Hidrobiológica 2025, 35 (3): 277-288

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA Unidad Iztapalapa
Casa abierta al tiempo

HIDROBIOLÓGICA
http://hidrobiologica.izt.uam.mx
ISSN: 2448-7333

OPEN ACCESS
Research Article
December, 2025

Indicadores para la gestión multiescalar de invasiones biológicas aplicados a *Aquarana catesbeiana* en Uruguay

Indicators for the multiscale management of biological invasions applied to *Aquarana catesbeiana* in Uruguay

Marcelo Iturburu[1], Hugo Coitiño[2], Ernesto Brugnoli[3] y José C. Guerrero[4]

Recibido: 22 de diciembre de 2024. ***Aceptado:*** 11 de junio de 2025. ***Publicado:*** diciembre de 2025.

[1] Coordinador del Comité de Especies Exóticas Invasoras, Ministerio de Ambiente.

[2] Comité de Especies Exóticas Invasoras, Ministerio de Ambiente.

[3] Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

[4] Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

***Corresponding author:**
Marcelo Iturburu: e-mail: marceloiturburu@gmail.com

To quote as:
Iturburu, M., H. Coitiño, E. Brugnoli & J. Guerrero. 2025. Indicadores para la gestión multiescalar de invasiones biológicas aplicados a *Aquarana catesbeiana* en Uruguay. *Hidrobiológica* 35 (3): 277-288.

DOI:10.24275/RCHM3050

RESUMEN

Antecedentes. Uruguay aún no cuenta con indicadores para gestionar las invasiones biológicas, de las cuales solo una, la especie exótica invasora (EEI) *Aquarana catesbeiana* (rana toro) podría ser erradicable. **Objetivos**. Identificar y determinar indicadores, alineados con la meta 6 del Marco Global de Biodiversidad de Kunming-Montreal (Convención de Diversidad Biológica) y al Objetivo de Desarrollo Sostenible 15.8 para mejorar la gobernanza de las bioinvasiones. **Métodos**. Se utilizaron datos –a diferentes escalas– disponibles en plataformas de información abierta para calcular indicadores del modelo impulsores/vías-presión-estado-respuesta (IPER). **Resultados**. Se presenta un sistema IPER de ocho indicadores para la gestión de las bioinvasiones a escala país (Uruguay): 1) Vías de introducción, –mapas de registros de EEI priorizadas de actuación– (8); 2) Número (Nº) de registros de nuevas EEI documentadas (86), 3) Lista oficial de EEI (42); 4) Nº de EEI en áreas protegidas (53); 5) Nº EEI priorizadas (8), 6) Especies amenazadas por EEI en Listas Rojas de Uruguay (1); 7) indicador ODS 15.8.1, y 8) Nº de planes en ejecución para EEI priorizadas / Nº EEI priorizadas (4/8). Cuatro de los ocho indicadores propuestos se calcularon para gestionar la bioinvasión de la rana toro a escala país (4): 1) Vías de introducción: Nº de ranarios (23); 2) Nº de cuerpos de agua invadidos (71, en 3 de 19 departamentos); 3) EEI que amenazan a la biodiversidad nativa (1, rana toro); y 4) ODS 15.8.1; y a escala local –Canelones– (4): 1) Nº de ranarios (2); 2) Nº de charcos invadidos (7); 3) Nº de charcos invadidos priorizados de actuación (3); y 4) Nº de planes de control / Nº charcos invadidos (3/7). **Conclusiones**. Se identifica para Uruguay un sistema de indicadores establecidos con bases de datos de soporte disponible en línea. Se recomienda aplicar indicadores del marco conceptual IPER a otras EEI y escalas espaciales para contribuir a la protección de la biodiversidad ante bioinvasiones.

Palabras clave: Especies Exóticas Invasoras, Meta 6 Kunming-Montreal, Rana toro

ABSTRACT

Background. Uruguay still does not have indicators to manage biological invasions, of which only one, the invasive alien species (IAS) *Aquarana catesbeiana* (bullfrog) could be eradicable. **Goals**. Identify and determine indicators, aligned with goal 6 of the Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework (Convention on Biological Diversity) and Sustainable Development Goal 15.8 to improve the governance of bioinvasions. **Methods**. Data – at different scales – available on open information platforms were used to calculate indicators of the drivers/pathways-pressure-state-response (IPER) model. **Results**. An IPER system of eight indicators is presented for the management of bioinvasions at the country level (Uruguay): 1) Routes of introduction, - maps of prioritized IAS records of action – (8); 2) Number (N°) of records of new documented IAS (86), 3) Official list of IAS (42); 4) No of IAS in protected areas (53); 5) No prioritized IAS (8), 6) Species threatened by IAS on Uruguayan Red Lists (2); 7) SDG indicator 15.8.1, and 8) No of plans in execution for prioritized IAS / No prioritized IAS (4/8).Four of the eight proposed indicators were calculated to manage the bioinvasion of the bullfrog on a country scale (4): 1) Routes of introduction: No of frogs farms (23); 2) No of invaded water bodies (71, in 3 of 19 departments); 3) IAS that threaten native biodiversity (1, bullfrog); and 4) SDG 15.8.1; and at a local scale –Canelones– (4): 1) No frogs (2); 2) No of invaded puddles (7); 3) No of invaded puddles prioritized for action (3); and 4) No control plans / No invaded puddles (3/7). **Conclusions**. A system of established indicators with supporting databases available online is identified for Uruguay. It is recommended to apply indicators from the IPER conceptual framework to other IAS and spatial scales to contribute to the protection of biodiversity from bioinvasions.

Keywords: Invasive Alien Species, Bullfrog, Target 6 Kunming-Montreal

INTRODUCCIÓN

La introducción de especies fuera de su rango de distribución natural, de forma accidental o intencional, es una de las principales causas de extinción de especies y pérdida de la biodiversidad en el planeta (Roy *et al*., 2024). El número de nuevas especies exóticas (EE) continúa aumentando a nivel global, —presión— (Seebens *et al*., 2017; Blackburn *et al*., 2019) al igual que el estado de conservación de especies nativas amenazadas por las bioinvasiones (Pauchard *et al.,* 2004; Carreira & Maneyro, 2015). Las especies exóticas invasoras (EEI) son un factor importante en el 60% de las extinciones globales y el principal impulsor de extinciones locales, —218 EEI causaron 1215 extinciones—. El costo económico de las bioinvasiones se cuadruplica cada década y las EEI tienen en el 85% de los casos un impacto negativo en la calidad de vida de las personas (Roy *et al.,* 2024).

Para el seguimiento de los objetivos de una determinada gestión, una de las herramientas más comunes es el uso de indicadores que resumen datos de cuestiones complejas para indicar el estado y tendencias, señalar puntos claves y retroalimentar información para su mejoría. Los indicadores son estadísticas, o cualquier forma de indicación que nos facilita estudiar dónde estamos y hacia dónde nos dirigimos con respecto a nuestros objetivos; son instrumentos para aprehender a: 1) describir y valorar dimensiones de la realidad, 2) identificar tendencias de cambio y 3) configurar un sistema de realimentación para la planificación (Bauer 1966; McGeoch *et al*., 2010; Iturburu & Mello, 2022). Los indicadores de biodiversidad para evaluar tendencias nacionales, tienden puentes entre la formulación de políticas y la ciencia (CDB, 2022).

En la última década, el cumplimiento de objetivos y metas para las invasiones biológicas, como la Meta 9 de Aichi del Plan Estratégico para la Biodiversidad 2011-2020 o la Meta 15.8 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible mostró avances limitados (Roy *et al*., 2024). Por otra parte, recopilar y compartir continuamente información actualizada sobre invasiones biológicas puede ayudar a evaluar la eficacia de los instrumentos de políticas y las acciones de gestión. Una plataforma de información de este tipo podría mantener y ofrecer indicadores de las diferentes dimensiones de las bioinvasiones (Roy *et al*., 2024), como herramienta de apoyo a la toma de decisiones y monitoreo de la efectividad de las respuestas en gestionar las EEI.

Para identificar y determinar indicadores que promuevan la gobernanza ambiental se requiere de un marco o modelo conceptual que permita estructurar la información y facilitar su acceso e interpretación. Entre los diferentes marcos conceptuales destaca el de presión-estado-respuesta –PER–, o el de Impulsor-Presión-Estado-Respuesta –IPER– (OECD, 2003). Los mismos están diseñados para vincular el seguimiento del problema con acciones para enfrentarlo y son herramientas de gobernanza estratégica para las invasiones biológicas porque, por diseño (OECD, 2019), conectan explícitamente las causas —impulsores o vías— de la bioinvasión, el tamaño del problema —presión—, su impacto —estado— y las respuestas para enfrentarlo (McGeoch *et al*., 2010). Mediante el seguimiento de los cambios en cada uno de estos componentes —por ejemplo, a través del uso de indicadores—, es posible diseñar políticas basadas en pruebas, específicas para las EEI (McGeoch *et al*., 2010).

