



**DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD TERRESTRE, ACUÁTICA Y MARINA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: Componente Biodiversidad Terrestre**

**2015**



## **Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático: Sistema Terrestre**

---

Los puntos de vista que se expresan en este reporte no reflejan necesariamente la posición del Ministerio de Ambiente de Chile, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación (CATIE), el Centro de Agroforestería Mundial (ICRAF) o el Climate Technology Centre and Network (CTCN) de la UNFCC, ni cualquier otra organización participante en el proceso.

El proceso de elaboración de los diagnósticos mostrados en el presente reporte, ha sido posible gracias al aporte financiero del Climate Technology Centre and Network (CTCN).

### **Citación:**

MMA, CATIE, CTCN. (2015). *Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre en un contexto de cambio climático en Chile: Componente Biodiversidad Terrestre*. Santiago-Chile: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN). Desarrollado por el IEB, Instituto de Ecología y Biodiversidad, equipo liderado por el Doctor Juan Armesto con la participación de Marcia Tambutti, Sebastián Abades, Benjamín Castro.

### **Equipo Coordinador del Proceso:**

Alejandra Figueroa Fernández

Daniel Alvarez Latorre

**División de Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio de Ambiente de Chile**

Peter Muck

**División Calidad del Aire y Cambio Climático, Ministerio de Ambiente de Chile**

Lenin Corrales

Emily Fung

**Programa de Cambio Climático y Cuencas, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación**

### **Equipo de Expertos Consultores**

Dr. Juan Armesto Z.

M. Sc. Marcia Tambutti A.

Dr. Sebastián Abades

M.Sc. Benjamín Castro

**Sistemas Terrestres, Instituto de Ecología y Biodiversidad**

## **PREFACIO**

Como parte de los esfuerzos que ha iniciado el Centro de Tecnología del Clima (*Climate Technology Centre and Network-CTCN*)<sup>1</sup>, brazo operativo del mecanismo de transferencia de tecnología de la Convención sobre Cambio Climático de Naciones Unidas y a solicitud del Gobierno de Chile se aprueba el apoyo al Ministerio del Ambiente de Chile a través de la colaboración del Programa de Cambio Climático y Cuencas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza para el diseño de la Red de Monitoreo de la Biodiversidad de Chile en el contexto del cambio climático .

El presente proyecto tiene como meta el establecimiento de una red de monitoreo que apoye la capacidad de mantenimiento y recuperación de los ecosistemas, especies y los servicios ecosistémicos que prestan y que a la vez permitan a la sociedad adaptarse al cambio climático.

Esta primera etapa busca apoyar el diseño del sistema y la eliminación de los obstáculos técnicos para la implementación en el cual se incluyen no solo el diseño, sino la propuesta de normas y protocolos para el monitoreo, el intercambio de información y gestión de datos; y una propuesta de los arreglos institucionales formales, así como los requisitos para la implementación de la red. A la vez pretende contribuir con el desarrollo de un concepto y propuesta de establecimiento de financiamiento para el sistema y su puesta en funcionamiento en el largo plazo, en el marco del futuro Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, servicio que está en discusión en el Congreso y viene a concluir la institucionalidad ambiental iniciada el 2010 con la creación de Ministerio de Medio Ambiente.

El presente reporte muestra los resultados del diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad terrestre (ecosistemas, especies y servicios ecosistémicos) a diferentes escalas (Nacional, regional, local) en un contexto de cambio climático.

---

<sup>1</sup> Creado para facilitar la transferencia y el fomento de la colaboración entre partes interesadas en tecnología del clima a través de una red de expertos regionales y sectoriales provenientes de la academia, el sector privado, instituciones públicas y de investigación

## Cuadro de contenidos

	Página
Resumen.....	6
1. Introducción.....	7
2. Antecedentes generales y definiciones.....	8
3. Metodología.....	11
4. Resultados.....	13
4.1 Motivación, financiamiento y colección de datos.....	13
4.2 Disponibilidad, difusión y formato de datos.....	16
4.3 Identidad de los consultados, esfuerzos de investigación, localización geográfica.....	18
4.4 Cobertura geográfica y variables de estado.....	20
4.5 Naturaleza de los datos sobre biodiversidad.....	22
4.6 Ecosistemas: procesos, servicios y cambio climático.....	28
5. Indicadores de Biodiversidad.....	32
6. Estándares y protocolos en el manejo de base de datos.....	38
6.1 Estándares de datos y metadato.....	41
7. Discusión y recomendaciones.....	43
8. Brechas.....	48
9. Literatura citada.....	52

## Figuras

**Figura 1.** Motivación de los encuestados para la generación de datos sobre biodiversidad terrestre.

**Figura 2.** Financiamiento de las iniciativas de registro de biodiversidad terrestre.

**Figura 3.** Período de registro de datos por parte de los encuestados.

**Figura 4.** Formas de registro de biodiversidad terrestre.

**Figura 5.** Disposición de base de datos por tipo de organización

**Figura 6.** Difusión de los datos de estudios de biodiversidad terrestre.

**Figura 7.** Formato de las bases de datos sobre biodiversidad de los consultados.

**Figura 8.** Profesión o actividad de los principales recolectores de datos sobre biodiversidad terrestre.

**Figura 9.** Cobertura de los estudios dedicados al registro de biodiversidad terrestre.

**Figura 10.** Cobertura de esfuerzos según los grupos de biodiversidad consultados.

**Figura 11.** Proporción de los tipos de bases de datos relativas a biodiversidad terrestre.

**Figura 12.** Bases de datos relativas al registro de la biodiversidad en la consulta, según regiones administrativas de Chile.

**Figura 13.** Bases de datos de variables climáticas y su extensión de registro.

**Figura 14.** Distribución de los esfuerzos actuales de estudio de la biodiversidad terrestre.

**Figura 15.** Utilización de indicadores de biodiversidad por parte de los encuestados.

**Figura 16.** Frecuencia en el registro de datos de abundancia y presencia de grupos de flora y fauna.

**Figura 17.** Principales grupos de vertebrados terrestres estudiados.

**Figura 18.** Principales grupos de invertebrados terrestres estudiados.

**Figura 19.** Principales grupos de plantas estudiados.

**Figura 20.** Frecuencia en el registro de especies invasoras y con problemas de conservación en los ecosistemas.

**Figura 21.** Bases de datos citadas en la consulta según eco-regiones de Chile.

**Figura 22.** Procesos ecológicos que son registrados en bases de datos de ecosistemas terrestres.

**Figura 23.** Principales servicios ecosistémicos incluidos en registros actuales.

**Figura 24.** Bases de datos que pueden servir para darle seguimiento a los impactos del CC.

**Figura 25.** Bases de datos que cubren ecosistemas chilenos altamente vulnerables al CC.

## RESUMEN

Se analizan aquí los resultados de una encuesta electrónica dirigida a las entidades y personas que pudiesen aportar información sobre biodiversidad y sus determinantes físicas. La lista de encuestados incluyó a las universidades tradicionales de Chile, institutos, centros de investigación sobre medio ambiente, instituciones de gobierno y organizaciones no gubernamentales. Este trabajo analiza fundamentalmente los resultados de esta encuesta y plantea desafíos conceptuales, técnicos y de organización para el establecimiento de una futura Red de Monitoreo de biodiversidad terrestre a escala nacional. La información recogida apoya fuertemente el propósito de establecer una Red Nacional de Monitoreo de Biodiversidad, basada en las capacidades de la comunidad científica nacional, con participación de entidades públicas y privadas que, a través de acuerdos tripartitos, puedan contribuir a la mantención de sitios de estudio en el largo plazo en distintas regiones del país. Las principales necesidades detectadas para avanzar en esta dirección son: a) la falta de comunicación entre centros académicos y los usuarios de la información (tomadores de decisiones), lo que implica que la información usada es a menudo incompleta o incorrecta, b) la necesidad de mejorar los protocolos y estándares de la toma de datos, para hacerlos comparables dentro y fuera de la región, c) la ausencia de una plataforma centralizada con capacidad de almacenar, integrar, y analizar grandes volúmenes de datos, así como el empleo de formatos que faciliten estas tareas, d) necesidad de mayor información básica sobre sistemática y distribución de algunos grupos de organismos (e. g., criptógamas, hongos, insectos), con prioridad en aquellos grupos que pueden servir como indicadores sensibles a tendencias climáticas, e) falta de datos sobre interacciones biológicas y procesos ecosistémicos que se traduzcan en variables de estado de los ecosistemas en el largo plazo, f) el número de servicios ecosistémicos que son objeto de mediciones continuas es aún limitado. La generación de una institucionalidad con estructura de red, integrada por centros académicos y entidades públicas y privadas, pero con coordinación central, es necesaria para poder dar cabida a muchos interesados con diversidad de experiencias y capacidades. La participación académica es imprescindible para proveer un marco conceptual y una aproximación adaptativa al proceso de monitoreo, especialmente para dar apoyo a los procesos de toma de decisiones que requieren datos e indicadores de tendencias de primera mano.

## 1. INTRODUCCIÓN

El propósito principal de este trabajo fue reunir antecedentes sobre **las prácticas de toma de datos sobre biodiversidad terrestre** existentes en el país y las personas o instituciones responsables, de modo de explorar las perspectivas para establecer, dentro de un corto plazo, un grupo organizado de monitoreo de la biodiversidad terrestre de Chile. Con este fin, se diseñó una encuesta electrónica dirigida a las entidades y personas que pudiesen aportar información sobre biodiversidad y sus determinantes físicas. La lista de encuestados incluyó a las universidades tradicionales de Chile, institutos, centros de investigación sobre medio ambiente, instituciones de gobierno y organizaciones no gubernamentales (ver ANEXO I). Este listado permite identificar grupos de trabajo que potencialmente podrían participar en un programa formal y coordinado de monitoreo de biodiversidad nacional. La encuesta busca establecer los tipos de datos colectados, el apoyo institucional y/o financiamiento, los formatos de almacenamiento y acceso a la información, y la cobertura territorial de las actividades. Sobre esta base discutiremos aspectos claves en el diseño de un programa de monitoreo, tales como, los marcos conceptuales, estándares de medición, continuidad en el tiempo y **comprensión de lo que involucra el proceso de monitoreo de biodiversidad y ecosistemas a escala del país y en el contexto de la preocupación internacional por el estado de los ecosistemas (MEA 2005)**. Esta discusión se presenta en la parte final del informe. La encuesta completa se presenta en el ANEXO II.

## 2. ANTECEDENTES GENERALES Y DEFINICIONES

La necesidad de monitoreo de la biodiversidad a escala regional y global responde a la constatación de que la degradación de ecosistemas, cambio de cobertura del suelo, y otros impactos ambientales de la actividad humana han tenido y están provocado pérdidas de significativas de diversidad biológica en todas sus dimensiones, desde el nivel genético a la configuración del paisaje (Butchart et al. 2010, Barnosky et al. 2011, Mendenhall et al. 2014, Pimm et al. 2014, Lindenmayer 2015). La preocupación mundial por esta creciente pérdida de biodiversidad y sus consecuencias para la sustentabilidad de la biosfera ha convocado a los países a través de acuerdos internacionales para proveer información sobre el estado de sus sistemas ecológicos a través de programas de monitoreo de alcance nacional y regional (Butchart et al. 2010, Tittensor et al. 2014). Estos programas deben cumplir con obligaciones y estándares de calidad que permitan el intercambio de información, aseguren la calidad de los datos y conclusiones, y permitan comparaciones entre regiones (Han et al. 2014). En este contexto, los países pueden usar la información reunida en estos programas de monitoreo en la gestión interna, para asegurar definir y evaluar el cumplimiento de metas de corto y mediano plazo, mejorar la protección de su patrimonio biológico y mitigar o reparar los impactos ambientales de los procesos de desarrollo industrial y urbano, que afectan negativamente las diferentes dimensiones de la biodiversidad. Aún más importante, es necesario que este programa de monitoreo coordinado del patrimonio biológico comunique regularmente a la sociedad, a los organismos públicos relevantes, y a la comunidad científica la información sobre el estado de los recursos biológicos que constituyen capital natural del país y el planeta.

Para establecer las bases de este programa de monitoreo e identificar quienes deberían estar involucrados, presentamos los resultados de esta encuesta. Debe quedar claro que muchos aspectos claves, tanto técnicos como logísticos, esenciales en el diseño de tal programa no han podido ser considerados en detalle en este informe, debido a restricciones de tiempo y espacio, el informe se limita en gran medida a los objetivos de los términos de referencia (ver más abajo). Sin embargo, antes de analizar nuestros resultados, nos parece importante presentar en el **Cuadro 1**, las definiciones y conceptos operacionales que guían nuestra visión de un programa de monitoreo de biodiversidad y sus componentes.

### CUADRO 1. DEFINICIONES (Basadas en MEA 2005 y Yoccoz et al. 2001)

**Biodiversidad:** La diversidad de la vida en todas sus dimensiones: tipológicas, estructurales y funcionales, desde la diversidad genética hasta los ecosistemas y paisajes, incluyendo la diversidad de suelos. La biodiversidad puede estimarse desde la escala local a la planetaria y en cada ecosistema.

**Servicios ecosistémicos:** Los principales valores y beneficios que aporta la diversidad biológica de cada ecosistema para el sustento y desarrollo de las sociedades humanas.

**Monitoreo:** Proceso de colección de información sobre las variables de estado de un sistema ecológico en diferentes puntos en el tiempo con el propósito de estimar su condición actual y hacer inferencias acerca de sus cambios y trayectoria futura.

**Indicadores de biodiversidad:** índices simples o agregados, representativos del estado de la biodiversidad en una región o país. Los indicadores de biodiversidad cambian en respuesta a presiones, manejo, y/o acciones de conservación.

**Los objetivos definidos por los términos de referencia (TDR) de la consulta se indican a continuación, incluyendo nuestros comentarios (en negritas) sobre cómo son abordados en este estudio.**

1. Identificar las necesidades de información de tomadores de decisiones en el ámbito público, académico y privado relativos a la biodiversidad terrestre. **Esta información no se incluye en el informe y se deriva del trabajo que presenta paralelamente el Dr. Javier Simonetti.**
2. Revisar y documentar las iniciativas de monitoreo de biodiversidad terrestre existentes en el país propuestas o en implementación y proponer las que tienen potencial de ser parte de la Red. **En este sentido hacemos recomendaciones específicas al final del estudio.**
3. Comparar la información existente versus las necesidades de información disponible y accesible a escalas espaciales y temporales que permita analizar los efectos potenciales del cambio climático en la biodiversidad terrestre tomando en consideración los resultados de los estudios existentes en el país. **Se provee recomendaciones sobre este aspecto, y se presenta información de la situación actual, en términos de cobertura temporal y geográfica de los estudios.**
4. Identificar las brechas (en capacidades, recursos humanos, cobertura espacial, resolución temporal, capacidades tecnológicas etc.) entre las necesidades y la disponibilidad de información del monitoreo de la biodiversidad terrestre (ecosistemas, especies, servicios ecosistémicos) en el contexto de cambio climático y la acción para cubrir las. **Se hacen recomendaciones para solucionar las más importantes omisiones y falencias técnicas en el futuro.**

5. Recopilar estándares y protocolos existentes sobre la toma y estándares de calidad de datos de los sistemas de monitoreo de biodiversidad terrestre documentados. **El limitado tiempo disponible para esta consulta no permite realizar un análisis profundo de la calidad de los datos (y análisis de las diferentes metodologías) a escala del país, y nuestra conclusión es que la mayoría de las actividades no se pueden asimilar a la definición de monitoreo de biodiversidad que utilizamos como referencia en este trabajo (ver CUADRO 1). Se discute este punto en el final del informe.**

6. Identificar potenciales usuarios y/o proveedores de datos a nivel nacional, regional o local para el sistema de monitoreo de la biodiversidad terrestre en el contexto de cambio climático. **Se presenta la información disponible, pero el énfasis del trabajo estuvo en los esfuerzos de recopilación de información sobre biodiversidad.**

7. Documentar indicadores de monitoreo de la biodiversidad terrestre, incluyendo la alerta temprana, relacionados a cambio climático propuestos o en implementación y elaborar una propuesta de indicadores potenciales con sus respectivas variables, umbrales y categorías en los ámbitos de ecosistemas, especies y servicios ecosistémicos a escala nacional, regional y local. **Este es un aspecto que requiere un análisis más profundo y de mayor alcance temporal que el que se nos encomendó. La nutrida literatura sobre el tema debe ser revisada con atención. Presentamos aquí información sobre el uso de indicadores por los investigadores de biodiversidad terrestre en Chile y se discuten el valor de aquellos indicadores más comunes en la literatura y programas internacionales. La información disponible indica que en Chile se usan sólo indicadores simples basados en las especies mejor conocidas, y se requiere desarrollar protocolos de mayor calidad técnica y sensibilidad frente a cambios ambientales (e.g., Butchart et al. 2010).**

8. Documentar normas y protocolos de colaboración e intercambio de datos existentes en implementación o propuestos entre organizaciones públicas, académicas o privadas. **Este es un aspecto que todos consideran relevante, pero a pesar del interés en intercambiar y acceder a la información, este trabajo detecta una deficiencia fundamental en los formatos y formas de acceso a los datos sobre biodiversidad.**

### 3. METODOLOGÍA

#### *Prospección de centros que mantienen registros de variables relevantes*

Los centros que reúnen información relevante a la biodiversidad terrestre del país se identificaron a partir de una revisión de las páginas web de universidades tradicionales y entidades no gubernamentales relacionadas al ámbito de la ecología, biodiversidad y medioambiente y se incluyeron nombres de personas según el conocimiento personal de los investigadores participantes en este trabajo. Se revisó el ámbito de investigación de facultades, institutos, centros y laboratorios del país y se conformó una lista de contactos a los que se envió la encuesta. Para el caso específico de instituciones de gobierno, las oficinas pertinentes se seleccionaron con apoyo de profesionales del Ministerio de Medio Ambiente.

#### *Diseño de la encuesta*

La consulta usó como base la matriz de preguntas suministrada en los términos de referencia de la presente asesoría, pero ampliada y ajustada al tema específico de este informe. Dicha matriz fue ajustada tomando en cuenta aspectos conceptuales específicos (Cuadro 1), que emergieron de las discusiones internas de los autores del informe y también la discusión entre los grupos de trabajo ejecutores de este proyecto. Además se tomó en cuenta una revisión bibliográfica preliminar (no exhaustiva), y la experiencia de investigadores del IEB en el campo de la eco-informática. El resultado fue una encuesta electrónica interactiva para evaluar las oportunidades y vacíos o brechas de las capacidades existentes en Chile para el monitoreo de la biodiversidad (ver encuesta en ANEXO II). Se diseñó la encuesta sobre la base de tres ejes principales de indagación:

- Eje *Organizacional*: potencialidad en términos de capacidades humanas, técnicas y financieras para llevar a cabo el monitoreo de biodiversidad (entendiendo como monitoreo la medición de variables ambientales de manera continua o repetida en el tiempo (ver Cuadro 1) por un equipo de profesionales entrenados.
- Eje de *cobertura espacial y temporal*: escalas espaciales (incluyendo región y localidad), frecuencias de registro y continuidad temporal de los datos existentes
- Eje de *componentes de la Biodiversidad*: principales grupos taxonómicos, procesos biológicos y ecosistémicos, y servicios ambientales investigados por los encuestados

### *Implementación en plataforma digital*

Se llevó a cabo una revisión y pruebas con un prototipo de encuesta, considerando varios soportes de consulta que pudiesen servir para la captura de datos (por ejemplo, encuestas en papel vs. electrónicas). Dada la premura de tiempo, se optó por implementar una encuesta interactiva on-line para facilitar la rapidez de las respuestas de los encuestados y acelerar la organización de la información para su posterior análisis. Se seleccionó la plataforma **Limesurvey.com** la cual permitió acomodar de mejor manera el cuestionario. Se llevaron a cabo varias revisiones internas de la encuesta, con el fin de reducir el tiempo de respuesta, minimizar confusiones en los encabezados y preguntas, precisar mejor las alternativas (en el caso de respuestas de selección múltiple). También se ensayó la encuesta antes de enviarla con nuestros propios investigadores. Los resultados sugieren que es un buen comienzo, pero hay aspectos conceptuales y metodológicos por refinar a futuro.

