



**Universidad Nacional de Córdoba**

**Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**

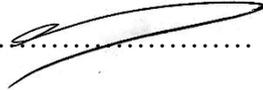
Tesina de Grado para optar por el título de Bióloga

**REVISIÓN SISTEMÁTICA CUALITATIVA DE LA  
IMPORTANCIA DEL USO DE LOS BIOENSAYOS EN LA  
EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS AGROQUÍMICOS  
EN ANUROS DE LA ECORREGIÓN PAMPA**

**Tesista:** Inés Griselda Bujedo

Firma:  .....

**Director:** Fernando José Carezzano

Firma:  .....

Tesina de Grado para optar por el título de Bióloga

**REVISIÓN SISTEMÁTICA CUALITATIVA DE LA IMPORTANCIA DEL USO  
DE LOS BIOENSAYOS EN LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS  
AGROQUÍMICOS EN ANUROS DE LA ECORREGIÓN PAMPA**

**Alumna:** Inés Griselda Bujedo

**Director:** Fernando José Carezzano

**Tribunal Examinador**

- Nombre y Apellido: DRA. ANDREA HUED

Firma:



- Nombre y Apellido: DRA. NOELIA GUYON

Firma:



- Nombre y Apellido: Dra. MARÍA ANGELINA ROGGIO

Firma:



- Calificación: 10 (diez)

- Fecha: 22/12/2023

### ***Agradecimientos***

Agradezco de corazón a mis padres, Humberto e Inés, por haber estado a mi lado desde el día en que decidí emprender esta hermosa carrera, y por haberme apoyado incondicionalmente en este largo recorrido que finalmente me ha llevado a este momento.

No puedo dejar de mencionar a mis hermanos, Paola, Celeste, Ariel y Abel, así como a mi ahijado Brian, quienes de diferentes maneras me han acompañado en este tiempo.

Un agradecimiento especial va para mi amiga y compañera de carrera, Laura, quien me brindó la inspiración y el ánimo para retomar mis estudios y llegar hasta el final.

También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis amigas y compañeras de trabajo, Alana, Romina, Juliana, Silvia y Gisel, por haberme respaldado y asumido la carga de trabajo en los momentos en que necesité concentrarme en la realización de mi tesina. Además, quiero agradecer a mi jefe, Piero, por su apoyo y comprensión dentro de sus posibilidades.

Sin duda, mi reconocimiento se extiende a mi director de tesina, Fernando, cuyas orientaciones, persistencia y paciencia fueron invaluable en este proceso.

Por último, no puedo pasar por alto agradecerme a mí misma por superar mis miedos y prejuicios, y por tener la determinación de llegar hasta aquí.

## Índice

	Página
<b>Resumen</b>	5
<b>Palabras Clave</b>	
<b>Summary</b>	5
<b>Keywords</b>	
<b>Introducción</b>	7
<b>Objetivos</b>	9
<b>Materiales y Métodos</b>	9
<b>Resultados y discusión</b>	11
<b>Conclusiones</b>	18
<b>Bibliografía</b>	20
<b>Tablas y figuras</b>	29

# REVISIÓN SISTEMÁTICA CUALITATIVA DE LA IMPORTANCIA DEL USO DE LOS BIOENSAYOS EN LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS AGROQUÍMICOS EN ANUROS DE LA ECORREGIÓN PAMPA

## RESUMEN

La creciente utilización de agroquímicos en la ecorregión Pampa ha generado preocupación debido a sus efectos adversos en el medio ambiente y la salud. Los anfibios, en particular los anuros, se han empleado como bioindicadores para evaluar estos impactos. Esta revisión sistemática tiene como objetivo analizar investigaciones que utilizan bioensayos para evaluar los efectos de agroquímicos en anuros de la ecorregión Pampa, proporcionando una visión general de la situación. Siguiendo la metodología PRISMA, se seleccionaron 19 estudios de Scopus y Google Académico. Los análisis bibliométricos revelaron que los artículos se publicaron en revistas de alto impacto como *Ecotoxicology and Environmental Safety* y *Environmental Toxicology and Chemistry*. Los estudios se centraron en siete especies de anuros, principalmente *Rhinella arenarum* y *Boana pulchella*. Se identificaron diez principios activos, destacando el herbicida imazetapir. Se observó la aplicación de 17 bioensayos agudos semiestáticos en los que se midió el efecto subletal. Se utilizaron nueve biomarcadores, y la mortalidad fue la más evaluada. A pesar de 64 resultados significativos, ninguno de los estudios incluyó pruebas de campo. Se concluye que es crucial expandir la investigación para incluir más especies de anuros, ya que en la ecorregión Pampa existen aproximadamente 35 especies. Además, es necesario evaluar agroquímicos prominentes como la atrazina en esta región. Se recomienda realizar estudios de campo para validar los resultados obtenidos en laboratorio, proporcionando una base más sólida para futuras decisiones y políticas relacionadas con el uso de agroquímicos en la ecorregión Pampa.

**Palabras clave:** agroquímicos, bioensayo, bioindicadores, anfibios, agroecosistemas

## SUMMARY

The increasing use of agrochemicals in the Pampa ecoregion has raised concerns over their adverse effects on the environment and health. Amphibians, particularly anurans, have been employed as bioindicators to assess these impacts. This systematic review aimed to analyze

studies using bioassays to evaluate the effects of agrochemicals on anurans in the Pampa ecoregion, providing an overview of the situation. Following the PRISMA methodology, 19 studies were selected from Scopus and Google Scholar. Bibliometric analyses revealed that articles were published in high-impact journals such as *Ecotoxicology and Environmental Safety* and *Environmental Toxicology and Chemistry*. The studies focused on seven species of anurans, mainly *Rhinella arenarum* and *Boana pulchella*. Ten active ingredients were identified, being the herbicide imazetapir the prominent. Seventeen semi-static acute bioassays were conducted to measure sublethal effects. Nine biomarkers were used, with mortality being the most evaluated. Despite 64 significant results, none of the studies included field tests. It is concluded that it is crucial to expand research to include more anuran species, as there are approximately 35 species in the Pampa ecoregion. Additionally, it is necessary to evaluate prominent agrochemicals such as atrazine in this region. Conducting field studies to validate laboratory results is recommended, providing a more solid foundation for future decisions and policies related to agrochemical use in the Pampa ecoregion.

**Keywords:** agrochemicals, bioassay, bioindicators, amphibians, agroecosystems

## INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda de alimentos a nivel mundial ha generado un incremento en el uso de cultivos genéticamente modificados, maquinaria agrícola y, sobre todo, el uso intensivo de agroquímicos (Cecon, 2008; Molpeceres *et al.*, 2019). En Argentina, la agricultura desempeña un papel estratégico en su economía y se considera uno de los países con mayor potencial para esta actividad debido a su diversidad de suelos y climas (Andrade *et al.*, 2017). Una de las regiones de nuestro país que evidencia lo mencionado desde hace décadas es la ecorregión Pampa (Brown *et al.*, 2006) la cual se caracteriza por la presencia de extensos agroecosistemas (Quirós *et al.*, 2006; Cabido, 2008; Viglizzo & Jobbágy, 2010).

Los agroquímicos son sustancias o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, controlar o destruir cualquier organismo nocivo, como especies no deseadas de hongos, plantas o animales, que causan perjuicio o interferencia negativa en la producción, elaboración o almacenamiento de los vegetales y sus productos (COSAVE, 1996). La utilización de estos, que si bien otorgan importantes beneficios sobre el rinde de los cultivos (Tevez & dos Santos Afonso, 2011), afecta negativamente al ambiente y por ende a las distintas poblaciones de organismos que en ellos desarrollan sus actividades, no estando exentas las personas (Cid & Masiá, 2011; Schmidt & Toledo López, 2018; Elorza & Moavro, 2020). Diversos estudios señalan que el empleo de dosis altas de agroquímicos en la mencionada región, son los principales determinantes del incremento del riesgo de contaminación. Pengue (2009) indica que la producción de soja resistente a los herbicidas generó problemas ambientales directos como la degradación de los suelos, la contaminación del aire, de aguas superficiales y subterráneas, llegando a la desaparición de paisajes enteros. Vázquez *et al.* (2019) señalan que la contaminación por plaguicidas se incrementó un 155% entre 2002 y 2015. Iturburu *et al.* (2019) estudiaron la evolución del riesgo ecológico en ecosistemas de agua dulce detectando que el 29% de los sitios reportados presentó alto riesgo por los plaguicidas. Mac Loughlin *et al.* (2022) realizaron una evaluación del riesgo ambiental midiendo las concentraciones de agroquímicos en aguas superficiales revelando que la actividad hortícola plantea un alto riesgo para la biota acuática, con un 30 % de las muestras que superaban el valor umbral en más de mil veces.

En este sentido, los organismos no destinatarios de los tratamientos con agroquímicos pueden ser utilizados como bioindicadores y así poder determinar si existen o no secuelas negativas de su uso en el ambiente (Vargas & Ubillo, 2001), siendo los anuros excelentes para este fin debido a su tegumento permeable, la dependencia del agua para su reproducción, la ausencia de cáscara en sus huevos y la presencia de una larva de vida libre

acuática, que los hace sensibles a diferentes factores físicos, químicos y biológicos desde las etapas más tempranas de su desarrollo (Hopkins, 2007; Blaustein *et al.*, 2011), ya sea en ecosistemas acuáticos como terrestres (Lips *et al.*, 1999; Manzanilla & Péfaur, 2000). De las 176 especies que se citan para Argentina (Lavilla & Heatwole, 2010), aproximadamente 35 se observan en la ecorregión Pampa (Cei, 1980; Di Tada & Bucher, 1996).

Una de las metodologías utilizadas en investigaciones con anuros son los bioensayos (Britson & Threlkeld, 1998; Herkovits & Pérez-Coll, 1999; Hayes *et al.*, 2006; Ruiz De Arcaute *et al.*, 2014; Wrubleswski *et al.*, 2018). Estos, son técnicas de evaluación de los efectos tóxicos, tanto de sustancias químicas conocidas como de muestras ambientales de composición incierta (Silva *et al.*, 2007) realizadas en diversos organismos bajo condiciones controladas de laboratorio (Ávila Cervantes *et al.*, 2019). Se los puede clasificar en agudos o crónicos dependiendo del tiempo al cual sean expuestos los organismos; en letales o sub-letales de acuerdo con el tipo de efecto (Amé *et al.*, 2021) y estáticos o semiestáticos según la renovación del medio (Carballo Hondal *et al.*, 2003). Si bien es sabido que los bioensayos presentan limitaciones para realizar extrapolaciones a escala ambiental, los mismos constituyen una fuente de información predominante para la evaluación ecológica de los efectos de los contaminantes (Castillo Morales, 2004) y suelen ser usados como primer paso para decidir la relevancia de investigar si alguna sustancia podrá ser empleada en plantas, animales o humanos (Ávila Cervantes *et al.*, 2019). Entre los efectos adversos que se pueden observar en los bioensayos se incluyen la mortalidad y efectos sub-letales (Natale *et al.*, 2000, 2006; Agostini *et al.*, 2010, 2013; Henao *et al.*, 2015), como alteraciones en el desarrollo (Svartz *et al.*, 2015, 2016), la reproducción (Hayes *et al.*, 2003, 2006); histomorfológicas (Salibián, 1992; Ferrari *et al.*, 2005; Chiesa *et al.*, 2006), enzimáticas (Curi *et al.* 2017, 2019) y genéticas (Samojeden *et al.*, 2022).

