

## EDITORIAL

### La biodiversidad en la región de Arica y Parinacota: capital natural

#### *Biodiversity in the region of Arica and Parinacota: Natural assets*



**Elizabeth Irica Bastías Marín**  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Universidad de Tarapacá  
Arica, Chile  
ebastias@academicos.uta.cl

La biodiversidad animal, vegetal y marina constituye el “capital natural” que permite que nuestros ecosistemas funcionen y las economías se mantengan productivas. Pero el mundo está experimentando una pérdida enorme de biodiversidad, desde la década de los noventa, a una tasa anual de unos 13 millones de hectáreas. También aproximadamente el 40% de los arrecifes de coral en las aguas cálidas se han venido perdiendo desde los años ochenta. El Índice Planeta Vivo (IPV), que mide las tendencias de ciertas poblaciones de especies, muestra una disminución general cercana al 52% durante los últimos 40 años, con pérdidas considerables en los países en desarrollo. Esta pérdida tiene efectos negativos sobre los medios de subsistencia, el abastecimiento de agua, la seguridad alimentaria y la resiliencia a los fenómenos extremos. Sus consecuencias afectan a alrededor del 80% de los habitantes rurales que se encuentran en situación de pobreza extrema en el mundo, muchos de los cuales dependen de los ecosistemas y los bienes que estos producen para subsistir.

La región de Arica y Parinacota se ubica en el extremo norte del desierto de Atacama, el desierto más árido y antiguo del mundo, donde los altos niveles salino-bóricos, las pocas lluvias, la alta radiación UV y escasez de agua, entre otras

*Animal, plant, and marine biodiversity constitute the “natural assets” that allow our ecosystems to function and enable economies to remain productive. Since the 1990s, however, the world has been experiencing an enormous loss of biodiversity at an annual rate of about 13 million hectares. Also, about 40% of coral reefs in warm waters have been lost since the 1980s. The Living Planet Index (LPI), which measures trends in certain species populations, shows an overall decline of about 52% over the last 40 years, with significant losses in developing countries. This loss adversely affects livelihoods, water supply, food security, and resilience to extreme events. The consequences impact around 80% of the world’s impoverished rural populations, many of whom depend on ecosystems and the commodities they produce for their livelihoods.*

*The region of Arica and Parinacota is located in the extreme north of the Atacama Desert, the most arid and oldest desert in the world. High saline-boric levels, low rainfall, high UV radiation, and water scarcity, among other characteristics, make this area an extremely harsh environment. However, in the coastal desert transversal valleys, different types of fruits and vegetables are grown, representing one of the leading horticultural activities in Chile,*

características, hacen de esta zona un ambiente extremo. Sin embargo, en los valles transversales costeros desérticos se cultivan diferentes tipos de frutas y hortalizas, constituyendo una de las principales actividades hortícolas en Chile, principalmente, la producción de tomate para el país durante la temporada invernal.

En ese sentido, la biodiversidad de esta región es única y aún poco estudiada, y no está exenta de la pérdida de este capital natural. Identificar la diversidad de hongos contribuye directamente al conocimiento de la biota terrestre, y tal conocimiento es la base sobre la cual se trazan estrategias de protección y uso sustentable de los recursos naturales. Entonces, el paso previo a toda estrategia de protección o anterior a cualquier abordaje económico de cualquier recurso, es conocer lo que existe. Esto es particularmente importante en el caso de los hongos, considerando su enorme significado económico y ambiental. Los hongos son una fuente importante de enzimas comerciales, de productos farmacéuticos, así como de ácidos orgánicos que sustentan una industria de billones de US\$ al año, sin tomar en cuenta la producción de alcohol para consumo humano o combustible. Estos microorganismos son utilizados en biorremediación, degradación de residuos químicos, tratamiento de residuos sólidos y control biológico, entre muchas otras aplicaciones. Por otra parte, en agricultura generan pérdidas millonarias durante la producción, venta y almacenamiento de los productos agrícolas. Sin embargo, los hongos, incluyendo los líquenes, son excelentes indicadores de la degradación ambiental y de los cambios climáticos. El conocimiento de la diversidad de hongos se basa en la observación, taxonomía, nomenclatura, clasificación e identificación. A estos aspectos deben agregarse las relaciones que establecen con sus respectivos hospederos vegetales o sustratos donde se desarrollan. Específicamente, en el caso de Agronomía y Ciencias Forestales, los hongos son responsables de más del 70% de las enfermedades de las plantas cultivadas, y en bosques artificiales, prácticamente todas las enfermedades importantes son causadas por estos microorganismos.