Las introducciones de EEI en Uruguay, estuvieron asociadas con la llegada de oleadas migratorias, sus costumbres y culturas: uso de ganadería y árboles frutales para alimentación en el siglo XVIII, posteriormente en el siglo XIX y XX introducción de especies forestales y ornamentales, así como la introducción de organismos acuáticos con fines de cría o cultivo (Carrere, 1994; Nebel, 1997; Amestoy *et al.,* 1998, Nebel *et al.,* 2006). El desconocimiento de los valores y servicios de la biodiversidad nativa por profesionales y técnicos condujo a los organismos públicos a definir políticas de introducción de EEI con diversos fines, derivando en la sustitución de ecosistemas, establecimiento de especies exóticas y el desarrollo de bioinvasiones muy difíciles o imposibles de controlar y erradicar (Brazeiro *et al.,* 2022). Un ejemplo es la rana toro (*Aquarana catesbeiana* Shaw, 1892), introducida en Uruguay en 1986 con fines comerciales, donde luego de 10 años la mayoría de los ranarios –criaderos– (23) dejaron de funcionar y a partir de 2005 se detectaron las primeras poblaciones en estado silvestre en Canelones (Maneyro *et al.,* 2005). Más recientemente se han reportado poblaciones también en los departamentos de Cerro Largo y Maldonado (Laufer et al., 2023). Iturburu *et al.* (2024) describen que, en Canelones, hay siete charcos invadidos y un Plan en ejecución para los 3 charcos invadidos priorizados.

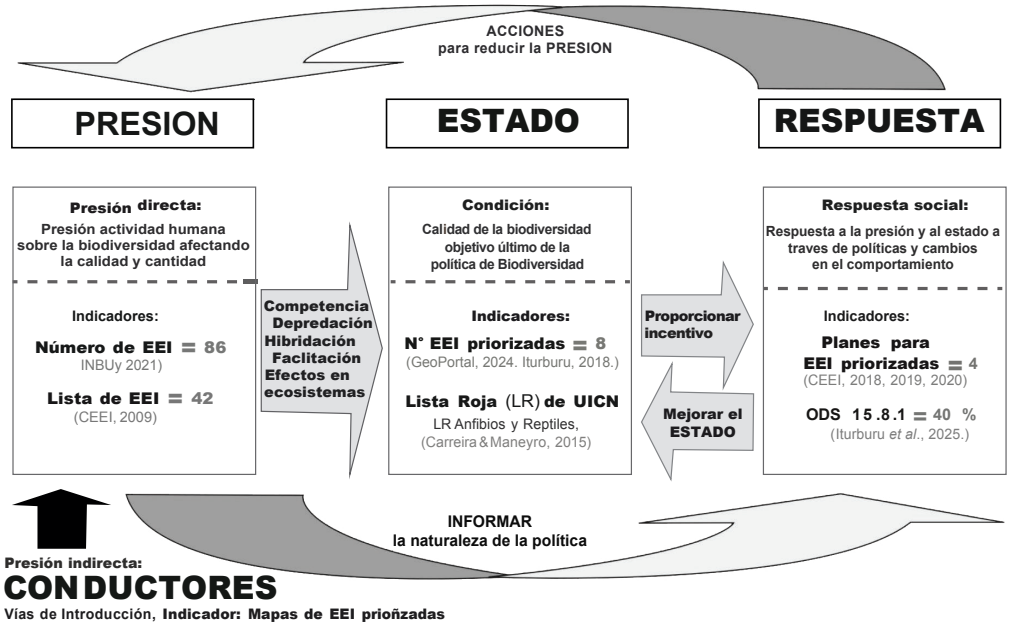
A pesar de la situación actual de los ambientes amenazados por EEI, la preocupación gubernamental es reciente (Iturburu & Mello, 2022) y con escasa normativa legal al respecto (Iturburu *et al*., 2024). A nivel de país, el desarrollo de indicadores para monitorear las invasiones biológicas es necesario para medir los niveles cambiantes de invasiones causadas por nuevas incursiones, así como la influencia de la gestión de las bioinvasiones. Se presenta un sistema de ocho indicadores del modelo *IPER* para la gestión de las bioinvasiones de Uruguay y seguimiento de la Meta 6 Kunming-Montreal y el ODS 15.8. Se determinan además cuatro indicadores, para controlar/erradicar *A. catesbeiana* (rana toro), considerando dos escalas: nivel país y local (Canelones).

MATERIALES Y MÉTODOS

El marco conceptual Impulsor-Presión-Estado-Respuesta – *IPER*–, conecta explícitamente las causas –impulsores o vías– de la bioinvasión, el tamaño del problema –presión–, su impacto –estado– y las respuestas para enfrentarlo (McGeoch *et al*., 2010). Los indicadores seleccionados para *Vías de Introducción, Presión, Estado y Respuesta* (Anexo I), corresponden al modelo *IPER* (OECD, 1993; EPA y SEMARNAT, 1997). Los mismos están propuestos para el seguimiento de objetivos y metas internacionales en el Marco Global de Biodiversidad de Kunming-Montreal (CDB, 2022), y se adaptaron para gestionar las bionvasiones en Uruguay (Soutullo *et al.,* 2014; Mvotma, 2016; PANDES, 2019). Para el control/erradicación de *A. catesbeiana* (rana toro) se consideraron dos escalas: nivel país y local, correspondiendo a uno de los tres sitios invadidos (Canelones) desde marzo de 2018 (Iturburu *et al.,* 2024).

Para definir los indicadores se realizaron búsquedas en bases de datos —Anexo I— y fuentes bibliográficas —Referencias— que constituye un enfoque de “datos publicados”. Los mismos se incorporaron en un sistema de información geográfica (SIG) que se utilizó para completar los ocho indicadores del modelo *IPER* para las invasiones biológicas en Uruguay (Fig. 1, Tabla 1, Anexo I), así como cuatro indicadores para la rana toro a escala país y local (Tablas 2 y 5). Para la determinación de los indicadores a escala país se seleccionaron en la dimensión *Presión* (3): Nº de EEI documentadas; Lista oficial de EEI y Nº de EEI en áreas protegidas; en la dimensión *Estado*: se integraron los indi-

cadores propuestos en el PANDES (2019): 1) clasificación de riesgo realizada, con priorización de EEI; 2) porcentaje (%) de EEI definidas como de alta prioridad que cuentan con planes de control y 3) porcentaje (%) de EEI con planes de control en ejecución. Para indicadores de *Respuesta* se calculó de las ocho EEI priorizadas para Uruguay en cuántas se estaban ejecutando planes de control (Fig. 1, Tabla 1). La rana toro, actualmente está registrada en tres de los 19 departamentos del país (Canelones, Maldonado y Cerro Largo), corresponde a una de las ocho EEI priorizadas para su manejo en Uruguay (Aber *et al.,* 2010; 2012) y la única EEI, posible de erradicar (Iturburu & Mello, 2022; Iturburu *et al.,* 2024). A escala país, para gestionar la invasión de esta especie se calcularon los indicadores propuestos del modelo *IPER* (Fig. 1), mientras que, a escala local, se seleccionaron y determinaron cuatro de los indicadores propuestos a nivel nacional (Tabla 2): Nº de ranarios –vía de introducción–; Nº de charcos invadidos –*Presión*–; Nº de charcos invadidos priorizados de actuación –*Estado*–; y de estos, cuantos contaban con planes en control/erradicación en ejecución –*Respuesta*–.



McGeoch *et al.* 2010.

Figura 1. Sistema de indicadores del modelo vías-impulsores, presión, estado y respuesta –IPER– (OECD, 1993; EPA y SEMARNAT, 1997) para la gestión de invasiones biológicas (modificada de McGeoch *et al.,* 2010).

Tabla 1.- Nombre y forma de cálculo de los indicadores para la gestión de las invasiones biológicas en Uruguay.

CATEGORÍA	NOMBRE	**MÉTODO DE CÁLCULO**
VIAS	1) Mapas de distribución de EEI	SIG elaborado a partir de los registros de presencia de EEI
PRESIÓN	2) Número (Nº) de EEI	Nº de EEI documentadas, registradas por lo menos en una localidad (https://sieei.udelar.edu.uy/)
	3) Lista de las EEI	Lista de EEI acordada por el CEEI, Ministerio de Ambiente
	4) Nº de EEI en Áreas protegidas	Nº de EEI registradas por lo menos en un Área Protegida
ESTADO	5) Lista Roja de UICN	Nº de especies amenazadas por EEI en Listas Rojas
	6) Nº de EEI priorizadas	SIG de registros de presencia de EEI (InBUy)
RESPUESTA	7) Indicador ODS 15.8.1	Medición de la adopción de políticas, legislación y recursos para EEI a partir de 5 indicadores (Iturburu *et al.*, 2025 sometido)
	8) Planes para EEI priorizadas	Planes definidos por el CEEI, e implementados en territorio

SIG: Sistema de Información Geográfica, CEEI: Comité Nacional de Especies Exóticas e Invasora

RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta el sistema de ocho indicadores modificado de McGeoch *et al.* (2010), clasificados según el modelo *IPER* en indicadores de *V*ías de *Introducción* (1), *Presión* (3), *Estado* (2), *Respuesta* (2). Los mismos se adecuaron para la gestión de las invasiones biológicas en Uruguay. Posteriormente se describe su cuantificación discriminando por dimensión, y finalmente se calculan para la rana toro a escala país (4) y local (4, Canelones).

