

Inventario de especies de fauna de la Región de Antofagasta (Chile) y recursos metodológicos para almacenar y analizar información de biodiversidad

Faunal species inventory from the Antofagasta Region (Chile) and methodological resources to storage and to perform analysis of biodiversity data

ALBERTO VELOSO¹ y HERMAN NUÑEZ²

¹Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile
Casilla 653, Santiago, Chile. E-mail: aveloso@abello.dic.uchile.cl

²Museo Nacional de Historia Natural. Casilla 787, Santiago, Chile. E-mail: hnunez@mnhn.cl

RESUMEN

La realización de un inventario de fauna de la Segunda Región de Chile, Antofagasta, fue definida como la elaboración de un banco dinámico de datos y de gráficas que documenten la composición taxonómica y la distribución de los diferentes taxa. El trabajo de terreno y de gabinete permitirá actualizar la taxonomía de diversos taxa: vertebrados terrestres y grupos de invertebrados. Al mismo tiempo permitirá dar cuenta de sus patrones de distribución geográfica regional. La selección de los taxa obedece al interés de los investigadores por los grupos representados, y al desconocimiento taxonómico de los grupos, ya que no han sido previamente objeto de un estudio de conjunto, así como particularidades de su biología (adaptaciones) y capacidades de desplazamiento o dispersión. La selección del área de Antofagasta radica en su interés biológico, ya que se caracteriza por su extrema aridez y su fauna adaptada a las restricciones que impone la condición de desierto imperante en toda la región. Otro aspecto a considerar es la existencia de grandes proyectos actuales y futuros de inversión que requieren ser compatibilizados con la persistencia de esta fauna. La aproximación metodológica utilizada fue realizar expediciones de recolección y observación diurna y nocturna de las especies, georreferenciar estas observaciones mediante GPS y documentar con protocolos de terreno y fotografías. Según las características de los animales observados o recolectados se recurrió a guías de terreno disponibles para su determinación. Mediante la utilización de claves se trató de llegar al más bajo nivel posible de resolución en la categorización taxonómica de los individuos. Con el inventario de especies agrupadas en los ecosistemas de la Región se realizó un análisis de similitud que posibilitó la agrupación de estos ecosistemas por afinidad taxonómica. Las bases de datos fueron elaboradas mediante Excel y dBase IV e incorporadas conjuntamente con la documentación gráfica al programa BIOMA, herramienta computacional elaborada para el proyecto. Este programa está diseñado para realizar las funciones de recuperación, ingreso y análisis de datos a partir de formatos vectoriales o grillas de diversos sistemas de información geográfica (SIG). El programa permite generar proyectos conformados por capas de datos geográficos que, relacionadas, entregan la expresión gráfica del dato distribucional de una especie o grupo de especies en un contexto relacional, es decir, asociado a la información física o biológica del área de estudios. La información contenida en BIOMA es la base para estudios sistemáticos, ecológicos y biogeográficos. La proyección del trabajo realizado es también utilizar la información en educación ambiental y en manejo de los recursos renovables.

Palabras clave: Chile, Antofagasta, fauna, inventario, diversidad biológica.

ABSTRACT

The inventory of fauna at the II Region of Chile, Antofagasta was achieved as the elaboration of a dynamic data bank and graphic documenting the taxonomic composition and the spatial distribution of the different taxa. The field and cabinet work will allow to update and improve the taxonomy of diverse taxa such as terrestrial vertebrates and some invertebrates groups, (insects, mollusks and crustaceans). At the same time it will allow to account for their patterns of regional geographical distribution. The selection of taxa obeys to the interest for the taxonomic groups. The selection of the area of Antofagasta resides in its biological interest as it is characterized by its extreme aridity and its fauna adapted to the restrictions imposed by the prevailing desertic conditions. Another aspect to consider is the existence of large projects and future investments that require to be coordinated with the sustainability of this fauna. The used methodological approach was to carry out collecting expeditions and day and night observation of the species, establish their spatial locations by means of GPS (Geographical Positioning System) and to document with field protocols and photographs. According to the characteristics of the observed or collected animals it was appealed to available literature for their identification. Taxonomic

keys or field guides were used to arrive at the lowest possible level in the taxonomic categorization of the individuals. With the sampled species a clustering analysis was performed grouping the ecosystems by taxonomic resemblance. The data bases were elaborated by means of Excel and dBase IV, incorporated jointly with the graphic documentation to the program BIOMA, a computational tool designed for the project. This program is designed to carry out the gathering, entering and analysis of data, starting from vectorial or raster formats of diverse geographical information systems. The program allows to generate Projects conformed by layers of geographical data that give the overall graphic expression of the distribution of species or group of species in a relational context, that is to say, associated to the physical or biological information of the study area. The information contained in BIOMA, is the base for systematic, ecological and biogeographic studies carried out by the project. The projection of this research will also include cues, either to environmental education and the management of the renewable resources of the region.

Key words: Chile, Antofagasta, fauna, inventory, biological diversity.

INTRODUCCION

La diversidad biológica o biodiversidad es el término utilizado para describir las diversas formas de vida, su rol ecológico y la diversidad genética que estos contienen (Wilcox 1984). Conocer esta diversidad biológica es fundamental para la biología de la conservación y el manejo de los recursos. Por otra parte, es un tema central del campo de estudio de la sistemática, la biogeografía, la ecología, y la biología evolutiva.

La biodiversidad puede ser estimada en los distintos niveles de organización biológica, ya que presenta en todos ellos atributos reconocibles que pueden ser establecidos con herramientas y técnicas propias. A nivel poblacional, la diversidad alélica de un determinado organismo es importante. A nivel de especie, la abundancia y biomasa de cada población son atributos fundamentales. A nivel de ecosistema, la identidad, riqueza, regularidad y la diversidad de especies, ensambles y comunidades son atributos importantes. A nivel regional o de paisaje, estos atributos consisten en la identidad, distribución y proporciones de cada tipo de hábitat y la distribución de especies dentro y entre ellos (Noss 1990). Para realizar un análisis de diversidad biológica en este último nivel de organización, es necesario incorporar al estudio variables climáticas, fisiográficas, biológicas, económicas, sociales y culturales, así como también datos de área de los diversos ecosistemas representados (Forman & Godron 1986). La integración de estas variables, que en conjunto dan cuenta de la composición y estructura del paisaje, pueden organizarse y

desplegarse gráficamente mediante sistemas de información geográfica (SIG) (Heyer et al. 1994; Wilson et al. 1996)

El desarrollo de actividades antrópicas vinculadas a la utilización de recursos naturales en distintas regiones del territorio y los requerimientos nacionales e internacionales en términos de medir los posibles impactos como consecuencia de esta utilización actual o potencial de los recursos existentes en Chile, ha revelado una gran falencia de información relacionada con las formas de vida que pueden resultar afectadas. Los llamados proyectos de inversión, incluyendo extracción minera y construcción de grandes represas hidroeléctricas, las prácticas agrícolas y el uso de pesticidas, la tala de bosques, la extracción de productos del mar, las concentraciones de población humana en determinados puntos de territorio, de una u otra manera resultan disruptivos en el ambiente natural y afectan la vida de las especies animales. La intensidad de estas acciones se refleja desde la extinción local de determinadas taxa hasta amenazas de extinción total.

Las decisiones en materia de conservación de esta biodiversidad, como resulta obvio, deben establecerse con el conocimiento previo de lo que existe y al mismo tiempo justificarse de un modo categórico, tanto desde la perspectiva de la naturaleza ecológica o genética de los recursos existentes, así como de los intereses económicos y sociales de una pretendida acción de desarrollo de actividades humanas en una determinada localidad. Estas decisiones recaen generalmente en organismos de toma de decisiones que se encuentran en la

disyuntiva de satisfacer ambos tipos de requerimientos. En la búsqueda de apoyo para una determinada decisión, la información biológica requerida no está siempre disponible o está generalmente en manos de unos pocos especialistas.