En la región de Arica y Parinacota hay más de un centenar de microhongos, distribuidos en registros de las clases Ascomycetes, Basidiomycetes y, minoritariamente, Chromystas. La familia más numerosa de los ascomicetos corresponde a Erysiphaceae, con el género *Erysiphe* como el más

*mainly the production of tomatoes for the country during the winter season.*

*The biodiversity of this region is unique and still little studied, and it is not exempt from the loss of this natural asset. Identifying the diversity of fungi contributes directly to the knowledge of terrestrial biota, and such knowledge is the basis on which strategies for the protection and sustainable use of natural resources are drawn. Therefore, the step prior to any protection strategy, or before any economic approach to any resource, is to know beforehand what exists. It is paramount in the case of mushrooms, considering their enormous economic and environmental significance. Fungi are an essential source of commercial enzymes, pharmaceuticals, and organic acids that support a billion-dollar-a-year industry, not to mention alcohol production for human consumption or fuel.*

*These microorganisms are used in bioremediation, chemical waste degradation, solid waste treatment, and biological control, among many other applications. Additionally, agriculture generates millions of dollars in losses during agricultural product production, sale, and storage. Nevertheless, fungi, including lichens, are excellent environmental degradation and climate change indicators. Knowledge of fungal diversity is based on observation, taxonomy, nomenclature, classification, and identification. The relationships they establish with their corresponding plant hosts or substrates where they develop must be added to these factors. Specifically, in the case of Agronomy and Forestry, fungi are responsible for more than 70% of the diseases of cultivated plants. In artificial forests, practically all critical diseases are caused by these microorganisms.*

*More than a hundred microfungi are found in the region of Arica and Parinacota, distributed in records of the classes Ascomycetes, Basidiomycetes, and, to a lesser extent, Chromystas. The most prominent family of ascomycetes corresponds to Erysiphaceae, with the genus *Erysiphe* as the most representative, which groups fungi that cause ash and foliar diseases in cultivated and wild plants. Therefore, it is important to emphasize the generation of bioproducts from fungal surveys as microbial agents or derivatives, which can control phytosanitary problems and improve crop productivity to maintain the fragile environmental balance in the northern macrozone. However, the existing commercial bioproducts are from other areas or countries and have yet to show*

representativo, que agrupa a hongos causantes de cenicilla y enfermedades foliares en plantas cultivadas y silvestres. Sobre este punto, es importante resaltar la generación de bioproductos a partir de las prospecciones de hongos como agentes microbianos o derivados, con la capacidad de controlar los problemas fitosanitarios y mejorar la productividad de los cultivos, para la mantención del equilibrio ambiental tan frágil en la macrozona norte. Sin embargo, los bioproductos comerciales existentes son de otras zonas o países y no han mostrado los resultados esperados, debido a que su uso se limita a sitios con condiciones ambientales similares a los lugares donde se obtuvieron los microorganismos. Solo reflejan resultados aleatorios en ambientes con condiciones disímiles, como en el caso de las características salino-bóricas en los valles de esta zona. Bajo esa perspectiva, los microorganismos son asociados a sitios extremos de la región, porque están naturalmente adaptados a estas condiciones extremas. Así, su bioprospección podría conducir al desarrollo de nuevos bioproductos con actividad en cultivos que se mantienen en condiciones áridas, semiáridas o hiperáridas.

Desde hace tiempo se vienen realizando muestreos en tres sitios geotermales (Termas de Jurasi, Lagunas de Amuyo y Termas de Polloquere), localizados en el altiplano de la región y cuyas características extremas (alta concentración de sales y boro, altas temperaturas y presencia de arsénico) los convierten en lugares prometedores para la bioprospección de bacterias extremotolerantes. Actualmente se han aislado, identificado y caracterizado funcionalmente bacterias mediante ensayos de laboratorio para determinar la presencia de rasgos promotores del crecimiento vegetal y actividades de biocontrol de plagas. El objetivo es establecer la línea base de selección de bacterias promisorias, cuyas propiedades de biocontrol y bioestimulantes se estudian en diferentes cultivos. El genoma de estas bacterias promisorias se está secuenciando para revelar todo su potencial agrícola a través de la identificación de genes y moléculas de las actividades seleccionadas. Además, se optimizarán sus condiciones de cultivo en matraces y biorreactor a fin de generar altos volúmenes de la masa celular de cada bacteria para los respectivos ensayos.