Indicadores *IPER* (8) para gestionar las invasiones biológicas de Uruguay Indicadores de Vías de Introducción:

1) A partir del indicador Nº de EEI documentadas se elaboraron los indicadores con mapas de distribución para las ocho EEI priorizadas de actuación (MA, 2020).

Indicadores de *Presión (3):*

2) Nº de EEI documentadas en Uruguay = 86 (InBUy, 2024) (*Presión*, indicador principal para la meta 6 MGB Kunming). El primer registro de presencia en ambientes naturales de *A. catesbeiana* se documentó en el año 2005 (Maneyro *et al.,* 2005) y desde esa fecha el número de charcos invadidos continuó creciendo hasta totalizar 71 en 2025 (GeoPortal EEI, 2024).

3) Lista oficial de EEI para Uruguay: para Uruguay se identifican 42 EEI (MA, 2020), donde *A. catesbeiana* integra la mencionada Lista.

4) Número de EEI en áreas protegidas (AP): La primera cuantificación se realizó en un Taller con los directores de las AP en 2016 dónde se identificaron 49 EEI en 16 AP (Horta *et al.*, 2016; 2018). Recientemente en 2024 se registraron 53 EEI en 18 de las 19 AP en Uruguay (Horta *com. pers*). *Aquarana catesbeiana* estaba presente en una AP, Humedales del Río Santa Lucía (Laufer *et al.,* 2018).

Indicadores de *Estado (2):*

5) Número de EEI priorizadas = 8 (MA, 2020), se identifican en la lista ocho EEI (Tabla 3), que incluye a la rana toro (*Aquarana catesbeiana*), de acuerdo con los análisis de riesgo de invasividad (CONABIO, 2015) realizados por el CEEI (INBUy, 2021).

6) Lista Roja de anfibios y reptiles de Uruguay: la misma permite identificar las especies amenazadas por EEI. Entre las amenazas a los anfibios se destaca la rana toro (Carreira y Maneyro, 2015) con efectos significativos en la estructura de las comunidades acuáticas (Laufer *et al.,* 2008), un alto potencial de infección con patógenos que pueden ser letales para los anfibios autóctonos –hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Mazzoni *et al.,* 2003)–, algunos *Ranavirus* (Galli *et al., 2006*), o parásitos que provocan lesiones cutáneas (Borteiro *et al.,* 2015).

Indicadores de *Respuesta (2):*

7) Indicador ODS 15.8.1: Según Iturburu *et al.* (2025, sometido), el resultado del cálculo del Indicador ODS 15.8.1, para Uruguay fue el 40% del total de las recomendaciones del CDB. Se observan carencias en la capacidad de respuesta política, legislativa y asignación de recursos para la prevención y control de las EEI –presentes y potenciales– en Uruguay.

8) Nº de Planes para EEI priorizadas (8) = 4 (*Estado*, indicador complementario meta 6 MGB, meta 9c (Mvotma, 2016; PANDES, 2019). Entre 2018-2025 se implementaron cuatro planes 1) erradicación de *A. catesbeiana* por el Sistema Nacional de Emergencias (SINAE), CECOED de Canelones y CEEI, Dinama (actual Ministerio de Ambiente); 2) control de capín Annoni (*Eragrostis plana* Nees, 1841) en la localidad de Pan de Azúcar; 3) control del tojo (*Ulex europaeus, Linnaeus, 1753)* en el Paisaje Protegido Paso Centurión y Sierras de Ríos; 4) control de la Acacia tres espinas (*Gleditsia triacanthos, Linnaeus, 1753)* en el Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del río Uruguay. En la Tabla 3 se presenta la síntesis de la cuantificación de los mencionados indicadores de las invasiones biológicas a nivel país.

Indicadores del modelo *IPER* para *Aquarana catesbeiana* (rana toro)

Se presentan cuatro indicadores determinados para *A. catesbeiana* a escala país (Tabla 4) y a escala local (Tabla 5). Los indicadores calculados a escala departamental (Canelones) de *Vías de Introducción* favorecen las probabilidades de erradicación de la especie ya que no van a presentarse nuevas introducciones porque no hay más ranarios –criaderos de ranas–, ni se comercializan como mascotas. La determinación del indicador de *Presión* –charcos invadidos– calculado a partir de Iturburu *et al.* (2024) determinaron que la bioinvasión estaba limitada a cuatro productores rurales y siete cuerpos de agua artificiales. Esto favoreció la toma de decisión por las autoridades departamentales que elaboró y ejecutó un Plan de control –respuesta a nivel local, Tabla 5– (Cecoed, 2018), considerando que el problema estaba focalizado en cuatro predios, siete charcos–; se contaba con presupuesto del Ministerio de Ambiente y un protocolo de erradicación de EEI del SINAE –respuesta a nivel nacional, Tabla 4– (Mvotma, 2018); y por la probabilidad de éxito en la erradicación al ser embalses de agua artificiales pequeños, someros, bien localizados, que cuenta con apoyo de la academia, autoridades, productores afectados y vecinos (Iturburu *et al.,* 2025 en edición). Los indicadores calculados para la gestión local (Canelones) de la rana toro se presentan en la Tabla 2 y Figura 2.

DISCUSIÓN

Para gestionar la pérdida de biodiversidad a nivel global y local, se requiere conocer su estado, distribución geográfica, dinámica poblacional, éxito reproductivo, capacidad de dispersión, así como evaluaciones de la eficacia de decisiones políticas y de gestión que consideren acciones para su preservación y conservación. En este sentido, el desarrollo de indicadores –cuantitativos como los presentados en este estudio– contribuye al definir mecanismos para el monitoreo de tendencias de EEI (McGeoch *et al.*, 2010), donde su seguimiento, es clave para la gestión de las invasiones biológicas.

La escala país es la unidad más relevante para evaluar y monitorear el cumplimiento con las disposiciones establecidas en el CDB (McGeoch *et al.,* 2006; 2010). Las tendencias en las EEI –Nº EEI documentadas para el país y la elaboración de listas (Pauchard *et al.,* 2004)–, fue uno de los primeros indicadores de amenaza a la biodiversidad del CDB para monitorear su progreso hacia su objetivo de lograr una reducción significativa en el ritmo actual de pérdida de biodiversidad a nivel mundial, regional y nacional, como contribución al alivio de la pobreza y en beneficio de toda la vida en la Tierra (McGeoch *et al*., 2006, 2010). En Uruguay, el Plan nacional de desarrollo sostenible (PANDES, 2019) propone cinco indicadores para la gestión de EEI: 1) Clasificación de riesgo realizada con priorización de EEI; 2) Porcentaje de EEI definidas de alta prioridad que cuentan con planes de control; 3) Porcentaje de EEI con planes de control en ejecución; 4) Nº de EEI que se mantienen como de alta prioridad según la clasificación de riesgo y 5) Porcentaje de áreas protegidas que no presentan EEI.

Tabla 2. Nombre y forma de cálculo de los indicadores para la gestión de la invasión biológica de la rana toro a escala país y local (Canelones).

CATEGORÍA	NOMBRE	MÉTODO DE CÁLCULO
VIAS	1) Nº y ubicación de ranarios	Nº de registros y mapa SIG con la ubicación de los ranarios (Iturburu *et al*., 2024)
PRESION	2) Nº y ubicación de charcos invadidos por *A. catesbeiana*	Nº de registros y SIG de ubicación de los charcos invadidos (Iturburu et al., 2024)
ESTADO	3) Nº de charcos invadidos por *A. catesbeiana* priorizados	Nº de registros de presencia y SIG (GeoPortal EEI) (Iturburu *et al.* 2024)
RESPUESTA	4) Planes en ejecución / Nº charcos invadidos priorizados	Resoluciones y ejecución de planes de control Nº registros de Planes de Control (Iturburu *et al.* 2024)

SIG: Sistema de Información Geográfica, CEEI: Comité de Especies Exóticas e Invasora.