En Chile está presente el problema antes reseñado y como área de estudios se ha seleccionado la II Región. La selección de Antofagasta tiene diversas justificaciones. Esta región, en su mayor extensión, constituye de acuerdo a sus características climáticas de hiperdesierto, el límite distribucional norte de especies vegetales y fauna de otras regiones más productivas del sur del territorio; grandes extensiones de esta región están fuertemente influidas por la actividad de extracción de minerales; existe una presión sostenida sobre los recursos hídricos, tanto en las faenas de extracción mineral como por requerimientos de la población humana. El elemento clave para el asentamiento de formas de vida en estas regiones áridas y semiáridas es la disponibilidad de agua.

La información presentada en este trabajo es parte de un esfuerzo de investigación mayor realizado por numerosos investigadores de la Universidad de Chile, Universidad Austral de Chile, Universidad de Concepción, Universidad de Tarapacá y del Museo Nacional de Historia Natural, participantes de un proyecto Sectorial que compartieron la filosofía de concentrar esfuerzos en torno a una investigación con proyecciones a la Educación Ambiental y el manejo de los recursos renovables.

Los objetivos de este trabajo son establecer una base de datos taxonómicos y de distribución geográfica de la fauna de Antofagasta que permita integrar esta información a nivel regional y del paisaje y sentar las bases de una metodología, para analizar la diversidad biológica existente.

MATERIALES Y METODOS

Las observaciones de terreno, producto de sucesivas expediciones a la Región de An-

tofiagasta, que incluyen la georreferenciación de las localidades de captura de ejemplares y obtención de muestras, fueron obtenidas mediante Navegadores Satelitales Magellan (GPS-2000). Con este instrumento se obtienen la latitud y longitud, hora de la observación y altura del sitio prospectado. Durante el trabajo de terreno se tomaron series de fotos y diapositivas a color de ejemplares y sitios de recolecta.

Los ejemplares capturados de vertebrados y muestreos de invertebrados fueron trasladados al laboratorio, donde se procedió a su determinación taxonómica recurriendo a claves. Los ejemplares y muestras recolectados se fijaron de acuerdo a los estándares para cada grupo.

Los datos de determinación taxonómica, localidades de captura, y en general la información de campo consignada en protocolos de terreno fue incorporada en bases de datos computacionales. La información de estas bases de datos fue procesada con el programa BIOMA, herramienta informática que permite generar proyectos que vinculan gráfica con bases de datos. En estos proyectos, la información georreferenciada se presenta en un contexto relacional, es decir, estableciendo variadas vinculaciones entre la distribución de una especie o grupo con diversas variables tanto del subsistema natural como antrópico, este último expresado como redes viales, centros poblados, actividades industriales de distintas dimensiones, que se presentan asociadas en una determinada localidad. La información territorial de los subsistemas naturales representados en la II Región consiste en datos sobre características físicas del territorio contenida en Cartas IGM (Instituto Geográfico Militar), 1: 250 000. Otros antecedentes, referidos a los ecosistemas representados son los de Quintanilla (1988). Sobre esta base cartográfica, previamente digitalizadas e incorporadas a BIOMA, se representan los datos de distribución geográfica de las especies en que se centra el estudio

La diversidad de los taxa que componen las comunidades de los diversos hábitats se

comparó utilizando la distancia de Jaccard $J = (C/(A+B-C))$, en que C es el número de especies en común, A es el número de especies del inventario A y B es el número de las especies del inventario B; J adquiere valores entre 0 y 1, lo que permite establecer las disimilitudes existentes entre estos inventarios. Los datos de distancia fueron sometidos a agrupamiento utilizando UPGMA (Sneath & Sokal 1973).

Para completar información de terreno, se recurrió a una exhaustiva búsqueda en la literatura e información disponible en las colecciones del Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, Museo de la Universidad de Concepción e Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile. Se obtuvieron datos de otros proyectos dentro de los sectoriales que comprometen a mamíferos, reptiles y vegetación (véase agradecimientos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consideraciones sobre el área de estudios

En la Región de Antofagasta, el territorio está organizado en tres unidades de relieve: Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes. La hidrografía presenta arreísmo y endorreísmo absoluto, exceptuando el río Loa que alcanza el mar.

Desde el punto de vista climático, en Antofagasta se reconocen dos tendencias: a) desértica, que puede estar mitigada localmente por el efecto de las neblinas costeras, y b) tropical, con lluvias regulares durante el verano en la precordillera o cordillera. El clima de la región también se ve afectado por un régimen de perturbación como la corriente de El Niño (Di Castri 1968). Si bien es necesario considerar que la mayor parte de las localidades prospectadas en el trabajo de terreno estuvieron concentradas en la Región de Antofagasta, es necesario tener en cuenta que desde el punto de vista climático, Antofagasta es parte de un área mucho más amplia de condicio-

nes áridas y semiáridas que se extiende desde la costa Pacífica del Ecuador hasta la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, en Patagonia, a la que se conoce con el nombre de "diagonal árida" (Spotorno y Veloso 1990). Esta diagonal árida de Suramérica, con más de ocho meses de déficit hídrico, representa el límite o zona de transición entre los patrones de circulación atmosférica y de precipitación extratropical y tropical. Este régimen de precipitación ha dado origen a la mayoría de las formaciones vegetacionales xéricas del continente (Sarmiento 1975). En la Zona andina de Antofagasta la vegetación continúa con las características de distribución en franjas, que distingue las formaciones vegetacionales que se reconocen hacia el norte (I Región). Sin embargo, entre estas formaciones, tanto en los valles de la cordillera como en el desierto, se localizan pequeñas comunidades bióticas (parches) que son el resultado de la combinación de suelos, temperatura, exposición, agua o precipitaciones. La diagonal árida ha sido objeto de cambios climáticos acentuados en el pasado (Messerli et al. 1977), lo que ha determinado cambios en la vegetación, especialmente migración de elementos de la flora. La flora de Antofagasta está constituida principalmente por elementos de origen puneño y mediterráneo. La barrera desértica manifiesta su efecto en la estructura de la vegetación al restringir la distribución geográfica de especies disminuyendo la riqueza del conjunto y coberturas en todos los pisos altitudinales (Villagrán et al. 1983). Las formas de vida de las plantas y los patrones comunitarios de diversidad son también afectados por la extrema aridez de la región (Kalin-Arroyo et al. 1988).

Las exploraciones de terreno fueron realizadas tratando de cubrir el máximo de áreas posibles. Una visión general de los sectores prospectados se puede apreciar en la Figura 1, en que se observa que gran parte de las localidades se concentran en la zona más occidental y en las regiones preandinas y andinas. Las zonas interme-