Estos agentes de biocontrol naturalmente adaptados a condiciones salino-bóricas, también pueden ser útiles en cultivos en condiciones ambientales similares, como el resto del desierto de Atacama y

*the expected results because their use is limited to sites with environmental conditions similar to those where the microorganisms were obtained. The results only reflect random results in environments with dissimilar conditions, as in the case of the saline-boric characteristics in the valleys of this area. The microorganisms are associated with extreme sites in the region because they are naturally adapted to these extreme conditions. Thus, their bioprospecting could lead to the development of new bioproducts active in crops cultivated in arid, semi-arid, or hyper-arid conditions.*

*Three geothermal sites (Termas de Jurasi, Lagunas de Amuyo, and Termas de Polloquere), located in the highlands of the region and whose extreme characteristics (high concentration of salts and boron, high temperatures, and presence of arsenic) make them promising sites for the bioprospecting of extremotolerant bacteria, have been undergoing sampling for some time. Currently, bacteria have been isolated, identified, and functionally characterized by laboratory assays to determine the presence of plant growth-promoting traits and pest biocontrol activities. The objective is to establish the baseline for selecting promising bacteria whose biocontrol and biostimulant properties are studied in different crops. The genome of these promising bacteria is being sequenced to reveal their full agricultural potential by identifying genes and molecules of selected activities. Additionally, their culture conditions in flasks and bioreactors will be optimized to generate high volumes of the cell mass of each bacterium for the respective assays.*

*Naturally adapted to saline-boric conditions, these biocontrol agents can also be valuable in crops under similar environmental conditions, such as the rest of the Atacama Desert and the southern region of Peru. A biotechnological contribution to agriculture will enrich the microbiological records of the Atacama Desert. Additionally, it is expected to explore other locations in the region, including Termas de Koipa, Aguas Calientes (Tacora Volcano), Termas de Chiriguaya, and Salar de Surire, with metagenomic studies to explore the bacterial and archaeal biodiversity of high altitude geothermal sites. The study will expand the knowledge and microbiological records of the region, describing the diversity of extremophilic and extremotolerant microorganisms.*

*Currently, these records are particularly scarce. The microorganisms are deposited as part of the*

región sur del Perú. Será un aporte biotecnológico a la agricultura, que enriquecerá los registros microbiológicos del desierto de Atacama. De forma adicional, se espera prospectar otras localidades en la región, incluyendo Termas de Koipa, Aguas Calientes (Volcán Tacora), Termas de Chiriguaya y Salar de Surire, con estudios metagenómicos para explorar la biodiversidad bacteriana y de arqueas de sitios geotérmicos en altura. Esto ampliará el conocimiento y los registros microbiológicos de la región, describiéndose la diversidad de microorganismos extremófilos y extremotolerantes. Hasta la fecha, estos registros son muy reducidos. Los microorganismos se encuentran depositados como parte de la Colección de Microorganismos del Laboratorio de Patología Vegetal y Bioproductos de la Facultad de Ciencias Agronómicas (FADECIA) de la Universidad de Tarapacá. Esta colección compuesta de hongos y bacterias permitirá no sólo el desarrollo de nuevas alternativas comerciales en el área agrícola, sino que además ofrecerá soluciones tecnológicas para no seguir perturbando el ambiente y mitigar las alteraciones que se están produciendo por el cambio climático en la agricultura. Como parte de nuestra Colección de Microorganismos Regional, se han aislado, identificado y caracterizado bacterias y hongos asociados a cultivos mantenidos con prácticas ancestrales, incluyendo papa, maíz, orégano, alfalfa y uva, de las localidades de Poconchile, Belén, Socoroma, Molinos y Codpa. De este grupo de microorganismos se destaca la bacteria *Pseudomonas lini* cepa S57, la cual posee propiedades estimulantes del crecimiento vegetal y biocontroladoras, y que ha permitido el desarrollo de 2 patentes asociadas.

Con más de 150.000 especies descritas a nivel mundial, *Lepidoptera* es uno de los órdenes de insectos holometábolos más diversos. Los lepidópteros se conocen comúnmente como mariposas o polillas y normalmente son reconocidos por sus alas cubiertas de escamas. La mayoría son fitófagas en estado larvario, y pueden presentar diferentes rangos de plantas hospederas, desde la monofagia, caracterizada por la especialización en el consumo de una única especie vegetal, hasta la polifagia, que implica la capacidad de utilizar una amplia gama de especies de plantas como fuente de alimento. Entre las especies fitófagas, algunas están especializadas en el consumo de un determinado órgano vegetal, mientras que otras son capaces de comer diferentes órganos. Los adultos de muchas especies visitan flores

*Collection of Microorganisms of the Laboratory of Plant Pathology and Bioproducts of the Faculty of Agronomic Sciences (FADECIA) of the Universidad de Tarapacá. This collection of fungi and bacteria will not only allow the development of new commercial alternatives in the agricultural area. However, it will also offer technological solutions to avoid further disturbing the environment and mitigate the alterations occurring due to climate change in agriculture. As part of our Regional Collection of Microorganisms, several bacteria and fungi associated with crops maintained with ancestral practices have been isolated, identified, and characterized, including potato, corn, oregano, alfalfa, and grapes, from the localities of Poconchile, Belén, Socoroma, Molinos and Codpa. The bacterium *Pseudomonas lini* strain S57 stands out from this group of microorganisms, which has plant growth stimulating and biocontrol properties and has allowed the development of 2 associated patents.*