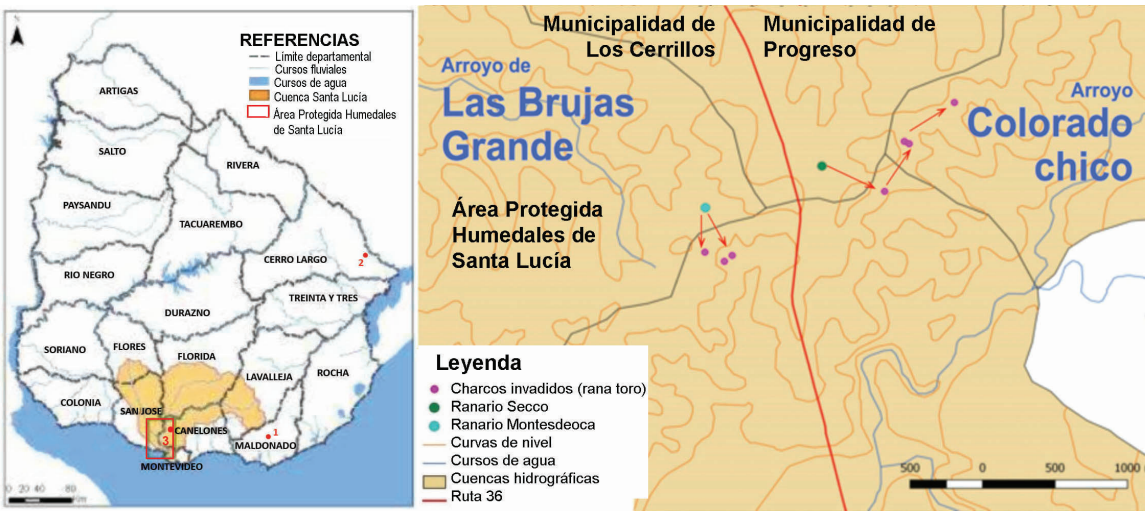


Figura 2. Indicadores de Presión. Izquierda: Uruguay con charcos invadidos por *Aquarana catesbeiana* en tres departamentos (Canelones, Maldonado, Cerro Largo, 1-3). Derecha: Indicadores para Canelones: Vías de introducción: ubicación de ranarios (2); Presión: charcos invadidos dentro (3) y fuera (4) del área protegida Humedales de Santa Lucía.

En 2018 se publicaron los primeros indicadores de EEI priorizadas para el país (Iturburu, 2018) y en 2019 para EEI vegetales (Iturburu *et al.,* 2019). Posteriormente en 2020 se desarrolló el GeoPortal de EEI en la web de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Presidencia de la República (https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportalEEI/) y se actualizó –de 2011 a 2023– la base de datos de EEI de Uruguay, InBuy (Iturburu & Mello, 2022). Los indicadores mencionados corresponden a antecedentes relevantes para la gestión de las invasiones biológicas en Uruguay. Complementariamente en este trabajo se determinó un conjunto de ocho indicadores considerando el marco conceptual *IPER*, aunque se identifican en los mismos fortalezas y debilidades:

Indicadores de vías de introducción: A nivel mundial se han identificado las vías principales de introducción –transporte, comercio, turismo, producción, acuarismo– de EEI (SCDB, 2014; Saúl *et al*., 2017; Nelufule *et al*., 2020). Sin embargo, se desconocen las causas de más de un tercio de los eventos de introducción (Mc Grannachan *et al*., 2021). Los indicadores utilizados como tendencias en las *Vías de Introducción* o en la dispersión de la bioinvasión se expresan en una forma general –Nº EEI documentadas para el país– o a una especie particular, país o sitio (Roy *et al.,* 2024). En el presente estudio se determinaron ocho indicadores a nivel general para Uruguay y cuatro para la rana toro a escala país y sitio (Canelones). El relevamiento y disponibilidad de registros en forma de mapas de distribución espacial de la especie, facilita la identificación de las vías –escapes de ranarios– y el grado de avance de la dispersión de la EEI de interés (Indicador *Vías de Introducción*). En los indicadores propuestos para *Vías de Introducción* de las EEI priorizadas de Uruguay (Iturburu, 2018; Iturburu *et al.,* 2019; Iturburu & Coitiño, 2020; MA, 2020), se incluyen los mapas con registros georreferenciados que permiten visualizar las vías de introducción y dispersión.

Indicadores de presión: A nivel mundial el número de nuevas introducciones de EEI documentadas continúa aumentando (Seebens *et al*., 2017). En muchos países se han tomado medidas para desarrollar listas de verificación de EEI (SCDB, 2014) y algunas EEI representan una amenaza a la biodiversidad (MA, 2005; Mooney *et al*., 2005). Un indicador de *número de EEI* permite indicar el estado de la invasión y monitorear su cambio en el tiempo (McGeoch *et al.,* 2007). Contar con registros de presencia de la especie –número de registros georrefe-

renciados– permite monitorear el estado actual de la invasión, aunque este indicador no evalúa directamente el impacto de las EEI sobre la biodiversidad. Más bien es una medida del alcance de la amenaza o indicador de presión. *El número de EEI* es quizás el indicador más directo y simple para indicar la amenaza –*Presión*– de invasión de especies exóticas a escala nacional, global y monitorear sus tendencias a nivel espacio-temporal (McGeoch *et al.,* 2007). Una disminución en el número, implica una disminución en la presión a la biodiversidad, pero es un indicador insuficiente porque las amenazas están distribuidas de manera muy desigual entre especies (Ogden & Rejmanek, 2005), Es necesario alguna medida de distribución relativa o abundancia de individuos, para indicar el estado de las EEI. La primera Lista de 42 EEI acordada por el CEEI se publicó en 2009 (Aber & Ferrari, 2010 pág. 23): "estas especies constituyen riesgos para la salud humana, los cultivos, y la biodiversidad causando pérdidas económicas y ecológicas de gran magnitud (Brugnoli *et al.,* 2009, Aber *et al.,* 2015, 2016). Se requiere "una Lista de EEI y categorías permanentemente actualizadas". En el Informe del estado del ambiente de Uruguay 2013, se incluyó como indicador de presión la Lista de las 42 EEI consensuada por el CEEI (Mvotma, 2013 pág. 157-158). En 2018, el CEEI priorizó ocho EEI de actuación por sus impactos negativos (MA, 2020) a partir del análisis de riesgo específico para EEI, mediante el Método de evaluación rápida de invasividad –MERI– (González *et al*., 2017; CONABIO, 2015; Barrios *et al*., 2014).

Indicadores de estado: Los indicadores de esta dimensión, deberían reflejar una mejoría en el estado de conservación de las especies amenazadas por las EEI. En particular, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) tiene entre sus objetivos la conservación de especies, hábitats y ecosistemas; una de las herramientas para este fin, son las Listas de especies en riesgo de extinción o *Listas Rojas –LR–*. Las LR, son reconocidas como el sistema más objetivo y autorizado para clasificar especies en términos de su riesgo de extinción y una herramienta para la planificación, gestión, monitoreo y toma de decisiones de la conservación (Rodríguez *et al*., 2006). Para proporcionar un indicador representativo y mostrar los impactos de las EEI en un conjunto amplio de la biodiversidad, se deben realizar evaluaciones en forma periódica para permitir la actualización de las LR (McGeoch *et al*., 2010). Para medir los impactos de las EEI en la biodiversidad, se utiliza el índice de la Lista Roja –ILR– (Butchart *et al.,* 2005), que muestra cambios a lo largo del tiempo en el riesgo de extinción. Una tendencia negativa en el estado de conservación de las especies amenazadas en el ILR (McGeoch *et al*., 2010) sugiere que no se ha logrado reducir el impacto de las amenazas y en particular de las EEI –ODS 15.8–. Los ILR se pueden calcular para cualquier especie que haya sido evaluada al menos dos veces (BirdLife, 2004). La información de los Libros Rojos de fauna amenazada en Sudamérica, coincide con predicciones de que el 25% de peces, y 33% de anfibios amenazados deben su situación a la introducción de las EEI, mientras que para aves, mamíferos y reptiles las invasiones biológicas constituyen un factor de riesgo menor (Rodríguez, 2001). Sin embargo, para Uruguay aún no se pueden aplicar los mencionados índices ya que, hasta la fecha, únicamente se ha realizado una sola LR para aves (2012) y otra para anfibios y reptiles 2020), sugiere a nivel país. De acuerdo con los criterios de UICN ambas deberían repetirse y estarían desactualizadas.

Especies de fauna nativa amenazada por las EEI: La LR de anfibios y reptiles (Carreira & Maneyro, 2015), evalúa 49 especies de anfibios y 12 se encuentran en alguna categoría de amenaza. Entre las amenazas se identifica la presencia de la rana toro (*A. catesbeiana*) en la cabecera del arroyo San Carlos, un tributario del arroyo Maldonado (Lombardo *et al.,* 2016), donde están los únicos registros recientes de *Melanophryniscus montevidensis* (Phillippi, 1902) conocido como sapito de Darwin. *A. catesbeiana* tiene una incidencia negativa sobre anfibios nativos (Carreira & Maneyro, 2019), como consecuencia de interacciones biológicas –competencia, depredación– o como agente dispersor de patógenos (Kaefer *et al*., 2007; Urbina-Cardona *et al.,* 2011) y es considerada una amenaza de otros anfibios nativos –en peligro– como el sapito De Devincenzi (*Melanophryniscus devicenzii*, Klappenbach, 1968), o el sapito de São Lourenço (*M. pachyrhynchus*, Miranda-Ribeiro, 1920). Además, en Uruguay se han encontrado anfibios infectados con el hongo quitridio *Batrachochytrium* (Borteiro *et al.,* 2009), por lo que podrían estar expuestos a este patógeno considerado también una EEI de la cual la rana toro es su vector.

Tabla 3. Indicadores para gestionar las bioinvasiones en Uruguay.