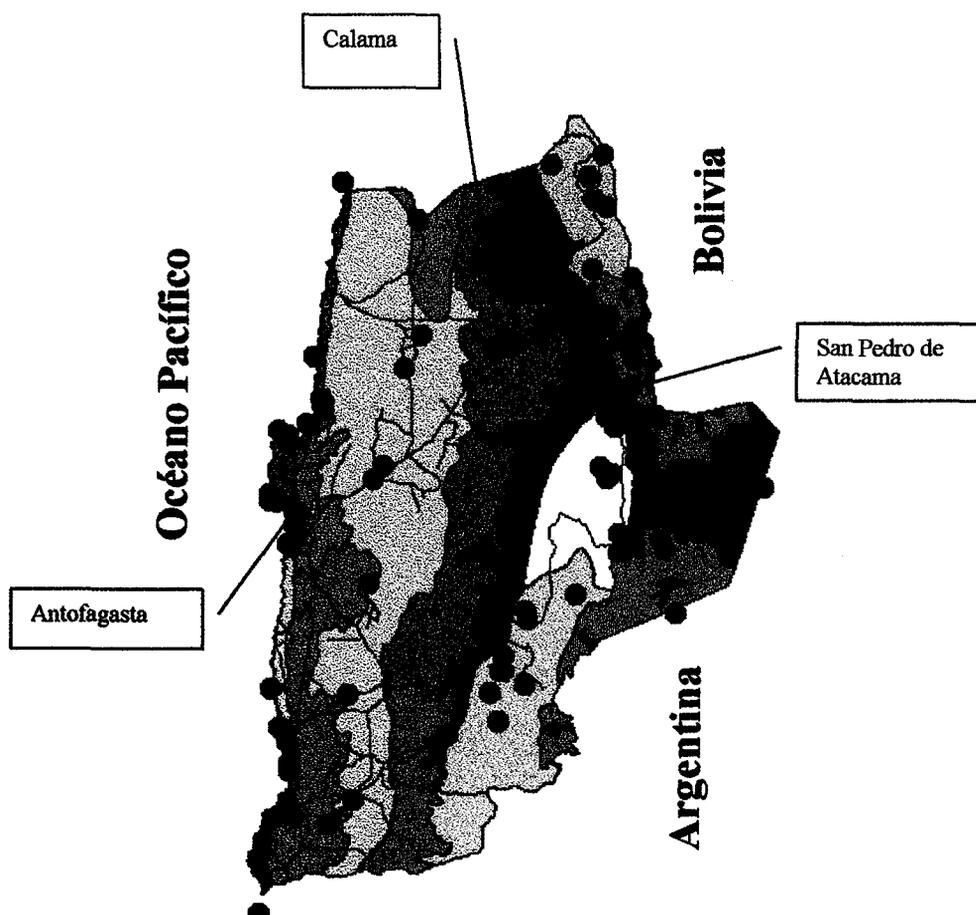


Fig. 1: Localidades de muestreo en Antofagasta, las líneas negras corresponden a caminos principales y las áreas coloreadas corresponden a ecosistemas (figura BIOMA).

Sampling localities of Antofagasta (Chile); solid lines show main roads and colorfull areas correspond to different ecosystems (BIOMA output picture).

días con representación más escasa de avistamientos de organismos, están efectivamente deshabitadas, con casos extremos como el valle de El Quimal, el Valle de La Luna, El Llano de la Paciencia, y otros. La localidad más septentrional se ubica a los 19°13'S y la más austral a los 30°43'S, la más oriental a los 67°16' y la más occidental a los 70°39' y desde el nivel del mar hasta los 4 700 msnm.

Riqueza de especies y actualización taxonómica

Las bases de datos incorporan 1 725 registros de ejemplares, de ellos 823 corresponden a registros de invertebrados y 902 de

vertebrados, en 159 localidades georreferenciadas, que comprenden los diferentes hábitats xéricos, cordilleranos, andinos y alto andinos de la Región de Antofagasta (Fig. 2, modificada de Quintanilla 1988).

La fauna de vertebrados está constituida por cinco especies de anfibios agrupados en tres géneros y dos familias, Leptodactylidae y Bufonidae. 37 de reptiles, principalmente de la Familia Tropiduridae (73%), en particular del extenso género *Liolaemus* (59%). Los Teiidae y Gekkonidae (10%); 67 aves Passeriformes, pertenecientes a diez familias, entre las que destacan por su mayor diversidad, Tyrannidae (29%), Fringilidae (25%), y Furnariidae (20%), 114 aves no Passeriformes, con un notable pre-

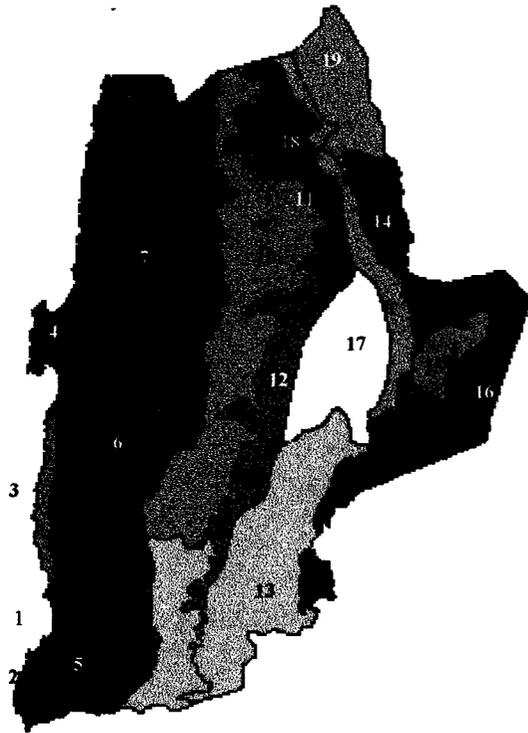


Fig.2: Se muestran los ecosistemas de la II Región: 0, Comunidades de tolar de la prepuna, 1, Desierto neblinoso de Taltal y Chañaral; 2, Vegetación de Lomas de Papos y Pan de Azúcar; 3, Desierto litoral de Antofagasta y Taltal; 4, Desierto costero de la Península de Mejillones; 5, Desierto estepárico claro de la Sierra Vicuña Mackenna e interior de Taltal; 6, Desierto litoral costero de montaña costera de la Península de Mejillones; 7, Hiperdesierto; 8, Oasis y valles desérticos; 9, Desierto interior de la Pampa del Tamarugal; 10, Desierto interior de altura; 11, Desierto de la Cordillera de Domeyko; 12, Estepa desértica de salares prealtiplánicos; 13, Estepa gélida de altura, 14, Desierto interior de Salares y de la Pampa del Tamarugal; 15, Estepa arbustiva de la Puna de Atacama; 16, Valles andinos de Atacama; 17, Comunidades del Salar de Atacama; 18, Desierto montañoso Superior de la cuenca del río Loa; 19, Estepa arbustiva altiplánica (modificado de Quintanilla 1988). Figura BIOMA.

Showing ecosystems found in Antofagasta: 0, Comunidades de tolar de la prepuna, 1, Desierto neblinoso de Taltal y Chañaral; 2, Vegetación de Lomas de Papos y Pan de Azúcar; 3, Desierto litoral de Antofagasta y Taltal; 4, Desierto costero de la Península de Mejillones; 5, Desierto estepárico claro de la Sierra Vicuña Mackenna e interior de Taltal; 6, Desierto litoral costero de montaña costera de la Península de Mejillones; 7, Hiperdesierto; 8, Oasis y valles desérticos; 9, Desierto interior de la Pampa del Tamarugal; 10, Desierto interior de altura; 11, Desierto de la Cordillera de Domeyko; 12, Estepa desértica de salares prealtiplánicos; 13, Estepa gélida de altura, 14, Desierto interior de Salares y de la Pampa del Tamarugal; 15, Estepa arbustiva de la Puna de Atacama; 16, Valles andinos de Atacama; 17, Comunidades del Salar de Atacama; 18, Desierto montañoso Superior de la cuenca del río Loa; 19, Estepa arbustiva altiplánica (modificado de Quintanilla 1988). Figura BIOMA.

dominio de las Charadriiformes (40%) y 20 de mamíferos que pertenecen a ocho familias entre las que predomina Cricetidae (47%). Entre los macromamíferos destaca Camelidae con tres especies, lo que representa el 9% del total de mamíferos. En la Fig. 3 se muestra la composición porcentual de los vertebrados agrupados por clases. En las Figs. 9 y 10 se destacan algunas de estas especies. Las especies de invertebrados, determinadas taxonómicamente e incorporadas a nuestra base de datos, contabilizan hasta el momento 192 (88,9%) especies de insectos, 21 (9,7%) moluscos y tres (1,4%) especies de crustáceos.

Entre los moluscos, las familias Bulimulidae y Amnicolidae son las mejor representadas. Al agrupar las especies de insectos, destaca la gran representación de Coleoptera, en particular los tenebriónidos.