*Comprising more than 150,000 described species worldwide, Lepidoptera is one of the most diverse orders of holometabolous insects. Lepidoptera are known as butterflies or moths and are usually recognized by their scale-covered wings. Most are phytophagous in the larval stage and can exhibit different ranges of host plants, from monophagy, characterized by specialization in the consumption of a single plant species, to polyphagy, which involves the ability to use a wide range of plant species as a food source. Among phytophagous species, some specialize in consuming a particular plant organ, while others can consume different organs. Adults of many species visit flowers to feed on nectar, which allows them to participate in pollination processes. Some Lepidoptera are pests of cultivated plants. However, most species of butterflies and moths are significant in natural environments, as they participate in various processes necessary for the proper functioning of different ecosystems. While larval phytophagy plays the most prominent role in these lepidopterans, larvae, and adults are, at the same time, food substrates for a wide range of insectivorous organisms, such as some wasps and bats.*

*During the last century, the Lepidoptera fauna of northern Chile was scarcely documented except for diurnal butterflies, which several national and foreign specialists have studied. However, as part of the regional biodiversity research activities,*



para succionar néctar, lo que les permite participar en procesos de polinización. Algunos lepidópteros son plagas de plantas cultivadas. Sin embargo, la mayoría de las especies de mariposas y polillas son muy importantes en ambientes naturales, ya que participan en diversos procesos necesarios para el adecuado funcionamiento de diferentes ecosistemas. Por ejemplo, aunque la fitofagia larval es tal vez el más evidente rol de estos lepidópteros, las larvas y adultos son al mismo tiempo sustrato alimenticio para una amplia gama de organismos insectívoros, como algunas avispas carpinteras o murciélagos.

Con excepción de las mariposas diurnas, las cuales han sido estudiadas por diversos especialistas nacionales y extranjeros, la fauna de Lepidoptera del extremo norte de Chile fue escasamente documentada durante el siglo pasado. Sin embargo, como parte de las actividades de investigación de la biodiversidad regional, hace aproximadamente 20 años se comenzaron a realizar estudios tendientes a mejorar los conocimientos de Lepidoptera propia de los ambientes áridos que caracterizan a la región. Hasta ahora los esfuerzos han estado principalmente dirigidos a caracterizar la fauna asociada a vegetación nativa. Afortunadamente, los resultados de esta fase eminentemente descriptiva son alentadores. En primer lugar, el trabajo de campo ha permitido conocer las plantas hospederas de algunas especies de mariposas, de las cuales no se tenía antecedentes en este aspecto. En ese sentido, constituye un aporte valioso para planificar la conservación de estos organismos, especialmente en ambientes severos que son cada vez más modificados por la acción antrópica, poniendo en riesgo la persistencia de las poblaciones naturales de las especies nativas. En segundo lugar, hasta ahora se ha descubierto que las plantas nativas albergan más de 30 nuevas especies de polillas desconocidas para la ciencia, e incluso en algunos casos ha sido necesario proponer nuevos géneros en los cuales incluir a estas especies, debido a las particularidades que exhiben. Pese a todos estos esfuerzos, la fauna de Lepidoptera del extremo norte de Chile aún permanece parcialmente documentada. Por lo tanto, el trabajo de campo debe continuar. Además de mejorar la caracterización taxonómica, es necesario efectuar estudios que permitan una adecuada comprensión de los procesos que subyacen en los patrones de biodiversidad detectados. Solo así se podrá proteger este componente del patrimonio natural que por mucho tiempo pasó inadvertido. Así, como estos ejemplos deben existir numerosos.

*approximately 20 years ago, studies began to improve the knowledge of Lepidoptera typical of the arid environments that characterize the region. Previous efforts have been mainly aimed at characterizing the fauna associated with native vegetation. Fortunately, the results of this eminently descriptive phase are encouraging. In the first place, the fieldwork allowed us to learn about the host plants of some species of butterflies, of which there were no antecedents. This knowledge constitutes a valuable contribution to planning the conservation of these organisms, especially in harsh environments that are increasingly modified by anthropic action, putting at risk the persistence of the natural populations of native species. Secondly, native plants have so far been found to harbor more than 30 new species of moths unknown to science, and in some cases, it has even been necessary to propose new genera in which to include these species due to their particularities. Despite all these efforts, the Lepidoptera fauna of the extreme north of Chile remains partially documented.*

*Therefore, fieldwork must continue. Beyond improving taxonomic characterization, studies that allow an adequate understanding of the processes that underlie the biodiversity patterns detected are necessary. These studies are the only way to protect this component of the natural heritage that has long gone unnoticed.*