### *Aplicación de la encuesta*

Una vez implementada en el sitio web elegido, la encuesta se hizo llegar digitalmente a la muestra de expertos. En algunos casos, se hizo también de forma presencial cuando fue solicitado. El universo muestreado fue de 117 expertos, a quienes se les hizo llegar la encuesta, considerando investigadores y profesionales de universidades, organizaciones no gubernamentales y entidades de gobierno dedicados a este tema.

### *Análisis de resultados*

Los resultados del proceso de consultas son analizados de manera cualitativa y descriptiva, de modo de generar conclusiones preliminares con respecto a la información recogida y hacer recomendaciones respecto a un futuro programa de monitoreo nacional. Un análisis completo y en mayor profundidad se llevará a cabo más adelante para una futura publicación. Los datos se presentan en la forma de gráficos de frecuencia (histogramas o gráfico de torta), donde N representa el número de respuestas recibidas sobre la consulta específica. Notar que el número de respuestas es variable dependiendo de la consulta y el ámbito de acción de cada persona encuestada.

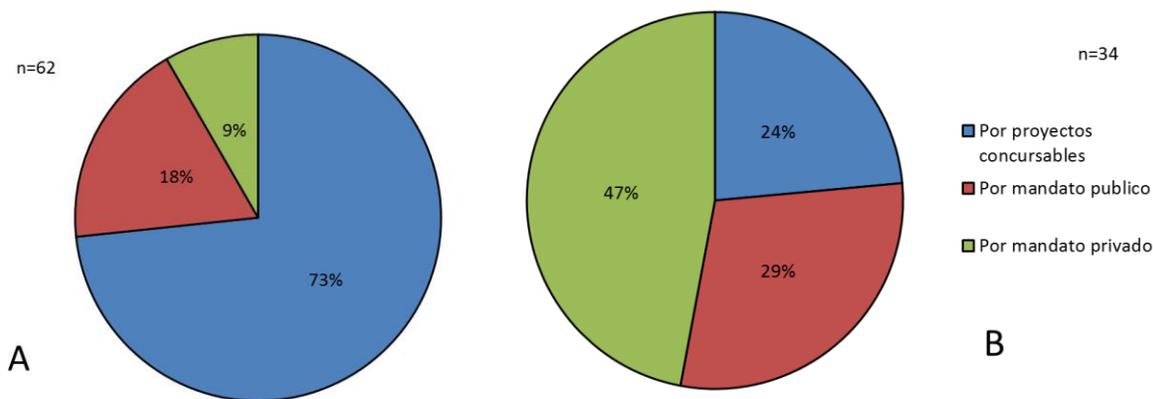
## 4. RESULTADOS

Siguiendo la pauta presentada en los TDR, los resultados desglosan la biodiversidad en tres componentes principales: 1) especies (biodiversidad a nivel taxonómico), 2) ecosistemas y paisajes (incluyendo consultas sobre monitoreo de procesos ecosistémicos) y 3) servicios ecosistémicos (en el caso que se contara con información). Las entidades que desarrollan la prospección de la biodiversidad en Chile son principalmente universidades y centros académicos (ver más adelante). Con una menor presencia aparecen las entidades de gobierno y organizaciones no gubernamentales (ANEXO I).

La consulta, implementada en línea y de forma opcional de manera presencial, tuvo un éxito de respuesta del 68%, es decir **recibimos 79 respuestas del total de 117 encuestas enviadas**. Este nivel de respuesta puede ser considerado exitoso al ser comparada con otros estudios socio-medio ambientales que también utilizaron encuestas (e.g. Ford et al 2009). Atribuimos la alta tasa de respuesta a una manifestación de interés de los investigadores encuestados y a la confianza y conocimiento respecto al equipo consultor. Considerando este número de respuestas, otorgamos una validez importante a las tendencias exhibidas y estimamos que el interés general representa expectativas positivas para la creación y coordinación de una red de monitoreo nacional en los temas de biodiversidad terrestre y servicios ecosistémicos.

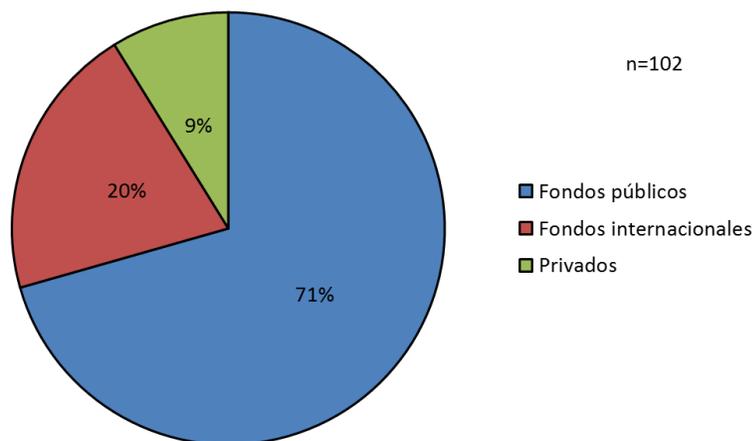
### 4.1. Motivación, financiamiento y colección de datos

La recopilación de datos sobre biodiversidad, en términos de especies, ecosistemas y procesos asociados, tienen como principal motivación la exploración científica, de acuerdo a los encuestados, ya que se cita con más frecuencia que la colecta de datos está vinculada a “proyectos de investigación concursables” (figura 1). Según esto, preguntas asociadas a la recolección de datos sobre biodiversidad (que puede o no asimilarse a la definición de monitoreo, Cuadro 1) se originan como inquietud de los investigadores y no son parte de un plan mayor, como lo serían dentro de una red coordinada de monitoreo. Los “proyectos concursables” corresponden más de 70% del cómo se generan los datos hoy disponibles acerca de la biodiversidad terrestre nacional, como primera opción de los encuestados. La figura también refleja que los datos generados por mandato de terceros (entidad pública o privada) representan aproximadamente un tercio de la primera opción, pero aumentan a casi tres cuartas partes en el caso de la segunda opción de motivación para coleccionar los datos (figura 1).



**Figura 1.** Motivación de los encuestados para la generación de datos sobre biodiversidad terrestre. A) primera opción de motivación. B) segunda opción de motivación (ver ANEXO II para explicación de las alternativas)

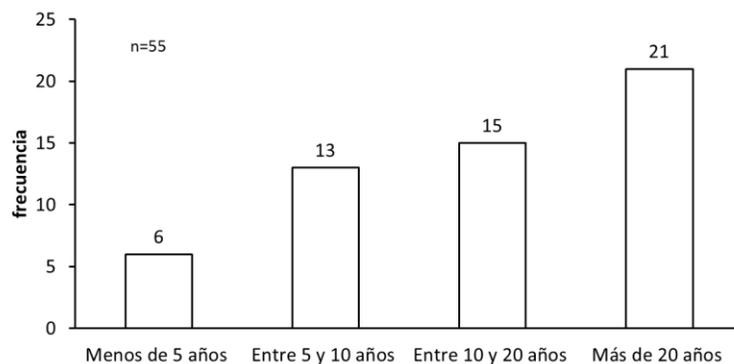
Las iniciativas de registro de biodiversidad terrestre son mayoritariamente financiadas (como primera o segunda opción) por fondos públicos (71%). Los fondos públicos provienen de entidades tales como CONICYT, CONAF, MMA, INFOR, etc. Destaca también la importancia de fondos internacionales que financian un 20% de la colección de datos sobre biodiversidad en Chile, tanto como primera o segunda opción. Un porcentaje menor al 10% de los datos son colectados con financiamiento de mandantes privados.



**Figura 2.** Financiamiento de las iniciativas de registro de biodiversidad terrestre.

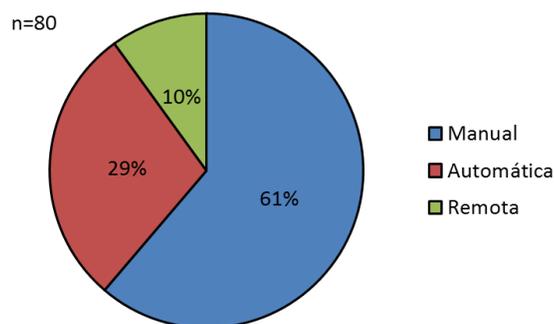
Con respecto al periodo que los investigadores y entidades han dedicado al registro de datos sobre biodiversidad terrestre, encontramos que cerca de un 90% de los consultados llevan colectando datos de interés por más de 5 años (de manera

continua o interrumpida) y un 65% de ellos ha registrado datos por más de una década (figura 3). Más importante aún parece ser el hecho de que sobre un 35% de los encuestados declaró tener más de 20 años de datos, aunque es necesario ahondar más sobre la motivación, preguntas que guían el trabajo y frecuencias de muestreo en estos casos que proveen bases de datos de más de dos décadas. Esta información revela una gran capacidad instalada, que avala la experiencia de posibles proveedores de datos para la implementación de la futura red de monitoreo nacional, siguiendo estándares comunes y coordinados. Entre las preguntas que surgen del análisis, la más importante es que no sabemos si estos registros se han mantenido en forma continua o alternada o si los protocolos de toma de datos se han mantenido en el tiempo (es decir, si se mide consistentemente las mismas variables con el mismo método en la zona de estudio).



**Figura 3.** Período de registro de datos por parte de los encuestados.

Según los encuestados, la recolección de datos se realiza principalmente de manera manual, es decir lápiz y papel (figura 4). Las respuestas muestran que esta última opción supera por más del doble a la siguiente forma de registro de datos (automática o remota). En consecuencia, los costos son bajos en general, pero las bases de datos dependen del esfuerzo personal dedicado a la iniciativa.

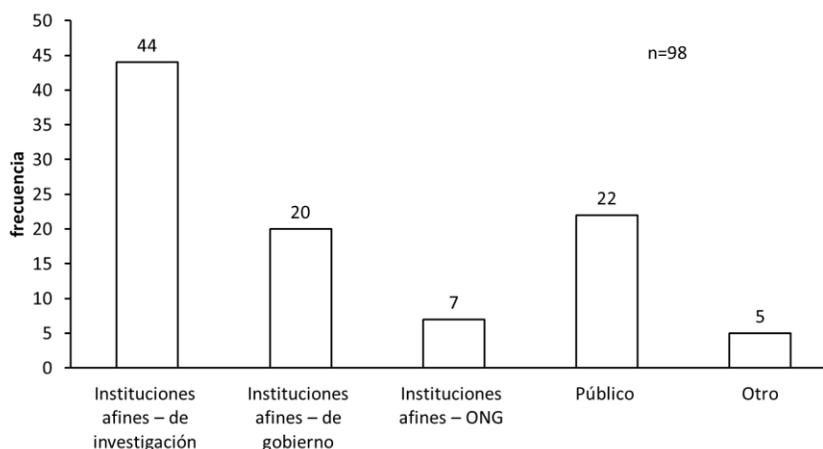


**Figura 4.** Formas de registro de biodiversidad terrestre.

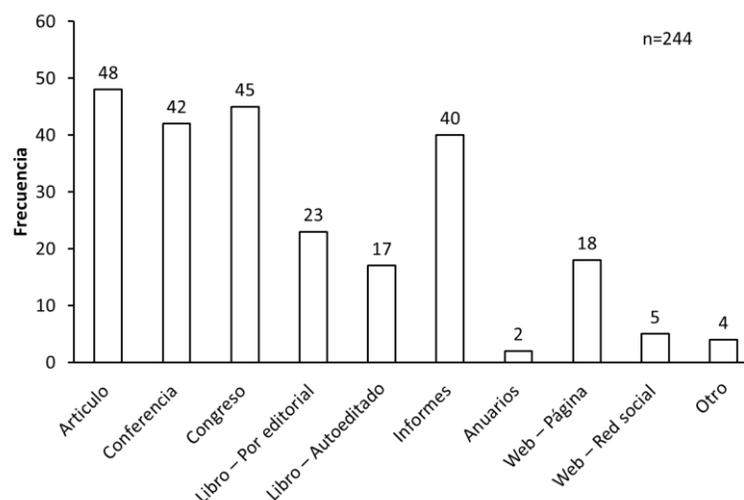
## 4.2. Disponibilidad, difusión y formato de datos

La información reunida respecto de biodiversidad terrestre es compartida por los consultados de manera voluntaria principalmente con otras instituciones afines de investigación (figura 5), ya sea a través publicaciones científicas, comunicación personal, o páginas web. Un porcentaje menor a 30% aceptaría poner sus datos, de forma espontánea o a pedido, en manos de instituciones estatales u ONG. De los resultados se puede desprender que existe actualmente una parte (aunque menor) de la información que está en el dominio público, y que puede formar el punto de partida para la futura red. Es importante considerar que la publicación científica de los datos es actualmente una forma poner la información en conocimiento público (mediante información suplementaria, disponible de manera digital en muchos casos).

La disponibilidad de datos sobre la biodiversidad terrestre se difunde mayoritariamente en el círculo científico a través de publicaciones y libros (figura 6). Así, según lo declarado por los consultados, el 55% de la información ha terminado en publicaciones de difusión científica. Esto indica la relevancia de contar con una base de la literatura actualizada y la necesidad que las bases de datos manejadas por instancias de gobierno siempre reconozcan la autoría de los colectores de datos. También es relevante considerar que un porcentaje ciertamente elevado de la información generada por el monitoreo no se difunde y posiblemente se “pierda” debido a múltiples razones.

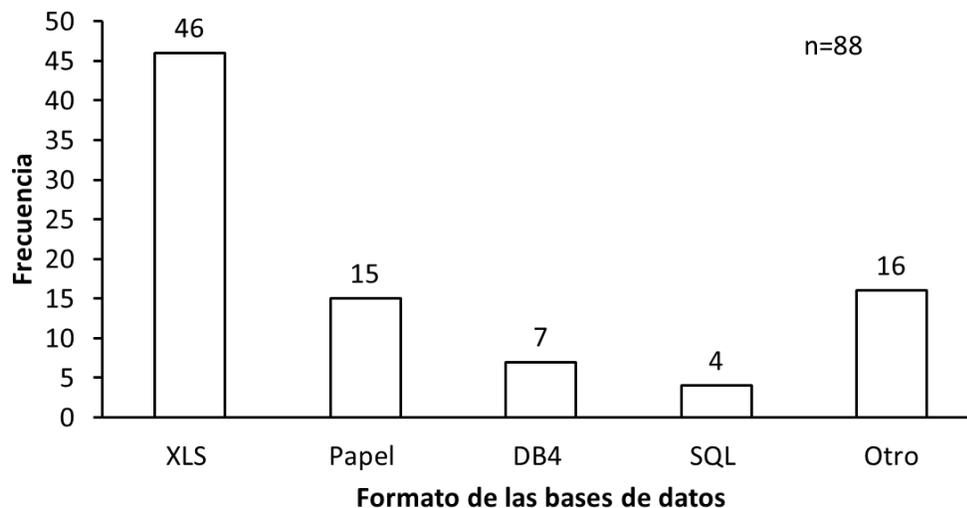


**Figura 5.** Disposición de base de datos por tipo de organización



**Figura 6.** Difusión de los datos de estudios de biodiversidad terrestre.

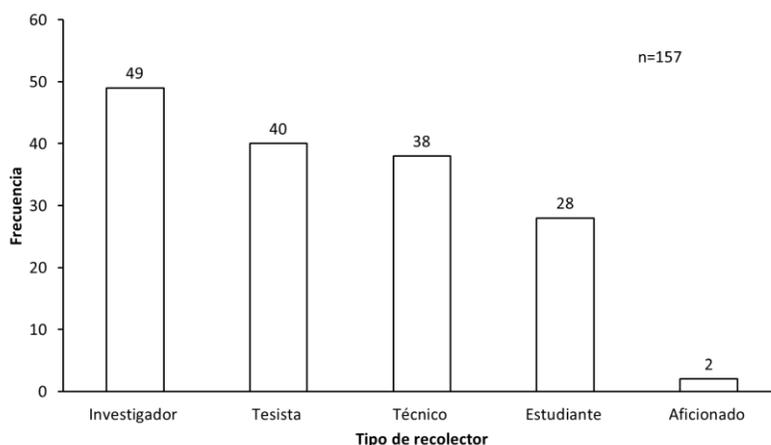
La consulta sobre almacenaje y/o formato en que se guardan las bases de datos de biodiversidad terrestre mostró que la mayoría usa archivos de MICROSOFT EXCEL para esta tarea (figura 7), lo cual es una condición muy básica tanto a nivel software de bases de datos, como también lo es en términos de filtros de interoperabilidad y control de errores, debido a que el programa permite que un mismo dato se pueda introducir o escribir de múltiples maneras. Otro reflejo de la condición básica y vulnerable de la toma de datos está en que la segunda opción la constituyen formatos como papel o libretas (17%), con el consecuente peligro de pérdida de información. Por otro lado, una cierta cantidad de información está almacenada en formatos para software GIS, el cual apareció nombrado repetidas veces para la respuesta “otros”. Sin embargo, este no es un formato de acceso general y simple.



**Figura 7.** Formato de las bases de datos sobre biodiversidad de los consultados.

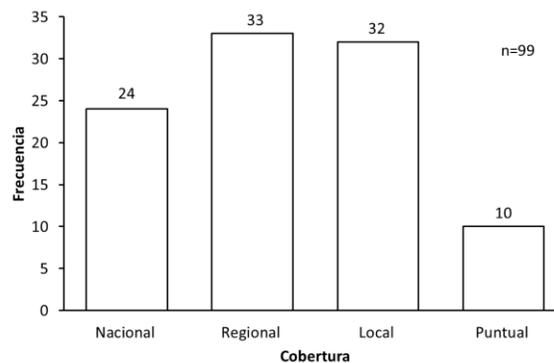
#### 4.3. Identidad de los consultados, esfuerzo de investigación, localización geográfica

La consulta mostró que la información relativa a biodiversidad es recopilada en su mayoría por investigadores (científicos o profesionales) y estudiantes tesistas, vinculados principalmente al ámbito académico, aunque esta tarea se reparte también con personal técnico y estudiantes de pregrado (figura 8). Podemos afirmar que en general, la información recopilada en campo es generada por expertos o personas con formación y conocimiento en el área de investigación.