En base a lo señalado, es importante la realización de revisiones sistemáticas (RS) sobre el tema. Estas son investigaciones científicas en donde la unidad de análisis son los estudios originales primarios (González *et al.*, 2014), constituyendo un estándar reconocido para el acceso, evaluación y síntesis de información científica (Colaboración para la Evidencia Ambiental, 2013) permitiendo incrementar la validez de las conclusiones de estudios individuales e identificando áreas de incertidumbre donde sea necesario realizar investigaciones (González *et al.*, 2014). Las RS, involucran además, estudios bibliométricos, los que tienen por objeto el tratamiento y análisis cuantitativo de las publicaciones (Tomás-Górriz & Tomás-Casterá, 2018) para obtener un panorama global del desempeño y la repercusión de la actividad científica en determinada región con lo cual se hace más fácil

entonces la toma de decisiones a la hora de adjudicar recursos a líneas investigativas, elección por parte de investigadores de revistas de gran impacto para publicar sus estudios o apoyo a especialidades de baja productividad (Dávila Rodríguez *et al.*, 2009).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Realizar una revisión sistemática de las investigaciones científicas publicadas desde 2011 que utilicen bioensayos para la evaluación de los efectos de los agroquímicos en anuros de la ecorregión Pampa.

### **Objetivos específicos**

- Identificar el idioma de publicación, las revistas elegidas para la divulgación del artículo, los autores con un mayor número de publicaciones, como así también su filiación y principales fuentes de financiación.
- Determinar las palabras claves utilizadas por los autores.
- Identificar las especies indicadoras y los estadios de desarrollo de las mismas, como así también los biomarcadores utilizados.
- Conocer cuáles son los agroquímicos más utilizados y los tipos de bioensayos más empleados.
- Identificar los distintos efectos de los agroquímicos sobre los individuos bajo estudio.
- Establecer si los trabajos realizan investigaciones a campo para complementar o comparar los datos obtenidos en bioensayos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio se realizó aplicando las pautas estándar de revisión sistemática, de acuerdo con la declaración PRISMA (Page *et al.*, 2021). Considerando que el punto de partida es especificar en forma de pregunta la problemática que se abordará (Khan *et al.*, 2003), el proceso metodológico fue conducido por el siguiente interrogante ¿es importante el uso de los bioensayos en la evaluación del efecto de los agroquímicos en anuros de la ecorregión Pampa?

Para responder a la pregunta, se efectuó una búsqueda de documentos científicos disponibles en la base de datos Scopus, considerada la mayor y más completa a nivel mundial (Bar-Ilan, 2008), con más de 20 mil revistas indexadas (Thelwall & Sud, 2022) que incluye editoriales científicas de todo el mundo y con un proceso de selección riguroso para la

inclusión del contenido (Baas *et al.*, 2020). La búsqueda se ejecutó el día 13 de octubre de 2022 por cuatro investigadores de forma simultánea, para corroborar que sea reproducible (Ferreira González *et al.*, 2011). Se empleó la fórmula: (agrochemicals OR pesticides) (laboratory OR bioassays) (amphibians OR anura) (argentina). Se estableció como fecha límite de publicación que no fuera anterior al año 2011 y no se aplicaron restricciones de idioma.

Posteriormente, se utilizó la misma fórmula y filtro de fecha en una búsqueda avanzada en Google Académico con el fin de detectar artículos potencialmente relevantes que no estuvieran indexados en la base revisada. Se descargaron por orden de relevancia y se analizaron los primeros 100 resultados de dicha búsqueda (Bernes *et al.*, 2013).

Por último, la lista de publicaciones obtenida fue revisada por un experto en el tema a los fines de determinar si algún trabajo importante para el presente estudio no fue detectado por la base de datos y el motor de búsqueda utilizados (Colaboración para la Evidencia Ambiental, 2013).

Los resultados de las búsquedas se descargaron en archivos con formato RIS. Se utilizó el programa de gestión de bibliografía Mendeley Desktop (2021) para el análisis automático de los artículos, donde fueron filtrados de la siguiente manera: (1) se eliminaron los trabajos sin autor; (2) se quitaron los duplicados; (3) se apartaron los registros clasificados como libros y como capítulos de libros; (4) posteriormente se aplicaron en forma sucesiva los términos “anura” y “amphibian”, conservándose solo las investigaciones resultantes.

Se utilizó el mencionado gestor de bibliografía para analizar los registros conservados de manera individual mediante la lectura del título y del resumen con el fin de filtrar los artículos de acuerdo con los siguientes criterios de inclusión y exclusión. Los primeros fueron: (1) que trataran el tema efecto de agroquímicos; (2) que sean estudios realizados en la ecorregión Pampa de Argentina; (3) que la metodología empleada se corresponda con algún tipo de bioensayo; (4) que hayan sido publicados entre 2011 y la fecha de búsqueda; (5) que tengan formato de artículo científico y (6) que los artículos que cumplieron con los criterios anteriores, pero que se refirieran específicamente a los impactos de los agroquímicos sobre anuros. A continuación, se detallan los criterios de exclusión: (1) presentaran un tema diferente al de interés de este trabajo; (2) que fueran publicados antes de 2011; (3) que tengan formato de tesis, disertaciones, videos o libros; (4) que fueran artículos de revisión y (5) que las publicaciones abordaran los efectos de los agroquímicos

sobre grupos distintos a anuros. Tras la búsqueda y filtrado de las bases de datos, se elaboró el listado de los artículos y se procedió a buscar el texto completo.

Se analizaron los artículos en texto completo, para lo cual se utilizó una hoja de cálculo con el fin de sistematizar en una tabla la información obtenida. Los datos registrados de cada artículo fueron: (1) base de datos de origen; (2) título; (3) autor/es; (4) año de publicación; (5) revista; (6) afiliación/es de/l los autor/es; (7) nacionalidad/es de/l los autor/es; (8) entidad/es financiante/s; (9) idioma de publicación; (10) agroquímico/s utilizado/s; (11) especie/s estudiada/s; (12) estadio/s del ciclo biológico de los individuos analizados; (13) metodología/s utilizada/s: se determinó el tipo de bioensayo; (14) biomarcador/es medido/s y (15) significancia del efecto.

En la Fig. 1 se presenta el flujograma según PRISMA (Page *et al.*, 2021) del proceso de selección de los estudios.

Para el análisis bibliométrico se emplearon datos obtenidos de la lectura de los artículos en análisis, la información aportada por la base Scopus debido a que es una fuente principal y completa de metadatos de publicaciones e indicadores de impacto (Pranckutė, 2021) y se complementó mediante el empleo del programa VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010) para construir redes bibliométricas y hacer mapas de visualización, basados en relaciones de cocitación, acoplamiento bibliográfico y palabras clave (Van Eck & Waltman, 2010, 2017).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La Tabla 1 muestra los 19 trabajos obtenidos en el proceso de selección, donde se detallan los autores, el año de publicación, el título del artículo, la revista de publicación con su factor de impacto Scimago Journal & Country Rank (SJR), cuartil (Q) y el país de procedencia.

### **Análisis bibliométrico**

#### *Sobre el idioma de publicación y las revistas*

El análisis bibliométrico revela que todos los artículos fueron redactados en inglés y publicados en ocho revistas procedentes de cuatro países diferentes: Estados Unidos de América (3), Países Bajos (2), Reino Unido (2) y Alemania (1). La revista más destacada en términos de publicaciones es *Ecotoxicology and Environmental Safety*, con seis artículos (Fig. 2). Science Direct describe a esta revista como multidisciplinaria y con un enfoque en comprender la exposición y los efectos de la contaminación ambiental en los organismos, lo

que está estrechamente relacionado con el tema de estudio de las investigaciones analizadas. Las siguientes revistas más empleadas para publicar son Environmental Science and Pollution Research y Ecotoxicology, cada una con tres artículos. Es importante destacar que estas últimas revistas son originarias de países diferentes, Estados Unidos de América, Alemania y Reino Unido, países que concentran las principales editoriales científicas (Luchilo, 2019). Se observa que la revista con el mayor impacto es Chemosphere (1,73 SJR) de los Países Bajos, la cual únicamente cuenta con dos publicaciones incluidas en esta revisión (Tabla 1).

El hecho de que los trabajos estén en inglés coincide con lo que señala la editorial Elsevier (2019), especializada en contenido científico y que entre sus productos se incluyen revistas como The Lancet, Cell, la colección ScienceDirect y la base de datos Scopus, que el 52% de la producción científica mundial se hace en inglés, lo que les da mayor probabilidad de ser indexados en las bases de datos y por ende mayor visibilidad, lo que permite la posibilidad de ser citados (Di Bitetti & Ferreras, 2017).

Se puede verificar que los artículos están acoplados bibliográficamente, es decir que los investigadores han recurrido a la misma bibliografía (Fig. 3). Se identificaron 881 trabajos, publicados principalmente en Environmental Toxicology and Chemistry (48), Chemosphere (33), Ecotoxicology and Environmental Safety (31) y Aquatic Toxicology (30) (Fig. 4). El acople bibliográfico es una herramienta que permite encontrar investigaciones relacionadas realizadas en el pasado (Jarneving, 2007) por lo que consultar la bibliografía de alguno de los estudios incluidos en la revisión, sería un buen inicio si se está por comenzar una investigación que coincida con la temática de los mismos.

#### *Sobre los autores y los organismos de financiación*

Se identificaron un total de 34 autores, pertenecientes a dos países: Argentina (30) y Brasil (4). Estos se concentran en 7 grupos, de los cuales 5 están relacionados entre sí (Fig. 5). Además, se observa que hay 23 autores estrechamente vinculados que forman 6 grupos (Fig. 6). El autor más productivo en términos de número de artículos es Marcelo Larramendy, quien ha publicado 12 trabajos. Le sigue Guillermo Natale con 11 y Sonia Soloneski con 10 (Fig. 7). Los 12 trabajos en los que participa Larramendy han sido citados un total de 313 veces. Entre estos, el más consultado, con 71 menciones, es Pérez Iglesias *et al.* (2014) (Fig. 8). De los 34 autores analizados, 22 de ellos (64,71%), solo han publicado un trabajo. Considerando los 881 trabajos citados por los artículos en revisión, Larramendy y Soloneski siguen siendo los autores más productivos (Fig. 9).

La coautoría permite identificar los principales grupos de investigación, y en esta revisión hay dos grupos bien diferenciados, el integrado por Larramendy, Pérez Iglesias, Natale, Solonesky y Ruiz de Arcaute y el grupo de Svartz, Perez Coll, Aquaroni y Herkovits. Nabout *et al.* (2015) indican que para las ciencias biológicas se evidencia la disminución del número relativo de artículos de un solo autor, lo cual puede estar relacionado con el aumento en el número de autores y el número de citas, contribuyendo a un mayor impacto científico de la investigación. Por otro lado, la coautoría se puede relacionar positivamente con el apoyo económico para el desarrollo de la investigación y con la productividad de un autor (Alexandre-Benavent *et al.*, 2017). Es decir, que la cantidad de publicaciones se suelen utilizar como indicadores de desempeño académico. En el caso de esta revisión, como ya se ha mencionado, el autor más productivo es Marcelo Larramendy, Docente-Investigador de la Universidad Nacional de La Plata quien trabaja en la temática desde hace más de 15 años, aunque no se encuentre al mismo como primer autor en los artículos analizados.