CATEGORÍA	INDICADOR	Nº EEI	
VIAS	1) Tasa de Establecimiento de EEI priorizadas de actuación. Mapas de distribución EEI priorizadas (MA, 2020)	8	
	2) Tasa de Propagación de nuevas EEI en Uruguay. Nº de EEI documentadas (CEEI, InBUy)	86	
PRESION	3) Lista de EEI (Mvotma, CEEI 2009)	42	
	4) Número (Nº) de EEI en Áreas Protegidas (actualizado 2016 y 2024)	53	
ESTADO	5) Número (Nº) de EEI priorizadas	8	
	6) Nº de grupos de especies amenazadas por EEI (Lista Rojas de UICN)	1	
			Avance (%)
RESPUESTA	7) Adopción de políticas, legislación y recursos para EEI (indicador ODS 15.8.1)	N/A	40
	8) Planes en ejecución para las 8 EEI priorizadas (PANDES, 2020-2030)	4/8	50

Tabla 4. Indicadores del modelo *IPER* para la gestión de la rana toro en Uruguay.

	Escala país (Uruguay)	
CATEGORÍA	**INDICADOR**	**Nº**
VIAS	1) Nº de ranarios (criaderos registrados por el MGAP-DINARA)	23
PRESION	2) Nº de charcos invadidos (Canelones, Cerro Largo, Maldonado)	71
ESTADO	3) Especies de las LR amenazadas por EEI *Aquarana catesbeiana*	1
RESPUESTA	4) ODS 15.8.1: Resolución y asignación de recursos para el control de la rana toro por el Ministerio de Ambiente (MA, 2017)	1

Número de EEI en áreas protegidas: El Sistema Nacional de Áreas Protegidas –SNAP– creado en el 2000, Ley 17.234 22-02-2000, reglamentada por el decreto Nº 52/005, 16-02-2005, es un instrumento de aplicación de las políticas y planes de protección y conservación de la biodiversidad en Uruguay. En 2016 se evaluó la presencia de EEI en las AP (16) se priorizaron en base a la urgencia para su control por los problemas que ocasionan en los ecosistemas naturales, reportando 39 EEI –ocho de fauna y 31 de flora–. El 47% de las EEI fueron reportadas en más de un AP y 23 fueron identificadas de máxima prioridad (Horta *et al.,* 2018). De las 16 AP (2016) en 11 de ellas se estaban implementando medidas de control de EEI (Horta *et al.,* 2016). Recientemente, en 2024, se reportó la presencia de 53 EEI invadiendo 18 de las 19 AP. En marzo de 2018 se comunica a las autoridades ambientales de la presencia de la rana toro en Canelones, en el AP Humedales del Santa Lucía (Laufer *et al.,* 2018). Para gestionar las invasiones biológicas a nivel del SNAP se recomienda aplicar el modelo *IPER* propuesto a escala de sitio –AP–. Se identifican las EEI presentes en el AP –presión–; se priorizan –estado– de situación; como el proceso de invasión y sus diferentes etapas es distinta en cada EEI y además depende de la vulnerabilidad del sitio, es necesario repetir sistemáticamente estas evaluaciones para cada sitio. Para reportar el indicador a nivel de las AP de Uruguay, se cuenta con los registros mencionados correspondiente al 2016 y 2024.

Indicadores de respuesta: Uruguay, aprobó el Plan Nacional Ambiental de Desarrollo Sostenible (PANDES, 2019), donde las invasiones biológicas son consideradas una de las principales amenazas –tanto actuales como potenciales– a la biodiversidad y a los sistemas productivos. En particular, se identifica que las EEI son una de las principales causas de la degradación del campo natural –pastizales- y bosque nativo, dos de los ecosistemas más relevantes en el país. En el mencionado Plan se establece la Meta de gestión al 2030, relacionada con las EEI: "Los planes de control de las EEI han resultado en una reducción del 30% en el número de especies definidas como de alta prioridad y se ha logrado que el 75% de las áreas protegidas no presentan abundancias significativas de estas especies. En el presente trabajo se proponen dos indicadores para evaluar la respuesta a las EEI a nivel nacional: 1) Se propone el seguimiento del *Indicador ODS 15.8.1*, determinado por Iturburu *et al.* (2024 sometido) (Indicador 7, Tablas 2 y 3). Se integran los tres primeros indicadores propuestos en el PANDES (2019) en un indicador: *Número (Nº) de planes de control en ejecución de EEI priorizadas por el CEEI* (Indicador 8, Tabla 3). Finalmente, un indicador no determinado en el presente trabajo para la gestión de las áreas protegidas corresponde al *Número (Nº) de planes de control en ejecución de EEI priorizadas en las diferentes AP* que integran el SNAP, el cual se recomienda determinar a futuro**.**

Indicadores para rana toro a escala país (Uruguay): Se determinaron cuatro indicadores propuestos para las invasiones biológicas (Fig.1, Tabla 1), adaptados para *A. catesbeiana*: 1) *Nº y ubicación de ranarios abandonados*: el indicador de vías de introducción propuesto a nivel nacional para rana toro, (*Nº de criaderos habilitados por el MGAP-DINARA,* 23), podría estar subestimado. Esto se debe a que los dos criaderos identificados en Canelones (Los Cerrillos y Progreso, Iturburu *et al*., 2024) no se encontraban en el registro de los ranarios habilitados. De esta manera, el número de ranarios a nivel país podría ser mayor a los 23 criaderos registrados oficialmente y que posteriormente fueron abandonados sin medidas de bioseguridad, generando los focos de invasión de la especie en Uruguay (Flores Nava, *et al.,* 2008; Laufer *et al.,* 2018; Iturburu *et al.,* 2018; 2024).

Tabla 5. Indicadores del modelo *IPER* para la gestión de rana toro en Canelones.

CATEGORÍA	**INDICADOR Escala local (Canelones)**	**Nº**
VIAS	1) Nº de ranarios (Los Cerrillos/Progreso)	2
PRESION	2) Nº de charcos invadidos por *Aquarana catesbeiana* en Canelones	7
RESPUESTA	3) ODS 15.8.1: Resolución y asignación de recursos para control de la rana toro por la Intendencia de Canelones (Cecoed, 2018)	1
RESPUESTA	4) Planes en ejecución / Nº de charcos invadidos en Canelones	7/7

2) *Nº charcos invadidos*: es uno de los indicadores más difíciles de elaborar por el esfuerzo de investigación que requiere y al mismo tiempo uno de los más necesarios considerando lo rápido y cambiante del proceso de invasión biológica de la rana toro. Contar con un sistema de información en línea y acceso libre sobre de EEI como son el GeoPortal de EEI y la base de datos de EEI InBUy desarrollado por el CEEI es una condición necesaria para la gestión de invasiones biológicas, pero no suficiente, ya que se requiere además de investigación para su identificación, disponibilidad de los registros georreferenciados en estos sistemas informáticos y la actualización periódica en el tiempo.

3) *Especies de las LR amenazadas por EEI rana toro:* De las 49 especies de especies de anfibios evaluadas en la LR de los anfibios y reptiles del Uruguay se identifica como una de las principales amenazas la presencia de *A. catesbeiana* (Carreira & Maneyro, 2015). Dicha especie presenta un alto potencial invasor e impacto sobre la estructura de las comunidades acuáticas (Laufer *et al.,* 2008; Gobel, 2018), además puede ser vector de patógenos como *Ranavirus* (Galli *et al.,* 2006) o el hongo quitridio *Batrachytrium dendrobatidis* (Mazzoni *et al.,* 2003), responsables del declive de anfibios a nivel mundial.

Indicadores para rana toro a escala local (Canelones): A nivel local, a partir de la denuncia a las autoridades ambientales de la presencia de la rana toro en el AP humedales de Santa Lucía (Canelones), se realizó un relevamiento de los cuerpos de agua que incluyó el muestreo de las comunidades acuáticas del perímetro de los tajamares invadidos (3) dentro del área protegida humedales de Santa Lucía y los tajamares de los predios más cercanos (12). Se realizaron entrevistas a pobladores de la zona, lo que permitió identificar otros cuatro tajamares invadidos y la existencia de dos antiguos criaderos de ranas toro –ranarios– a ambos lados de la Ruta 36, a 8 km de la ciudad de Los Cerrillos. El *número (Nº) de tajamares invadidos* –indicador de presión– correspondió a siete charcos de agua ubicados en cuatro establecimientos rurales (Iturburu *et al.,* 2024). A partir de los registros georreferenciados de los cuerpos de agua con presencia de la rana toro (7) –indicador de presión– y los antiguos ranarios identificados (2) –indicador de Vías de Introducción– se incorporaron en un Sistema de Información Geográfica (SIG) donde los indicadores se representaron en forma de mapa (Fig. 2).

La Intendencia de Canelones y el Ministerio de Ambiente, priorizaron tres de los siete cuerpos de agua invadidos y ejecutaron un plan de erradicación 2018-2020 (Cecoed 2018). La elaboración de mapas SIG y representación gráfica de estos indicadores (Fig. 2) es clave para la gestión de EEI donde se pueden incluir otras capas de análisis (ej. cuencas hidrográficas) así como elaborar nuevos indicadores (ej. Nº de charcos invadidos por cuenca hidrográfica). El sistema de indicadores del modelo *IPER* se aplicó con éxito para la erradicación de la rana toro en el área protegida humedales de Santa Lucía, Los Cerrillos, Canelones.