A partir de la información generada utilizando BIOMA, es posible establecer las modalidades distribucionales de las especies o grupos representados en Antofagasta y orientar preguntas más específicas sobre las posibles causas (factores) que las originan. Estos pueden ser de naturaleza biótica y/o abiótica y actuar como posibles restrictores o facilitadores del poblamiento en las distintas localidades.

Las especies georreferenciadas pueden ser examinadas en relación a las diversas particularidades de los hábitats en que desarrollan sus actividades vitales y establecer sus patrones de distribución geográfica. Esta consideración se extiende a los grupos

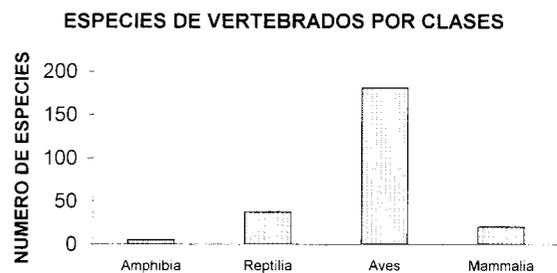


Fig. 3: Composición porcentual de las especies de vertebrados agrupados por Clase.

Percent composition of vertebrate species grouped by Class.

o categorías taxonómicas en que están incluidas estas especies. La coexistencia de especies de un mismo o distintos grupos taxonómicos en una misma localidad plantea una serie de interrogantes sobre interacciones entre estas especies o grupos y abre la posibilidad de diseñar análisis más finos para explicar las interacciones ecológicas que tengan lugar.

El dato geográfico, en un contexto relacional, también permite tener una visión integrada de diferentes áreas de la región en estudio (dependiendo de la precisión de la información incorporada a BIOMA), mediante la cual establecer la condición o estado de los diversos ecosistemas representados y sugerir pautas de conservación de los mismos.

Distribución altitudinal y latitudinal de la fauna

En la Fig. 4A se muestra la distribución altitudinal de los distintos grupos de verte-

brados. El análisis de esta figura muestra que hay representantes de los distintos grupos desde el nivel del mar hasta alturas superiores a 4 500 m. En la proximidad de la cota de 1 500 m se observa una disminución significativa de la presencia de las especies, lo que refleja las condiciones particulares ecológicas en que se desarrolla la biota en esta región, con restrictores tales como la extrema aridez de la zona (desierto interior). Esta situación se revierte a los 2 500 m, en particular para las especies de aves, lo que está en concordancia con la presencia de salares y otros refugios para el desarrollo de estos organismos. El número de especies para los distintos grupos se empobrece nuevamente entre los 3 500 y 4 500 m, excepto para las aves que, con alrededor de 50 especies, constituyen el grupo predominante de vertebrados.

La distribución altitudinal de los invertebrados (moluscos más insectos terrestres) se muestra en la Fig. 4B; al igual que en el caso anterior los patrones son similares, lo que reafirma las restricciones al poblamiento de taxa determinados por ambientes de extrema aridez, con presuntas consecuencias en una menor estructuración de la biota.

Patrones distribucionales regionales de los taxa

Las Figuras 5A y 5B muestran los resultados del análisis de similitud de la diversidad (Jaccard) de la fauna de vertebrados e invertebrados respectivamente. Al analizar el dendrograma de los vertebrados, el contenido fáunico de los diversos ecosistemas muestra que éste se segrega en cuatro grupos ("clusters") los que corresponden a: una primera agrupación de ecosistemas de la zona costera que se extiende desde Tocopilla hasta Pan de Azúcar que, a su vez, se vinculan al hiperdesierto. Entre ellos es posible encontrar continuidad geográfica. Un segundo agrupamiento corresponde a ecosistemas desérticos del interior y de carácter altoandino. Un tercer agrupamiento los constituyen la estepa arbustiva Altiplánica,

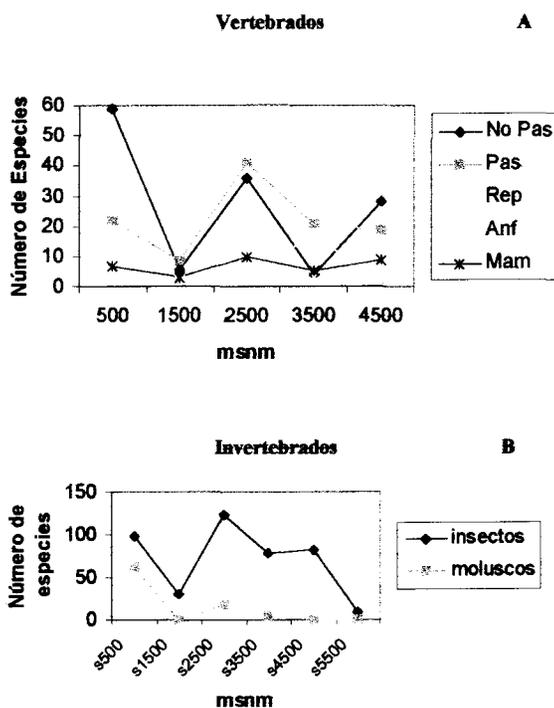


Fig. 4: Distribución altitudinal de taxa: A) vertebrados, B) invertebrados.

Altitudinal distribution of taxa A) vertebrates, B) invertebrates.