Se identificaron 12 instituciones en las que los autores trabajan, de las cuales 8 corresponden a universidades públicas, tanto de Argentina como de Brasil; 3 a instituciones estatales no educativas y 1 a una organización no gubernamental (Fig.10). Se puede detectar, además, la relación existente entre las distintas instituciones, encontrándose el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) como las más colaborativas (Fig.11). Con respecto a la afiliación de los autores se verifica que está estrechamente relacionada con la fuente de financiación de los estudios, destacándose en estos casos la UNLP y CONICET (Fig. 12). Esto permite inferir el interés de la temática por organismos estatales, quienes por medio de subsidios y becas fomenta este tipo de investigaciones. CONICET destinó aproximadamente un 50% de las becas doctorales a las Ciencias Biológicas y de la Salud entre los años 2019 y 2022 (Sarhou, 2023). En tanto la UNLP, entre sus prioridades, tiene el crecimiento de los desarrollos científicos y tecnológicos enfocados en las necesidades sociales y el cuidado ambiental y señala que como universidad pública tiene que ser una herramienta imprescindible para el progreso colectivo nacional (Tauber, 2022).

### *Sobre las palabras clave*

Se identificaron 46 palabras clave definidas por los autores, con distinta frecuencia y fuerza de relación entre ellas (Fig.13). Las mismas se agruparon en 8 clusters relacionados a los agroquímicos empleados, la metodología utilizada, los biomarcadores y los efectos obtenidos como resultados (Tabla 2). La palabra clave más empleada es ensayo cometa con

8 menciones, le siguen efecto letal con 7 y micronúcleos con 6. El bioensayo cometa, como se referenciará más adelante, es uno de los más empleados en los artículos de esta revisión, también conocido como electroforesis alcalina de células individuales (del inglés: *Single Cell Gel Electrophoresis Assay*). Este estudio es una prueba que evalúa el daño del material genético causado por diferentes agentes químicos y físicos (Kassie *et al.*, 2000). Es importante señalar que la mayoría de las palabras clave eran distintas a las incluidas en los títulos de los trabajos.

Springer Science + Business Media o Springer, la mayor editorial de libros, y la segunda más grande a nivel mundial en publicaciones científicas, después de Elsevier (Luchilo, 2019), define a las palabras clave como una herramienta para ayudar a los indexadores y motores de búsqueda a encontrar artículos relevantes. Éstas deben elegirse con eficacia, porque de ello dependerá la difusión y recuperación del artículo, lo que puede aumentar la probabilidad de ser citado. También, las palabras clave son fundamentales para poder localizar los trabajos relacionados y analizar los trabajos por la materia estudiada, permitiendo así descubrir la evolución de las corrientes investigadoras y los aspectos que más o menos interesan a los investigadores (de Granda Orive *et al.*, 2003). Las palabras clave se convierten entonces, en una herramienta esencial de doble vía, es decir, de quienes escriben y de quienes buscan la información de artículos o áreas temáticas relacionadas (González Tous & Mattar, 2012).

### **Análisis de los artículos**

La Tabla 3 muestra las especies, los principios activos, los bioensayos y los biomarcadores utilizados, como así también la significancia o no del efecto en la presente revisión.

#### *Sobre las especies*

Se observa que se trabajó con 7 especies de anuros, siendo *Rhinella arenarum* y *Boana pulchella* las más estudiadas con 7 investigaciones cada una. Le sigue *Leptodactylus latinasus* con 2; en tanto que *Leptodactylus luctator*, *Rhinella fernandezae*, *Elachistocleis bicolor* y *Scinax nasicus* con 1 cada una. Es importante destacar que solo un artículo, el de Pérez Iglesias *et al.* (2021) trabajó con individuos en etapa adulta. *R. arenarum* es la especie en la que se evaluó el efecto de un mayor número de agroquímicos, en tanto que en *B. pulchella* y *L. latinasus* fueron sobre las que se emplearon más biomarcadores.

*R. arenarum* y *B. pulchella* son dos de las especies más comunes de la región pampeana (Cei, 1980), siendo la primera de hábitos más terrestres y periurbanos y la segunda, más lacustres (Ghirardi *et al.*, 2022), por lo que son buenas especies bioindicadoras de contaminación ambiental, sumado a que, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, el estado de conservación de ambas especies es de preocupación menor (UICN, 2022). Además, tanto las poblaciones de *R. arenarum* como *B. pulchella* en esta ecorregión, debido a su abundancia, son factibles de muestrear periódicamente sin comprometer la estabilidad de las mismas, y los individuos son lo suficientemente resistentes como para poder manipularlos, transportarlos al laboratorio y hacer experimentos y análisis con ellos (Zuarth González *et al.*, 2014).

Otro aspecto a considerar es que las investigaciones se hayan realizado en su mayoría con renacuajos. Esto cobra sentido, ya que el desarrollo embrionario de los anuros es un sistema experimental único debido al gran tamaño de los ovocitos, la fertilización como el desarrollo embrionario son externos, el gran número de individuos obtenidos simultáneamente en cada ovulación, la posibilidad de inducir hormonalmente a las hembras y realizar fertilizaciones y desarrollos embrionarios *in vitro* sin necesidad de agregar nutrientes, la transparencia de la ganga que facilita la observación, la posibilidad de su remoción química o quirúrgica y la factibilidad de realizar microcirugías y microinyecciones en los embriones (Mardirosian, 2015).

### *Sobre los agroquímicos*

Se identificaron diez principios activos diferentes de los cuales 6 fueron herbicidas. Que las investigaciones se centraran en este grupo de agroquímicos tiene sentido debido a que son los que más se producen (Andrade, 2016) y utilizan a nivel mundial (Ramírez Muñoz, 2021).

El agroquímico más usado fue imazetapir, utilizado en 6 investigaciones, aunque solo se evaluó su efecto en bioensayos agudos semiestáticos y en tres especies, *R. arenarum*, *B. pulchella* y *L. latinasus*. El glifosato fue el más utilizado en mezclas y solo en *R. arenarum*.

El imazetapir perteneciente a la familia química de las imidazolininas, se utiliza como ingrediente activo de herbicidas selectivos comercializados bajo varias marcas. Se emplea para controlar diferentes tipos de malezas particularmente en soja, maní, alfalfa y maíz (González *et al.*, 2020). En tanto que el glifosato es el nombre del ingrediente activo de un herbicida no selectivo, de acción foliar y sistémico, por lo que es ampliamente usado para el control tanto de plantas herbáceas como leñosas, anuales o perennes y en diversos estados

de crecimiento (Ramírez Muñoz, 2021). Según el informe del 2021 de la Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA), se importaron casi 400 toneladas de imazetapir y 58.000 de glifosato, esta última cifra indica que Argentina es uno de los países con mayor consumo de glifosato a escala global junto con Brasil y los Estados Unidos (Cacace, 2022). Por otro lado, de la atrazina que es un herbicida selectivo sistémico, pre y post- emergente de malezas de hoja ancha y pastos en general, y que se usa principalmente en cultivos de maíz, sorgo, caña de azúcar y trigo (Hansen *et al.*, 2013), se importaron 25000 toneladas (CIAFA, 2021). Considerando que se encuentra dentro de los agroquímicos más utilizados en el país (Alonso *et al.*, 2018) y solo fue utilizado en uno de los artículos de esta revisión, es conveniente realizar más investigaciones sobre su efecto.

Con respecto a las concentraciones utilizadas en los ensayos, en las conclusiones de los artículos se puede leer oraciones tales como: “el rango de concentraciones representa un extremo relativamente alto del valor umbral encontrado en aguas subterráneas y superficiales”, “las concentraciones utilizadas pueden considerarse altas y no relevantes” y “se esperaría que las concentraciones empleadas fuera improbable en el medio ambiente”. Considerando que el objetivo de estas pruebas es generar información sobre los efectos no deseados de los xenobióticos para su regulación y proteger la biota (Amé *et al.*, 2021) no es entendible que se evalúen concentraciones que ya se encuentren reguladas por los diferentes organismos de control.

### *Sobre los bioensayos*

Se observó la aplicación de 17 bioensayos agudos semiestáticos en los que se evaluó el efecto subletal. Los ensayos crónicos solo se emplearon en 4 investigaciones, y solo una aplicó bioensayo estático.

Dependiendo del tiempo al cual sean expuestos los organismos en los ensayos de toxicidad, los mismos pueden ser de tipo agudo o crónico. Los ensayos de toxicidad agudos son pruebas de corta duración con el objetivo de medir el efecto de sustancias tóxicas sobre los organismos durante un período corto de su ciclo de vida. En cambio, los ensayos crónicos están diseñados para evaluar los efectos de los tóxicos durante una porción significativa del ciclo de vida (Amé *et al.*, 2021). Los anfibios, salvo algunas excepciones, poseen un ciclo de vida bifásico, pasando la primera parte del mismo como renacuajos acuáticos. Esta etapa de renacuajo es breve en comparación a la adulta y suele durar, en la mayoría de los casos, días o a lo sumo meses (Duellman & Trueb, 1994). Esto explica por qué los ensayos agudos son los más empleados.

Durante el ensayo puede ser necesario renovar la solución de prueba si la sustancia que se está evaluando se deteriora, es absorbida, o se pierde por cualquier otra razón, con suficiente rapidez para influir considerablemente en los resultados (FAO, 1981). Teniendo en cuenta que los investigadores efectuaron pruebas químicas para determinar si las concentraciones de los principios activos mostraban cambios significativos durante el intervalo de renovación de las soluciones, se explica que los bioensayos hayan sido semiestáticos. En los cultivos, las dosis de agroquímicos más bajas generalmente ocurren después de la aplicación inicial, ya que se degradan por varios factores abióticos, como la lluvia, la temperatura y la luz solar. De esta manera, en condiciones de campo, los organismos no destinatarios de los tratamientos pueden estar expuestos a concentraciones subletales y pueden experimentar efectos perniciosos relacionados (França *et al.*, 2017) los que pueden ser señales de alerta temprana de que una exposición más intensa podría causar efectos letales (Heinz, 1989).

#### *Sobre los biomarcadores y la significancia de los efectos*

Se utilizaron 11 biomarcadores, siendo la mortalidad la más evaluada, seguido del comportamiento, las anomalías morfológicas y las genéticas. Los biomarcadores hormonales, histológicos y de estrés oxidativo fueron los menos empleados.

Los biomarcadores son parámetros medibles a nivel suborganismo (genético, enzimático, fisiológico, morfológico) en los que los cambios estructurales o funcionales indican influencias ambientales en general y la acción de los contaminantes en particular, siendo útiles como señales de alerta temprana (Huggett *et al.*, 2018). Lo recomendable es utilizar múltiples biomarcadores para describir los síntomas que sugieren la relación causa-efecto para una especie (Toro Restrepo, 2011)

En cuanto a la significancia del efecto, 64 resultados fueron significativos mientras que sólo en 5 ocasiones no lo fueron. Solo en tres casos hubo diferencias entre los resultados obtenidos por los grupos de investigación. Esto es debido a que se utilizaron diferentes concentraciones del principio activo y/o al estadio de Gosner en el cual se encontraban los renacuajos.