La elaboración y cálculo de los indicadores propuestos fue parte de un proceso, primero se identificó las vías de introducción y dimensión del problema –número de ranarios y charcos invadidos en Canelones– que permitió elaborar un Plan de control y asignación de fondos –indicador ODS 15.8.1–. Por último, a partir de la intervención en territorio en charcos invadidos priorizados –respuesta–, permitió el cálculo de los indicadores propuestos.

La representación cartográfica (SIG) del modelo *IPER* a escala local (Fig. 2) es determinante para entender el proceso de invasión biológica en el territorio y sus diferentes etapas. Se visualiza el punto de origen –*Vía de Introducción*– ranarios (2) y el avance –número de charcos invadidos– hacia el arroyo Colorado chico. Esto nos permite diseñar medidas preventivas para evitar el avance hacia esa zona del arroyo.

Por último, de acuerdo con la experiencia en este estudio se recomienda el trabajo a diversas escalas y la interrelación entre escalas. Si bien una EEI es posible erradicarla a escala predial, si no se eliminan las vías de introducción el problema persiste. De la misma forma podemos erradicarla de una microcuenca o municipio o departamento que parece ser el camino a emprender considerando la interrelación de los indicadores de respuesta como la experiencia realizada en Canelones con apoyo del Sinae y Ministerio de Ambiente.

CONCLUSIONES

El sistema de indicadores determinados considerando el marco conceptual *IPER*, resultó ser aplicable a diferentes escalas (nacional y local), así como para la EEI A*quarana catesbeiana*. La incorporación de este sistema de indicadores en la toma de decisiones ante las invasiones biológicas contribuirá a mejorar la gobernanza de las EEI en Uruguay. El mismo permitirá fortalecer el cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por el país, en particular el artículo 8(h) del CDB, así como leyes nacionales relacionados con aspectos ambientales y protección a la biodiversidad (artículo 22º LGPA –Ley 17.283/00–; artículo 424 Ley de presupuesto N° 20.212, 6-11-2023). Complementariamente permitirán evaluar el avance a mediano (2030) y largo plazo del ODS 15.8; la meta 6 del MGB Kunming-Montreal (CDB, 2022) y la Visión 2050, donde la biodiversidad se valora, conserva y restaura.

REFERENCIAS

Aber A., & Ferrari G. 2010. *Lineamientos para la gestión nacional de Especies Exóticas Invasoras*. Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras. Mvotma, Unesco, 144p. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/lineamientos-para-gestion-nacional-especies-exoticas-invasoras-2010

Aber A., Ferrari G, Porcile J.F, Rodríguez E. & S. Zerbino, 2012. *Identificación de prioridades para la gestión nacional de las especies exóticas invasoras*. Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras, Mvotma Unesco. 100p. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/identificacion-prioridades-para-gestion-nacional-especies-exoticas

Amestoy, F., Spinetti, M. & Fabiano, G., 1998. Aquatic species introduced in Uruguay. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen, *26*(5), 2170-2173. DOI:1080/03680770.1995.11901129

Andonova, L. B., & Mitchell, R. B., 2010. The Rescaling of Global Environmental Politics. *Annual review of environment and resources*, *35*, 255-282. DOI: 10.1146/annurev-environ-100809-125346

Azpiroz, A. B., Alfaro, M., & Jiménez, S., 2012. *Lista roja de las aves del Uruguay: una evaluación del estado de conservación de la avifauna nacional con base en los criterios de la* Unión *Internacional para la Conservación de la Naturaleza* (Nº. 598.2 (899) AZP).

Barrios, Y., G. Born-Schmidt, A.I. González, P. Koleff y R. Mendoza, 2014. Avances en el desarrollo de criterios para definir y priorizar las es-

pecies invasoras, en R. Mendoza y P. Koleff (coord.), *Especies acuáticas invasoras en México.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 113-121.

Bauer, R. (edit.) Social Indicators. Cambridge (Mass.) *The M.I.T. Press*. 1966.

Bird Life International, 2004. Aves amenazadas del mundo, CD-ROM BirdLife International. Disponible en: http://www.birdlife.org/datazone/species/index.html

Blackburn, T. M., Essl, F., Evans, T., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., Kühn, I., & S.Bacher, 2014. A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLOS Biology*, 12(5), e1001850. DOI:10.1371/ journal.pbio.1001850

Brazeiro, A, Bresciano D, Brugnoli E & Iturburu M (eds). 2022. Especies exóticas invasoras de Uruguay: distribución, impactos socioambientales y estrategias de gestión. Retema, Udelar – CEEI, Ministerio de Ambiente, Montevideo, 115p. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/eei-control-prioritario-uruguay-distribucion-impactos-socioambientales

Borteiro, C., Cruz, J. C., Kolenc, F., & Aramburu, A., 2009. Chytridiomycosis in frogs from Uruguay. *Diseases of aquatic organisms*, *84*(2), 159-162. DOI: 10.3354/dao02035

Butchart, S. H. M., Stattersfield, A. J., Bennun, L. A., Shutes, S. M., Akçakaya, H. R., Baillie, J. E. M., ... & G. M. Mace, 2004. Measuring global trends in the status of biodiversity: Red List Indices for birds. *PLOS Biology*, 2(12), e383. DOI: 10.1371/journal.pbio.0020383

Carreira, S., & Maneyro, R., 2015. *Lista Roja de los Anfibios y Reptiles del Uruguay: Una Evaluación del Estado de Conservación de la Herpetofauna de Uruguay sobre la Base de los Criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*. Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Dirección Nacional de Medio Ambiente, Montevideo.

Carreira, S., & Maneyro, R. 2019. *Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles del Uruguay: Biología y conservación de los Anfibios y Reptiles en peligro de extinción a nivel nacional*. Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Dirección Nacional de Medio Ambiente, Montevideo.

Carrere, R. 1994. Monteindígena: la invasión de las exóticas. Tierra amiga, 22.

CBD, 2022. 15/4. Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. Fifteenth meeting (Part II) of Conference of the parties to the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada. Available in: https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf"https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf

CEEI (2009). Lista de Especies Exóticas Invasoras de Uruguay. Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras (CEEI), Dinama, MVOTMA. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicación/publicaciones/lista-especies-exóticas-invasoras-uruguay

CEEI, 2018. *Protocolo de Respuesta ante Invasiones Biológicas de Especies Exóticas Invasoras*. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicación/publicaciones/protocolo-respuesta-ante-invasiones-biológicas-especies-exóticas

Cecoed Canelones, 2018. Canelones trabaja en acciones para evitar la propagación de la rana toro. Disponible en: https://imcanelones.gub.uy/es/noticias/cecoed-trabaja-en-acciones-para-evitar-la-propagación-de-la-rana-toro

CONABIO, 2015. Metodología de Evaluación Rápida de Invasividad MERI. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/herramientas/

EPA & SEMARNAT. United States - Mexico Border Environmental Indicators, 1997. EPA/909/R-98/001. US-Mexico Border XXI Program, USEPA, 1997, 5. Disponible en: http://www.epa.gov/usmexicoborder/progress/eng/index.htm

Evans, J. M., Wilkie, A. C., & Burkhardt, J., 2008. Adaptive management of nonnative species: Moving beyond the "either-or" through experimental pluralism. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, *21*(6), 521–539. DOI:10.1007/s10806-008-9118-5

Flores Nava, A., & Antognazza, P. 2008. Estrategia general para el desarrollo de la acuicultura sostenible en la República Oriental del Uruguay. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/ publicaciones/estrategia-general-para-desarrollo-acuicultura-sostenible-uruguay

Galli, L., Pereira, A., Márquez, A., & Mazzoni, R. 2006. *Ranavirus* detection by PCR in cultured tadpoles (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) from South America. *Aquaculture*, 257(1-4), 78-82. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.06.019

GeoPortal EEI, 2024. Ubicación de charcos invadidos por EEI, *Aquarana catesbeiana.* Disponible en: https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportalEEI

Gobel, N., 2018. Robustez y vulnerabilidad de las redes tróficas frente a la invasión de rana toro. https://hdl.handle.net/20.500.12008/26652

González, I, Barrios Y, & De Jesús S., 2017. Análisis de riesgo para especies invasoras en México. En: El impacto de las Especies exóticas invasoras en México (pp.24-29). Chapter: 4 Publisher: *Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública de la Cámara de Diputados.* Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316883526_Analisis_de_riesgo_para_especies_invasoras_en_Mexico

Horta, S.; Erman, D.; Ríos, M.; Medina, S.; Troncoso, A.; Salazar, A. & L. Bartesaghi, 2018. Especies Exóticas Invasoras en Áreas Protegidas: Taller de intercambio de experiencias de control en el SNAP, en *Ecología, Manejo de Especies Exóticas Invasoras en Uruguay, del diagnóstico a la Acción* (Pp 38-44), CEEI, Mvotma 70 pp.

Horta, S.; Erman, D.; Ríos, M.; Medina, S.; Troncoso, A.; Salazar, A., & L. Bartesaghi, 2016. Especies exóticas invasoras en las áreas protegidas: taller de intercambio de experiencias de control en el SNAP. *V Congreso Uruguayo de Zoología*, 08 de diciembre.