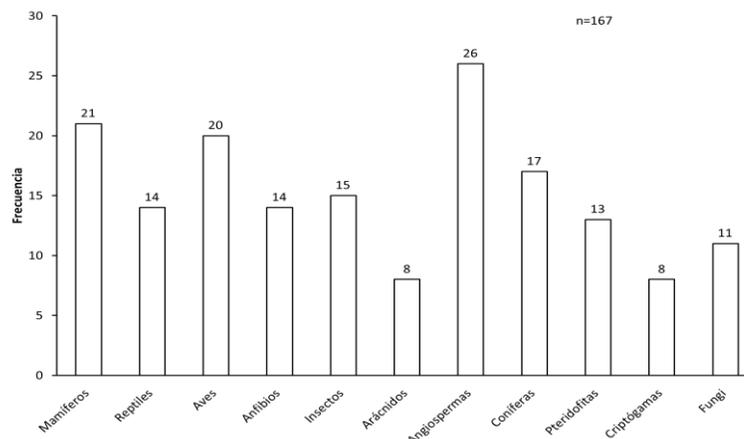


**Figura 8.** Profesión o actividad de los principales recolectores de datos sobre biodiversidad terrestre.

Las bases de datos de biodiversidad terrestre presentan una cobertura primordialmente local a regional (66%, figura 9). Es posible apreciar que el 25% de las respuestas declara que sus estudios alcanzan una escala nacional. Es alentadora la baja presencia de estudios puntuales (un solo sitio), signo de que la mayoría de los investigadores realizan los registros en varios sitios dentro de una región geográfica, aumentando el tamaño de las bases de datos. En el futuro próximo, será tarea importante definir con más precisión estas categorías, para dilucidar cuál es el alcance y resolución de los estudios declarados como “nacionales” o regionales. Con respecto a los esfuerzos de investigación y registro de grupos de flora y fauna (y fungi), se puede observar que hay una elevada concentración en las plantas vasculares (principalmente angiospermas) por una parte y en vertebrados, principalmente mamíferos y aves por otra (figura 10), lo cual es común (sucede en la mayoría de los países), debido a nuestros sesgos en conocimiento y facilidad de obtención de datos. Afortunadamente, otros grupos de organismos son estudiados con bastante interés (no hay categorías vacías o con registros únicos). Este resultado concuerda con la sugerencia de utilizar indicadores de biodiversidad que permitan comparaciones entre regiones y países (ver más adelante la sección de indicadores).



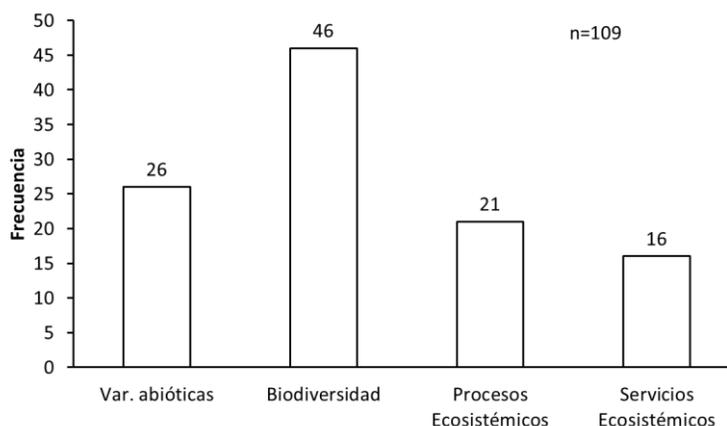
**Figura 9.** Cobertura de los estudios dedicados al registro de biodiversidad terrestre.



**Figura 10.** Cobertura de esfuerzos según los grupos de biodiversidad más frecuentes.

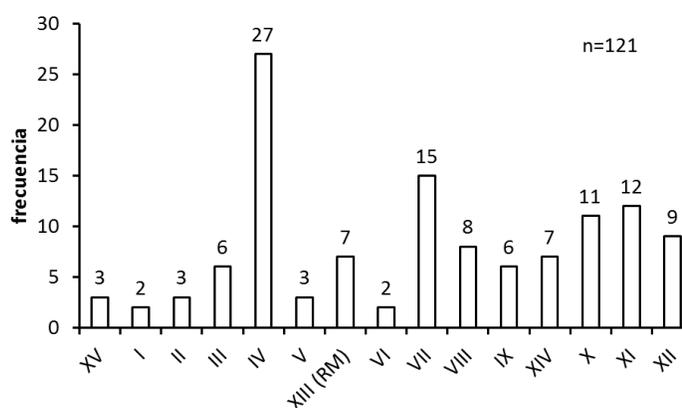
#### **4.4. Cobertura geográfica y variables de estado**

Del total de bases de datos declaradas por los respondientes, la mayoría se refiere a datos sobre grupos de organismos específicos (figura 11). Consecuente con lo esperado, las variables abióticas, fundamentales para establecer relaciones ecológicas entre biodiversidad y cambio ambiental, emergieron en segundo lugar y se analizan a continuación. Respecto a los procesos ecológicos y potenciales servicios ecosistémicos, solo se colecta información en un 20% de los registros. Este es un ámbito de trabajo que requiere mayor atención en futuros estudios debido a la relevancia para la sustentabilidad de los ecosistemas (y otras dimensiones de la biodiversidad más allá de las especies) y para entender cómo la sociedad local y regional depende de servicios ambientales críticos.



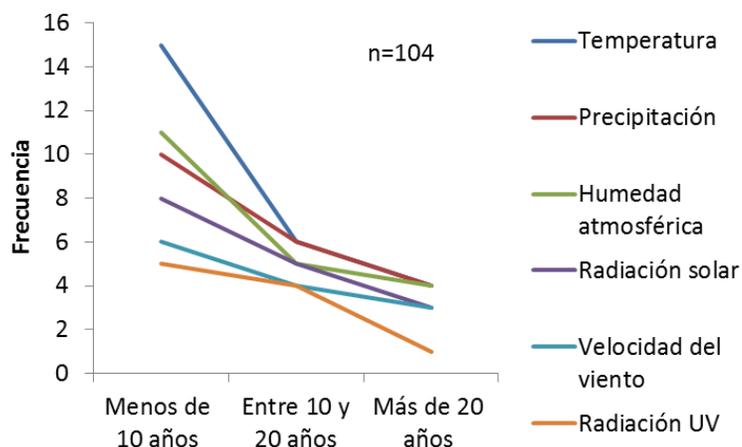
**Figura 11.** Proporción de los tipos de bases de datos relativas a biodiversidad terrestre.

Con respecto a las bases de datos según regiones administrativas, la región de Coquimbo (IV región) resulta tener la mayor cantidad de información sobre biodiversidad terrestre (figura 12), seguida por la región del Maule (VII). En el caso de la IV región, el bosque relicto del PN Fray Jorge capta la mayor atención. La cantidad de registros en la región metropolitana y otras áreas con una creciente urbanización es baja, y requiere mayor atención debido a que son áreas de rápida transformación e impacto sobre la biodiversidad. Lo mismo ocurre con las regiones VII y VIII donde se concentra la industria forestal de plantaciones exóticas. Estas son áreas que han sufrido grandes transformaciones a nivel de paisajes y necesitamos bases de datos que sirvan de línea de base para estimar su nivel de deterioro o recuperación de los ecosistemas a futuro.



**Figura 12.** Bases de datos relativas al registro de la biodiversidad en la consulta, según regiones administrativas de Chile.

A las variables de estado abióticas, los factores climáticos más frecuentemente registrados son aquellos que influyen directamente sobre la biodiversidad, es decir temperatura y precipitación (44% de los registros declarados, figura 13). La humedad atmosférica también representa una proporción alta del registro de datos. De la figura se desprende también que los registros con bases de datos de más de 20 años corresponden al 19% del total. Desde una perspectiva optimista, existe una amplia base de mediciones abióticas relacionadas con el cambio climático, lo cual habla de mayores capacidades tanto humanas como tecnológicas para determinar impactos potenciales sobre biodiversidad y ecosistemas.

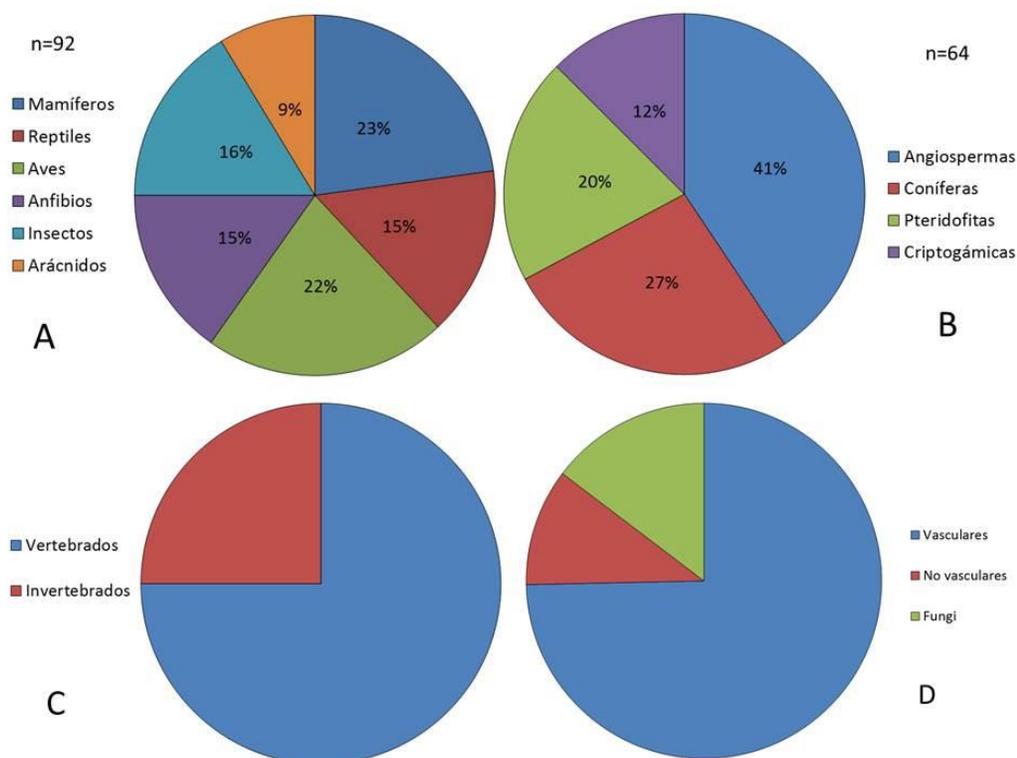


**Figura 13.** Bases de datos de variables climáticas y su extensión de registro.

#### 4.5. Naturaleza de los datos sobre biodiversidad

En esta sección se analiza con más detalle las bases de datos a nivel de especies y otras formas de clasificación taxonómica usadas para describir el estado actual de la biodiversidad en Chile.

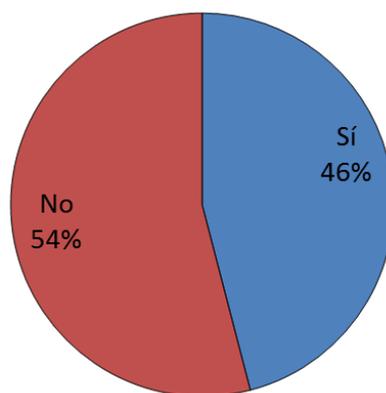
La figura 14 muestra la distribución de registros según grupos taxonómicos mayores. Para el caso de la fauna, la mayoría de los estudios están dirigidos al conocimiento de los vertebrados. Como era esperado, la mayoría de los esfuerzos dedicados al registro de plantas y hongos está sesgado hacia las plantas vasculares. En el caso de los vertebrados, los mamíferos y aves son los grupos más estudiados, aunque otros grupos (e.g., reptiles) tienen presencia importante en los estudios. Como era imaginable, los invertebrados en general están poco representados en los estudios y seguramente muchos grupos deben tener grandes brechas en el conocimiento de su distribución en Chile. En el caso de las plantas, son las angiospermas las mejor conocidas y hace falta mayor información sobre diversidad criptogámica y fúngica en la mayoría de los ecosistemas de Chile. Respecto a estos últimos grupos hace falta información básica sobre sistemática, distribución y tendencias de cambio.



**Figura 14.** Distribución de los esfuerzos actuales de estudio de la biodiversidad terrestre. A) Detalle de distribución según principales grupos de fauna. B) Detalle de distribución según principales grupos de flora terrestre. C) Representación de vertebrados e invertebrados en estudios de fauna, y D) Distribución de los estudios de la flora, entre vasculares, no vasculares y hongos.

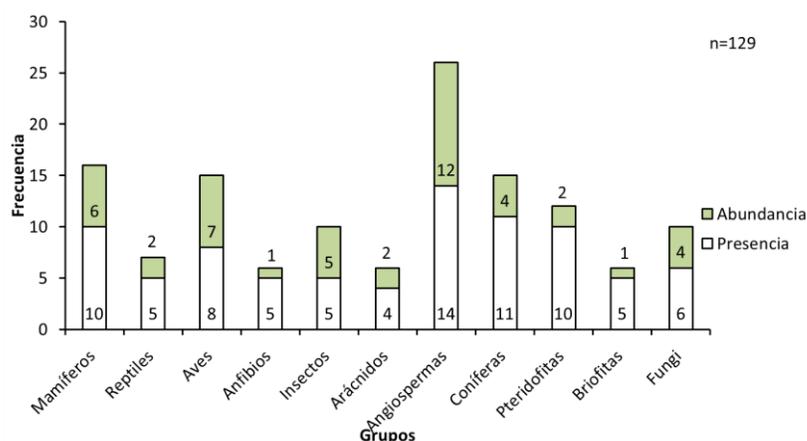
El uso de indicadores de biodiversidad está muy poco formalizado y limitado a parámetros cuya sensibilidad a cambios climáticos o de paisajes no se ha establecido previamente. Prácticamente la mitad de los encuestados dice ocupar indicadores para determinar la biodiversidad de un sitio en sus estudios (figura 15). Los indicadores más nombrados son índices tradicionales de estudios ecológicos como riqueza y diversidad (22%), abundancia (16%) y frecuencia (11%). Otros indicadores interesantes, pero menos usados por los respondientes fueron: diversidad genética y filogenética, marcadores moleculares y diversidad de palinomorfos (usados en palinología).

n=37



**Figura 15.** Utilización de algunos indicadores de biodiversidad por parte de los encuestados.

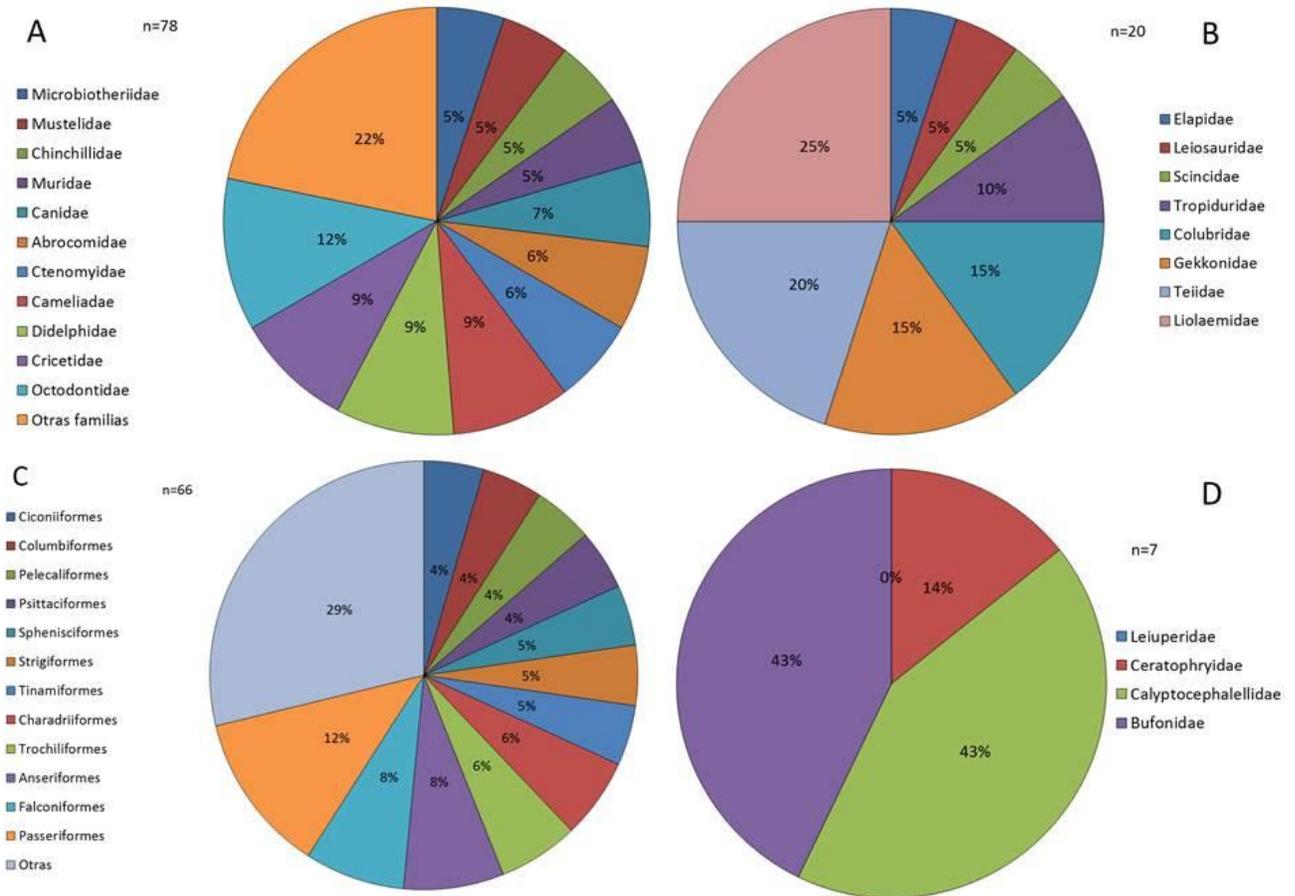
En cuanto a estudios que registran abundancia o presencia de componentes de la biodiversidad en sitios de estudio, son las angiospermas las que acaparan la mayoría de los registros (figura 16). Consecuente con el hecho de que los registros de abundancia requieren mayor esfuerzo de muestreo, su frecuencia resultó ser baja para todos los grupos consultados. Nos parece interesante que existe un número importante de bases de datos que incluyen información sobre hongos.



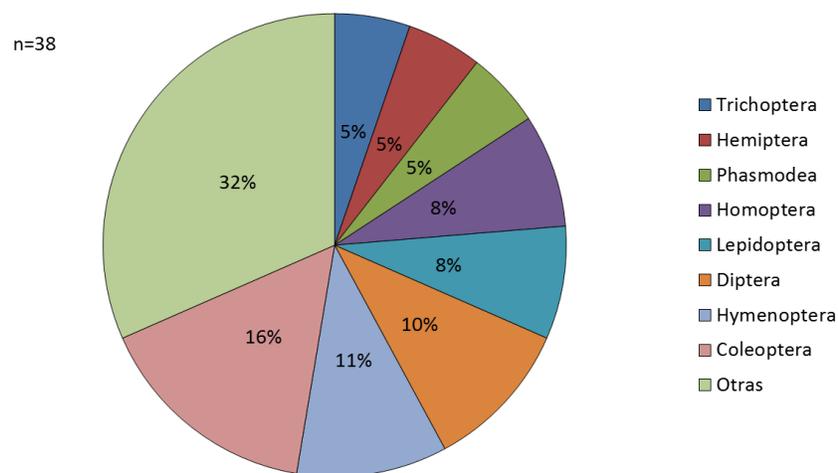
**Figura 16.** Frecuencia en el registro de datos de abundancia y presencia de grupos de flora y fauna.