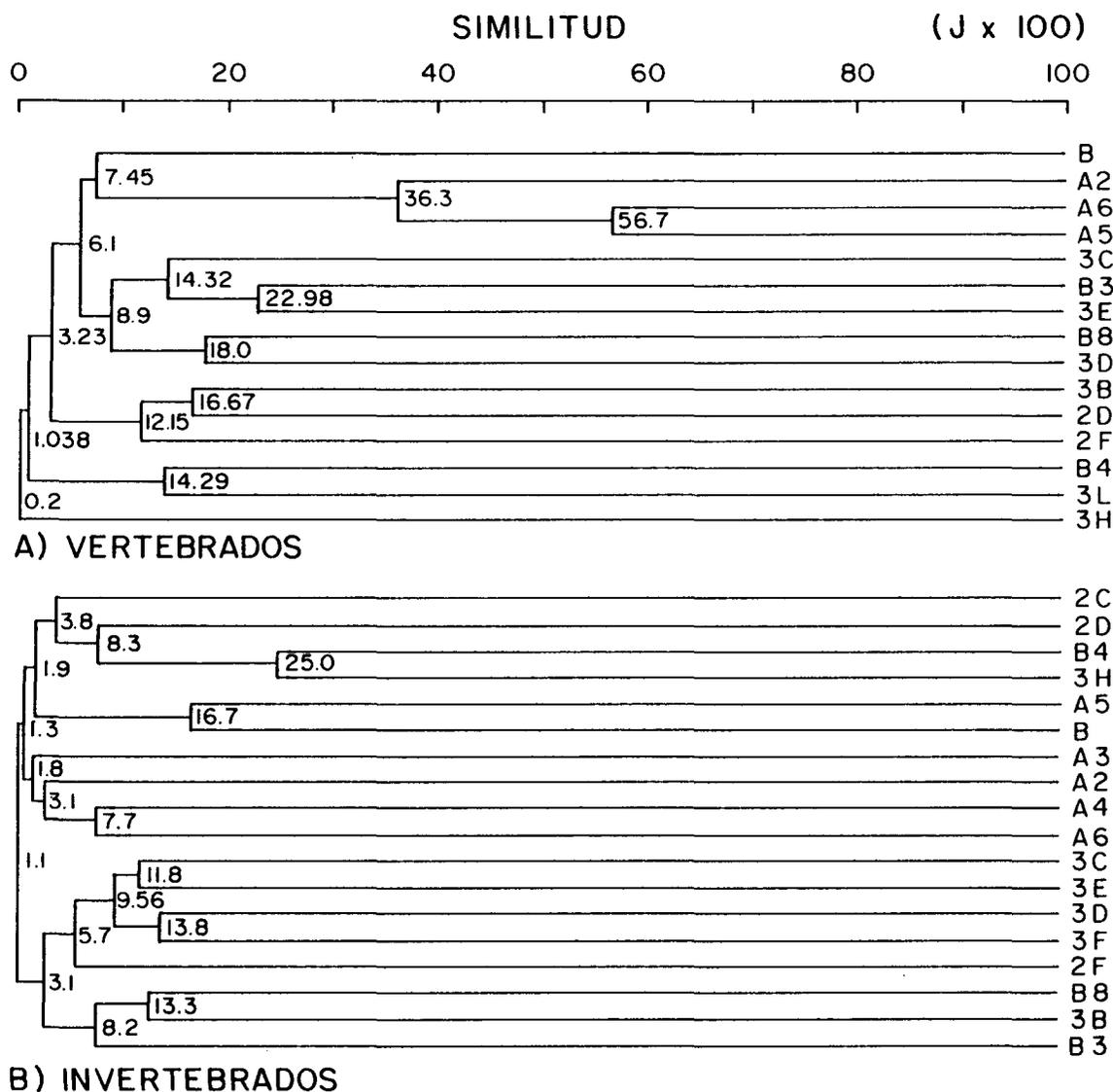


Fig. 5: Agrupamientos de ecosistemas de acuerdo a su composición de especies (Índice de Jaccard). A) vertebrados, B) invertebrados: 5A y 5B: A2, A3, A4, A5, A6, ecosistemas litorales desérticos. B, B3, B4, B8, desierto interior. 2C, 2D, 2F, ecosistemas cordilleranos andinos. 3B, 3C, 3E, 3H, 3L, ecosistemas altoandinos. Nomenclatura modificada de Quintanilla (1988).

Ecosystems clustering based on species composition (Jaccard Index). A) vertebrates B) invertebrates.

vinculada al Desierto de la Cordillera de Domeyko y en latitudes más septentrionales con el Desierto Interior de Altura. Un cuarto grupo lo constituyen ecosistemas en los que las comunidades de vertebrados representados son las más diferentes y estas corresponden al Desierto Estepario del Interior de Taltal, las Areas Altoandinas de Vegetación Episódica y las Estepas Desérticas de los Salares Prealtiplánicos. Este último grupo con-

tiene ecosistemas distanciados geográficamente y con una composición de especies particular como es el caso de *Liolaemus donosoii* en la localidad de Agua Verde, inserta en el Desierto del Interior de Taltal.

El dendrograma de las especies de invertebrados permite reconocer cinco agrupamientos de ecosistemas de acuerdo a la similitud de sus especies, componentes. El primero de estos grupos incluye a ecosistemas de desier-

to y estepas de altura. Hay continuidad geográfica entre los distintos ecosistemas. El desierto costero neblinoso de Taltal y Chañaral se une al Hiperdesierto, puesto que el primero penetra al interior debido al efecto de las neblinas costeras (Quintanilla 1988: 10). El tercer grupo corresponde a ecosistemas de la costa, y se extiende desde Tocopilla hasta Taltal. Si bien es cierto que existe una agrupación detectable, es necesario señalar que los índices de similitud entre ecosistemas son bajos, aunque en todos ellos hay una mitigación de la condición de desierto por efecto oceánico, las “vertientes de los primeros cordones montañosos de la costa” (Quintanilla 1988) están separadas por condiciones de desierto absoluto, lo que aparentemente propicia la formación de contextos fáunicos locales por efecto de aislamiento, el que explicaría por ejemplo la presencia en estos ecosistemas de distintas especies de moluscos del género *Bostrix*. El cuarto grupo de ecosistemas corresponde a una agrupación determinada por la presencia de comunidades de fauna de “altura”, asociada principalmente a formaciones arbustivas de la prepuna y puna, todas ellas en continuidad geográfica. Un quinto grupo, el más distinto del resto, y que probablemente no constituya una agrupación natural, vincula ecosistemas de Vegas de Salares, Estepa Arbustiva Altiplánica y Oasis y Valles Desérticos. La estepa Arbustiva Altiplánica está pobremente representada en la región y alcanza su máxima expresión en la Primera Región. Los muestreos realizados en esta última son sólo parciales. Las Vegas de Salares corresponde a formaciones azonales con una fauna propia, y las comunidades fáunicas representadas en los oasis pueden estar fuertemente alteradas por intervención humana, encontrándose estos modificados a tal grado que se separan notablemente del grupo anterior.

Patrones de distribución regional de los taxa

En el patrón regional de distribución de los anfibios, se reconocen especies estrictamente

acuáticas localizadas en sitios con distribución discontinua y otras marginales acuáticas con una mayor capacidad de dispersión, pero siempre limitada por la restricción que impone el ambiente xérico. Este patrón es notablemente discontinuo, ya que sólo se han documentado especies de esta clase de vertebrados en los ecosistemas costeros del sur de Antofagasta, donde hay cursos de agua permanentes o semipermanentes, así como en los ecosistemas andinos y altoandinos con cursos de agua permanente como los encontrados en las quebradas y bofedales. Con la excepción de la localidad de Calama, en que se encuentra una especie de anfibio representada en el río Loa, este constituye el único registro disponible, no obstante que el curso de este río ha sido ampliamente prospectado. La localidad de Calama corresponde a una formación de oasis del desierto interior.

En relación al grupo anterior, los reptiles muestran una mayor abundancia no sólo de registros sino de especies. Lo que es esperado dadas las características biológicas de estos organismos para los que las restricciones del ambiente xérico no operan del mismo modo que para los anfibios. Se aprecian dos subconjuntos de especies en esta distribución, uno costero compuesto por tropidúridos, gekkónidos y teidos con hábitos talasófitos y otro en los márgenes occidentales y altoandinos compuesto sólo por tropidúridos, especies más diversificadas en su dieta. La carencia de registros en regiones medias responde a severas restricciones impuestas por el desierto absoluto.

Al analizar el patrón distribucional de las aves resulta evidente la mayor cantidad de registros en los diversos ambientes, lo que está determinado por la modalidad de desplazamientos de estos animales. Las especies son más abundantes en los ambientes altoandinos, la estepa desértica de los salares altiplánicos y la estepa arbustiva y valles andinos de Atacama. Le siguen las especies que se distribuyen entre los desiertos costeros entre Chañaral y Antofagasta. Un menor número de especies se observa en el desierto interior y en los oasis. Final-

mente un número importante de especies habitan en el ambiente marino.

En los mamíferos, se aprecia una mayor cantidad de localidades y concentración de especies en las zonas andinas, principalmente los micromamíferos. Zonas de restricción para la distribución de estos organismos son las zonas hiperáridas del desierto interior. Con excepción de las especies de micromamíferos que se localizan en los oasis de la región hiperárida, los registros en estas regiones son de macromamíferos con amplios territorios de desplazamiento. En el extremo Norte de la región, la presencia de micromamíferos está estrechamente vinculada al curso del río Loa (P. Marquet com. pers.).

Los moluscos son organismos estrechamente vinculados a zonas húmedas y cursos de agua, excepción de las especies de *Plectostylus*. Esta restricción ecológica hace que estas especies sean buenos marcadores de ambientes húmedos que concentran también una mayor diversidad de otros de organismos.

Los insectos constituyen los grupos más numerosos de todos los componentes animales, consecuentemente son también más numerosos en la II Región, y prácticamente cuentan con algunas de sus especies representadas en todos los ecosistemas reconocibles. Destacan en el grupo, particularmente, los coleópteros de la familia Tenebrionidae, con especie capaces de vivir en los ambientes más inhóspitos como es el desierto hiperárido.