#### *Sobre estudios complementarios al bioensayo*

Es importante destacar que ninguno de los artículos analizados indicó haber realizado pruebas a campo. Se debe tener en cuenta, que los puntos finales de toxicidad en los ensayos de laboratorio ignoran los factores de estrés físicos y biológicos que los organismos

encuentran en su entorno natural. Lo mismo sucede con la exposición a una concentración constante de sustancias químicas individuales que a menudo no reflejan los escenarios reales (Connon *et al.*, 2012). Por lo tanto, si bien los estudios de laboratorio son una primera herramienta fundamental para conocer los efectos de un contaminante sobre una población, la extrapolación de los resultados obtenidos en esas condiciones a una población natural, requiere estudios adicionales que incorporen de manera secuencial complejidad al sistema de estudio (estudios de semi-campo y campo) (Amé *et al.*, 2021).

## **CONCLUSIONES**

Del análisis bibliométrico realizado de las investigaciones incluidas en la presente revisión se observa que para que los artículos tengan mayor posibilidad de ser indexados en las bases de datos y con ello aumente su visibilidad deben ser publicados en inglés y en revistas con factores de impacto altos. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *Environmental Toxicology and Chemistry* y *Chemosphere* son revistas que cumplen con estos requisitos.

Las nacionalidades de los autores de los trabajos son argentina y brasileña y conforman siete grupos de trabajo, siendo el de Marcelo Larramendy, Guillermo Natale, Sonia Soloneski, Juan Pérez Iglesias y Carlos Ruiz de Arcaute el más productivo y consultado. Los mencionados investigadores pertenecen, todos, a la Universidad Nacional de La Plata, lo que coincide con que esta institución es la que más recursos destina a este tipo de estudios. Estos hechos indican que, a la hora de realizar una investigación relacionada al efecto de los agroquímicos sobre poblaciones de anuros, este grupo debe ser consultado.

En relación a las palabras clave es importante señalar que deben ser elegidas con sumo cuidado dejando en claro el tema de la investigación para llegar a un mayor número de lectores y/o autores interesados en la temática y no deben estar incluidas en el título.

Del examen realizado en relación a las especies, los principios activos, los bioensayos y los biomarcadores utilizados, se concluye que es necesario acrecentar las investigaciones incluyendo a más especies de anuros considerando que en la ecorregión Pampa hay alrededor de 35 especies de anuros y que varias de ellas cumplen con los aspectos para ser utilizadas en bioensayos. También, es aconsejable evaluar en concentraciones ambientalmente relevantes el efecto de los agroquímicos más utilizados en la mencionada ecorregión, como por ejemplo la atrazina; y utilizar distintos biomarcadores que permitan evaluar holísticamente el efecto de los principios activos.

Finalmente, es recomendable realizar estudios a campo que validen los resultados obtenidos en condiciones de laboratorio. La interacción entre los distintos agroquímicos aplicados por los productores y la variabilidad debida a factores ambientales, debe ser comprendida para evitar falsos negativos o falsos positivos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINI, M. G.; G. S. NATALE & A. RONCO. E. 2010. Lethal and sublethal effects of cypermethrin to *Hypsiboas pulchellus* tadpoles. *Ecotoxicology*, 19 (8):1545-1550.
- AGOSTINI, M. G., F. KACOLIRIS, P. DEMETRIO, G. S. NATALE, C. BONETTO & A. E. RONCO. 2013. Abnormalities in amphibian populations inhabiting agroecosystems in northeastern Buenos Aires Province, Argentina. *Diseases of Aquatic Organisms*, 104 (2): 163-171.
- ALEIXANDRE-BENAVENT, R., J. GONZÁLEZ DE DIOS, L. CASTELLÓ COGOLLOS, C. NAVARRO MOLINA, A. ALONSO-ARROYO, A. VIDAL-INFERRER, R. LUCAS-DOMÍNGUEZ & A. SIXTO-COSTOYA. 2017. Formación e información en pediatría La colaboración científica Palabras clave. *Acta Pediatr Esp*, 75(9), 108-113.
- ALONSO, L. L., P. M. DEMETRIO, M. AGUSTINA ETCHEGOYEN & D. J. MARINO. 2018. Glyphosate and atrazine in rainfall and soils in agroproductive areas of the pampas region in Argentina. *Science of The Total Environment*, 645: 89-96.
- AMÉ, M. V., O. L. ANGUIANO, J. CAZENAVE, P. M. DEMETRIO & B. L. EISSA. 2021. Principios de Ecotoxicología. In P. Carriquiriborde (Ed.), (1st ed.). Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- ANDRADE, F. H. 2016. *Los desafíos de la agricultura* (1°). Acassuso: International Plant Nutrition Institute. 136 p.
- ANDRADE, F. H., M. A. TABOADA, R. D. LEMA, N. O. MACEIRA, H. E. ECHEVERRÍA, G. POSSE BEAULIEU, D. PRIETO GARRA, E. E. SANCHEZ, D. A. DUCASSE, M. P. BOGLIANI, J. C. GAMUNDI, J. FRANA, E. V. TRUMPER, F. D. FAVA, E. PEROTTI & M. E. MASTRANGELO. 2017. *Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*. Ediciones INTA.
- ÁVILA-CERVANTES, R. A., G. MANCILLA-MONTELONGO, P. G. GONZÁLEZ-PECH, C. A. SANDOVAL-CASTRO & F. J. TORRES ACOSTA. 2019. Bioensayos in vitro de relevancia en las ciencias biológicas y agropecuarias. *Bioagrobiencias*, 12 (1): 34-41.
- BAAS, J., M. SCHOTTEN, A. PLUME, G. CÔTÉ & R. KARIMI. 2020. Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, 1(1): 377-386.

- BAR-ILAN, J. 2008. Which h-index?-A comparison of WoS, Scopus and Google Scholar. *Budapest Scientometrics*, 74(2): 257-271.
- BERNES, C., K. A. BRÅTHEN, B. C. FORBES, A. HOFGAARD, J. MOEN & J. D. SPEED. 2013. What are the impacts of reindeer/caribou (*Rangifer tarandus* L.) on arctic and alpine vegetation? A systematic review protocol. *Environmental Evidence*, 2(1): 1-7.
- BLAUSTEIN, A. R., B. A. HAN, R. A. RELYEA, P. T. J. JOHNSON, J. C. BUCK, S. S. GERVASI & L. B. KATS. 2011. The complexity of amphibian population declines: Understanding the role of cofactors in driving amphibian losses. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1): 108-119.
- BRITSON, C. & S. THRELKELD. 1998. Abundance, metamorphosis, developmental, and behavioral abnormalities in *Hyla chrysoscelis* tadpoles following exposure to three agrichemicals and methyl mercury in outdoor mesocosms. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 61(2): 154-161.
- BROWN, A., U. MARTINEZ ORTIZ, M. ACERBI & J. CORCUERA. 2006. La Situación Ambiental Argentina. 2005. *Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires*. p. 240-278.
- CACACE, G. P. 2022. Argentina y los agroquímicos. *Posición. Revista Del Instituto de Investigaciones Geográficas*, 8: 1-26.
- CABIDO, M. 2008. *Impacto de la agricultura sobre la extensión, distribución y biodiversidad de ecosistemas naturales*. En: Solbrig, O. y J. Adámoli (coords.) *Agro y ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable*. Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina.
- CARBALLO HONDAL, O., G. ARENCIBIA CARBALLO, J. CONCEPCIÓN & M. ISLA MOLLEDA. 2003. Los Bioensayos de Toxicidad en Sedimentos Marinos. *Revista de Toxicología en línea*. p. 33-69.
- CASTILLO MORALES, G. 2004. *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. 188 p.
- CECCON, E. 2008. La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias*, 91(julio-septiembre): 20-29.
- CEI, J. M. 1980. *Amphibians of Argentina*. Italian Journal of Zoology 2: 301-304.
- CIAFA. 2021. Importaciones terapicos 2021. En <https://www.ciafa.org.ar/info-fitosanitario-mercado>.

- CID, R. & G. MASIÁ. 2011. *Manual para agroaplicadores. Uso responsable y eficiente de fitosanitarios*. Ediciones INTA, Buenos Aires. 130 p.
- COLABORACIÓN PARA LA EVIDENCIA AMBIENTAL. 2013. *Directrices para revisiones sistemáticas y síntesis de las evidencias en gestión medioambiental*. Version 4.2. 92 pp.
- CONNOR, R. E., J. GEIST & I. WERNER. 2012. Effect-Based Tools for Monitoring and Predicting the Ecotoxicological Effects of Chemicals in the Aquatic Environment. *Sensors*, 12(9): 12741-12771.
- COSAVE. 1996. *Standar regional en protección fitosanitaria. Glosario de términos afines al registro de productos fitosanitarios. Comité de sanidad vegetal del cono sur*. [http://www.cosave.org/sites/default/files/erpfs/st20700v000102\\_esp.html](http://www.cosave.org/sites/default/files/erpfs/st20700v000102_esp.html).
- CURI, L. M., P. M. PELTZER, C. MARTINUZZI, M. A. ATTADEMO, S. SEIB, M. F. SIMONIELLO & R. C. LAJMANOVICH. 2017. Altered development, oxidative stress and DNA damage in *Leptodactylus chaquensis* (Anura: Leptodactylidae) larvae exposed to poultry litter. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 143: 62-71.
- CURI, L. M., P. M. PELTZER, M. T SANDOVAL & R. C. LAJMANOVICH. 2019. Acute toxicity and sublethal effects caused by a commercial herbicide formulated with 2,4-D on *Physalaemus albonotatus* Tadpoles. *Water Air and Soil Poll* 230: 1-15.
- CHIESA, M. E., C. E. ROSENBERG, N. E. FINK & A. SALIBIÁN. 2006. Serum protein profile and blood cell counts in adult toads *Bufo arenarum* (Amphibia: Anura: Bufonidae): effects of sublethal lead acetate. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, (50): 384-391.
- DÁVILA RODRÍGUEZ, M., R. GUZMÁN SÁENZ, H. M. ARROYO, D. PIÑERES HERERA, R. DE LA, D., BARRANCO & C. V. CABALLERO-URIBE. 2009. Bibliometría: conceptos y utilidades para el estudio médico y la formación profesional. *Salud Uninorte*, 25(2): 319-330.
- DE GRANDA ORIVE, J. I., F. GARCIA RÍO & L. CALLOL SÁNCHEZ. 2003. Carta al director. *Revista Española de Salud Pública*, 77(6): 765-767.
- DI BITETTI, M. S., & J. A. FERRERAS. 2017. Publish (in English) or perish: The effect on citation rate of using languages other than English in scientific publications. *Ambio*, 46(1): 121-127.
- DI TADA, I. E. & E. H. BUCHER 1996. *Biodiversidad de la Provincia de Córdoba. Vol. 1 Fauna*. Ed. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. 373 p.
- DUELLMAN, W.E. & L. TRUEB. 1994. *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University