La consulta sobre taxa específicas registradas en los estudios reveló los principales grupos de vertebrados (figura 17) e invertebrados (figura 18) incluidos en bases de datos de ambientes terrestres. Estos grupos de interés, derivados de la consulta,

podrían corresponder a: a) los principales candidatos para la elaboración de indicadores específicos de tendencias y relevancia en la toma de decisiones y b) los primeros candidatos a ser incluidos en un programa de monitoreo formal en la futura red. Estos datos indican que algunos de los grupos menos estudiados en Chile corresponden a grupos, que son usados por entidades internacionales como indicadores de tendencias de estado (e.g., mamíferos mayores, ver sección indicadores), y que podrían ser considerados como prioritarios para mejorar su información en la futura red de monitoreo. Para el caso de los mamíferos, las principales familias estudiadas pertenecen a especies menores (especialmente orden *Rodentia*). Esto se debería a que algunas familias como *Cervidae* y *Felidae* requieren un esfuerzo mayor y representan menos de 5% de los datos colectados. Estos grupos con escasos registros quedan incluidos en la categoría “otras.” La lista completa de los grupos de vertebrados e invertebrados considerados en los estudios y sus periodos de registro puede ser consultada en el ANEXO III. También es reconocido el papel de algunos grupos o especies de invertebrados como indicadores de amenazas a la biodiversidad, tales como el uso de pesticidas (e.g., lepidóptera) y es necesario dar seguimiento prioritario a grupos de especies amenazadas por especies exóticas invasoras como en el caso de los Hymenoptera.

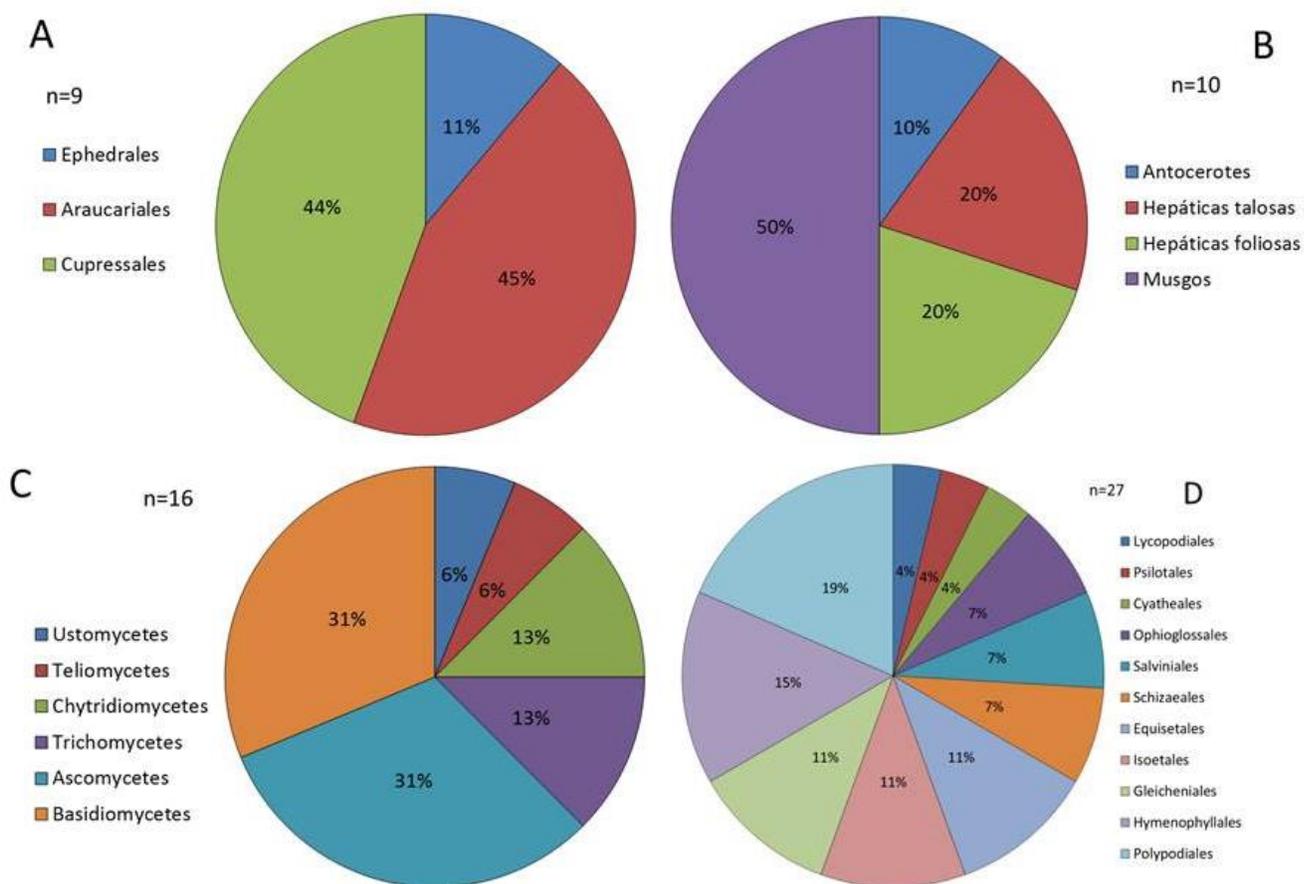


**Figura 17.** Principales grupos de vertebrados terrestres estudiados. A) Mamíferos. B) Reptiles. C) Aves. D) Anfibios.



**Figura 18.** Principales grupos de invertebrados terrestres estudiados.

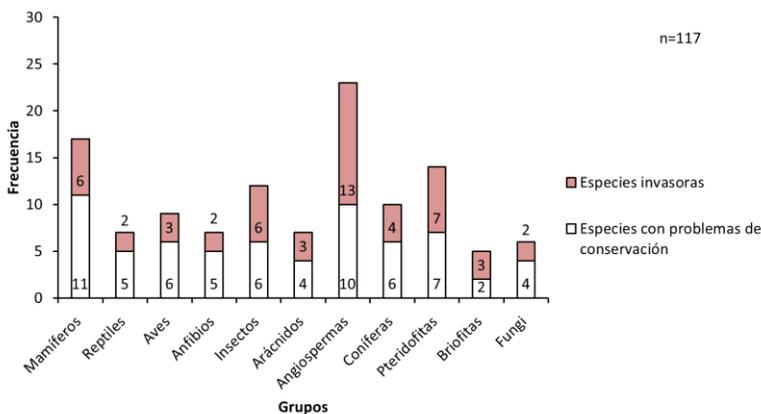
Los principales grupos de plantas y hongos monitoreados en ecosistemas terrestres se describen en la figura 19 y ANEXO IV. Como en el caso de la fauna, estos grupos son útiles para la construcción de indicadores de tendencias y cuentan con información para construir líneas de base. Para el caso de las angiospermas, se aprecia que la mayoría de las familias y géneros más representados en los ecosistemas boscosos son los registrados con mayor frecuencia (ANEXO IV). Se requerirá una prospección más profunda para dilucidar si las especies amenazadas o más susceptibles al cambio ambiental están entre las que están efectivamente siendo monitoreadas (ver más abajo).



**Figura 19.** Principales grupos de plantas estudiados (sin las angiospermas). A) Coníferas. B) Criptógamas (sin datos para líquenes) C) Hongos. D) Pteridofitas.

Bases de datos que pueden ayudar a la construcción de indicadores (comparables a los usados en países con sistemas de monitoreo implementados) son las que incluyen explícitamente especies invasoras y especies con problemas de

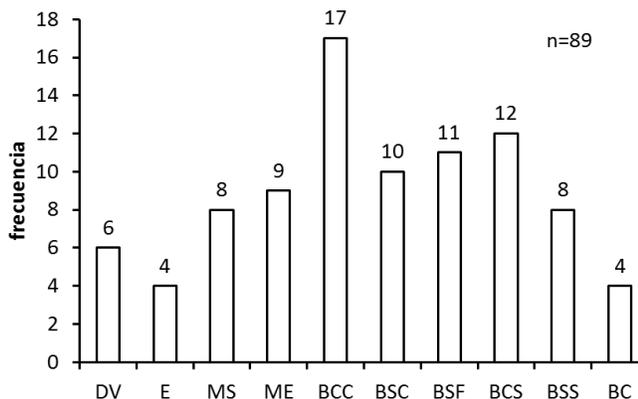
conservación (figura 20). Es alentador el hecho de que muchas bases de datos incluyen especies amenazadas, en todos los grupos de flora y fauna consultados. Así también muchos registros consideran especies invasoras de plantas y animales. Es necesario generar líneas de base sólidas con estos datos para determinar tendencias futuras en el estado de la biodiversidad y los ecosistemas..



**Figura 20.** Frecuencia en el registro de especies invasoras y con problemas de conservación en los ecosistemas.

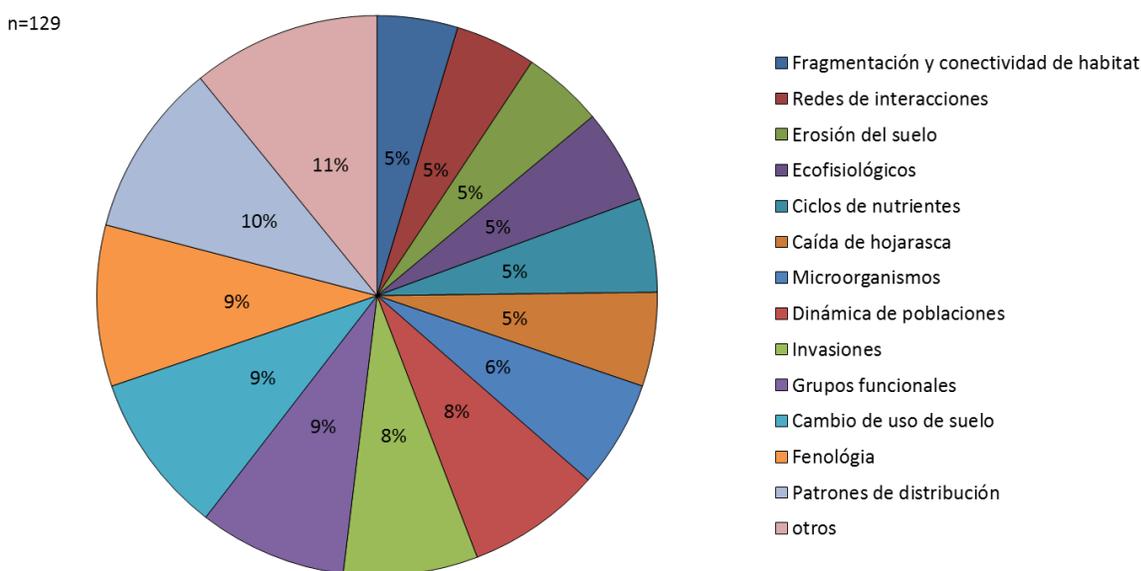
#### 4.6. Ecosistemas: procesos, servicios y cambio climático

Las bases de datos existentes sobre biodiversidad cubren todos los ecosistemas terrestres reconocidos en Chile (Figura 21), con una preponderancia de información para el bosque caducifolio cálido o bosque Maulino (uno de los ecosistemas más deteriorados y amenazados) y para el bosque caducifolio subantártico (uno de los ecosistemas más prístinos). La menor concentración de estudios se encuentra en la Estepa altoandina, lo que contrasta con su gran extensión en Chile.



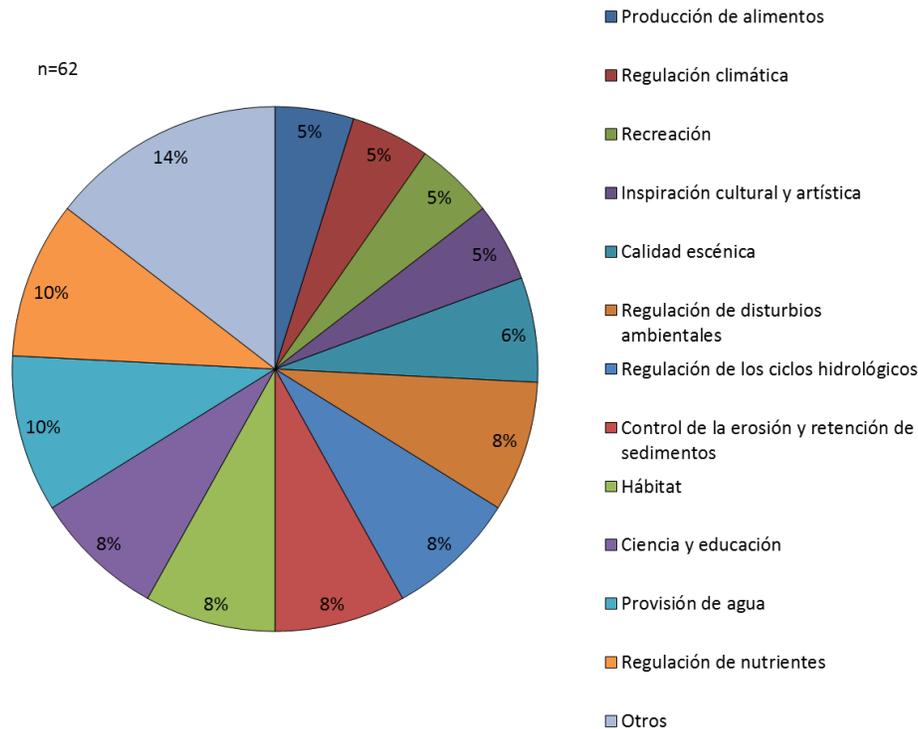
**Figura 21.** Bases de datos citadas en la consulta según eco-regiones de Chile (Basadas en Martínez, K. et al., manuscrito en preparación). DV: Desierto y valles. E: Estepa alto andina. MS: Matorral semiárido. ME: Matorral y bosque esclerófilo. BCC: Bosque caducifolio cálido. BSC: Bosque siempre verde cálido. BSF: Bosque siempre verde frío. BCS: Bosque caducifolio sub-antártico. BSS: Bosque siempre verde sub-antártico. BC: Bosque de coníferas.

En relación con las bases de datos que consideran procesos ecológicos que propusimos como relevantes (figura 22), de los 17 procesos consultados (ANEXO II), un pequeño grupo de seis concentraron la mayor parte de los registros (poco más de 50%), por la que hay un número importante de procesos con escasa o nula información. Es interesante el hecho de que los 17 procesos considerados han sido registrados en al menos uno de los estudios de los encuestados. Este dato sugiere que existe capacidad instalada para el monitoreo de procesos ecológicos en el futuro, aunque es necesario determinar y coordinar el uso de protocolos estandarizados. Por otra parte, los procesos que más se registran representan un potencial para construir indicadores útiles para el registro de tendencias de cambio y variables de estado.



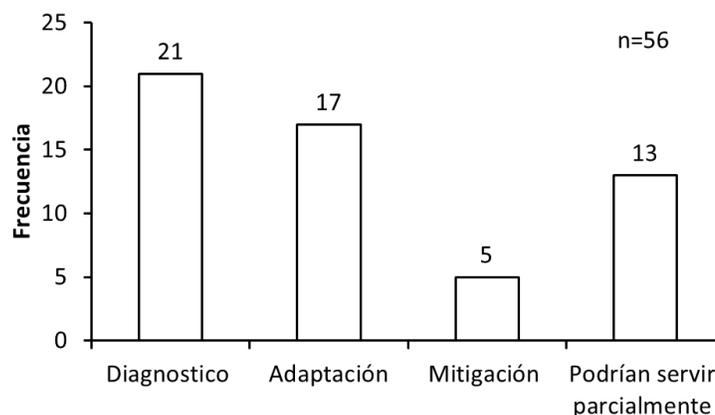
**Figura 22.** Procesos ecológicos que son registrados en bases de datos de ecosistemas terrestres.

Respecto a los servicios ecosistémicos, un concepto incipiente en la comunidad científica nacional, el número de registros disponibles es el más bajo entre los tópicos consultados en esta encuesta. De los 24 servicios ecosistémicos consultados por nosotros (revisar ANEXO II) seis reúnen cerca del 50% de los datos compilados por investigadores nacionales (suma de los seis servicios con mayor porcentaje, figura 23). Los datos muestran que el principal servicio ecosistémico estudiado incluye las variables asociadas al ciclo del agua. Estos resultados son alentadores con respecto a la confección de futuros indicadores de estado de los ecosistemas relevantes para la conservación de la biodiversidad en Chile (ver sección indicadores). La figura 24 muestra una amplia dispersión de las frecuencias, lo que indica que muchos servicios ambientales se incluyen hoy en los estudios, aunque es necesario estandarizar los protocolos de análisis y calidad de los datos.



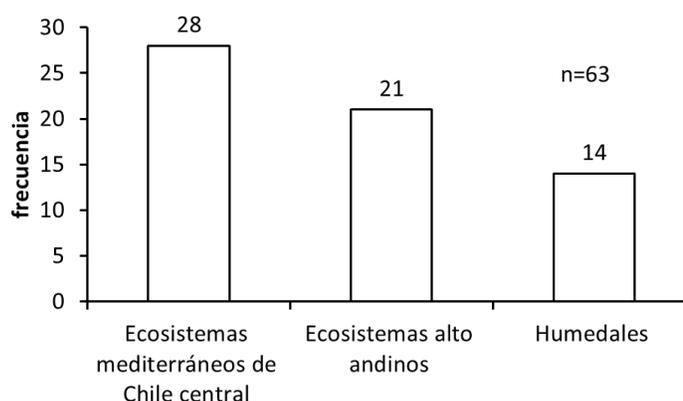
**Figura 23.** Principales servicios ecosistémicos incluidos en registros actuales.

Al consultar si los registros han evaluado la relación entre biodiversidad y cambio climático (CC) las respuestas indican que 56 bases de datos podrían dar luz sobre este tipo de efectos (Figura 24). Estas 56 bases de datos están concentradas en 40 encuestados, los cuales se distribuyen prácticamente en todas las entidades académicas consultadas, pero con casi nula presencia en entidades de gobierno u ONG, confirmando que la mayoría de la información respecto de biodiversidad terrestre se genera en universidades y centros académicos. El detalle de los respondientes va adjunto en el ANEXO VII. Según opinión de los encuestados, la mayoría de las bases de datos podrían ser ocupadas para estimar tendencias de respuesta al CC en un futuro plan de monitoreo nacional. De la misma manera, el estudio de los procedimientos de mitigación resultaron tener baja incidencia en las bases de datos actuales. **Esto sugiere la necesidad de implementar registros de largo plazo que evalúen la efectividad de los procedimientos o experiencias realizadas para mitigar los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad.**



**Figura 24.** Bases de datos que pueden servir para darle seguimiento a los impactos del CC.

De los ecosistemas descritos por Marquet et al. (2010) como los más vulnerables al CC, todos están incluidos en las bases de datos de biodiversidad existentes, según las respuestas de los encuestados (figura 25). En este sentido, los resultados parecen ser alentadores, pero falta una profundizar el análisis de manera de averiguar en más detalle: A) ¿Cuán representativos son los sitios estudiados de los ecosistemas vulnerables? B) ¿Cuáles son las variables de estado que se están registrando en estos sitios? C) ¿Cuáles son los componentes de la biodiversidad más sensibles al CC en dichos ecosistemas?



**Figura 25.** Bases de datos que cubren ecosistemas chilenos altamente vulnerables al CC.

## **5. INDICADORES DE BIODIVERSIDAD (VARIABLES DE ESTADO)**

Un indicador es una herramienta útil para representar tendencias efectivas frente al cambio ambiental y facilitar la toma de decisiones (Han et al 2014). La construcción de un índice depende del entendimiento cabal de los procesos y sistemas ecológicos que debemos y de un conocimiento previo (empírico o teórico) de su valor como variable de estado frente los cambios del clima y el paisaje. Actualmente, la lista de indicadores usados en los informes anuales de MMA es tan extensa que es confuso determinar lo que verdaderamente se está midiendo a través de dichos índices, de manera directa o indirecta. Según lo constatado por Simonetti-Grez et al. en su informe (2015, pág. 10-11), una mayoría de los documentos de políticas públicas usados por los tomadores de decisiones en Chile no consideran indicadores explícitos para planificar su gestión. A pesar de la falta de uso de indicadores en políticas ambientales, los tomadores de decisiones coinciden en destacar la necesidad de contar con buenos indicadores de tendencias tanto a nivel regional como nacional. Muchos indicadores utilizados hoy en informes del MMA, no tienen continuidad ni seguimiento, siendo más bien “imágenes” de un momento, y de valor cuestionable como antecedente para la toma de decisiones (Simonetti-Grez et al 2015). Es importante mencionar los indicadores pueden basarse el conocimiento presente, en literatura, y en otras experiencias ya instaladas en este u otros países, pero resultará indispensable la continua creación de indicadores específicos relevantes, basados en un modelo de gestión adaptativa.

