.
- Maschio, J. I., Boeri, P.A., Dalzotto, D., Piñuel, M.L., & Sharry, S. (2021). Caracterización química y nutricional de harina de chañar de diferente distribución geográfica. *Bionatura*. Vol 6 N°1. Available from: <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.18>.
- MEA- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystem and human well-being: A framework for assessment. 4 volumes. Island Press. Washington. D.C, EE.UU.
- Murashige, T. & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15: 472-497.
- Newman, D.J., & Cragg, G.M. (2016). Natural products as sources of new drugs from 1981 to 2014. *Journal of natural products*, 79(3), 629-661.
- Niella, F. & Rocha, P. (2015). Técnicas de propagación clonal para especies forestales nativas a la Selva paranaense en la Provincia de Misiones. Jornadas PIA. Fac. Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Available from: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/proyectos_forestales/transferencia/eldorado/PIA%2010031_NIELLA.pdf
- Pérez, D.R., C. Pilustrelli, F.M. Farinaccio, G. Sabino & Aronson, J. (2020). Evaluating success of various restorative interventions through drone-and field-collected data, using six putative framework species in Argentinian Patagonia. *Restoration Ecology*, 28: 44-53
- Pezzola, A. & Winschel, C. (2004). Estudio multitemporal de la degradación del monte nativo en el partido de Patagones – Buenos Aires. Provincia de Buenos Aires 2001/2002. Lab. de Teledetección y SIG, EEA INTA H. Ascasubi. Buenos Aires, Argentina
- Piñuel, L., Boeri, P., Juárez, M., Sharry, S. y Barrio, D. (2015). Bioprospección y potencial efecto antitumoral de aislados proteicos de piquillín (*Condalia microphylla*) en pez cebra (*Danio rerio*). RedBio, San Miguel de Tucumán, Tucumán.
- Piñuel, L., Dalzotto, D., Failla M., Minig M., Bellozas Reinhard M., Sharry S. y Boeri P. (2018). Composición química del aceite esencial de tomillo de monte (*Acantholippia seriphoides*) en Patagonia Noreste, Argentina. VI Jornadas Nacionales de Plantas Aromáticas Nativas y sus Aceites Esenciales y II Jornadas Nacionales de Plantas Medicinales Nativas. Buenos Aires.
- Piñuel, L., Dalzotto, D., Failla, M., Sharry, S., Boeri, P. (2021). Capacidad antioxidante de aceites esenciales de tomillo de campo (*Acantholippia seriphoides* A. Gray). 9no Congreso Latinoamericano de Plantas Medicinales Ecuador.
- Ravelo, A., Planchuelo, A., García, C., Soria, D., Maggi, A., Kingart, A., ... & Salomone, J. (2011). Evaluación de la desertificación a nivel nacional. *FAO (2011). Evaluación de la Desertificación en Argentina. Resultados del Proyecto LADA/FAO*, 77-97.
- Reynolds J.F., D.M.S. Smith, E.F. Lambin, B.L. Turner, M. Mortimore & Batterbury S.P.J. (2007). Global desertification: building a science for dryland development. *Science*, 316: 847-851.
- Ruiz, J.C.R., Ancona, D.A.B., & Campos, M.R.S. (2014). Bioactive vegetable proteins and peptides in lipid-lowering; nutraceutical potential. *Nutrición hospitalaria*, 29(4), 776-784.

- SADyS- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2019). Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación, degradación de tierras y mitigación de la sequía: actualizado a la meta 2030. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 64 p. ISBN 978-987-46796-3-5
- Safriel, U., Adeel, Z., Niemeijer, D., Puigdefabregas, J., White, R. & Lal, R. (2005). Dryland systems. In: Hassan R, Scholes R, Ash N (eds) *Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the condition and trends working group*. Island Press, Washington D.C. 623–662pp
- Sánchez-Chiang, N. & Jiménez, V.M. (2010). Técnicas de conservación in vitro para el establecimiento de bancos de germoplasma en cultivos tropicales. *Agronomía mesoamericana* 21(1):193-205.
- Schumacher, S. & Bugmann, H. (2006). The relative importance of climatic effects, wildfires and management for future forest landscape dynamics in the Swiss Alps. *Global Change Biology*, 12(8), 1435-1450.
- Soriano, A., Nogués Loza, M. & Burkart, S. (1995). Plant biodiversity in the extra-andean Patagonia: Comparisons with neighboring and related vegetation units. pp. 36-45 In Montes L. & G. Oliva (Eds.). *International Workshop on Plant Genetic Resources: Desertification and Sustainability*. Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina
- Torres, Ó.D. (2011). La bioprospección en Colombia. *Expediño*, (7).
- Trigo, E., Vera Morales, E., Grassi, L., Losada, J., Dellisanti, J., Molinari, M., ... & Molina, S. (2016). *Bioeconomía Argentina. Visión desde Agroindustria*.
- Valli, M., Russo, H. M., & Bolzani, V. S. (2018). The potential contribution of the natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, 763-778.
- Van der Meulen, S; Brils, JM; Borowski, I. (2012). *Stakeholder interviews on ecosystem services - lessons learned with special focus on scale issues*. Presentation at the RegioResources21 Conference, Dresden, Germany, 22.05.2012
- Vilela, A.E., González-Paleo, L., y Ravetta, D.A. (2011). Metabolismo secundario de plantas leñosas de zonas áridas: mecanismos de producción, funciones y posibilidades de aprovechamiento. *Ecología austral*, 21(3), 317-327.
- Villamil, C. (1999). La conservación de la diversidad vegetal en Sudamérica Templada: Situación actual y perspectivas futuras. *Plumeria*, 7:17-28
- WCMC. (2001). Protected areas program: World Heritage Sites. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, United Kingdom. Available from: <http://www.unep-wcmc.org/sites/wh/sundarb.html>.
- Wilkinson, S., & Davies, W.J. (2010). Drought, ozone, ABA and ethylene: new insights from cell to plant to community. *Plant, Cell & Environment*, 33(4), 510-525.
- Winschel, C.I. (2017). Integración por medio de geotecnologías de la información ambiental en estudios de degradación de los suelos para los partidos de Villarino y Patagones, provincia de Buenos Aires-Argentina.