InBUy, 2021. Sistema de información y monitoreo de especies exóticas invasoras. *Base de datos sobre invasiones biológicas en Uruguay.* Comité de Especies Exóticas Invasoras. Disponible en: https://sieei.udelar.edu.uy/base-dados-nacional

Iturburu M., 2018. Indicadores de presencia de especies exóticas invasoras prioritarias de Uruguay. Mapas con registros georreferenciados. CEEI, Mvotma. Montevideo.

Iturburu M.; Iglesias, G.; Brugnoli, E., & J.C. Guerrero. International Law Solutions for Invasive Alien Species: the Sustainable Development Goal (15.8) applied to Uruguay (sometido Revista Academia Environmental Sciences and Sustainability, 25 septiembre 2025).

Iturburu M., & H. Coitiño, 2020. Indicadores de presencia de especies exóticas invasoras prioritarias de Uruguay. Mapas con registros georreferenciados 2020. CEEI, Mvotma. Montevideo.

Iturburu M., Porcile J.F. & M. L. García de Souza, 2019. Indicadores de presencia de especies exóticas invasoras vegetales de Uruguay: Mapas con registros georreferenciados. CEEI, Mvotma. Montevideo.

Iturburu, M., Brugnoli, E., & J. C. Guerrero. Erradicación con participación social de la especie invasora rana toro en un área protegida (Uruguay) (aceptado para su publicación en revista revista Bioinvasiones).

Iturburu, M., Cousillas, M., Brugnoli, E., & J. C. Guerrero, 2024. Situación del marco normativo ambiental con énfasis en especies exóticas invasoras en Uruguay. *Revista de la Facultad de Derecho*, (57), e20245705-e20245705. Disponible en: https://revista.fder.edu.uy/index.php/rfd/article/view/915

Iturburu, M., Maneyro, R., Elgue, E., Brugnoli, E., & J. C. Guerrero, 2024. Eficiência de técnicas de controle da bioinvasão da rã-touro (*Aquarana catesbeiana*) em área protegida e propiedades privadas (Canelones, Uruguai). *DELOS: Desarrollo Local Sostenible,* 17(51), 164-186. https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n51-009

Iturburu, M., & A. L. Mello, 2022. Comité de Especies Exóticas Invasoras de Uruguay: del diagnóstico a la acción, prioridades y desafíos de gestión. En: Brazeiro A, Bresciano D, Brugnoli E & Iturburu M (eds.): *Especies exóticas invasoras de Uruguay: distribución, impactos socio ambientales y estrategias de gestión.* Pp. 41-58. Retema-Udelar - CEEI - Ministerio de Ambiente, Montevideo. Disponible en: https://es.scribd.com/document/604485995/CEEI-Invasiones-Biologicas-WEB

Kaefer, Í. L., Boelter, R.A. & S. Z. Cechin, 2007. Biología reproductiva de la rana toro invasora *Lithobates catesbeianus* en el sur de Brasil. En: *Annales Zoologici Fennici* (págs. 435-444). Junta finlandesa de Publicaciones Zoológicas y Botánicas.

Laufer, G., Gobel, N., Kacevas, N., & Lado, I., 2018. Una nueva población feral de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) en Uruguay, encontrada con participación ciudadana. Revista Latinoamericana de Herpetología, 1(2), 47-50. DOI: DOI:10.22201/fc.25942158e.2018.2.23

Laufer, G., Canavero, A., Núñez, D., & Maneyro, R., 2008. Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) invasion in Uruguay. *Biological Invasions*, 10, 1183-1189. DOI:10.1007/s10530-007-9178-x

Lombardo, I., Elgue, E., Villamil, J. & Maneyro, R. 2016. Registro de una población asilvestrada de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) (Amphibia: Anura: Ranidae) en el departamento de Maldonado, Uruguay. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay*, *25* (1), 61-65. Disponible en: https://journal.szu.org.uy /index.php/Bol_SZU/article/view/20. Maneyro, R., G. Laufer, D. Nuñez & A. Canavero, 2005. Especies invasoras: primer registro de Rana Toro, *Rana catesbeiana* (Amphibia, Anura, Ranidae) en Uruguay. Actas de las VIII Jornadas de Zoología del Uruguay: 139.

Maneyro, R. 2002. *L*as Listas de Fauna Amenazada del Uruguay: Diagnóstico de situación y perspectivas (Nº. 504.06 (899) PER). Disponible en: https://www.academia.edu/1059567/Las_listas_de_fauna_amenazado_del_Uruguay_diagn%C3%B3stico_de_situaci%C3%B3n_y_perspectivas_Perfil_ambiental_del_Uruguay_2002

Maneyro, R. & J. A. Langone, 2001. Categorización de los anfibios del Uruguay. *Cuadernos de Herpetología.* 15 (2): 107:118. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/6355

Marino, L., 2006. Especies exóticas invasoras, propuesta para la estrategia del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Montevideo: MVOTMA-DINAMA, SNAP. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/dt8_martino_08.pdf

Mazzoni, G., & Memon, A., 2003. Imagination can create false autobiographical memories. *Psychological Science*, 14(2), 186-188. DOI: 10.1046/j.1432-1327.1999.00020.x

McGeoch, M. A., Butchart, S. H. M., Spear, D., Marais, E., Kleynhans, E. J., Symes, A., Chanson, J., & Hoffmann, M., 2010. Global indicators of biological invasion: Species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Diversity and Distributions*, *16*(1), 95–108. DOI:10.1111/j.1472-4642.2009.00633.x

McGeoch, M. A., Chown, S. L., & Kalwij, J. M., 2006. A global indicator for biological invasion. *Conservation Biology,* 20(6), 1635-1646. DOI:10.1111/j.1523-1739.2006.00579.x

McGrannachan, C. M., Pagad, S., & M. A. McGeoch, 2021. A multiregional assessment of transnational pathways of introduction. *NeoBiota*, *64*, 43–67. DOI:10.3897/neobiota.64.60642

MGAP-DGSA, 2017. Relevamiento capín Annoni. Disponible en: https://www.planagropecuario.org.uy/web/292/plantv/relevamiento-de-la-presencia-del-capim-annoni-en-caminos-y-rutas-de-uruguay.html

Ministerio de Ambiente, Informe del Estado del Ambiente de Uruguay (MA), 2020. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/informe-del-estado-del-ambiente-2020

Mooney, H. A., 2005. Invasive alien species: a new synthesis. *(No Title).*

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Mvotma), Ceei, 2018. Plan de Erradicación de la rana toro en Aceguá, Uruguay. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerioambiente/files/docum entos/publicaciones/Plan_Piloto_Erradicacion_Rana_toro_Acegua_2018.pdf

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Mvotma), 2016. Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica del Uruguay, Montevideo. Disponible en: https://www.unccd.int/sites/default/files/prais-legacy/Uruguay/2018/annexes/estrategia%20de%20 biodiversidad.pdf

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Mvotma), Snap, 2015. Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Pro-

tegidas (SNAP) 2015 - 2020. Red Física de Sitios de interés SNAP. Información detallada Los Cerrillos, humedales de Santa Lucía, K28. Disponible en: https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/50CCF748-F428-8010-744B-D5B1BD5F3A66/attachments/205640/Plan Estratégico 2015-2020 SNAP.pdf

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Mvotma), 2013. Informe del estado del ambiente de Uruguay – Indicadores ambientales.

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Mvotma), Dinama, Ceei, 2009. Lista de Especies Exóticas Invasoras de Uruguay. Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras (CEEI). Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicación/publicaciones/lista-especies-exóticas-invasoras-uruguay

Nebel, J.P. 1997. Bosque nativo. Gestión de la conservación. *Uruguay Forestal* 1(1): 4-7. Disponible en: http://www.guayubira.org.uy/monte/Contaminacion_monte_nativo_exoticas.pdf

Nebel, J. P. & J. F., Porcile, 2006. La contaminación del bosque nativo por especies arbóreas y arbustivas exóticas. Montevideo: MGAP-DGF.

Nelufule, T., Robertson, M. P., Wilson, J. R., Faulkner, K. T., Sole, C., & S., Kumschick, 2020. The threats posed by the pet trade in alien terrestrial invertebrates in South Africa. *Journal for Nature Conservation*, *55*, 125831. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125831

OECD, 2019. *"The Post-2020 Biodiversity Framework: Targets, indicators and measurability implications at global and national level", November version.* Disponible en: https://www.oecd.org/environment/resources/biodiversity/report-the-post-2020-biodiversity-framework-targets-indicators-and-measurability-implications-at-global-and-national-level.pdf

OECD, 2003. OECD Environmental Indicators. Development, measurement and use. Disponible en: https://www.oecd.org/env/indicators-modellingoutlooks/24993546.pdf

OECD, 1993. Marco de referencia e indicadores medioambientales de Presión-Estado-Respuesta. Disponible en: http://www.fao.org/ag/againfo/programmes /es/lead/toolbox/Refer/EnvIndi.htm

Ogden, J. A. E., & M. Rejmánek, 2005. Recovery of native plant communities after the control of a dominant invasive plant species, Foeniculum vulgare: implications for management. *Biological Conservation*, *125*(4), 427-439. DOI:10.1016 / j. biocon.2005.03.025

Pauchard, A., Quiroz, C., García, R., Anderson, C. B., & M. T. Kalin, 2011. Invasiones biológicas en América Latina y el Caribe: tendencias en investigación para la conservación. Conservación biológica: perspectivas desde América Latina, 79-94.