El uso de indicadores como herramientas para la toma de decisiones ha sido adoptado en muchos países con sistemas de monitoreo centralizado (ej. Unión europea, Canadá, USA, Australia). En el caso chileno, el uso de indicadores de diferentes tipos, físicos y biológicos, se cita en muchas encuestas analizadas aquí y es un objetivo del programa de monitoreo nacional de biodiversidad desarrollar indicadores efectivos de tendencias de cambio (MMA, 2015, comunicación personal). Para este fin vemos como necesario a) definir los indicadores más útiles con referencia a los ecosistemas del país, y b) evaluar si las bases de datos revisadas en este informe pueden construir las líneas de base de dichos indicadores de estado.

Para el caso de indicadores de biodiversidad, se puede observar (figura 15) que la mitad de los encuestados no los utiliza en sus registros por lo que existe una carencia respecto a su uso como variables de estado. Este hecho revela que es necesario motivar entre los ecólogos la construcción de indicadores de biodiversidad aplicables a los ecosistemas terrestres del país. En relación a las variables a usar en la construcción de los indicadores, nuestra encuesta revela que existe información clave sobre grupos taxonómicos diversos (vertebrados, invertebrados, plantas, hongos), especies amenazadas e invasivas, y procesos ecológicos claves que pueden ser usados en esta tarea.

En el cuadro 2 se ha revisado una lista de índices citados en la literatura, referente a estudios específicos, o que se utilizan por parte de entidades internacionales. Los índices seleccionados de esta revisión son aquellos utilizan datos que ya están siendo registrados por los estudios que realizan los encuestados y los que tienen potencial para ser usados en Chile porque requieren sólo una moderada inversión para obtenerlos.

**CUADRO 2.** Indicadores basados en la literatura o en uso internacional que podrían ser utilizados como variables de estado en la futura red de monitoreo de biodiversidad terrestre de Chile. El cuadro muestra a qué pregunta responde el índice, como se mide o funciona, los datos necesarios para implementarlo, la fuente bibliográfica y el tema más relevante.

N°	Nombre	¿Que pregunta responde?	¿Que mide? ¿Como funciona?	Datos Necesarios	Fuente	Tema (s) principal(es)
1	<u>Indicador de Integridad Ecosistémica</u>	¿Como afecta el CC y la acción antrópica los ecosistemas?	La capacidad del ecosistema para mantener su estructura y funcionamiento según la variación de las condiciones ambientales, ya sean naturales o antrópicas.	Integración de distintos datos como superficies, composición, estructuras y procesos	Libro Bioindicadores, capítulo 33	Acción antrópica
2	<u>Indicador de Huella Humana</u>	¿Como afecta la acción antrópica la biodiversidad de los ecosistemas?	Ponderación entre la biodiversidad de un ecosistema y su intervención antrópica en el tiempo	Datos asociados al uso de la tierra, de biodiversidad y manejo de la tierra	Burton et al 2014	Acción antrópica
3	<u>Índice planeta vivo</u>	¿Como afecta el CC el tamaño de las poblaciones de especies de vertebrados?	Tendencia media de la población para una selección de especies vertebradas terrestres, de agua dulce y marinas	Abundancia en especies vertebradas seleccionadas	WWF-SZL	Biodiversidad
4	<u>Índice mundial de aves silvestres</u>	¿Como afecta el CC las poblaciones de aves silvestres?	Indicador combinado basado en las tendencias de las poblaciones de una selección de aves silvestres	Abundancia en especies de aves seleccionadas	Birdlife-RSBP	Biodiversidad
5	<u>Índice de abundancia relativa (media geométrica)</u>	¿Como afecta el CC la biodiversidad?	densidades específicas por especie en el tiempo	Abundancia de especies en el tiempo	Buckland et al 2005	Biodiversidad
6	<u>Índice modificado de Shannon</u>	¿Como afecta el CC la biodiversidad?	cambio en el tiempo de Individuos de una especie presentes en un año	Abundancia de especies en el tiempo	Buckland et al 2005	Biodiversidad
7	<u>Indicador de especies representativas</u>	¿Como afecta el CC a la biodiversidad?	Cambio de la distribución en especies (de flora y fauna) representativas, basado en modelación	Distribución de especies seleccionados	Marquet et al 2013	Biodiversidad
8	<u>Indicador de distribución y abundancia de especies animales</u>	¿Como afecta el CC la distribución y abundancia de especies animales?	VARIABLES relacionadas a la distribución y abundancia de ciertas especies de animales	Distribución y abundancia de especies animales seleccionados	SEBI	Biodiversidad
9	<u>Indicador de distribución de plantas</u>	¿Como afecta el CC a la distribución de especies de plantas y como afecta su biodiversidad?	Integración de diferentes escenarios medioambientales con la distribución de diferentes especies de plantas.	Distribución y abundancia de especies de plantas seleccionadas	SEBI	Biodiversidad

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:  
Sistemas Terrestres**

10	<u>Indicador de Capital Natural</u>	¿Como afecta el CC los ecosistemas?	Sumatoria de la relación entre extensión y condición de un ecosistema (tamaño de la población), basado en algunas especies indicadoras, en el tiempo.	Superficie de ecosistemas y abundancia de las especies presentes	Pereira 2006	Ecosistemas
11	<u>Indicador de Biodiversidad Prístina</u>	¿Como afecta el CC los ecosistemas?	Relación entre extensión y condición (riqueza de especies y tamaño poblacional) de una sumatoria de ecosistemas	Superficie de ecosistemas, abundancia y riqueza de las especies presentes	Pereira 2006	Ecosistemas
12	<u>Indicador de crecimiento de bosques</u>	¿Como afecta el CC al crecimiento de los bosques?	Comparación del incremento de la biomasa en bosques en el tiempo	Datos de crecimiento de especies arbóreas	SEBI	Ecosistemas
13	<u>Indicador de cobertura de ecosistemas</u>	¿Que cambios de cobertura están ocurriendo en los ecosistemas?	Cambio de la superficie de los ecosistemas	Superficies relativas a cada ecosistema en el tiempo	SEBI	Ecosistemas
14	<u>Indicador de cobertura de bosques</u>	¿Que cambios de cobertura están ocurriendo en los bosques?	Cambio en la cobertura de bosques	Superficies relativas a cada tipo de bosque en el tiempo	Han et al 2014	Ecosistemas
15	<u>Indicador de fuego en bosques</u>	¿Como afecta el CC el riesgo de incendio en los bosques?	Comparación de la ocasionalidad de fuegos (o superficies quemadas) forestales en el tiempo	Distribución de incendios en bosques en el tiempo	SEBI	Ecosistemas/Acción antrópica
16	<u>Índice Lista roja UICN</u>	¿Como ha cambiado la conservación de las especies vulnerables?	Cambio del riesgo de extinción de las especies a lo largo del tiempo en base a los cambios de categorías en la Lista Roja	Estados de conservación de especies con problemas	UICN / Han et al 2014	Especies con problemas de conservación
17	<u>Índice Lista roja UICN (muestreo)</u>	¿Como ha cambiado la conservación de las especies vulnerables?	Cambio del riesgo de extinción a lo largo del tiempo de una selección de especies en el seno de los grupos más conocidos en base a los cambios de categorías de la Lista roja	Estados de conservación de especies con problemas	UICN-SZL	Especies con problemas de conservación
18	<u>Indicador de áreas protegidas en áreas clave de biodiversidad</u>	¿Están protegidos adecuadamente los puntos claves de biodiversidad? (Al menos 17% según Aichi)	Porcentaje de la superficie protegida en puntos clave de biodiversidad	Superficie de áreas protegidas en el tiempo	Han et al 2014	Especies con problemas de conservación
19	<u>Indicador de interacción de especies</u>	¿Como afecta el CC las cadenas tróficas y otras interacciones entre especies, y cuales son sus implicancias en la Biodiversidad?	Compara los rangos de distribución de especies (representativas) relacionadas tróficamente en el tiempo	Rangos de distribución de especies relacionadas tróficamente	SEBI	Procesos
20	<u>Indicador de fenología animal</u>	¿Como afecta el CC a los ciclos estacionales de los animales?	Cambios en alguna característica fenológica de especies animales seleccionadas	Datos relacionados a fenología animal (e.g. cambio en los días de la puesta de huevos en aves)	SEBI	Procesos
21	<u>Indicador de fenología de plantas (y fungi)</u>	¿Como afecta el CC a los ciclos estacionales de las plantas y fungis/	Tendencias en fenología de primavera de especies seleccionadas	Datos relacionados a fenología de plantas (e.g. cambio en los días de brotación en primavera de especies deciduas)	SEBI	Procesos
22	<u>Indicador de provisión de Agua</u>	¿Están protegidos los ecosistemas que proveen servicios adecuadamente?	Entrega de agua fresca desde hábitat naturales hacia corrientes de uso humano	Cantidad y calidad de agua generada en corrientes que afecten establecimientos humanos	Han et al 2014	Servicios Ecosistémicos

Indicadores de acción antrópica (indicadores 1 y 2). A pesar de no haber sido citados explícitamente en nuestra encuesta, el **Indicador de huella humana** podría ser utilizado en el corto plazo en algunos ecosistemas ya que contamos con datos que requeridos para su construcción. Para el caso del “**Indicador de integridad ecosistémica**”, si bien es más completo que el primero, su implementación podría tardar más tiempo debido al requerimiento de mayor cantidad de datos sobre

procesos ecológicos, los cuales, según los resultados de esta encuesta, son menos frecuentes. Su uso en un futuro estaría condicionado a un registro constante de procesos ecológicos e interacciones entre organismos y sus tendencias de cambio, que podrían ser parte de la futura red de monitoreo.

Indicadores de biodiversidad (indicadores 3-9). Una variedad de índices propuestos evalúan los componentes de la biodiversidad de un ecosistema. Para su cuantificación se ocupan datos de abundancia de especies o poblaciones, y su cambio en el tiempo (e.g. Buckland et al 2005). Para el caso de indicadores como el “**Índice planeta vivo**” o el “**Índice mundial de aves silvestres**”, que actualmente consideran datos a nivel mundial, podrían ser aplicados también a escala local o regional, con datos recolectados por la red de monitoreo. Tales datos podrían estar disponibles en las bases de datos de los encuestados. Este tipo de índices que fueron creados en primera instancia para representar tendencias mundiales de biodiversidad por lo que podrían ser comparables inmediatamente entre países adoptando protocolos de muestreo estandarizados. Otros indicadores de biodiversidad citados tienen como objetivo la evaluación de la trayectoria de ecosistemas en el tiempo. El **Índice de abundancia relativa** y el **Índice modificado de Shannon** están basados en la abundancia de especies de un ecosistema mientras que el **Indicador de especies representativas**, el **Indicador de distribución de especies animales** y el **Indicador de distribución de plantas** incluyen la distribución de las especies como factor relevante para su confección.

Indicadores de evaluación de ecosistemas (indicadores 10-15). La lista de indicadores propuestos también incluye indicadores dedicados a la evaluación del estado de los ecosistemas, principalmente enfocados a cambios de su extensión, ya sea expansión o detrimento. A diferencia de los indicadores de biodiversidad, estos índices se basan en estimaciones de las superficies de los ecosistemas. Se incluyen en este grupo el **Indicador de cobertura de ecosistemas** (o el **Indicador de cobertura de bosques**) que se concentran en cambios de superficie en el tiempo. Adicionalmente, el **Indicador de capital natural** y el **Indicador de biodiversidad prístina**, combinan superficies con otras evaluaciones como abundancia, biomasa, y riqueza de especies. Estos dos índices integran la evaluación de la biodiversidad con la extensión de los ecosistemas. También se considera un buen indicador de tendencias el **Indicador de crecimiento de bosques**, el cual aporta una dimensión productiva de los ecosistemas, siendo este un parámetro dependiente de los cambios en precipitación y temperatura en el tiempo. Siendo los bosques importantes por su representación entre los ecosistemas de Chile, un índice de este estilo resultaría también recomendable para su uso en el monitoreo futuro. Su implementación no requeriría una gran inversión y los dendrómetros manuales o automáticos permiten una recopilación de datos rápida y extensa. Para el caso de indicadores basados en superficies, su implementación es dependiente del uso de tecnologías remotas y de una buena clasificación de los ecosistemas o tipos de cobertura. Finalmente, el **Indicador de fuego en bosques** sería una herramienta útil para evaluar ecosistemas y la acción antrópica al mismo tiempo. Este es un indicador posible de llevar a cabo dado que CONAF registra, cada vez con mayor calidad dado las nuevas tecnologías, los incendios en los bosques de Chile.

Indicadores de especies con problemas de conservación (indicadores 16-18). Se incluyen también indicadores para evaluar las especies con problemas de conservación. En este sentido, el Ministerio de medio ambiente cuenta ya con una base de datos para llevar a cabo algunos de estos indicadores (<http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/pagina.aspx?id=87>), por lo que su implementación podría llevarse a cabo en el corto plazo en la futura red de monitoreo. Parece necesario nuevamente trabajar en la estandarización de protocolos de toma de datos y en mejorar las líneas de base para evaluar tendencias. Nuestra consulta reveló que para todos los grupos de flora (incluyendo hongos) y fauna ya se cuenta con algún tipo de registro de especies con problemas de conservación (figura 16). Los índices (**Índices Lista roja UICN**) se basan en un sistema mundial de clasificación de especies con problemas de conservación, la lista roja UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), que también utiliza Chile para clasificar sus especies. Este índice también es sugerido por Han et al (2014) como uno de los que debería ser utilizado por los países para evaluar cambios en la biodiversidad. Como otros indicadores, este puede usarse de manera comparativa con otros países o regiones para evaluar el estado de la biodiversidad. Este tipo de comparaciones resultan importantes para establecer como cada país individualmente establece y avanza en sus metas sobre protección de biodiversidad. Así mismo, Han et al. (2014) sugieren la utilización de un índice basado en el cambio de superficies de áreas protegidas en zonas claves de biodiversidad (**Indicador de áreas protegidas**). Este índice también tiene importancia dado los acuerdos tomados por la CBD (Convention of Biological Diversity) del cual Chile también es parte (MMA, 2014). Uno de estos objetivos (Aichi biodiversity targets) es la protección de al menos el 17% de la superficie de estos ecosistemas para 2020.

Indicadores de Procesos y servicios (indicadores 19-22). Para el caso de los procesos ecosistémicos y servicios ambientales existe una menor cantidad de indicadores y su implementación es más compleja en Chile debido a lo incipiente de estos temas (reflejado en las figuras 22 y 23), ya que algunos pueden requerir mayor inversión en equipamiento (e.g., sensores remotos) y recursos humanos. Los indicadores basados en procesos ecosistémicos, consideran en conjunto la flora (**Indicador de fenología de plantas**) y la fauna (**Indicador de fenología animal**) y las interacciones ecológicas entre ellas (**Indicador de interacción de especies**). Aunque estos indicadores son difíciles de implementar, considerando el limitado volumen de datos existentes sobre estos procesos, y el esfuerzo necesario a futuro, son los que dan mejor cuenta del estado de los ecosistemas en cuanto a la mantención de procesos que los sustentan. El **Indicador de provisión de agua** parece factible de implementar en Chile dado la existencia de buenas bases de datos hidrológicas. Además este indicador se asimila a los objetivos Aichi adquiridos por Chile ante el CBD. Adicionalmente, este servicio ecosistémico ha sido citado como el más importante para el MMA (Simonetti-Grez et al., 2015). Según las averiguaciones hechas por Simonetti-Grez et al (2015), los tomadores de decisiones consultados declaran la necesidad de contar con información sobre servicios ecosistémicos, lo que revela la urgencia de iniciar su monitoreo de largo plazo. Es indispensable considerar la implementación y financiamiento de esfuerzos que estimulen el uso de

este tipo de índices, que requieren la vinculación de científicos sociales y ambientales.

Es importante reforzar la idea que los indicadores, si no son monitoreados en el largo plazo, proveen solo una imagen instantánea del estado de una especie, un grupo taxonómico o un ecosistema. Sin un seguimiento efectivo de los datos, por plazos concordantes con los procesos medidos, no podemos evaluar las consecuencias de fenómenos como el cambio climático. Este seguimiento debe estar acompañado por la implementación de una red de monitoreo, ya que las tendencias varían en el ámbito geográfico, y de plataformas centralizadas de almacenamiento y análisis de datos.

## 6. ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS EN EL MANEJO DE BASES DE DATOS

La capacidad de integrar y analizar grandes volúmenes de datos de origen heterogéneo es central al momento de enfrentar escenarios complejos de toma de decisiones (Peters et al 2008). Específicamente, la capacidad de convertir datos en información y garantizar la interoperabilidad de las bases de datos, dependerá de los protocolos de almacenamiento convenidos por los miembros de la red en las etapas tempranas de organización. El éxito mostrado por observatorios históricos tales como NEON (US National Ecological Observatory Network, Keller et al 2008) o GLEON (Global Lake Ecological Observatory Network, Kratz et al 2006) descansan en el riguroso apego a estándares de manipulación de datos que permiten coordinar los esfuerzos en terreno, presentes e históricos; de cientos de investigadores.

Experiencias colaborativas de investigación de largo plazo (e.g., LTER - Long Term Ecological Research en Estados Unidos) comenzaron gracias a la cooperación de una veintena de investigadores principales, un número equivalente de estudiantes de postgrado (Michener & Waide 2008, Michener & Bones 2010) y una red reducida de sitios de monitoreo. Estas iniciativas permitieron generar nuevo conocimiento en ecoinformática y desarrollar herramientas innovadoras de integración, análisis, visualización y preservación de información biológica relevante, además de información socio-económica y territorial que apoya el desarrollo de medidas de manejo ambiental más eficientes.

Una red de monitoreo de largo plazo de la biodiversidad depende de manera crucial no sólo en la existencia de capacidades logísticas para la captura de datos en terreno, sino también de la calidad de los sistemas de integración, almacenamiento y difusión de los mismos (Kelling et al 2009, Witlock 2010). Sin una correcta apreciación del ciclo de vida de datos no es posible poner en valor los esfuerzos de coordinación entre profesionales y colaboradores de una eventual red de monitoreo. Por lo tanto, en esta sección se describen los principales aspectos del ciclo de vida de los datos en relación a los resultados observados en la encuesta aplicada en la presente consultoría. Se describen seis etapas, modificadas a partir de la sistematización originalmente sugerida por Michener & Bones (2012).

### Etapas 1: Planificación

La planificación para la adquisición y manejo de datos es una etapa muy poco apreciada aunque fundamental. Normalmente se supone que la simple colecta de registros históricos independientes proveerá un soporte cuantitativo suficiente para implementar medidas de manejo. La realidad es que en rara ocasión es posible unificar datos originados bajo protocolos de colecta de datos que difieren en el tipo de

variables, unidades de medición, resolución y extensión de muestreo. Sin embargo, existen herramientas diseñadas específicamente para ayudar en esta etapa tales como DMPTool (<http://dmp.cdlib.org/>) y DCC (<http://www.dcc.ac.uk/>). Es recomendable poner en conocimiento y capacitar a los eventuales miembros de una red de monitoreo sobre este aspecto del ciclo de vida de datos.