Distribución geográfica de especies en un contexto relacional

En el presente trabajo se muestra, a modo de ejemplo, una exploración de las potencialidades de descripción y análisis que, con la metodología utilizada y la información incorporada a BIOMA, puede obtenerse, a propósito de la distribución espacial de determinados taxa. En las figuras que se muestran a continuación se presenta en forma desagregada la información de las cobertu-

ras del subsistema natural y antrópico asociadas al dato georreferenciado de la distribución del lagarto *Liolaemus constanzae*.

En la Figura 6A se muestran la distribución geográfica de las especies de reptiles y un detalle, obtenido a través de opciones del programa BIOMA, de la distribución geográfica de *Liolaemus constanzae* (Fig. 6B). La distribución geográfica de esta especie se presenta en esta figura en un contexto relacional es decir, asociada a otras coberturas con información pertinente, las que se muestran gráficamente. El área de

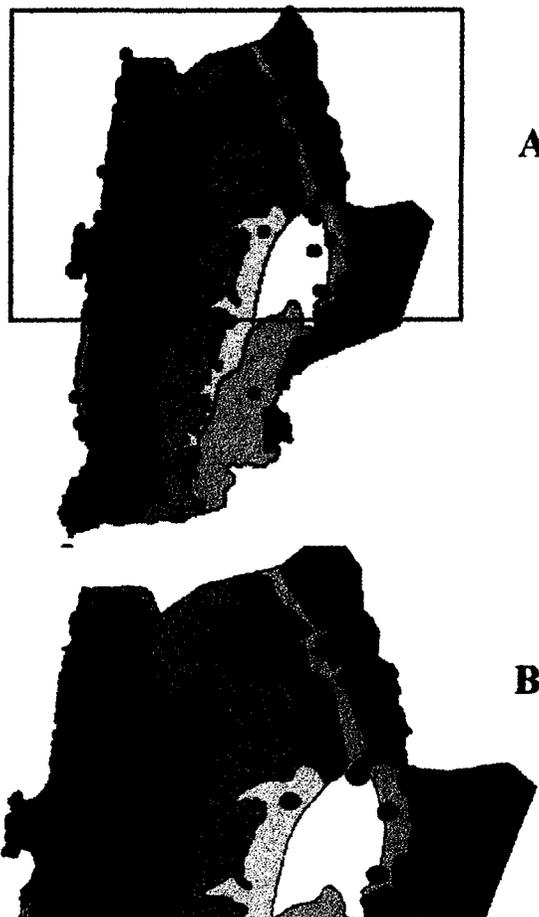


Fig. 6A: Patrón de distribución regional de las especies de reptiles. Fig. 6B. Distribución geográfica de *Liolaemus constanzae* (Squamata: Tropicuridae); figura construida mediante opción FILTRO de BIOMA.

Regional distribution pattern of lizard species. Fig. 6B. Geographic distribution of *Liolaemus constanzae* (Squamata: Tropicuridae); output of the option FILTER of BIOMA software.

distribución geográfica de esta especie se extiende latitudinalmente desde Caspana ($22^{\circ}20'S$; $68^{\circ}14'W$) por el Norte hasta Peine ($23^{\circ}41'S$; $68^{\circ}04'W$). Su límite occidental de distribución está determinado en la Cordillera de Domeyko a 3 000 m. El límite superior de distribución es la localidad de El Tatio ($22^{\circ}26'S$; $68^{\circ}01'W$) a 4 150 m. *Liolaemus constanzae* es una especie versátil desde el punto de vista ecológico, ya que está presente en numerosos hábitats representados en la II Región, el color de fondo donde se asientan las localidades de distribución, corresponde al tipo de hábitat presente. Los hábitats en que se distribuye esta especie son de tipo altoandinos y xéricos, siendo reconocibles los del desierto montañoso de la cuenca superior del río Loa, las comunidades de tolar de la prepuna, el desierto de la Cordillera de Domeyko, las comunidades de tolar del Salar de Atacama y finalmente la estepa desértica de los salares altiplánicos. En estos diversos hábitats, las asociaciones vegetacionales más estrechamente relacionadas a esta especie (elipses verdes en la Figura 7A y 7B), en un sentido Norte-Sur, corresponden a *Festuca chrysophila-Fabiana bryoides*; *Fabiana densa-Baccharis boliviensis*; *Tessaria absinthioides-Distichlia spicata*; *Atriplex atacamensis-Tessaria absinthioides*; *Prosopis chilensis-Geoffroea decorticans* y finalmente *Acantoliphia punensis-Franseria meyeniana*. Al menos en dos localidades, Caspana y Vilama ($22^{\circ}52'S$, $68^{\circ}11'W$), la distribución de esta especie coincide con la distribución de otro herpetozoo, el anfibio *Bufo spinulosus*.

Como una primera aproximación a la consideración de factores antrópicos que considerar dentro del rango de distribución geográfica de esta especie, en la Figura 7A y 7B se muestran diversos caminos de acceso de la región, y mediante dos trazos rectos de color rojo una conexión entre la localidad de Calama con las localidades de Quebrada de Jerez y de San Pedro de Atacama. Estos corresponden a una acción del módulo de comando de BIOMA que permite estimar la distancia de estas localidades de un centro

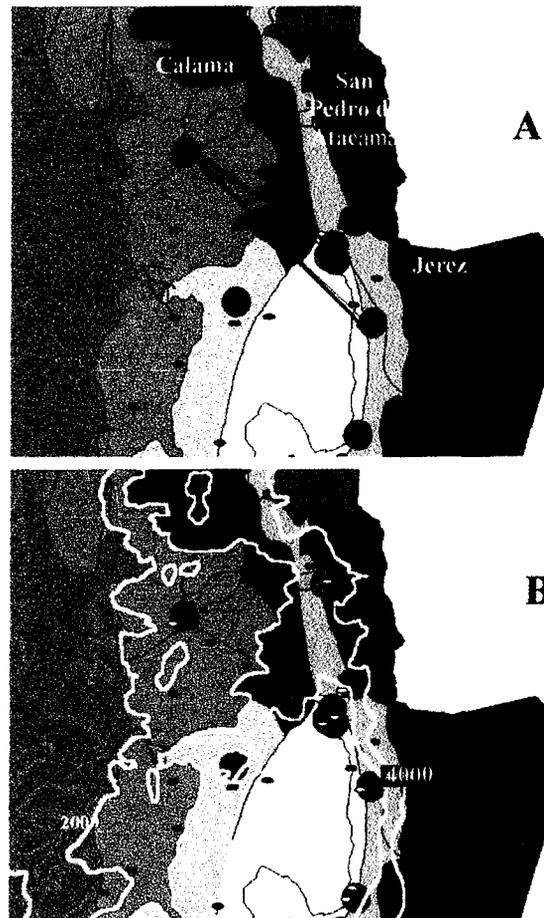


Fig. 7A: Distribución geográfica de *Liolaemus constanzae* y coberturas asociadas de información sobre ecosistemas, formaciones vegetacionales, red vial y utilización de la opción DETERMINACION DE DISTANCIA de BIOMA entre los puntos a, b y c. En esta figura se agrega la cobertura de información topográfica que muestra las curvas de nivel desde 1 000 m hasta 4 000 m.

Fig. 7B: Topographic layer of information with level curves among 1 000 m and 4 000 m.

poblado de importancia por el número de sus habitantes, aspectos de infraestructura asociados al área de distribución de la especie y que podrían ser considerados en acciones de conservación. En la Fig. 7B se agrega también la gráfica de curvas de nivel asociada al dato geográfico de distribución, lo que permite hacer estimaciones de la distribución altitudinal de *Liolaemus constanzae*.