- Press, Baltimore.
- ELORZA, F. M. & E. A. MOAVRO. 2020. *Jornadas de Buenas Prácticas de Aplicación de Productos Fitosanitarios (BPAF) con énfasis en los entornos periurbanos*. Serie de Informes Especiales. ILSI, Argentina. Buenos Aires. 40 p.
- ELSEVIER, C. 2019. *¿En qué idioma publico mi artículo?" La (incuestionable) hegemonía del inglés*. Elsevier.
- FAO. 1981. Manual de métodos de investigación del medio ambiente acuático. Parte 4: Base para la elección de ensayos biológicos para evaluar la contaminación marina. FAO. *Documentos Técnicos de Pesca, 164*: 1-34.
- FERRARI, L., F. R. DE LA TORRE, S. O. DEMICHELIS, M. E. GARCÍA & A. SALIBIÁN. 2005. Ecotoxicological assessment for receiving waters with the premetamorphic tadpoles acute assay. *Chemosphere, (59)*: 567-575.
- FERREIRA GONZÁLEZ, I., G. URRÚTIA, & P. ALONSO-COELLO. 2011. Systematic reviews and meta-analysis: Scientific rationale and interpretation. *Revista Espanola de Cardiologia, 64(8)*: 688-696.
- FRANÇA, S. M., M. O. BRENDA, D. R. S. BARBOSA, A. M. N. ARAUJO & C. A. GUEDES. 2017. The Sublethal Effects of Insecticides in Insects. In *Biological Control of Pest and Vector Insects*. IntechOpen.
- GHIRARDI, R., J. A. LÓPEZ, A. PAUTASSO, B. FANDIÑO, L. A. LEIVA, E. O. LAVILLA, L. CEBALLOS, C. E. ANTONIAZZI, A. P. ARMANDO, R. E. LLANES, A. S. SIANO & T. E. BALDO. 2022. *Anfibios de Santa Fe*. Ediciones UNL. 2° edición ampliada. Santa Fe.
- GONZÁLEZ, B., A. DUMÉNIGO, J. GILBERT, M. PÉREZ & Y. BATISTA. 2020. Obtención de formulaciones del herbicida Imazetapir en forma de concentrado soluble al 10%. *Centro Azúcar, 47(4)*: 69-77.
- GONZÁLEZ, J. A., E. COBO & M. VILLARÓ. 2014. *Revisión sistemática y meta-análisis*. En *Bioestadística para no estadísticos*. Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech. Barcelona. 40 p.
- GONZÁLEZ TOUS, M. & S. MATTAR. 2012. Las claves de las palabras clave en los artículos científicos. *Revista MVZ Córdoba, 17(2)*: 2955-2956.
- HANSEN, A. M., L. G. TREVIÑO-QUINTANILLA, H. MÁRQUEZ-PACHECO, M. VILLADA-CANELA, L. C. GONZÁLEZ-MÁRQUEZ, R. A. GUILLÉN-GARCÉS, & A. HERNÁNDEZ-ANTONIO. 2013. Atrazina: Un herbicida polémico. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, 29*: 65-84.

- HAYES T., K. HASTON, M. TSUI, A. HOANG, C. HAEFFELE & A. VONK. 2003. Atrazine-induced hermaphroditism at 0.1 ppb in American leopard frogs (*Rana pipiens*): laboratory and field evidence. *Environ Health Perspect* (111): 568-575
- HENAO MUÑOZ, L. M.; TRIANA VELÁSQUEZ, T. M. & BERNAL BAUTISTA, M. H. 2015. Evaluación de la toxicidad de dos agroquímicos, Roundup® Activo y CosmoFlux®411F, en renacuajos de anuros colombianos. *Acta Biológica Colombiana*, 20(2): 153-161.
- HAYES, T. B., P. CASE, S. CHUI, D. CHUNG, C. HAEFFELE, K. HASTON, M. LEE, V. P. MAI, Y. MARJUAO, J. PARKER & M. TSUI. 2006. Pesticide mixtures, endocrine disruption, and amphibian declines: Are we underestimating the impact? *Environmental Health Perspectives*, 114: 40-50.
- HEINZ, G. H. 1989. How lethal are sublethal effects? *Environmental Toxicology and Chemistry*, 8(6): 463-464.
- HERKOVITS, J. & C. PÉREZ-COLL. 1999. Bioassays for toxicity test with amphibian embryos (“ANFITOX”). *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 42: 24-30.
- HOPKINS, W. A. 2007. Amphibians as Models for Studying Environmental Change. *ILAR Journal*, 48(3): 270-277.
- HUGGETT, R. J., R. A. KLIMERLE, P. M. MEHRLE & T. W. LAPOINT. 2018. *Biomarkers: Biochemical, Physiological, and Histological Markers of Anthropogenic Stress*. CRC Press
- IUCN. 2022. IUCN Red List of Threatened Species. En: <https://www.iucnredlist.org/es>
- ITURBURU, F. G., G. CALDERON, M. V. AMÉ & M. L. MENONE. 2019. Ecological Risk Assessment (ERA) of pesticides from freshwater ecosystems in the Pampas region of Argentina : Legacy and current use chemicals contribution. *Science of the Total Environment*, 691: 476-482.
- JARNEVING, B. 2007. Bibliographic coupling and its application to research-front and other core documents. *Journal of Informetrics*, 1(4): 287-307.
- KASSIE, F, W PARZEFALL & S. KNASMULLER. 2000. Single cell gel electrophoresis assay: a new technique for human biomonitoring studies. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 463(1): 13-31.
- KHAN, K. S., R. KUNZ, J. KLEIJNEN & G. ANTES. 2003. Five steps to conducting a systematic review. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 96 (3): 118-121.
- LAVILLA, E. O. & H. HEATWOLE. 2010. *Status of amphibian conservation and decline in Argentina*. En: Heatwole, H. (Ed.). *Amphibian Biology. Status of decline of*

- Amphibians: western hemisphere. v. 9. Chipping Norton, Surrey Beatty & Sons. p. 62.
- LIPS, K., J. K. REASER & B. E. YOUNG. 1999. *El monitoreo de Anfibios en América Latina. Un manual para coordinar esfuerzos*. The Nature Conservancy, Arlington. 42 p.
- LUCHILO, L. J. 2019. Revistas científicas: oligopolio y acceso abierto \* Revistas científicas: oligopólio e acesso aberto Scientific Journals: Oligopoly and Open Access. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad- CTS*, 14(40): 41-79.
- MAC LOUGHLIN, T. M., M. L. PELUSO & D. J. MARINO. 2022. Multiple pesticides occurrence, fate, and environmental risk assessment in a small horticultural stream of Argentina. *Science of The Total Environment*, 802: 149893.
- MANZANILLA, J. & J. E. PÉFAUR. 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. *Revista de Ecología Latinoamericana*, 7 (1-2): 17-30.
- MARDIROSIAN, M. N. 2015. Ecotoxicología del arsénico y mecanismos de acción en el desarrollo del anfibio *Rhinella arenarum*. Facultad De Ciencias Exactas y Naturales, UBA.
- MENDELEY (Nº de versión 1.19.8). 2021. Windows. Córdoba: Mendeley Ltd.
- MOLPECERES, M. C., R. CEVERIO & S. S. BRIEVA. 2019. Agroquímicos: cambios en la agenda internacional e instrumentos de regulación en Argentina (1950-2015). *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*, (25): e024
- NABOUT, J., M. R. PARREIRA, F. B. TERESA, F. M. CARNEIRO, H. F. DA CUNHA, L. DE SOUZA ONDEI, S. S. CARAMORI & T. N. SOARES. 2015. Publish (In a group) or perish (alone): The trend from single- to multi-authorship in biological papers. *Scientometrics*, 102(1): 357-364.
- NATALE, G., N. BASSO & A. RONCO. 2000. Effect of Cr (VI) on early life stages of three species of hylid frogs (Amphibia, Anura) from South America. *Environmental Toxicology*, (15): 509-512.
- NATALE, G. S., L. L. AMMASSARI, N. G. BASSO & A. E. RONCO. 2006. Acute and chronic effects of Cr(VI) on *Hypsiboas pulchellus* embryos and tadpoles. *Diseases of Aquatic Organisms*. (72): 261-267.
- PAGE, M. J., J. E. MCKENZIE, P. M. BOSSUYT, I. BOUTRON, T. C. HOFFMANN, C. D. MULROW, L. SHAMSEER, J. M. TETZLAFF, E. A. AKL, S. E. BRENNAN,

- R. CHOU, J. GLANVILLE, J. M. GRIMSHAW, A. HRÓBJARTSSON, M. M. LALU, T. LI, E. W. LODER, E. MAYOWILSON, S. MCDONALD, L. A. MCGUINNESS, L. A. STEWART, J. THOMAS, A. C. TRICCO, V. A. WELCH, P. WHITING & D. MOHER. 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10 (1): 1-36.
- PENGUE, W. A. 2009. Cuestiones económico-ambientales de las transformaciones agrícolas en las pampas. *Problemas del desarrollo*, 40(157): 137-161.
- PRANCKUTÉ, R. 2021. Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications*, 9(1): 59p.
- QUIRÓS, R., M. BOVERI, C. PETRACCHI, A. RENELLA, J. ROSSO, A. SOSNOVSKY & H. VON BERNARD. 2006. Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas. *Eutrofização Na América Do Sul: Causas, Conseqüências e Tecnologias de Gerenciamento e Controle*, 1: 1-16.
- RAMÍREZ MUÑOZ, F. 2021. *El herbicida glifosato y sus alternativas Serie Informes Técnicos IRET N° 44*.
- RUIZ DE ARCAUTE, C., J. M. PÉREZ-IGLESIAS, N. NIKOLOFF, G. S. NATALE, S. SOLONESKI & M. L. LARRAMENDY. 2014. Genotoxicity evaluation of the insecticide imidacloprid on circulating blood cells of Montevideo tree frog *Hypsiboas pulchellus* tadpoles (Anura, Hylidae) by comet and micronucleus bioassays. *Ecological Indicators*, 45: 632-639.
- SALIBIÁN, A. 1992. Effects of deltamethrin on the South American toad, *Bufo arenarum*, tadpoles. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, (48): 616-621.
- SAMOJEDEN, C. G., F. A. PAVAN, C. F. RUTKOSKI, A. FOLADOR, S. P. DA FRÉ, C. MÜLLER, P. A. HARTMANN & M. HARTMANN. 2022. Toxicity and genotoxicity of imidacloprid in the tadpoles of *Leptodactylus luctator* and *Physalaemus cuvieri* (Anura: Leptodactylidae). *Scientific Reports*, 12(1): 112.
- SARTHOU, N. 2023. Las becas CONICET para Temas Estratégicos: balance y desafíos. *Ciencia, tecnología y política*, 6(10): 47-60.
- SCHMIDT, M. A. & V. TOLEDO LÓPEZ. 2018. Agronegocio, impactos ambientales y conflictos por el uso de agroquímicos en el norte argentino. *Kavilando. (Ejemplar Dedicado a: Extractivismo, Ecología Política y Resistencias En América Latina)*, 10(1): 162-179.