### Etapa 2: Colecta de datos

Los datos de biodiversidad son obtenidos de muchas formas distintas. En algunos casos, inventarios de riqueza existen o están siendo relevados en investigaciones de diversidad funcional o de servicios ecosistémicos, donde el conteo de especies es una variable principal de análisis. Sin embargo, el escenario más común es aquel donde la información primaria es a nivel de una o unas pocas especies, obteniéndose estimaciones de diversidad secundariamente por simple adición de registros y agregación a una escala espacial o temporal conveniente. Existen muchas aproximaciones y herramientas de organización de datos propicias para conectar registros heterogéneos en origen, los que van desde el análisis estadístico para homogenizar datos e imputar registros perdidos, hasta modelos sofisticados de diseño de tablas relacionales que potencian la escalabilidad de la base de datos (e.g. SQL, Structured Query Language). Puesto que la oferta de herramientas es amplia, es importante definir una opción a nivel central y capacitar a los colaboradores de la red para una rápida adopción de la terminología y aspectos técnicos relevantes. De esta forma, los protocolos de captura de datos en terreno tendrán una correspondencia adecuada a los formatos y estándares de almacenamiento digital.

Por ejemplo, el Programa LTER de USA ha adoptado por más de 30 años el paradigma de bases de datos relacionales, jugando un rol preponderante en el diseño y preparación de metadatos y protocolos de entrada de nuevos registros (Gosz et al 2010). Este esquema de trabajo ha facilitado la integración de datos generados por múltiples proveedores de información (Michener et al 2011).

### Etapa 3: Control de calidad

La red de monitoreo de biodiversidad debe contar con múltiples puntos de verificación de calidad, los que deben ser aplicados antes, durante y después de la colecta de datos en terreno. En principio, el mejor mecanismo de control de calidad consiste en definir estándares en los formatos de captura de datos, codificación consistente (e.g., nombres de sitios, etiquetas de especies, poblaciones, etc.), claridad en las unidades de medición empleadas, y explicitación de un esquema de metadatos. Lo anterior facilita la integración de datos a nivel central (Michener 2006, 2011). Sin embargo, a nivel de los proveedores de datos (i.e., investigadores, consultores, etc.) es importante considerar prácticas rutinarias de control de calidad

tales como pruebas de doble entrada para detectar posibles inconsistencias en la digitación de datos. También es aconsejable que los proveedores produzcan documentación referida al control de calidad y que sea incorporada como parte de la metadata. Por ejemplo, US-LTER posee un sistema de control NIS (Network Information System) diseñado para clasificar los productos generados según una escala que varía desde datos crudos o mínimamente modificados (nivel 0) hasta productos altamente sofisticados (nivel 4).

#### Etapa 4: Metadata

Corresponde a la documentación requerida para entender el contenido de las Cuadros de datos producidas. Esta documentación típicamente incluye (1) información sobre el proveedor/creador de los datos que se están documentando; (2) el formato de almacenamiento del contenido; (3) período o fecha específica de colecta; (4) lugar de colecta, idealmente con datos de georreferenciación, y lugar de procesamiento de los datos; (5) descripción del proceso de control de calidad. Una red de monitoreo de biodiversidad deberá adoptar un esquema de metadatos, idealmente en concordancia con redes de monitoreo internacional.

#### Etapa 5: Preservación de datos

Corresponde a la etapa de almacenamiento de datos propiamente tal. La elección de *software* y repositorios web, verificación de acceso remoto, respaldo y actualización de datos a lo largo del tiempo, son procesos propios de esta etapa del ciclo de datos (Jones et al 2006, Marcial & Hemminger 2010). Otras acciones importantes en esta etapa son la producción de identificadores de objetos (DOI, Digital Object Identifiers) necesarios para desambiguar eventuales coincidencias de nombres con otras bases de datos, y permitir la cita de la misma. Por ejemplo, el Centro de Dinámica Biogeoquímica del Laboratorio Nacional Oak Ridge (USA) asigna DOIs para dar seguimiento a sus productos. Una red nacional de monitoreo deberá adoptar un modelo de almacenamiento de datos que sea robusto a los rápidos cambios tecnológicos. Un modelo de servidores de datos centralizado versus distribuido dependerá de las capacidades de inversión en infraestructura, pero principalmente en las expectativas de crecimiento futuro. Idealmente un sistema distribuido reduce los riesgos de pérdida fortuita de datos, a expensas de un costo más alto de implementación y mantención.

#### Etapa 6: Integración de bases de datos

La fase de consolidación de los esfuerzos de colecta de datos en un escenario donde las escalas de estudio son discrepantes, con especies focales distintas, y áreas disciplinarias dispares (estudios poblacionales, climáticos, ecosistémicos) es en principio impracticable. Lograr una representación común para codificar datos y

conseguir compatibilidad suficiente para promover su análisis es un proceso consumidor de tiempo, pues demanda gran cantidad de personal y horas de trabajo manual (Kelling 2009, Michener & Bones 2009). El proceso puede automatizarse en parte con la adopción de modelos semánticos (Buccella 2009, Leinfelder 2011), por ejemplo, Ontologías de Observación. Esta etapa no resulta en absoluto familiar en el trabajo de biólogos, acostumbrados a capturar datos tabulares en planillas de cálculo tipo Excel (procedimiento propenso a errores de digitación y por ende baja calidad). Por tratarse de un área de trabajo abstracto y poco intuitivo para biólogos de campo, es necesario generar instancias de colaboración con profesionales del área informática que permitan poner en valor los esfuerzos de terreno con la etapa de integración de datos. Existen algunas plataformas *open source* que facilitan este proceso (e.g., DataONE, LifeWatch, NEON y GLEON), además de plataformas comerciales. Por tratarse de una etapa fundamental para coordinar nodos de trabajo dentro de una red de monitoreo, es importante capacitar y adoptar la terminología relevante para poner en valor todas las etapas del ciclo de datos de la red.

### 6.1 Estándares de datos y metadata

Los esfuerzos de colecta coordinada de datos son fundamentales para una integración exitosa de información ambiental orientada a la toma de decisiones. Sin embargo, la falta de sincronía entre proyectos de investigación, diferencias en escalas de colecta, y especies focales de interés son una constante que impide realizar con sencillez la consolidación esfuerzos de muestreo. Por lo tanto, es fundamental incrementar la interoperabilidad de las bases de datos por medio de la adopción de estándares de diseño de bases de datos y metadata asociada.

La mayoría de los formatos adoptados en los sistemas principales de almacenamiento de bases de datos están originalmente basados en los estándares **ISO 15836-2009**, **NISO Z39.85** y **IETF RFC 5013**. Estos estándares dan forma al difundido Dublin Core, basado en XML (Extensible Markup Language) a partir del cual se derivan dos de los principales estándares usados en ecología: Darwin Core y EML (Ecological Metadata Language). Darwin Core es en esencia un conjunto de Cuadros documentadas con un archivo metadata que describe los contenidos de la base de datos y estipula la terminología usada, campos de datos, especifica unidades de medición, origen de los datos, etc. La Global Biodiversity Informatin Facility (GBIF) es una de las iniciativas más conocidas soportada por este tipo de estándar. Ecological Metadata Language (EML) es una especificación desarrollada para ecología bajo el patrocinio de la Ecological Society of America (Michener et al. 1997), y se basa en el estándar **ISO 19139** que define los esquemas XML de la **ISO 19115** para Geodatos.

En el contexto del presente informe, los antecedentes antes descritos muestran que existen estándares ampliamente difundidos y soportados en todas las plataformas de gestión de datos modernas. Sin embargo, la práctica habitual de los profesionales e investigadores en biodiversidad en Chile es capturar y consolidar información en planillas de cálculo, sin adoptar ninguno de los estándares disponibles en el mercado, minimizando así el potencial de interoperabilidad las bases de datos existentes. Una red de monitoreo de la biodiversidad deberá considerar capacitaciones en materia de metadatos y estándares de consolidación en etapas tempranas de su implementación.

## 7. DISCUSION Y RECOMENDACIONES

Estudios recientes indican que la biodiversidad a escala local y regional ha declinado en las últimas décadas (e.g., Burchart et al. 2010, Barnosky et al.2011) poniendo en peligro la integridad de los ecosistemas y los servicios que sustentan la economía y bienestar de las sociedades humanas. En Chile, existen esfuerzos limitados para conocer el estado de la biodiversidad, sin continuidad ni coordinación respecto a las metodologías e indicadores, que permitan una evaluación periódica de los efectos de las actividades de manejo, uso del suelo, crecimiento urbano e industrial y del cambio climático. El presente estudio documenta esta realidad, pero al mismo tiempo provee un cuadro general de la capacidad humana y técnica para generar una Red Nacional de monitoreo de la biodiversidad que en el futuro debería tener coordinación centralizada nacional e integrarse a las redes de monitoreo internacionales. Los resultados indican que la capacidad para recoger y manejar la información está presente principalmente en los centros académicos, lo que ha respondido a inquietudes individuales más que a un programa de alcance nacional. La mayor parte de los encuestados consideraría positivo y factible compartir información y participar en una red institucional en la medida en que tenga beneficios. A continuación, discutimos las preguntas y dificultades prácticas que surgen del estudio, en el contexto de los TDR de la consulta, y proponemos recomendaciones para desarrollar el programa de monitoreo sobre la base de la información presentada.

1. ¿Cómo se compatibilizan las necesidades de información de la futura red de monitoreo con el hecho de que los datos derivan de iniciativas propias de los investigadores financiadas por fondos concursables? Esta situación nos indica la necesidad urgente de crear un programa nacional que catalice estas iniciativas dentro de un marco de preguntas y metodologías compartidas. Esto contribuiría a generar información relevante para evaluar el estado de la biodiversidad sobre la base de indicadores y presiones en ecosistemas sensibles del país (e.g., Pereira y Cooper 2006). **Recomendación:** La experiencia actual nos ayudaría a estimar los costos aproximados de futuros estudios de biodiversidad, tomando como referencia los fondos ocupados hoy por los investigadores. Es recomendable crear un fondo centralizado que tenga como objetivo promover el monitoreo de datos para la utilización de indicadores de biodiversidad a lo largo del territorio. Es llamativo que muchos investigadores que toman datos relevantes para evaluar el estado de la biodiversidad terrestre reciben fondos internacionales. Es factible considerar que a futuro la Red de Monitoreo debe sostenerse con una combinación de aportes nacionales e internacionales.

2. Nuestros resultados indican que los datos sobre biodiversidad se obtienen en su mayoría de manera manual, dependiente del apoyo de un número indeterminado de estudiantes, técnicos y tesistas, con una mínima existencia de registros automáticos o remotos. Sumado a esto, las bases de datos son almacenadas usualmente en archivos EXCEL, e incluso una proporción importante se guarda únicamente en papel. Esta situación no es compatible con el desarrollo de una vasta plataforma de levantamiento de información nacional, de acceso amplio, con altos estándares de calidad y capacidad de intercambio con otros países. La toma de datos manuales está sujeta a errores debidos a subjetividad y falta de capacitación técnica en algunos casos, o puede ser interrumpida por problemas personales. La automatización mediante sensores remotos facilita la continuidad, objetividad y masificación en la toma de datos ecológicos cuando son necesarios (Rundel et al. 2009). **Recomendaciones:** Una futura Red de Monitoreo debe hacer uso de la capacidad instalada actualmente en sitios de estudio a lo largo del país, proveyendo infraestructura y equipamiento que facilite la toma de datos mediante sensores (e.g., trampas cámara), con baja demanda de personal, que funcionen de manera remota y en tiempo real. Este tipo de instrumentación puede ser usada tanto para datos físicos como biológicos y preferentemente ambos tipos de datos integrados. El almacenamiento de datos de largo plazo, producto de monitoreo, debe hacerse en programas con estándares de uso común en redes internacionales (e.g., SQL) y que permitan el rápido manejo y comprensión de los diversos formatos en que la información es almacenada, además de permitir análisis estadísticos y control de calidad. Debe establecerse una plataforma centralizada de almacenamiento de bases de datos de indicadores de biodiversidad en un formato de amplio uso. El acceso a los datos debe ser regulado por un protocolo de común acuerdo entre los participantes y la institución coordinadora. Los datos incluidos en publicaciones científicas en revistas internacionales quedan disponibles automáticamente a los potenciales usuarios. Sería óptimo que programas como CONICYT o el MMA financiaran el traspaso de los datos almacenados en papel o en diversos formatos de Excel a SQL.

3. Los resultados demuestran que los datos sobre biodiversidad terrestre son originados en su mayoría a partir del trabajo de investigadores y tesistas en instituciones académicas, financiados por proyectos concursables. En menor proporción estos datos son colectados por consultorías puntuales para empresas privadas o por instituciones del Estado con objetivos de más largo plazo (INFOR, CONAF). Los nexos entre estos diferentes proveedores de información son limitados y existen escasas instancias de acuerdo sobre estándares y metodologías. Aún menos instancias existen para compartir información o plataformas de intercambio de información. **Recomendación:** Parece necesario que una futura Red de Monitoreo estimule instancias formales de vínculo y

coordinación entre entidades académicas, privadas y gubernamentales. Esta Red deberá concebir formas e incentivos para compartir información generada por la academia y protocolos para estandarizar y mejorar la toma de datos y los métodos de colecta y almacenamiento de información. También este vínculo puede hacer más efectivo el uso de los sitios de estudio, recursos e instrumentos de medición entre los organismos académicos, públicos y privados. La toma de decisiones y las acciones de conservación y manejo pueden hacerse de manera paralela a la colección y análisis e la información sobre biodiversidad, promoviendo un enfoque adaptativo en las acciones de entidades privadas y gubernamentales.

4. En relación a la escala ecosistémica, los consultados confirman una incipiente cobertura de procesos ecológicos respecto a la diversidad de indicadores usados y un escaso número de servicios ecosistémicos registrados en bases de datos. Esta situación dificulta la construcción y evaluación de diferentes indicadores de biodiversidad para ser usados en futuros estudios de monitoreo del estado de la biodiversidad en Chile. Las variables de estado de la biodiversidad deben considerar indicadores de procesos ecológicos (Butchart et al. 2010) que son sensibles a cambios ambientales (e.g. uso del suelo, cambio climático). La cobertura de ecosistemas estudiados en Chile es amplia y bastante completa, pero en cada caso es importante conocer las facilidades logísticas y técnicas que existen en los sitios de estudio que podrían integrarse a la red de monitoreo a lo largo de Chile. Existen estándares definidos para este fin y un marco conceptual propuesto para los estudios de largo plazo con un foco ecosistémico (Núñez et al. 2014). **Recomendación:** Fortalecer el monitoreo de procesos ecosistémicos en distintos sitios de estudio a lo largo de Chile, identificando con ayuda de un esquema conceptual amplio los procesos de mayor interés debido a su relevancia para sustentar la biodiversidad (Burchart et al. 2010, Han et al. 2014, Núñez et al. 2014). Estos procesos representan variables de estado importantes para los análisis de la biodiversidad y los ecosistemas, que deberían ser comparables con los usados en otros países de la región. Además, se recomienda identificar servicios ecosistémicos críticos que deben ser monitoreados sobre la base de la Cuadro incluida en las consultas del ANEXO II.

5. La mayor parte de los investigadores en biodiversidad terrestre han hecho presente su compromiso con investigación de largo plazo, citando la existencia de bases de datos de al menos 5 años y ocasionalmente hasta dos décadas o más, lo cual provee un apoyo fundamental a la constitución de la Red de Monitoreo y a la evaluación del estado de la biodiversidad en el país. Es poco claro, sin embargo en las respuestas de la encuesta cuál ha sido la continuidad o frecuencia de las mediciones durante estos períodos, así como la mantención a través del tiempo de los protocolos de muestreo, las formas de almacenamiento de información y

análisis de datos. En una Red con altos estándares es preciso tener mediciones de calidad por tiempos prolongados y una plataforma que provea acceso a la información. El potencial actual para integrar bases de datos y sitios de estudio en esta Red es alto, tomado como base los resultados de la encuesta. **Recomendación:** La Red puede ser construida sobre una plataforma amplia de sitios que ya cuentan con bases de dato de largo plazo, e incluya sitios adicionales en localidades estratégicas. Es necesario que la Red de Monitoreo fortalezca la infraestructura y personal técnico de los sitios que cuenten con bases de datos extensas (más de 5 años) y que se comprometan institucionalmente a mantener la frecuencia y continuidad de los muestreos o mediciones. Esto es especialmente importante en lo que respecta procesos ecosistémicos que deben ser evaluados en el largo plazo y que requieren infraestructura y equipamiento in situ que puede tener un alto costo de operación (Núñez et al. 2014, Gaxiola et al. 2014). Además, el establecimiento de una red de sitios de estudio de biodiversidad y de procesos ecosistémicos institucionalmente estable y con financiamiento concursable dedicado a este fin, ayuda a dos propósitos: complementar el levantamiento de información biológica y climática junto a la toma de decisiones (privadas o públicas) a nivel nacional, y la comunicación directa de los resultados sobre el cambio de las variables de estado a la comunidad, autoridades locales y a la comunidad científica. El uso de un enfoque adaptativo del diseño de los programas de monitoreo se beneficia directamente del establecimiento de una red de sitios estable en el tiempo y con financiamiento basal. Por otro lado, en aquellas regiones en donde no haya estudios con más de cinco años de continuidad o sean muy pocos, se pueden usar series de tiempo basadas en estudios discontinuos o que hayan cesado, y contrastar los datos extrapolados con información actual, de forma que sean mediciones comparables en el tiempo y llenar vacíos de información. Esto puede ser especialmente útil para generar líneas de base respecto al cambio climático.

6. En general, el almacenamiento y manejo de bases de datos respecto de biodiversidad presenta deficiencias que deben ser mejoradas para la futura implementación de la Red, como se mostró en este estudio, la estandarización de bases de datos es baja. Es probable que la formación de los manejadores de datos de cada institución o centro, cuando los hay, necesite talleres para actualizarse sobre estandarización. **Recomendación:** Capacitar a los potenciales miembros de la red de monitoreo sobre los aspectos técnicos del ciclo de vida de los datos. Esto permitirá adoptar el lenguaje y terminología técnica adecuada y facilitará la interoperabilidad entre bases de datos, y potencial de colaboración con iniciativas internacionales. Adoptar un estándar de gestión de datos que sea de amplio alcance (e.g., EML) pensando en el desarrollo futuro de la red de monitoreo. La adopción de un estándar no debe fundamentarse en el inventario

de datos existente a la fecha. La información existente puede ser regularizada con base en el estándar adoptado, segmentándolo en variables de monitoreo de largo plazo, y microdatos de alcance más limitado en extensión. Es recomendable adoptar estándares de esquemas de metadatos coherentes con plataformas internacionales exitosas. Estudiar el modelo de escalabilidad y ciberinfraestructura requerida para soportar la red de monitoreo. Esta es una inversión fundamental para el éxito de una red de monitoreo de biodiversidad. Un diseño apropiado permitirá definir con precisión los costos de inversión y mantención de servidores de datos, pero por sobre todo será fundamental para definir la cantidad y especialización de los profesionales encargados de soportar la red de monitoreo.

## 8. SÍNTESIS DE BRECHAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD TERRESTRE.

Simonetti-Grez et al (2015) destacan las necesidades de información de los tomadores de decisiones. En este contexto, se presenta a continuación una relación entre lo que existe y lo que se requiere, según los resultados de esta encuesta.