Un segundo ejemplo que se incluye en este trabajo es para demostrar la capacidad del sistema para responder a otro tipo de interrogantes, como puede ser el interés por conocer el área que ocupa un determinado tipo de hábitat y su contenido de especies. Ya sea para un análisis ecológico en mayor profundidad o bien con propósitos comparativos. Para ello se utiliza la opción DETERMINACION DE AREA de BIOMA, que calcula la superficie y el perímetro del o de los hábitats seleccionados y se muestran las especies georreferenciadas en forma gráfica. Con la información obtenida se pueden generar tablas con propósitos de comparación con otros tipos de hábitat.

En la Fig. 8A se muestra en rojo la superficie correspondiente a la vegetación del Sa-



Fig 8A y 8B. Formaciones del Salar de Atacama y arbustivas perimetrales al Salar, en rojo, Fig. 8B muestra un detalle de la distribución de especies de los vertebrados (véase detalle en el texto). Utilización de la opción DETERMINACION DE AREA de BIOMA.

Vegetational formation (bushes) at the perimeter of the Salar de Atacama (see details in text). Use of the AREAL DETERMINATION tool of BIOMA software.

lar de Atacama y su perímetro. Las especies de vertebrados presentes son incorporadas en la Fig. 8B, lo que permite determinar que entre los anfibios están representadas *Telmato-bius halli* y *Bufo spinulosus*; entre los reptiles *Liolaemus constanzae*, las aves no passeriformes son *Zenaida auriculata*, *Metropelia melanoptera*, *Phoenicoparrus andinus*, *Nycticorax nycticorax*, *Recurvirostra andina*, *Polyborus plancus*. Las aves passeriformes están representadas por *Zonotrichia capensis*, *Upucertia dumetaria*, *Geosita punensis*, *Hirundo andecola*, y los mamíferos por *Eligmodontia* sp. y *Thylamys elegans*.

Perspectivas del trabajo realizado

El conocimiento de la fauna de una determinada región del territorio constituye un aporte fundamental, posible de proyectar a diversos planos de actividad tanto básica como aplicada, relevante para estudios de diversidad biológica, conocimiento de la biología de los taxa y al manejo de recursos renovables.

La información procesada en este trabajo permite construir mapas de la distribución geográfica de especies y de grupos de especies, estableciendo esta distribución en un contexto relacional, es decir, referida a características físicas y biológicas de las localidades donde las especies animales desarrollan sus actividades vitales. En un trabajo de la naturaleza del realizado, dada su amplitud, resultan algunas asimetrías en la calidad de la información catastral hasta ahora incorporada a las bases de datos, que las hemos definido de naturaleza dinámica, es decir, posibles de ser ampliadas o modificadas. Las bases de datos están ahora disponibles para acoger nueva información. Las variables asociadas al subsistema natural de la II Región pueden ser también objeto de revisión y al mismo tiempo pueden incorporarse nuevas variables.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las personas e instituciones de la II Región que hicieron posible

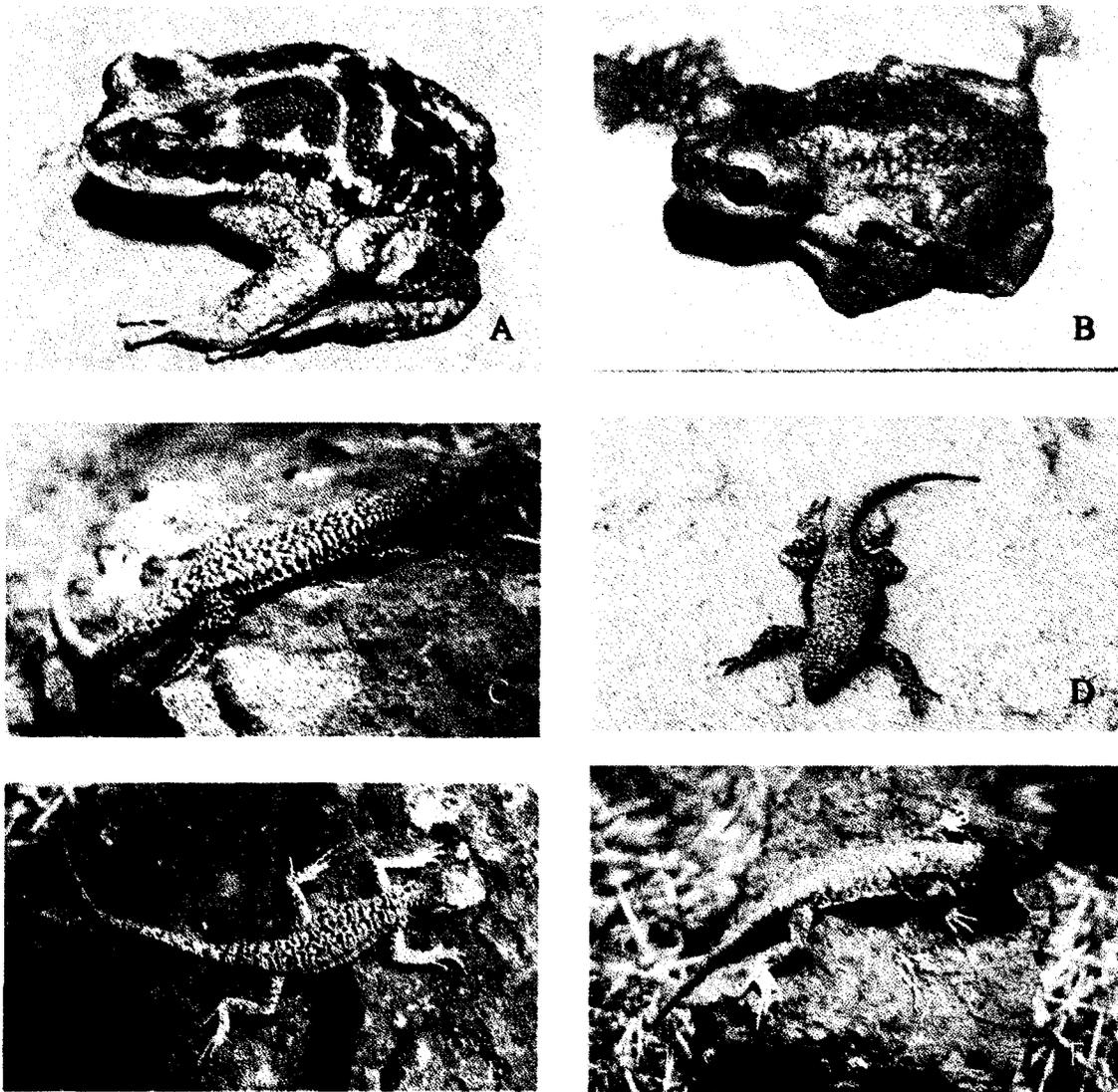


Fig. 9: Especies de vertebrados de la II Región: A, *Bufo atacamensis* de Paposo; B, *Bufo spinulosus* de El Tatio; C, *Liolaemus constanzae*, de San Pedro de Atacama; D, *Microlophus atacamensis* de Antofagasta; *Liolaemus fabiani* del Salar de Atacama y F, *Liolaemus nigriceps* de Quebrada de Llullaillaco.