- SILVA, J., C. FUENTEALBA, E. BAY-SCHMITH & A. LARRAIN. 2007. Estandarización del bioensayo de toxicidad aguda con *Diplodon chilensis* usando un tóxico de referencia. *Gayana*, 71 (2): 135-141.
- SPRINGER. Título, Resumen y Palabras Clave. En: <https://www.springer.com/la/authors-editors/tutoriales-de-autores-y-revisores/writing-a-journal-manuscript/title-abstract-and-keywords/12022898>
- SVARTZ, G., D. MARINO, A. RONCO & C. COLL. 2015. Differential uptake of endosulfan in the South American toad under sublethal exposure. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, (69): 104-111.
- SVARTZ, G., F. MEIJIDE & C. PÉREZ COLL. 2016. Effects of a fungicide formulation on embryo-larval development, metamorphosis, and gonadogenesis of the South American toad *Rhinella arenarum*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, (45): 1-7.
- TAUBER, F. 2019. UNLP Un Modelo de Universidad Pública Argentina. *Revista Universidades*.
- THELWALL, M. & P. SUD. 2022. Scopus 1900–2020: Growth in articles, abstracts, countries, fields, and journals. *Quantitative Science Studies*, 3(1): 37-50.
- TEVEZ, H. R. & M. DOS SANTOS AFONSO. 2011. *Degradación y Movilidad de los Agroquímicos en Suelos y Aguas Naturales. Caso de Estudio en Argentina*. En: L. Galagovsky (Ed.), *Química y Civilización* (1<sup>o</sup> edición). Asociación Química Argentina.
- TOMÁS-GÓRRIZ, V & V. TOMÁS-CASTERÁ. 2018. La Bibliometría en la evaluación de la actividad científica. *Hosp Domic*. 2(4):145-163.
- TORO RESTREPO, B. 2011. Uso De Los Biomarcadores En La Evaluación De La Contaminación. *Luna Azul*, 32: 121-127.
- VAN ECK, N. J. & L. WALTMAN. 2017. Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2): 1053-1070.
- VARGAS, M. & F. UBILLO. 2001. Toxicidad de pesticidas sobre enemigos naturales de plagas agrícolas. *Agricultura Técnica*, 61(1): 35-41.
- VAZQUEZ, P., D. RUIZ, L. ZULAICA, N. D. SEQUEIRA & D. Y. DAGA. 2019. Paisajes Agroproductivos y Sustentabilidad Agrícola en un Partido de la Región Pampeana Austral: Análisis de las Transformaciones del Territorio Rural entre 2002 y 2015. *I Congreso Argentino de Agroecología*.

- VIGLIZZO, E. F. & E. JOBBAGY. 2010. *Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental*. Ediciones INTA, Buenos Aires. 102 p.
- WRUBLESWSKI, J., F. W. REICHERT, L. GALON, P. A. HARTMANN & M. T. HARTMANN. 2018. Acute and chronic toxicity of pesticides on tadpoles of *Physalaemus cuvieri* (Anura, Leptodactylidae). *Ecotoxicology*, 27 (3): 360-368.
- ZUARTH GONZÁLEZ, C. A., A. VALLARINO, J. C. PÉREZ JIMÉNEZ & A. M. LOW PFENG. 2014. *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental*. Editorial El Colegio de la Frontera Sur, México.

**Tabla 1.** Listado de los 19 artículos revisados organizados por autor, año de publicación, título del artículo, revista de publicación con su factor de impacto Scimago Journal & Country Rank (SJR) y cuartil (Q), y el país al que pertenece.

Autores	Año	Título	Revista SJR- Q	País de la revista
Ruiz De Arcaute, C., Costa, C. S., Demetrio, P. M., Natale, G. S., & Ronco, A. E.	2012	Influence of existing site contamination on sensitivity of <i>Rhinella fernandezae</i> (Anura, Bufonidae) tadpoles to Lorsban 48E formulation of chlorpyrifos	Ecotoxicology 0,58 - Q2	Reino Unido
Svartz, G. V, Herkovits, J., & Pérez-Coll, C. S.	2012	Sublethal effects of atrazine on embryo-larval development of <i>Rhinella arenarum</i> (Anura: Bufonidae)	Ecotoxicology 0,58 - Q2	Reino Unido
Svartz, G. V., & Pérez--Coll, C. S.*	2013	Comparative toxicity of cypermethrin and a commercial formulation on <i>Rhinella arenarum</i> larval development (Anura: Bufonidae)	International Journal of Environment and Health 0,15 - Q4	Reino Unido
Nikoloff, N., Natale, G. S., Marino, D., Soloneski, S., & Larramendy, M. L.	2014	Flurochloridone-based herbicides induced genotoxicity effects on <i>Rhinella arenarum</i> tadpoles (Anura: Bufonidae)	Ecotoxicology and Environmental Safety 1,35 - Q1	Estados Unidos de América
Pérez Iglesias, J. M., Ruiz de Arcaute, C., Nikoloff, N., Dury, L., Soloneski, S., Natale, G. S., & Larramendy, M. L.	2014	The genotoxic effects of the imidacloprid-based insecticide formulation Glacoxan Imida on Montevideo tree frog <i>Hypsiboas pulchellus</i> tadpoles (Anura, Hylidae)	Ecotoxicology and Environmental Safety 1,35 - Q1	Estados Unidos de América
Ruiz De Arcaute, C., Pérez Iglesias, J. M., Nikoloff, N., Natale, G. S., Soloneski, S., & Larramendy, M. L.	2014	Genotoxicity evaluation of the insecticide imidacloprid on circulating blood cells of Montevideo tree frog <i>Hypsiboas pulchellus</i> tadpoles (Anura, Hylidae) by comet and micronucleus bioassays	Ecological Indicators 1,4 - Q1	Países Bajos

Pérez Iglesias, J. M., Soloneski, S., Nikoloff, N., Natale, G. S., & Larramendy, M. L.	2015	Toxic and genotoxic effects of the imazethapyr-based herbicide formulation Pivot Hs on montevideo tree frog <i>Hypsiboas pulchellus</i> tadpoles (Anura, Hylidae)	Ecotoxicology and Environmental Safety 1,35 - Q1	Estados Unidos de América
Soloneski, S., Ruiz de Arcaute, C., & Larramendy, M. L.	2016	Genotoxic effect of a binary mixture of dicamba and glyphosate-based commercial herbicide formulations on <i>Rhinella arenarum</i> (Hensel, 1867) (Anura, Bufonidae) late-stage larvae	Environmental Science and Pollution Research 0,94 - Q1	Alemania
Pérez Iglesias, J. M., Ruiz de Arcaute, C., Natale, G. S., Soloneski, S., & Larramendy, M. L.	2017	Evaluation of imazethapyr-induced DNA oxidative damage by alkaline Endo III- and Fpg-modified single-cell gel electrophoresis assay in <i>Hypsiboas pulchellus</i> tadpoles (Anura, Hylidae)	Ecotoxicology and Environmental Safety 1,35 - Q1	Estados Unidos de América
Bach, N. C., Marino, D. J. G., Natale, G. S., & Somoza, G. M.	2018	Effects of glyphosate and its commercial formulation, Roundup® Ultramax, on liver histology of tadpoles of the neotropical frog, <i>Leptodactylus latrans</i> (amphibia: Anura)	Chemosphere 1,73 - Q1	Países Bajos
Natale, G. S., Vera-Candioti, J., Ruiz de Arcaute, C., Soloneski, S., Larramendy, M. L., & Ronco, A. E.	2018	Lethal and sublethal effects of the pirimicarb-based formulation Aficida® on <i>Boana pulchella</i> (Duméril and Bibron, 1841) tadpoles (Anura, Hylidae)	Ecotoxicology and Environmental Safety 1,35 - Q1	Estados Unidos de América
Pérez Iglesias, J. M., Natale, G. S., Soloneski, S., & Larramendy, M. L.	2018	Are the damaging effects induced by the imazethapyr formulation Pivot® H in <i>Boana pulchella</i> (Anura) reversible upon ceasing exposure?	Ecotoxicology and Environmental Safety 1,35 - Q1	Estados Unidos de América
Carvalho, W. F., Ruiz de Arcaute, C., Pérez Iglesias, J. M., Laborde, M. R. R., Soloneski, S., & Larramendy, M. L.	2019	DNA damage exerted by mixtures of commercial formulations of glyphosate and imazethapyr herbicides in <i>Rhinella arenarum</i> (Anura, Bufonidae) tadpoles	Ecotoxicology 0,58 - Q2	Reino Unido

Barreto, E., Salgado Costa, C., Demetrio, P., Lascano, C., Venturino, A., & Natale, G. S.**	2020	Sensitivity of <i>Boana pulchella</i> (Anura: Hylidae) tadpoles to environmental y relevant concentrations of chlorpyrifos: effects at the individual and biochemical levels	Environmental Toxicology and Chemistry 1,03 - Q1	Estados Unidos de América
Pérez Iglesias, J. M., Brodeur, J. C., & Larramendy, M. L.	2020	An imazethapyr-based herbicide formulation induces genotoxic, biochemical, and individual organizational effects in <i>Leptodactylus latinasus</i> tadpoles (Anura: Leptodactylidae)	Environmental Science and Pollution Research 0,94 - Q1	Alemania
Ruiz De Arcaute, C., Brodeur, J. C., Soloneski, S., & Larramendy, M. L.	2020	Toxicity to <i>Rhinella arenarum</i> tadpoles (Anura, Bufonidae) of herbicide mixtures commonly used to treat fallow containing resistant weeds: glyphosateedicamba and glyphosateeflurochloridone	Chemosphere 1,73 - Q1	Países Bajos
Acquaroni, M., Svartz, G., & Pérez Coll, C.	2021	Developmental Toxicity Assessment of a Chlorothalonil-Based Fungicide in a Native Amphibian Species	Archives of Environmental Contamination and Toxicology 0,89 - Q1	Estados Unidos de América
Attademo, A. M., Lajmanovich, R. C., Peltzer, P. M., Boccioni, A. P. C., Martinuzzi, C., Simoniolo, F., & Repetti, M. R.	2021	Effects of the emulsifiable herbicide Dicamba on amphibian tadpoles: an underestimated toxicity risk?	Environmental Science and Pollution Research 0,94 - Q1	Alemania
Pérez Iglesias, J. M., Fanali, L. Z., Franco-Belussi, L., Natale, G. S., Brodeur, J. C., & Larramendy, M. L.	2021	Multiple Level Effects of Imazethapyr on <i>Leptodactylus latinasus</i> (Anura) Adult Frogs	Archives of Environmental Contamination and Toxicology 0,89 - Q1	Estados Unidos de América

\*Esté artículo se obtuvo de Google académico y no está indexado en Scopus

\*\*El artículo no apareció en la primera búsqueda de Scopus, fue indexado de Google académico y luego buscado de manera independiente en Scopus.

**Tabla 2.** Agrupación de palabras clave utilizadas por los autores, su ocurrencia y el enfoque temático de la relación entre ellas. Realizado con VosViewer (atracción2, repulsión -1).