Los tomadores de decisiones declararon la necesidad de contar con **series de datos de largo plazo**. Esto se condice con el objetivo de una red de monitoreo y de acuerdo a la presente encuesta, la mayoría de los posibles proveedores de datos han recolectado información por al menos 20 años. Lamentablemente, por la manera en que se realizó dicha pregunta, y porque no todos entendemos lo mismo por “monitoreo” es probable que muchas respuestas no consideraran el requisito de un protocolo estandarizado de toma de datos y objetivos de investigación comparables. Esto se confirma con el hecho de que la mayoría de la información generada es financiada por fondos concursables, tantos estatales como internacionales, los que en general tienen duraciones menores a cinco años. Así mismo, los fondos concursables por su naturaleza y objetivos están constantemente buscando estudios nuevos o innovaciones, hecho que coarta la posibilidad de estudiar a largo plazo los cambios de biodiversidad o procesos que responden al cambio climático. Sugerimos como siguiente paso, hacer la consulta directa a aquéllos que declararon llevar más de 10 años tomando datos de biodiversidad en un mismo sitio para aclarar su compromiso personal o institucional y conocer la frecuencia, estándares y protocolos de muestreo. Finalmente, a pesar de la necesidad de datos de largo plazo, no hay un parámetro único y estandarizado mundial o nacional de lo que se entiende por “largo plazo”, por lo que también es necesario debatir el tema entre expertos y autoridades y llegar a acuerdos que hay que difundir y promover a continuación (ver por ejemplo, Likens 1989).

Uno de los mayores vacíos de información se debe a la ausencia de información básica sobre los taxa que conforman la biodiversidad (p. ej. Sistemática, distribución de colectas) y mayor aún es el vacío referente al monitoreo de nuestra diversidad genética. Pocos tomadores de decisiones mencionaron la necesidad de información a nivel genético y la generación de este tipo de información es aún incipiente según las respuestas recogidas en la presente consulta. La necesidad de mayor información sobre nuestra diversidad a nivel genético será una prioridad en el futuro próximo, dado que Chile es un país con una elevada riqueza de recursos naturales y diversidad genética, y puesto que el tema está asociado con la discusión de la ley sobre biodiversidad que se encuentra en el parlamento. En especial, si Chile se suma al Protocolo de Nagoya. Además, el sistema de Parque Nacionales está diseñado de manera incongruente con los patrones de diversidad específica y genética.

Con respecto a monitoreo de grupos taxonómicos específicos, no existe gran detalle de lo esperado por los tomadores de decisiones, aunque a veces mencionan, a los reptiles, quienes junto a los anfibios según los resultados de la encuesta, aún están precariamente estudiados. Otros grupos como algunas familias importantes de

mamíferos, anfibios y algunas plantas como las criptógamas también deberían recibir mayor atención, ya que son reconocidos como buenos indicadores de tendencias o respuestas al impacto humano, pero no son mencionados por los tomadores de decisiones.

Las especies protegidas o con altos grados de amenaza son comúnmente un indicador usado a nivel nacional e internacional. Ese tipo de información está disponible para todos los grupos taxonómicos, y es posible que su monitoreo sea de los más sencillos a implementar. Sin embargo se requiere más detalle respecto a si las especies protegidas que se registran hoy son las adecuadas, según las necesidades de los tomadores de decisiones y la distribución regional de este tipo de monitoreo.

Dentro de la información referida a servicios ecosistémicos necesaria para tomadores de decisión del país, las más mencionadas hacían alusión a la provisión de agua, lo cual coincide con que éste es uno de los servicios ambientales más estudiados también, y seguramente uno para el cual es factible implementar rápidamente un monitoreo a largo plazo. Como se ha mencionado anteriormente, el estudio de los servicios ecosistémicos es aún incipiente, por lo que a pesar que la “provisión de agua” es de los más estudiados, existen importantes vacíos de información para la construcción de un indicador nacional. Adicionalmente, es necesario llevar a cabo más inversión en este tipo de monitoreo ambiental y de largo plazo en un conjunto de regiones del país.

En su mayoría, los tomadores de decisiones coinciden en que se requiere información a escala regional para poder aplicar políticas de conservación. Afortunadamente, esto también tiene concordancia con los resultados de esta encuesta, ya que la mayoría de los estudios o monitoreos llevados a cabo son a escala local y regional. Sin embargo, Simonetti-Grez et al (2015) mencionan inconsistencias en este sentido, ya que mucha de la información requerida por los tomadores de decisiones debe estar disponible en escalas menores. En todo caso, la red de monitoreo debe considerar información en distintas escalas y en lo posible, que anidadas para un manejo más sencillo.

Con respecto de quienes proveen de información a los tomadores de decisiones, según reportan Simonetti-Grez et al (2015), son un en su gran mayoría otras entidades de gobierno. Esto no se condice con lo documentado en este estudio, que las entidades que generan de primera mano la información respecto de biodiversidad terrestre son en su mayoría universidades y centros académicos. Es decir, los tomadores de decisiones están usando fuentes de información de segunda mano en el mejor de los casos, o datos incompletos o erróneos en el peor de los casos. Existe aquí un obstáculo importante que subsanar. Según la capacidad instalada existente, deberían ser las entidades académicas las llamadas a registrar los datos a largo plazo que sirvan de base para los diferentes análisis sobre biodiversidad que requiere el país, pero para ello hay que asegurar apoyo importantes por parte del Estado con recursos sostenidos y cambiar la visión de que este tipo de investigación no es ciencia de punta. Por supuesto, que en este sentido además es necesario el

desarrollo de un mayor diálogo entre la academia y el MMA, en especial con la entidad encargada del monitoreo. Ya se mencionó que la generación, acceso y almacenamiento de datos requiere acuerdos formales público-privados (con la academia y organismos del Estado). Probablemente este sea uno de los mayores retos de la instalación de una red de monitoreo de biodiversidad (recomendación 3).

Un punto interesante al cual se hace mención en el informe de Simonetti-Grez et al (2015) es la posible inclusión de privados en una futura red de monitoreo. Los entes privados, sobre todo las empresas mineras, generan volúmenes importantes de información con respecto a biodiversidad terrestre a través de las consultoras ambientales. Esta información debería estar disponible a través del Sistema de Evaluación Ambiental del MMA, pero no siempre es así, y a menudo presenta estándares mínimos para ser considerados en una red (mencionado por el MMA en conversaciones personales). Sería importante generar instrumentos políticos que definieran con mayor precisión el aporte de los privados con respecto al monitoreo de la biodiversidad. Esto encausaría los esfuerzos que hoy se realizan y además podría enriquecer la base de datos nacional con un gran volumen de información. Insistimos en la necesidad de estimular acuerdos formales tripartitos entre organismos públicos, entidades privadas y centros académicos.

Dado que una plataforma robusta y actualizada de información sobre biodiversidad no existe todavía, el estudio de Simonetti-Grez et al (2015) recoge en limitada medida las necesidades de control de calidad, formatos de la información y la interoperabilidad entre bases de datos, pero sin duda por lo observado en el presente estudio, este aspecto requerirá de grandes esfuerzos para su coordinación e implementación para lo cual es indispensable llevar a cabo talleres de formación, actualización y nivelación en eco-informática, priorizados por entidades principales (nodos). El desafío principal es argumentar, difundir y convencer a los poseedores de bases de datos que las hagan disponibles. Se pueden considerar distintos tipos de acceso público a la información y se debe asegurar que la autoría de la misma siempre estará estipulada.

## CONCLUSION FINAL

La información recogida apoya fuertemente el propósito de establecer una Red Nacional de Monitoreo de Biodiversidad basada en la comunidad científica nacional, con participación de entidades públicas y privadas que puedan contribuir a la mantención de sitios de estudio en el largo plazo. Las principales fortalezas del núcleo de investigadores nacionales son el compromiso con el monitoreo de largo plazo, la diversidad de grupos taxonómicos y ecosistemas cubiertos por las bases de datos actuales, y la disposición a colaborar y compartir información con otras entidades. Las debilidades mayores tienen que ver con la falta de protocolos estandarizados a nivel nacional (e.g., indicadores prediseñados) y de equipamiento para monitoreo remoto, la ausencia de protocolos de y formatos profesionales de almacenamiento de datos reconocidos internacionalmente en redes de monitoreo, y la ausencia de financiamiento e institucionalidad que dé continuidad y provea una coordinación de los esfuerzos a escala nacional y regional. La generación de una institucionalidad con estructura de red es necesaria para poder dar cabida a muchos interesados con diversidad de experiencias y capacidades. La participación académica es imprescindible para proveer un marco conceptual y una aproximación adaptativa al proceso de monitoreo, en relación con la utilidad de los datos en la toma de decisiones. Finalmente, es importante considerar en los círculos académicos la oportunidad de monitoreo de biodiversidad que proveen los sitios manejados y áreas de restauración ecológica que resultan de la institucionalidad ambiental de Chile, frecuentemente en terrenos bajo propiedad privada. Estos sitios deben ser monitoreados rigurosamente para establecer los cambios de estado de variables ecosistémicas e indicadores de biodiversidad agregados, contribuyendo así a fortalecer las buenas prácticas de manejo y la evaluación de tendencias de declinación o reparación de la biodiversidad relevante para las políticas nacionales y también en el contexto global y regional.

## 9. LITERATURA CITADA

Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O., Swartz, B., Quental, T.B., et al. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471, 51–7.

Buccella A., Cechicha A., Fillotranib P. (2009) Ontology-driven geographic information integration: a survey of current approaches. *Comput. Geosci.* 35: 710–723.

Buckland, S.T., Magurran, A.E., Green, R.E, Fewster, R. M. (2005). Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 360, 243-54.

Butchart, S.H., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J.P., Almond, R.E., et al. (2010). Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328, 1164–8.

Burton, A. Huggard, D., Bayne, E., Schieck, J., Solymos, P., Muhly, T., Farr, D., Boutin, S. (2014). A framework for adaptive monitoring of the cumulative effects of human footprint on biodiversity. *Environ Monit Assess*, 186(6), 3605-17.

Ford, R., Williams, K., Bishop, I., Hickey, J. (2009). Public judgements of the social acceptability of silvicultural alternatives in Tasmanian wet eucalypt forests. *Australian Forestry*.72 (4), 157-171.

Gaxiola, A., Celis-Diez, J. L., Rozzi, R., & Gutiérrez, J. (2014). Estudios socio-ecológicos de largo plazo en los sitios fundadores de la red LTSER-Chile: desafíos y oportunidades para el futuro. *Bosque (Valdivia)*, 35, 421-428.

Gosz, J.R., Waide R.B., Magnuson J.J. (2010). Twenty-eight years of the US-LTER program: experience, results, and research questions. In *Long-Term Ecological Research* (Muller, F. et al., eds), pp. 59–74, Springer.

Han, X., Smyth, R., Young, B., Brooks, T., de Lozada, A., Bubb, P., et al. (2014). A Biodiversity Indicators Dashboard: Addressing Challenges to Monitoring Progress towards the Aichi Biodiversity Targets Using Disaggregated Global Data. *PLoS ONE*, 9, e112046.

IUCN. (2008). Indicadores de seguimiento de la biodiversidad: ¿Que nos dice la información sobre las especies? [www.iucn.org/redlist](http://www.iucn.org/redlist).

Jones M.B., Schildhauer M.P., Reichman O.J., Bowers S. (2006). The new bioinformatics: integrating ecological data from the gene to the biosphere. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 37: 519–544.

Keller M., Schimel D.S., Hargrove W.W., Hoffman F.M. (2008). A continental strategy for the National Ecological Observatory Network. *Front. Ecol. Environ.* 6: 282–284.

Kelling S., Hochachka W.M., Fink D., Riedewald M., Caruana R. Ballard G., Hooker G. (2009) Data-intensive science: a new paradigm for biodiversity studies. *Bioscience* 59: 613–620.

Kratz T.K., Arzberger P.W., Benson B.J., Chiu C-Y, Chiu K., Ding L., Fountain T., Hamilton D., Hanson P.C., Hu Y.H., Lin F-P., McMullen D.F., Tilak S., Wu C.H (2006) Toward a global lake ecological observatory network. *Publ. Karelian Inst.* 145, 51–63.

Leinfelder B., Bowers S., O'Brien M, Jones M.B., Schildhauer M. (2011). Using semantic metadata for discovery and integration of heterogeneous ecological data. In *Proceedings of the Environmental Information Management Conference (EIM 2011)* (Jones, M.B. and Gries, C., eds), pp. 92–97, University of California.

Likens, G ., ed. (1989) *Long-term studies in ecology*. Springer, Berlin.

Lindenmayer, D.B. (2015). Continental-level biodiversity collapse. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 112, 4514–5.

Marcial L.H., Hemminger, B.M. (2010) Scientific data repositories on the web: an initial survey. *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.* 61: 2029–2048.

Marquet, S., Abades, S., Armesto, J., Barria, I., et-al. (2010). *Estudio de Vulnerabilidad de La Biodiversidad Terrestre en La Eco-Región Mediterránea, a Nivel de Ecosistemas y Especies, y Medidas de Adaptación Frente a Escenarios de Cambio Climático*. Ministerio de Medio Ambiente e Instituto de Ecología y Biodiversidad-Universidad Católica. 138 pp

Mendenhall, C., Karp, D., Meyer, C., Hadly, E. & Daily, G. (2014). Predicting biodiversity change and averting collapse in agricultural landscapes. *Nature* 509, 213-217.

Michener W. (2006) Meta-information concepts for ecological data management. *Ecol. Inform.* 1: 3–7.

Michener W.K., Waide R.B. (2008). The evolution of collaboration in ecology: lessons from the United States Long Term Ecological Research Program. In *Scientific Collaboration on the Internet* (Olson, G.M. et al., eds), pp. 297–310, MIT Press.

Michener W.K., Bones M.B. (2010). Ecoinformatics: supporting ecology as a data-intensive science. *Trends in Ecology and Evolution* 27: 85-93.

Michener W., Porter J., Servilla M., Vanderbilt K. (2011). Long term ecological research and information management. *Ecol. Inform.* 6: 13–24.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.

Ministerio del Medio Ambiente (2014). *Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD)*. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 140 pp.

Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A., et al. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520, 45–50.

Núñez-Ávila, M., C. Frêne, and J. J. Armesto (2014). Propuesta para la consolidación de una Red Chilena de Estudios Socio-Ecológicos de Largo Plazo. *Bosque (Valdivia)* 35(3), 467-474.

Pereira, H.M. & David Cooper, H. (2006). Towards the global monitoring of biodiversity change. *Trends Ecol. Evol.*, 21, 123–9.

Peters, D.P.C., Groffman P.M., Nadelhoffer K.J., Grimm N.B., Collins S.L., Michener W.K., Huston M.A. (2008). Living in an increasingly connected world: a framework for continental-scale environmental science. *Front. Ecol. Environ.* 5: 229–237.

Pimm, S.L., Jenkins, C.N., Abell, R., Brooks, T.M., Gittleman, J.L., Joppa, L.N., et al. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344, 1246752.

Rundel, P.W., Graham, E.A., Allen, M.F., Fisher, J.C. & Harmon, T.C. (2009). Environmental sensor networks in ecological research. *New Phytol.*, 182, 589–607.

Simonetti- Grez, G., Cuevas, A., Simonetti, J. (2015). Diagnóstico sobre tomadores de decisiones y necesidades de información para la toma de decisiones en apoyo al diseño de la red de monitoreo de la biodiversidad. Informe Final. Asociación Kauyeken.

Streamlining European Biodiversity Indicators. (2015). *Indicadores de Biodiversidad*. <http://biodiversity.europa.eu/topics/sebi-indicators>. Consultada el 12/3/2015.

Tittensor, D.P., Walpole, M., Hill, S.L.L., Boyce, D.G., Britten, G.L., Burgess, N.D., et al. (2014). A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science*, 346, 241–4.

Whitlock, M.C. (2010). Data archiving in ecology and evolution: best practices. *Trends Ecol. Evol.* 26: 61–65.

Yoccoz, N., Nichols, J. & Boulinier, T. (2001). Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology & Evolution* 16, 446-452.

## ANEXOS

### ANEXO I. Entidades consideradas para la consulta

Universidad	Centro	ONG's	
UCN-ULS	CEAZA	WWF Chile	
	FaunaAustralis	Greenpeace	
	Centro UC Cambio Global	CODEFF	
	CAPES	Fundación Terram	
	Facultad de biología	AIFBN	
UC	CDA	Fundación Chile Sustentable	
	Facultad de biología	Fundación CEQUA	
	IEB	Fundación Forecos	
	Laboratorio de biología de plantas	CEA	
	Laboratorio de entomología forestal	Tarukari	
	Laboratorio de ecología de suelos	Ecosistemas	
	Laboratorio de geomatica y ecología del paisaje	Fundación Futaleufu riverkeeper	
	Laboratorio de ecología y conservación de la vegetación	UNORCH	
	Uchile	CR2	Fundación Fungi
	USACH	LEB	Fundación Karukinka
UCV	Instituto de Biología		
UTAL	IBVB	<b>Gobierno</b>	
	CTHA	MMA	
	LIB	CIREN	
	Facultad de biología	CONAF	
	EULA	INFOR	
	CIEP	INIA	
	Grupo de manejo de ecosistemas forestales	ONEMI	
	Grupo de rotección de RRNN y modelaje de procesos ambientales	SAF	
	Grupo de manejo sostenible de SAP	DGA	
	Unidad de estudios silvoecologicos en bosques	Sernageomin	
	Grupo de propagación de plantas leñosas		
	UConce	ICBT	
UACH	ICAEV		
UMag	Instituto de biodiversidad escondida		

ANEXO II. Encuesta “Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad terrestre de Chile”

**1. Información personal y de la institución**

**1.1 Información personal**

Por favor, escriba su(s) respuesta(s) aquí:

Nombre

Profesión

Cargo

**1.2 ¿A qué tipo de Institución pertenece?**

Instituto, laboratorio o centro relacionado a universidades

Entidad de Gobierno

ONG

Empresa privada

Otro:

**1.3. ¿Cómo son generados sus datos?**

**\*las respuestas se ordenan según preferencia de los encuestados.**

Por mandato – permanente

Por mandato – puntual

Por proyectos concursables

Por estudios (encargados por terceros)

**1.4. ¿Cómo es financiada la obtención de datos?**

**\*las respuestas se ordenan según preferencia de los encuestados.**

Fondos públicos – concursables

Fondos públicos – ocasionales

Fondos públicos – permanentes

Privados (<5 años)

Privados (>5 años)

**2. Colecta de datos**

**2.1 ¿Cuánto tiempo lleva registrando, o en su defecto colectando, datos su institución?**

Menos de 5 años Menos de 5 años

Entre 5 y 10 años

Entre 10 y 20 años

Más de 20 años

**2.2 ¿Cuál es la disponibilidad actual de los datos?**

Instituciones a fines – de investigación

Instituciones a fines – de gobierno

Instituciones a fines – ONG

Público

Otro:

**2.3 ¿Cuál(es) es(son) el(los) formato(s) en que usualmente se almacenan los datos?**

XLS

DB4

SQL

Papel

Otro:

**2.4 La información que su institución recoge es:**

Primaria – propia  
Primaria – licitada  
Secundaria  
Otro:

**2.5 En promedio, la frecuencia estimada en la toma de datos es:**

Diaria (o menor)  
Semanal  
Mensual  
Estacional  
Semestral  
Anual (o mayor)

**2.6 ¿Quién(es) colecta(n) la información en su entidad?**

Investigador  
Estudiante  
Tesisista  
Técnico  
Aficionado

**2.7 ¿De qué manera se registran los datos?**

Manual  
Automática  
Remota  
Otro:

**2.8 Estime la cantidad de personas dedicadas actualmente a la colecta de datos en su entidad.**

< a 10 personas  
Entre 10 y 20 personas  
> a 20 personas

**2.9 Indique la cobertura espacial usual de su registro de datos:**

Nacional  
Regional  
Local  
Puntual

**2.10 La difusión de la información y los resultados originados en su entidad está dada por:**

Publicación científica – artículo  
Publicación científica – Conferencia  
Publicación científica – Congreso  
Libro – Por editorial  
Libro – Autoeditado  
Informes  
Anuarios  
Web – Página  
Web – Red social

Tipo de información registrada

**3. En su entidad se registran datos asociados a:**

Clima

Biodiversidad  
Procesos Ecosistémicos  
Servicios Ecosistémicos

**4. ¿Registra su institución alguno de los siguientes datos climáticos?**

Menos de 5 años    Entre 5 y 10 años    Entre 10 y 20 años    Más de 20 años

Temperatura  
Precipitación  
Humedad atmosférica  
Velocidad del viento  
Radiación solar  
Radiación UV

**4.1 ¿Podría indicar en qué región(es) está(n) situado(s) su(s) estudio(s)? De ser posible, por favor haga referencia a lugares específicos (e.g. Quebrada del tigre, PN Conguillio, etc)**

**5. Biodiversidad**

**5.1 ¿Genera su entidad datos relativos a algunos de estos grupos de flora y fauna?**

Mamíferos  
Reptiles  
Aves  
Anfibios  
Insectos  
Arácnidos  
Angiospermas  
Coníferas  
Pteridofitas  
Briofitas  
Fungi

**5.2 Indique un número estimado de especies estudiadas en su entidad (o en su defecto, en su grupo de estudio)**

Mamíferos  
Reptiles  
Aves  
Anfibios  
Insectos  
Arácnidos  
Angiospermas  
Coníferas  
Pteridofitas  
Briofitas  
Fungi

**5.3 ¿Podría indicar en qué región(es) está(n) situado su(s) estudio(s)? De ser posible, por favor haga referencia a lugares específicos (e.g. Quebrada del tigre, PN Conguillio, etc)**

**5.4 ¿Utiliza su entidad (o usted) algún tipo de indicador para evaluar la biodiversidad?**

Sí

No

**5.5 ¿Con qué grupos taxonómicos de angiospermas trabaja principalmente? Puede nombrar órdenes, familias, géneros o especies.**

**5.6 ¿Genera datos relativos a algunos de estos grupos de mamíferos?**

Menos de 5 años   Entre 5 y 10 años   Entre 10 y 20 años   Más de 20 años

Didelphidae  
Microbiotheriidae  
Caenolestidae  
Cameliadae  
Cervidae  
Canidae  
Felidae  
Mustelidae  
Furipteridae  
Molossidae  
Phyllostomidae  
Vespertiniolidae  
Dasypodidae  
Abrocomidae  
Castoridae  
Caviidae  
Chinchillidae  
Cricetidae  
Ctenomyidae  
Muridae  
Myocastoridae  
Octodontidae  
Procyonidae

**5.7 ¿Genera datos relativos a algunos de estos grupos de reptiles?**

Menos de 5 años   Entre 5 y 10 años   Entre 10 y 20 años   Más de 20 años

Gekkonidae  
Leiosauridae  
Liolaemidae  
Teiidae  
Tropiduridae  
Scincidae  
Colubridae  
Elapidae

**5.8 ¿Genera datos relativos a algunos de estos grupos de aves?**

Menos de 5 años   Entre 5 y 10 años   Entre 10 y 20 años   Más de 20 años

Anseriformes  
Apodiformes  
Caprimulgiformes  
Charadriiformes  
Ciconiiformes  
Coraciiformes  
Columbiformes

Cuculiformes  
Falconiformes  
Galliformes  
Gruiformes  
Passeriformes  
Pelecaliformes  
Phoenicopteriformes  
Piciformes  
Podicipediformes  
Procellariiformes  
Psittaciformes  
Sphenisciformes  
Strigiformes  
Struthioniformes  
Tinamiformes  
Trochiliformes

**5.9 ¿Genera datos relativos a algunos de estos grupos de anfibios?**

Menos de 5 años   Entre 5 y 10 años   Entre 10 y 20 años   Más de 20 años

Bufoidea  
Calyptocephalellidae  
Ceratophryidae  
Leiuperidae

**5.10 ¿Genera datos relativos a algunos de estos grupos de insectos?**

Menos de 5 años   Entre 5 y 10 años   Entre 10 y 20 años   Más de 20 años

Coleoptera  
Odonata  
Diptera  
Trichoptera  
Plecoptera  
Hemiptera  
Neuroptera  
Hymenoptera  
Phasmodea  
Homoptera  
Mecoptera  
Lepidoptera  
Thysanoptera  
Orthoptera  
Sifonaptera  
Thysanura  
Phthiraptera  
Sifonaptera  
Diplura  
Dermaptera

**5.11 ¿Genera datos relativos a algunos de estos grupos de coníferas?**

Menos de 5 años   Entre 5 y 10 años   Entre 10 y 20 años   Más de 20 años

Ephedrales

Araucariales

Cupressales

Pinales

**5.12 ¿Genera datos relativos a algunos de estos grupos de briofitas?**

Menos de 5 años    Entre 5 y 10 años    Entre 10 y 20 años    Más de 20 años

Antocerotes

Hepáticas talosas

Hepáticas foliosas

Musgos

**5.13 ¿Genera datos relativos a algunos de estos grupos de hongos?**

Menos de 5 años    Entre 5 y 10 años    Entre 10 y 20 años    Más de 20 años

Ascomycetes

Basidiomycetes

Teliomycetes

Ustomycetes

Chytridiomycetes

Trichomycetes

**5.14 ¿Genera datos relativos a algunos de estos grupos de pteridofitas?**

Menos de 5 años    Entre 5 y 10 años    Entre 10 y 20 años    Más de 20 años

Equisetales

Isoetales

Lycopodiales

Ophioglossales

Psilotales

Cyatheales

Gleicheniales

Hymenophyllales

Polypodiales

Salviniales

Schizaeales

**5.15 Por favor indique si registra presencia o abundancia de algunos de estos grupos de hongos, fauna y flora**

Presencia                      Abundancia

Mamíferos

Reptiles

Aves

Anfibios

Insectos

Arácnidos

Angiospermas

Coníferas

Pteridofitas

Briofitas

Fungi

**5.16 Por favor seleccione si registra datos relativos a Especies con problemas de conservación, Especies invasoras o ambos.**

Especies con problemas de conservación                      Especies invasoras

Mamíferos  
Reptiles  
Aves  
Anfibios  
Insectos  
Arácnidos  
Angiospermas  
Pteridofitas  
Coníferas  
Briofitas  
Fungi

## **6. Procesos**

### **6.1 ¿Qué datos, relativos a algunos de estos procesos ecológicos, genera?**

Menos de 5 años   Entre 5 y 10 años   Entre 10 y 20 años   Más de 20 años

Ecofisiológicos  
Fenológicos  
Ciclos de nutrientes  
Fragmentación y conectividad de hábitat  
Invasiones  
Grupo funcional  
Patrones de distribución  
Redes de interacciones  
Tramas tróficas  
Caída de hojarasca  
Productividad primaria  
Dinámica de poblaciones  
Ciclos hídricos  
Erosión del suelo  
Contaminación  
Microorganismos  
Cambio de uso de suelo

### **6.2 ¿Cuál de estos ciclos de nutrientes evalúa usted o su entidad?**

Ciclo del nitrógeno   Ciclo del nitrógeno  
Ciclo del carbono   Ciclo del carbono  
Ciclo del oxígeno   Ciclo del oxígeno  
Ciclo del fósforo   Ciclo del fósforo  
Ciclo del potasio   Ciclo del potasio

### **6.3 Indique en qué región(es) está(n) situado su(s) estudio(s)? De ser posible, por favor haga referencia a lugares específicos donde lleva a cabo los estudios (e.g. Quebrada del tigre, PN Conguillio)**

## **7. Servicios ecosistémicos**

### **7.1 ¿Qué datos, relativos a algunos de estos servicios ecosistémicos, genera? \***

de Provisión  
de Regulación  
Culturales

### **7.2 ¿Qué datos, relativos a algunos de estos servicios ecosistémicos de provisión, genera?**

Producción de alimentos  
Provisión de agua  
Producción de materias primas  
Producción de combustibles  
Recursos genéticos  
Recursos medicinales  
Recursos ornamentales

**7.3 ¿Qué datos, relativos a algunos de estos servicios ecosistémicos de regulación, genera?**

Regulación de gases atmosféricos  
Regulación climática  
Regulación de disturbios ambientales  
Regulación de los ciclos hidrológicos  
Formación de suelos  
Control de la erosión y retención de sedimentos  
Regulación de nutrientes  
Tratamiento de desechos  
Polinización  
Control biológico  
Hábitat

**7.4 ¿Qué datos, relativos a algunos de estos servicios ecosistémicos culturales, genera?**

Recreación  
Calidad escénica  
Inspiración cultural y artística  
Inspiración espiritual e histórica  
Ciencia y educación

**7.5 Indique en qué región(es) está(n) situado su(s) estudio(s)? De ser posible, por favor haga referencia a lugares específicos donde lleva a cabo los estudios (e.g. Quebrada del tigre, PN Conguillio).**

**8. Cambio climático**

**8.1 ¿Ha recogido datos que pudieran servir para darle seguimiento al impacto del cambio climático en Chile, en cuanto a?**

Diagnóstico  
Adaptación  
Mitigación

Podrían servir, solo parcialmente

¿Podría comentar en qué sentido podrían servir sus datos parcialmente?

**8.2 ¿Recopila datos en alguno de estos ecosistemas chilenos más sensibles al cambio climático?**

Humedales  
Ecosistemas mediterráneos de Chile central  
Ecosistemas alto andinos

**8.3 ¿Podría indicar, brevemente, las especies (géneros, familias) más relevantes en los ecosistemas que estudia?**

**8.4 ¿Ha recopilado datos que muestren cambio(s) en la biodiversidad a lo largo del tiempo que lleva estudiando la zona/grupo/especie? Por favor detalle sus impresiones.**

**ANEXO III. Detalle de los registros para los grupos de fauna consultados.**

**Cuadro 1. Mamíferos.**

Familias	Tiempo de registro			
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años
Caenolestidae	1	0	0	0
Furipteridae	1	0	0	0
Molossidae	1	0	0	0
Phyllostomidae	1	0	0	0
Dasypodidae	1	0	0	0
Castoridae	1	0	0	0
Caviidae	1	0	0	0
Myocastoridae	1	0	0	0
Procyonidae	1	0	0	0
Felidae	2	0	0	0
Cervidae	2	1	0	0
Vespertiniolidae	1	0	1	1
Microbiotheriidae	2	0	2	0
Mustelidae	4	0	0	0
Chinchillidae	2	2	0	0
Muridae	1	0	2	1
Canidae	3	1	1	0
Abrocomidae	3	0	1	1
Ctenomyidae	2	0	2	1
Cameliidae	3	2	1	1
Didelphidae	4	1	2	0
Cricetidae	2	0	3	2
Octodontidae	2	3	4	0

**Cuadro 2. Reptiles.**

Familias	Tiempo de registro			
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años
Elapidae	1	0	0	0
Leiosauridae	1	0	0	0
Scincidae	1	0	0	0
Tropiduridae	2	0	0	0
Colubridae	3	0	0	0
Gekkonidae	3	0	0	0
Teiidae	4	0	0	0
Liolaemidae	4	1	0	0

**Cuadro 3. Anfibios.**

Familias	Tiempo de registro			
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años
Leiuperidae	0	0	0	0
Ceratophryidae	1	0	0	0
Calyptocephalellidae	3	0	0	0
Bufoidea	2	0	1	0

**Cuadro 4. Aves.**

Formas	Tiempo de registro			
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años
Caprimulgiformes	1	0	0	0
Cuculiformes	1	0	0	0
Struthioniformes	1	0	0	0
Apodiformes	1	1	0	0
Coraciiformes	2	0	0	0
Galliformes	2	0	0	0
Gruiformes	2	0	0	0
Phoenicopteriformes	2	0	0	0
Piciformes	1	1	0	0
Podicipediformes	2	0	0	0
Procellariiformes	2	0	0	0
Ciconiiformes	2	1	0	0
Columbiformes	2	1	0	0
Pelecaniformes	3	0	0	0
Psittaciformes	3	0	0	0
Sphenisciformes	3	0	0	0
Strigiformes	2	1	0	0
Tinamiformes	3	0	0	0
Charadriiformes	3	1	0	0
Trochiliformes	3	0	1	0
Anseriformes	4	1	0	0
Falconiformes	4	1	0	0
Passeriformes	4	2	2	0

**Cuadro 5. Invertebrados.**

Formas	Tiempo de registro			
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años
Odonata	0	0	1	0
Plecoptera	0	0	1	0
Neuroptera	0	0	1	0
Mecoptera	0	0	1	0
Thysanoptera	0	0	1	0
Orthoptera	0	0	1	0
Sifonaptera	0	0	1	0
Thysanura	0	0	1	0
Phthiraptera	0	0	1	0
Sifonaptera	0	0	1	0
Diplura	0	0	1	0
Dermaptera	0	0	1	0
Trichoptera	0	1	1	0
Hemiptera	1	0	1	0
Phasmodea	1	0	1	0
Homoptera	1	0	2	0
Lepidoptera	2	0	1	0
Diptera	2	0	2	0
Hymenoptera	2	1	1	0
Coleoptera	4	0	2	0

**ANEXO IV. Taxones y grupos de flora registrados por los respondientes de la encuesta.**

**Cuadro 6. Coníferas.**

Formas	Tiempo de registro			
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años
Ephedrales	0	0	0	1
Araucariales	1	1	0	2
Cupressales	2	0	1	1
Pinales	3	1	0	1

**Cuadro 7. Criptógamas.**

Grupos	Tiempo de registro			
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años
Antocerotes	0	1	0	0
Hepáticas talosas	1	1	0	0
Hepáticas foliosas	1	1	0	0
Musgos	3	1	1	0

**Cuadro 8. Hongos.**

Grupos	Tiempo de registro			
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años
Ustomycetes	0	1	0	0
Teliomycetes	0	1	0	0
Chytridiomycetes	0	2	0	0
Trichomycetes	0	2	0	0
Ascomycetes	1	2	1	1
Basidiomycetes	1	2	1	1

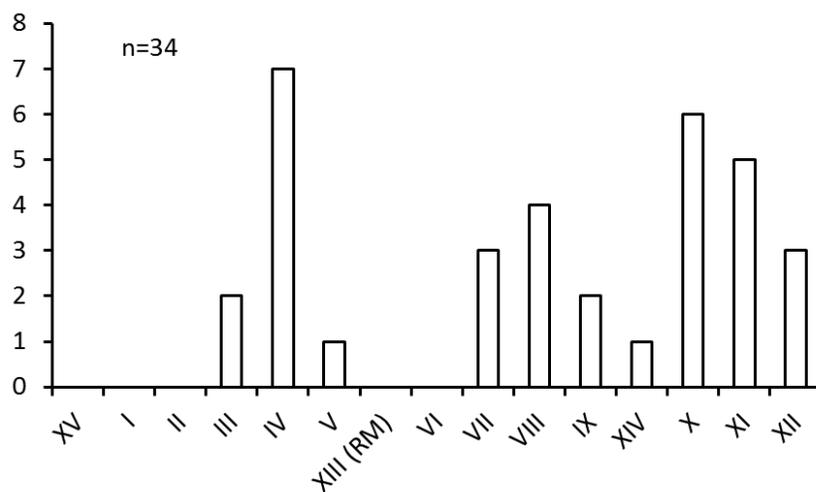
**Cuadro 9. Pteridofitas.**

Grupos	Tiempo de registro			
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años
Lycopodiales	0	0	0	1
Psilotales	0	0	0	1
Cyatheales	0	0	0	1
Ophioglossales	0	0	1	1
Salviniales	1	0	0	1
Schizaeales	1	0	0	1
Equisetales	1	0	0	2
Isoetales	0	0	2	1
Gleicheniales	1	0	1	1
Hymenophyllales	2	0	1	1
Polypodiales	2	1	1	1

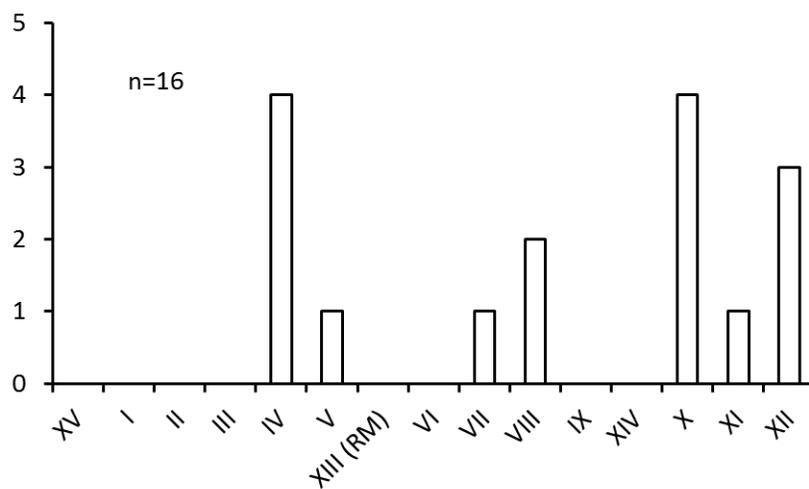
**Cuadro 10. Angiospermas.**

<b>Generos</b>	<b>Familias</b>	<b>Otras respuestas</b>
Adesmia	Alstromeriaceae	Cactaceas
Aetoxicon	Amaryllidaceae	Flora de Juan Fernandez
Amomyrtus	Apiaceae	Orquideas
Aristotelia	Asteraceae	Trepadoras
Azara	Boraginaceae	
Baccharis	Caryophyllaceae	
Caldcluvia	Fabaceae	
Chenopodium	Myrtaceae	
Citronella	Nothofagaceae	
Cryptocaria	Poaceae	
Dasyphyllum	Proteaceae	
Drymis	Rhamnaceae	
Embothrium	Solanaceae	
Eucryphia		
Fascicularia		
Flourensia		
Gevuina		
Happlopappus		
Laurelia		
Lomatia		
Luma		
Maytenus		
Myrceugenia		
Nothofagus		
Orites		
Oxalis		
Persea		
Peumus		
Porlieria		
Proustia		
Raphytamnus		
Raukua		
Sophora		
Weinmannia		

**ANEXO V. Bases de datos de procesos ecológicos y ecosistémicos y servicios ecosistémicos, respondidos en la consulta según regiones administrativas de Chile.**



**Figura 1. Procesos ecológicos y ecosistémicos.**



**Figura 2. Servicios ecosistémicos.**

## ANEXO VI. Acrónimos.

**CBD:** Convention in Biological Diversity.  
**CC:** Cambio Climático.  
**CONICYT:** Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.  
**CONAF:** Corporación Nacional Forestal.  
**DOI:** Digital Object Identifiers.  
**EML:** Ecological Metadata Language.  
**GBIF:** Global Biodiversity Information Facility.  
**GLEON:** Global Lake Ecological Observatory Network.  
**INFOR:** Instituto Forestal.  
**LTER:** Long Term Ecological Research.  
**MMA:** Ministerio de Medio Ambiente.  
**NEON:** National Ecological Observatory Network.  
**NIS:** Network Information System.  
**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.  
**ONG:** Organización No Gubernamental.  
**PN:** Parque Nacional.  
**SQL:** Structured Query Language.  
**TDR:** Términos de Referencia.  
**UICN:** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.  
**XML:** Extensible Markup Language.