Vertebrate species from the II Region of Antofagasta: A, *Bufo atacamensis* from Paposo; B, *Bufo spinulosus* from El Tatio; C, *Liolaemus constanzae*, from San Pedro de Atacama; D, *Microlophus atacamensis* from Antofagasta; *Liolaemus fabiani* from Salar de Atacama and F, *Liolaemus nigriceps* from Quebrada Llullaillaco.

las actividades de terreno. En particular a Mario Parada, de la Mina La Escondida, por las facilidades otorgadas en el Salar de Punta Negra. La Mina Aguilar y su Departamento de Medio Ambiente por asistirnos en momentos difíciles ocasionados por el accidente automovilístico de uno de los grupos en terreno. A Andrés Hinojosa E. por las fotografías de herpe-

tozoos. A Jaime Péfaur por su constante estímulo. A la Mutual de Seguridad de Chile, tanto en Antofagasta como en Santiago, y su eficiente cuerpo de médicos y técnicos y su oportuna atención. A Carabineros de Chile por la ayuda logística al grupo del Museo Nacional de Historia Natural. A la Corporación Sintesis en las personas de Robinson Sandoval y Alberto

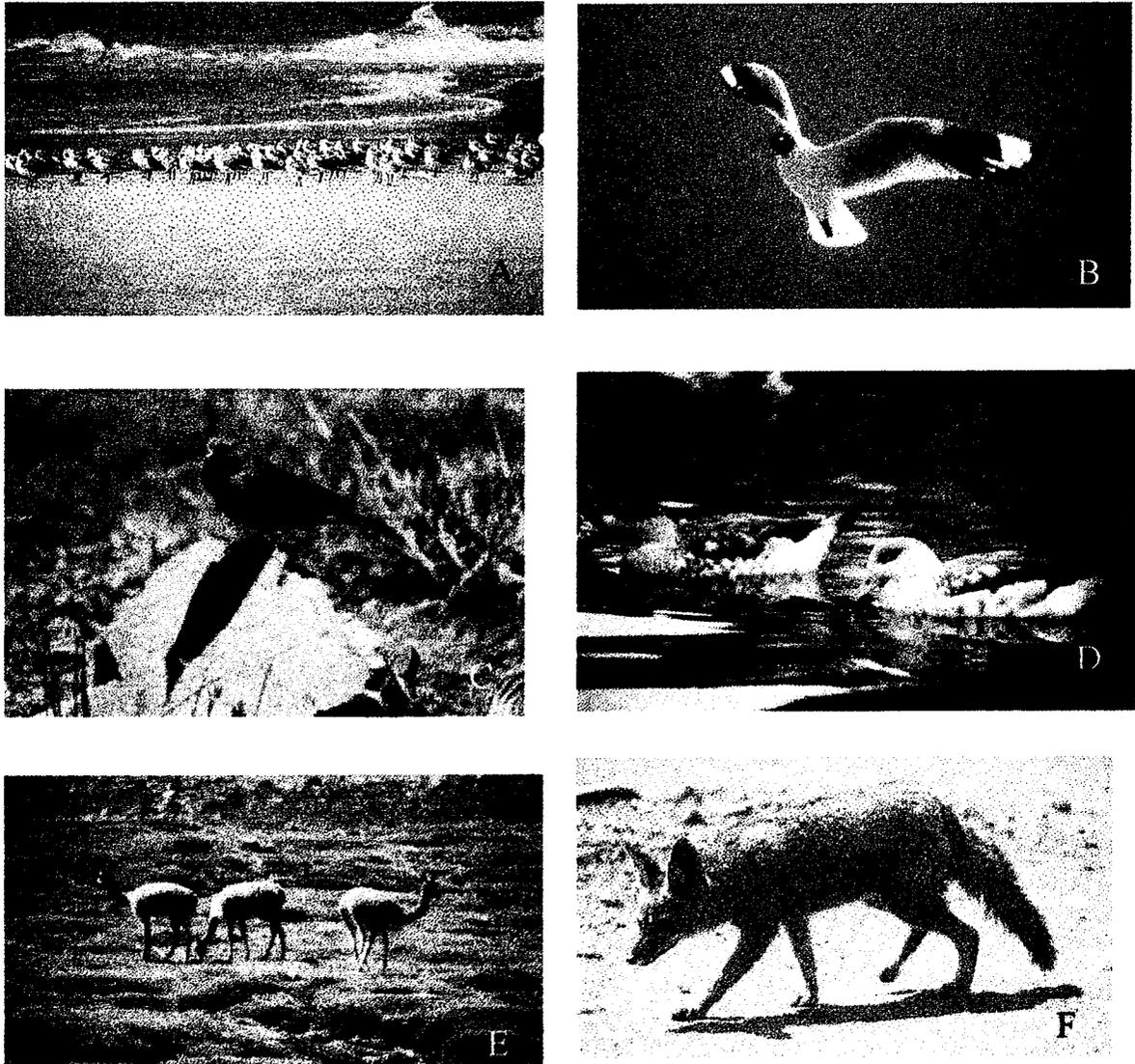


Fig. 10: Especies de vertebrados de la II Región. A, *Calidris alba* de Pan de Azúcar; B, *Larus serranus* de Laguna Miscanti; C, *Phrygilus unicolor* de Toconao; D, *Lophonetta specularioides* del Rio Grande; E *Vicugna vicugna* de Rio Grande y F, *Pseudalopex griseus* del Salar de Atacama.

Vertebrate species from the II Region of Antofagasta. A, *Calidris alba* from Pan de Azucar; B, *Larus serranus* from Laguna Miscanti; C, *Phrygilus unicolor* from Toconao; D, *Lophonetta specularioides* from Rio Grande; *Vicugna vicugna* from Rio Grande and F, *Pseudalopex griseus* from Salar de Atacama.

Serra, por su capacidad técnica en cartografía y programación respectivamente. El intercambio de información con investigadores de otros proyectos sectoriales, los Drs. Pablo Marquet (P. Universidad Católica de Chile), Arturo Cortés (Universidad de La Serena) y Roberto Rodríguez (Universidad de Concepción), permitió incorporar al proyecto BIOMA,

importante información sobre distribución espacial de mamíferos, reptiles y de la vegetación respectivamente, generada por los proyectos sectoriales donde estos investigadores participan.

Trabajo financiado por el proyecto Fondecyt N° 5960021, del Programa Sectorial Biomas y Climas Terrestres y Marinos del Norte de Chile.

LITERATURA CITADA

- DI CASTRI F (1968) Esquisse Ecologique du Chili. En: Deboutville Cl & Rapaport (eds) *Biologie De l'Amerique Austral Delamare*.
- FORMAN RTT & M GODRON (1986) *Landscape Ecology*. Wiley New York.
- HEYER WR, MA DONNELLY, RW MCDIARMID, LA HAYEK & MS FOSTER (1994) *Measuring and monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press. Washington DC.
- INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (Sin año de edición) *Listado de Nombres Geográficos*. Ediciones IGM, Santiago, Chile.
- KALIN-ARROYO MT, F SQUEO, J ARMESTO & C VILLAGRAN (1988) Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: Results of a natural experiment. *Annals of the Missouri Botanical Gardens* 75: 55-78.
- MESSERLI B, M GROSJEAN & M, VUILLE (1997) Water availability, protected areas, and natural resources in the andean desert altiplano. *Mountain Research and Development* 17 229-238.
- NOSS RF (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
- QUINTANILLA V (1988) *Fitogeografía y Cartografía de la vegetación de Chile Arido*. *Contribuciones Científicas y Técnicas*. Universidad de Santiago. 18: 5-28.
- SARMIENTO G (1975) The dry plant formation of South America and their floristic connection. *Journal of Biogeography* 2: 233-255.
- SPOTORNO A & A VELOSO (1990) *Flora and Fauna*. En: Schull W. & F. Rohthammer (eds). *The Aymara. Strategies in human adaptation to a rigorous environment*. Kluwer Academy Publishers.
- VILLAGRAN C, MT KALIN-ARROYO & C MARTICORENA (1983) Desertización y flora andina en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 97-107.
- VILLAGRAN C & J VARELA (1990) Palynological evidence for increased aridity on the central Chilean coast during the Holocene. *Quaternary Research* 34: 198-207.
- WILCOX BA (1984) In situ conservation of genetic resources: determinants of minimum area requirements. En: JA Mcnelly & KR Miller (eds). *Conservation and development: The role of Protected areas in sustaining Society*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- WILSON DE, FR COLE, JD NICHOLS, R RUDRAN & MS FOSTER (1996) *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Mammals*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C.