Cluster	Palabras	Ocurrencia	Enfoque temático
1 (rojo)	amphibians	4	Efecto de herbicidas en larvas de anfibios
	glyphosate	3	
	agrochemical mixtures	2	
	anuran larvae	1	
	contamination	1	
	credit®	1	
	flurochloridone	1	
	hepatic damage	1	
	histological effects	1	
2 (verde)	dicamba	3	Biomarcadores empleados en renacuajos en relación al herbicida Dicamba
	biomarker	2	
	herbicide	2	
	tadpoles	2	
	acetylcholinesterase	1	
	antioxidant systems	1	
	thyroid hormone	1	
	transaminase	1	
3 (azul)	comet assay	8	Bioensayos con plaguicidas
	micronucleus	6	
	acute toxicity	2	
	imidacloprid	2	
	commercial formulations	1	
	rainbow®	1	
	twin pack gold®	1	
4 (amarillo)	sublethal effects	5	Efecto de la atrazina en el desarrollo de <i>Rhinella arenarum</i>
	amphibian development	1	
	atrazine	1	
	neurotoxicity	1	
	rhinella arenarum	1	
	teratogenesis	1	
5 (lila)	imazethapyr	4	efectos de Imazetapir
	genotoxicity	2	
	endonuclease III	1	
	formamidopyrimidine-dna	1	
	glycosylase		
	morphological and behavioral alterations	1	
	oxidative stress	1	
6 (celeste)	insecticide	2	Efectos de insecticidas
	biochemical level	1	
	multi effect approach	1	
	swimming alterations	1	
7 (naranja)	lethal effects	7	Efecto letal de Clorpirifos en <i>Rhinella fernandezae</i>
	chlorpyrifos	1	
	rhinella fernandezae	1	
8 (marrón)	pivot® h	3	Efecto de la formulación comercial Imazetapir pivot® h
	morphological abnormalities	1	
	recovery capabilities	1	

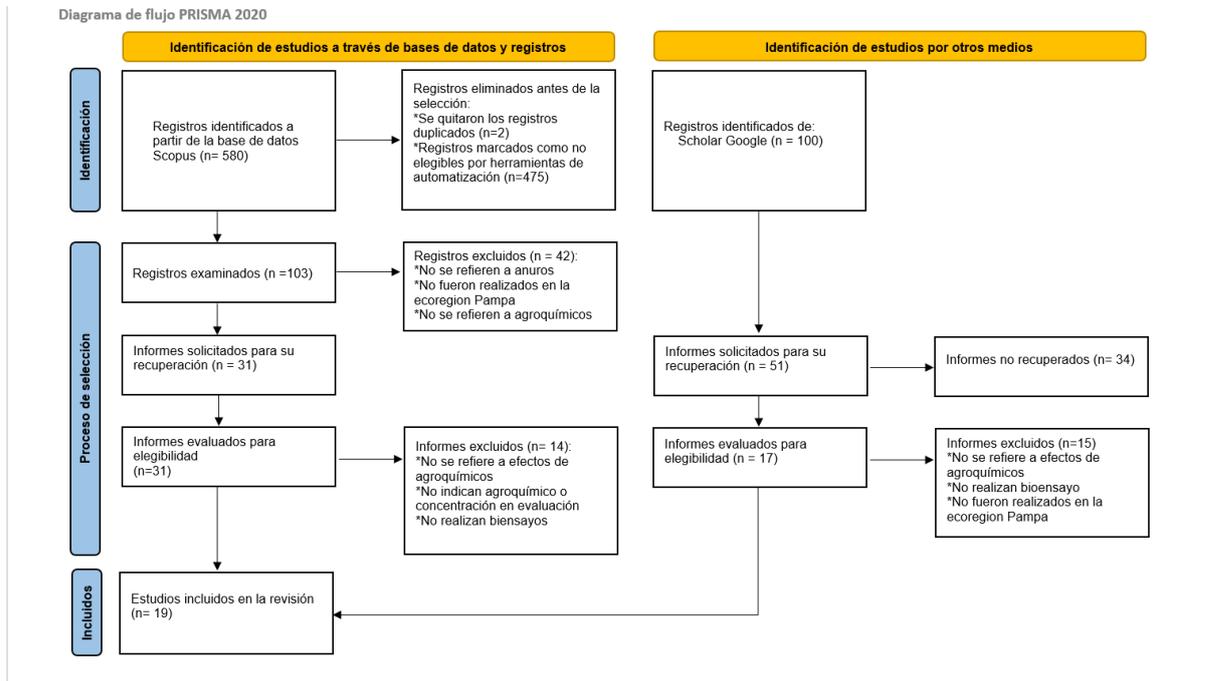
**Tabla 3.** Especies, principios activos, bioensayos, biomarcadores y efecto utilizados en los artículos revisados. Abreviaturas= S: significativo; NS: no significativo.

Bioindicador	Principio activo	Bioensayo		Biomarcador	Efecto S/NS
		Duración	Efecto		
<i>Rhinella arenarum</i> (n=7)	Atrazina	Agudo	Letal	Mortalidad	S
			Subletal	Morfológicos	S
		Crónico	Letal	Mortalidad	S
			Subletal	Morfológicos	S
			Comportamiento	S	
		Cipermetrina	Agudo	Letal	Mortalidad
	Subletal			Morfológicos	S
	Crónico		Letal	Mortalidad	S
			Subletal	Morfológicos	S
			Comportamiento	S	
	Clorotalonil		Agudo	Letal	Mortalidad
		Subletal		Morfológicos	S
		Crónico	Letal	Mortalidad	S
			Subletal	Morfológicos	S
			Comportamiento	S	
		Dicamba	Agudo	Letal	Mortalidad
	Subletal			Genético	S
	Flurocloridona	Agudo	Letal	Mortalidad	S
			Subletal	Genético	S
	Glifosato	Agudo	Letal	Mortalidad	S
			Subletal	Genético	S
	Glifosato+ Imazetapir MB	Agudo	Subletal	Genético	S
	Glifosato+ Dicamba ME	Agudo	Letal	Mortalidad	S
	Glifosato+ Flurocloridona ME	Agudo	Letal	Mortalidad	S
Glifosato+ Dicamba MNE	Agudo	Letal	Mortalidad	S	
Glifosato+ Flurocloridona MNE	Agudo	Letal	Mortalidad	S	
Glifosato+ Dicamba MB	Agudo	Subletal	Genético	S	
Imazetapir	Agudo	Letal	Mortalidad	S	
		Subletal	Genético	S	
Clorpirifos	Agudo	Letal	Mortalidad	S	
		Subletal	Morfológicos	NS	

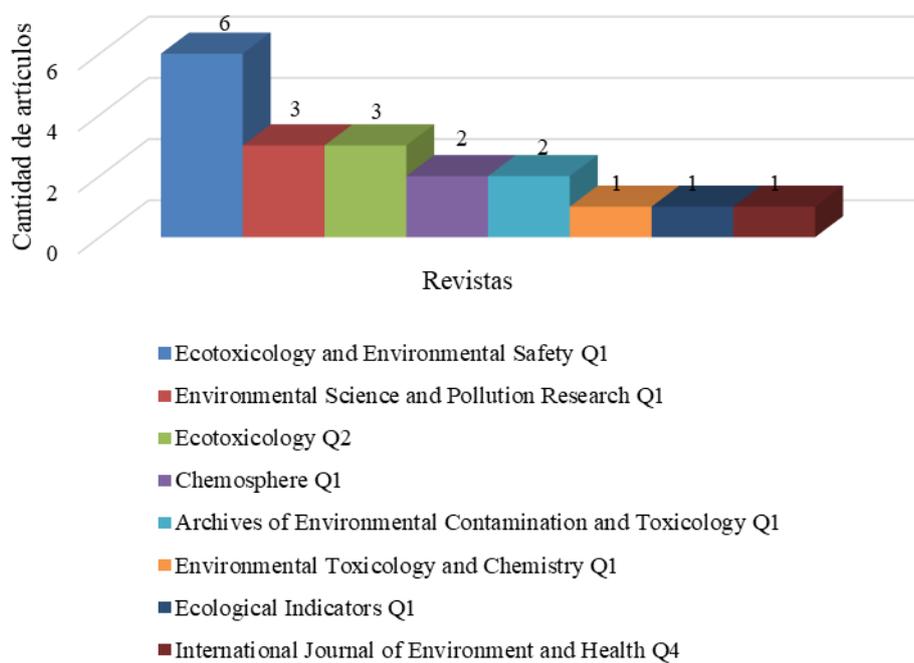
<i>Boana pulchella</i> (n=7)				Comportamiento	S
				Enzimático	S
				De estrés oxidativo	NS
				Crecimiento y desarrollo	NS
	Imazetapir	Agudo	Subletal	Morfológicos	S
				Comportamiento	S
				Genético	S/NS
				Crecimiento y desarrollo	S/NS
			Letal	Mortalidad	S
	Imidacloprid	Agudo	Letal	Mortalidad	S
		Subletal	Genético	S	
Pirimicarb	Agudo	Letal	Mortalidad	S	
		Subletal	Morfológicos	S	
			Comportamiento	S	
			Genético	S	
			Citológico	S	
			Crecimiento y desarrollo	S/NS	
<i>Leptodactylus latinasus</i> (n=2)	Imazetapir	Agudo	Letal	Mortalidad	S
			Subletal	Morfológicos	S
				Comportamiento	S
				Genético	S
				Enzimático	S
	Imazetapir*	Agudo	Subletal	Comportamiento	NS
				Genético	S
				Histopatológico	S
				Enzimático	S
				Cond. corporal	NS
<i>Rhinella fernandezae</i> (n=1)	Clorpirifos	Agudo	Letal	Mortalidad	S
			Subletal	Morfológicos	S
				Comportamiento	S
				Crecimiento	S
		Crónico	Letal	Mortalidad	S
			Subletal	Crecimiento	NS
<i>Leptodactylus luctator</i> (n=1)	Glifosato	Agudo	Subletal	Histopatológico	S
<i>Elachistocleis bicolor</i> (n=1)	Dicamba	Agudo+	Subletal	Hormonal	S
				Enzimático	S
<i>Scinax nasicus</i> (n=1)	Dicamba	Agudo+	Subletal	Hormonal	S
				Enzimático	S

\*Investigación con adultos. + Bioensayo estático

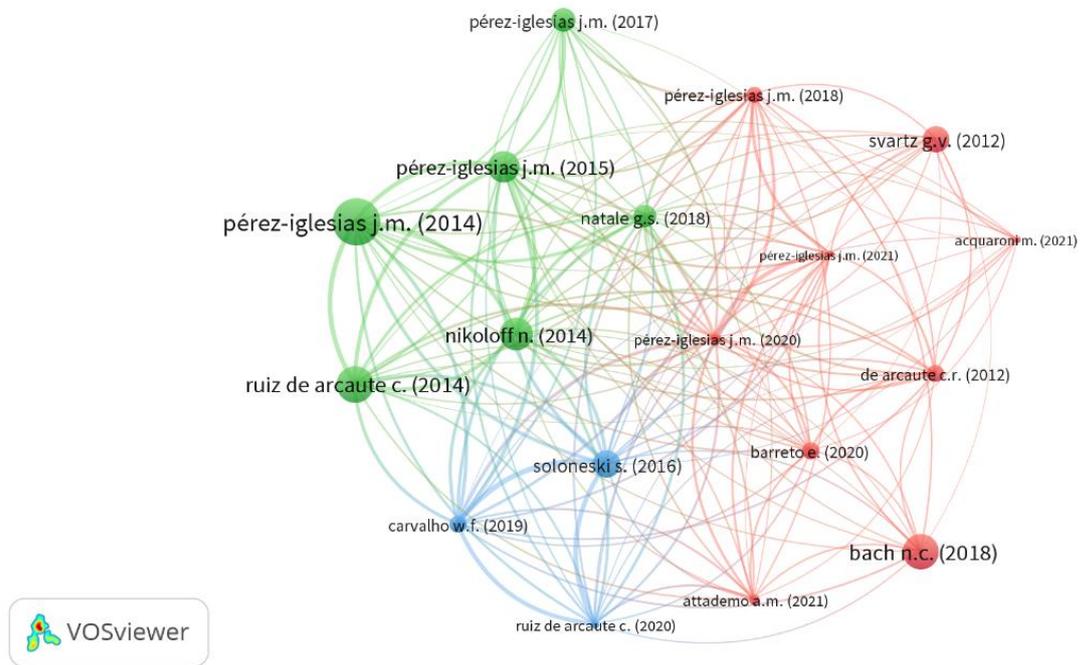
**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA (Page *et al.*, 2021) del proceso de selección de los estudios incluidos en la revisión.