Plan Nacional para el Desarrollo Sostenible (PANDES), 2019. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicación/publicaciones/plan-nacional-ambiental-para-desarrollo-sostenible

Reed, MS & R. Curzon, 2015. Mapeo de partes interesadas para la gobernanza de la bioseguridad: una revisión de la literatura. *Revista de Ciencias Ambientales Integrativas*, *12* (1), 15-38. https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1943815X.2014.975723

Rodrigues, A.S., Pilgrim, J.D., Lamoreux, J.F., Hoffmann, M. & T. M. Brooks, 2006. El valor de la Lista Roja de la UICN para la conservación. *Tendencias en ecología y evolución*, *21* (2), 71-76.

Rodríguez, J.P., 2001. La amenaza de las especies exóticas para la conservación de la biodiversidad suramericana. *Interciencia*, *26* (10), 479-483. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442001001000010&lng=es&tlng=es

Roy, H., Pauchard, A., Stoett, P. Renard Truong, T, Meyerson, L., Bacher, S., Galil, B. Hulme, P., Ikeda, T. Sankaran, K.V., McGeoch, M., Nuñez, M., Ordoñez, A., Rahlao, S., Schwindt, E., Seebens, H., Sheppard, A., Vandvik, V., Aleksanyan, A., Ansong, M., August, T., Blanchard, R. Brugnoli, E. et al. (+65 autores) 2024. Curbing the major and growing threats from invasive alien species is urgent and achievable. *Nature Ecology* and Evolution. DOI:10.1038/s41559-024-02412-w

Saúl, W. C., Roy, H. E., Booy, O., Carnevali, L., Chen, H.J., Genovesi, P., Harrower, C. A., Hulme, P. E., Pagad, S., Pergl, J., & Jeschke, J. M., 2017. Assessing patterns in introduction pathways of alien species by linking major invasion databases. *Journal of Applied Ecology*, *54*(2), 657–669. DOI:10.1111/1365-2664.12819

SCBD & CBD, 2014. *Global Biodiversity Outlook 5: A mid-term assessment of progress towards the implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020* (p. 155). Secretariat of the Convention on Biological Diversity. DOI:10.1093/aje/kwq338

Seebens, H., Blackburn, T. M., Dyer, E. E., Genovesi, P., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., Pagad, S., Pyšek, P., Winter, M., Arianoutsou, M., Bacher, S., Blasius, B., Brundu, G., Capinha, C., Celesti-Grapow, L., Dawson, W., Dullinger, S., Fuentes, N., Jäger, H., & F., Essl, 2017. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, *8*(1), 14435. https://doi.org/10.1038/ncomms14435

Soutullo, A., Bartesaghi, L., Ríos, M., Szephegyi, M. N., & Di Minin, E., 2014. Plan Estratégico SNAP 2015–2020. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-vivienda-ordenamiento -territorial/sites/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial-medio-ambiente /files/documentos/publicaciones/2 Documento_Subsidiario_2_compressed.pdf

Urbina-Cardona, J. N., Nori, J., & F., Castro, 2011. Áreas vulnerables a la invasión actual y futura de la rana toro (*Lithobates catesbeianus:* Ranidae) en Colombia: estrategias propuestas para su manejo y control. *Biota Colombiana*, 12(2).

ANEXO I.

Descripción de indicadores para bioinvasiones en Uruguay

2.1. Indicadores de Vías de Introducción (impulsores o conductores):

Indicador 1. Mapas de los registros georreferenciados de presencia de las EEI priorizadas. Salida gráfica de un Sistema de Información Geográfica –SIG– donde se representan las coordenadas geográficas –latitud y longitud– de cada uno de los registros de presencia de las EEI priorizadas. A partir de su actualización en forma sistemática en el tiempo, permite identificar las vías de introducción y el avance en la propagación de la bioinvasión (Fig. 1).

2.2. Indicadores de Presión (P):

Indicador 2. Número de registros de presencia de EEI. El número –Nº– de EEI es el mejor indicador del estado del problema o del contexto o presión (McGeoch *et al.*, 2006). El indicador de presencia o N° de registros de EEI, fue elaborado en 2018 por el CEEI, a partir de recopilar e integrar registros georreferenciados de EEI por las instituciones que lo integran. Con estos registros se elaboró los indicadores de presencia de EEI (Iturburu, 2018, Iturburu & Coitiño, 2020), para cumplir con la meta nacional 9a: "Uruguay contará con un registro de EEI que servirá de insumo para el diseño de acciones de manejo" (Mvotma, 2016). Los indicadores se publicaron en el Informe del estado del ambiente de Uruguay 2020 (MA, 2020), y en el Sistema de información y monitoreo de EEI de Uruguay: https://sieei.udelar.edu.uy/ (InBUy, 2025).

Indicador 3. Lista oficial de EEI. Comité Nacional de EEI –CEEI–, del Ministerio de Ambiente, como grupo asesor de la política ambiental en materia de invasiones biológicas es el ámbito competente en materia de invasiones biológicas –artículo Nº 424 de la Ley Nº 20.221 de 6 de noviembre de 2023–. Actualmente la lista de EEI, es un acuerdo consensuado –no vinculante legalmente–, que define el CEEI y se publica en los Informes del estado del ambiente de Uruguay (Mvotma-CEEI, 2009; Mvotma, 2013; 2020); y en la web del MA: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicación/publicaciones/lista-especies-exóticas-invasoras-uruguay

2.3. Indicadores de Estado:

Indicador 4. Número (Nº) de registros de presencia de las EEI priorizadas. En 2018 el CEEI, a partir del análisis de riesgo MERI específico para EEI evaluó la Lista de EEI para Uruguay, (Mvotma-CEEI, 2009) y se priorizan para su control por su alto potencial invasor e impactos negativos. Los mapas de distribución –propagación– se publican en los Informes del estado del ambiente (MA, 2020) y en el GeoPortal de EEI de la IDE: https://visualizador.ide.uy /ideuy/core/load_public_project/GeoportalEEI/

Indicador 5. Número de EEI priorizadas en áreas protegidas del SNAP. Son las especies de la totalidad de EEI identificadas en el SNAP, clasificadas a partir de talleres participativos como de impacto negativo muy alto a los objetos de protección (Horta *et al.,* 2018).

Indicador 6. Especies amenazadas por EEI, Listas Rojas –LR– de UICN. La LR evalúa el riesgo de extinción sobre la base de los criterios –Extinto (EX), En peligro crítico (PC), En peligro (EN), vulnerable (VU), casi amenazado (NT), preocupación menor (LC), datos insuficientes (DD), no aplicable (NA), no evaluada (NE)–. Las especies se clasifican de acuerdo a criterios, las tres primeras categorías –PC, EN, VU– corresponden a especies en alto riesgo de extinción. Registramos el número de especies amenazadas por EEI en las LR elaboradas para Uruguay de aves (Azpirotz *et al.,* 2012); anfibios y reptiles (Carreira y Maneyro, 2015); y la reciente LR de mamíferos, que propone una categoría de amenaza para estas especies y su justificación que actualmente está abierta a la consulta pública, para revisar la propuesta y enviar aportes, y/o sugerencias: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/ consulta-publica-lista-roja-mamiferos

2.4. Indicadores de Respuesta:

Indicador 7. Número de planes de control en ejecución para las EEI priorizadas. Es uno de los indicadores del PANDES (2019) que estableció la meta al 2030: Los planes de control para EEI han resultado en una reducción del 30% en el número de especies definidas de alta prioridad y se ha logrado que el 75% de las áreas protegidas no presentan abundancias significativas de estas especies.

Indicador 8. Indicador para el ODS 15.8.1.El Objetivo 15 para lograr un Desarrollo Sostenible –ODS–, "busca proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida biodiversidad" y para lograrlo, se estableció como meta 15.8: "Para 2030, adoptar medidas para prevenir la introducción de EEI y reducir sus efectos en ecosistemas y controlar o erradicar las priorizadas". El Grupo de especialistas en especies invasoras –ISSG– de la UICN, para monitorear el progreso hacia los objetivos de los tratados CDB, CIPF, WHC, CMS, Ramsar, y elaborar informes e indicadores del Panel Intergubernamental para la Biodiversidad y los Servicios de los Ecosistemas –IPBES–, definieron el indicador 15.8.1: países que han aprobado legislación y han destinado recursos para EEI. El indicador mide el progreso hacia el ODS 15.8 (Iturburu *et al.,* 2025 sometido) a partir de cinco indicadores individuales que miden la adopción de: 1) acuerdos internacionales relevantes para EEI; 2) legislación para EEI (reglamentar artículo 8h CDB); 3) estrategia y/o plan nacional para EEI; 4) compromiso nacional (espacios interinstitucionales) y la 5) asignación de recursos.