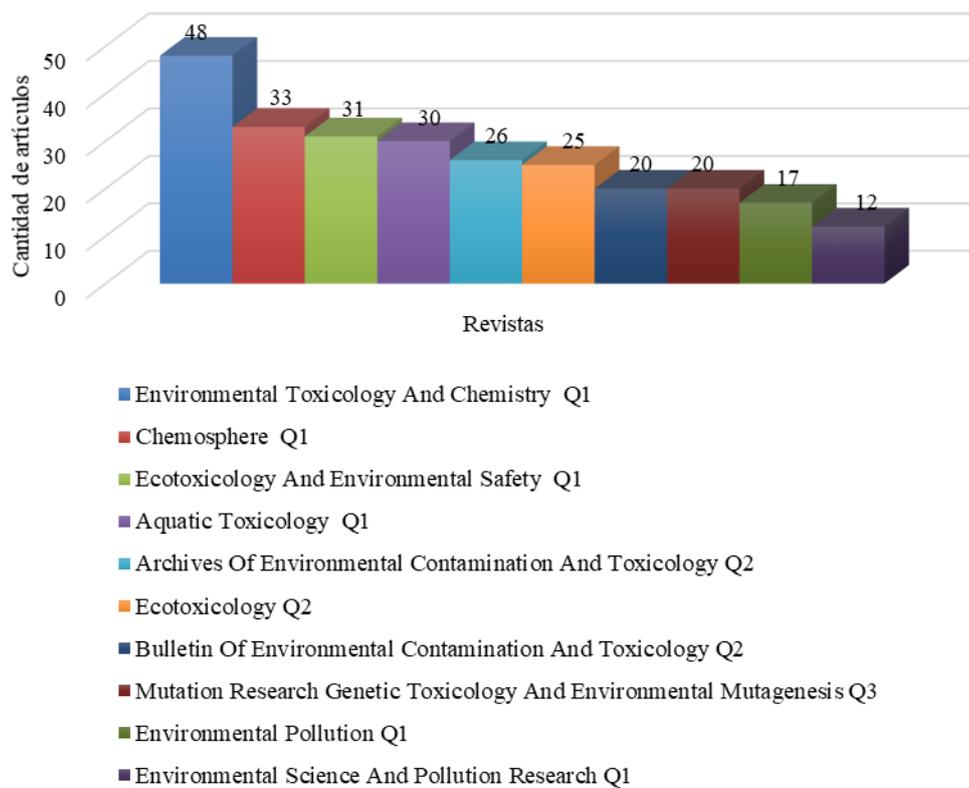
**Figura 2.** Revistas en los cuales se publicaron los artículos analizados. Abreviaturas= Q1: cuartil 1; Q2: cuartil 2; Q4: cuartil 4.



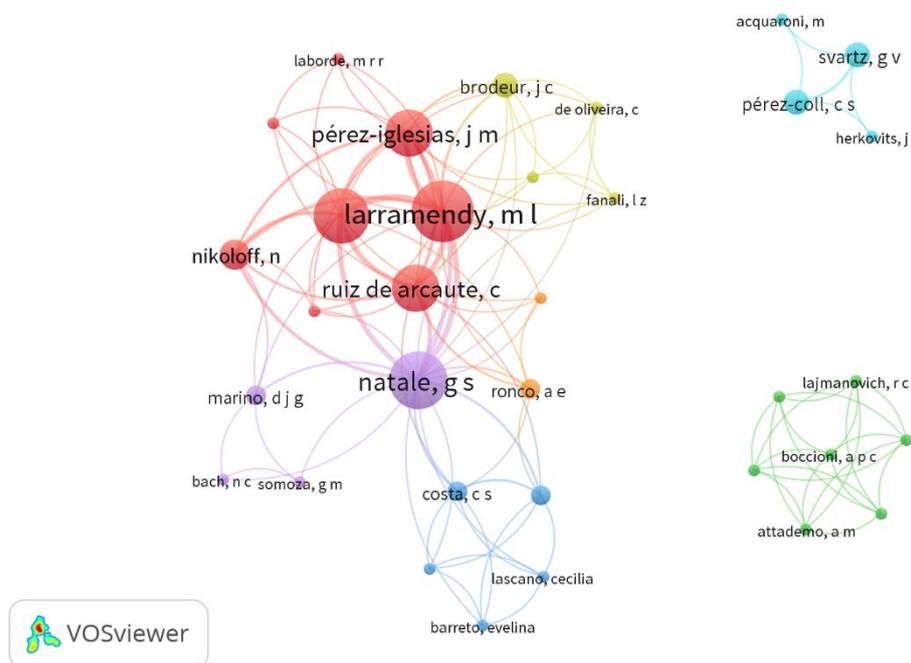
**Figura 3.** Mapa VOSviewer (distribución: atracción 2, repulsión -1) de acople bibliográfico entre los artículos.



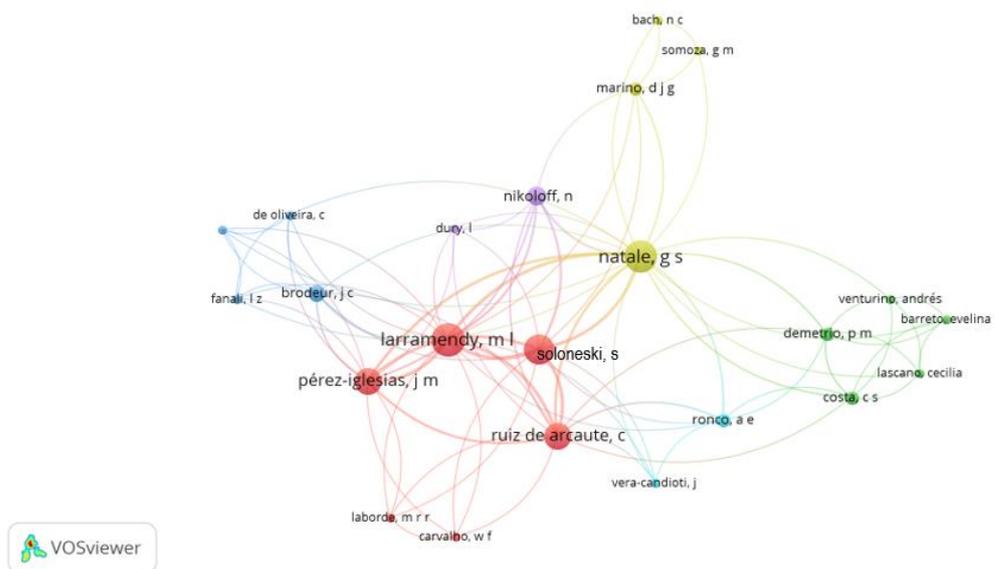
**Figura 4.** Primeras 10 revistas citadas en los artículos en revisión. Abreviaturas= Q1: cuartil 1; Q2: cuartil 2; Q3: cuartil 3.



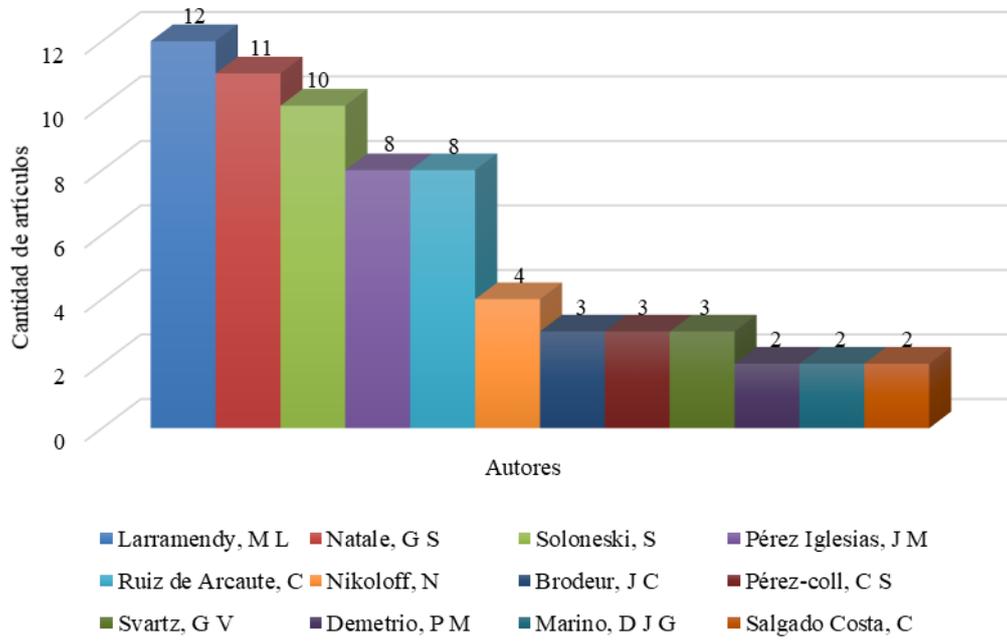
**Figura 5.** Mapa VOSviewer (distribución: atracción 3, repulsión -2) con los autores de los trabajos en estudio.



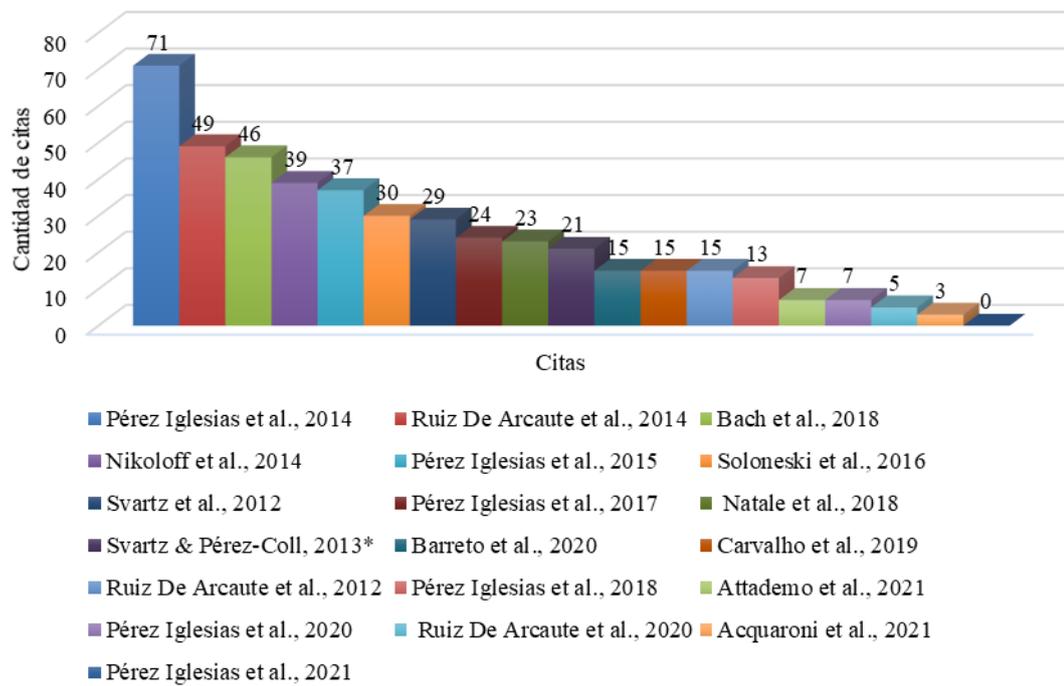
**Figura 6.** Mapa VOSviewer (distribución: atracción 2, repulsión -1) considerando los autores con más relaciones en el total de publicaciones.



**Figura 7.** Autores con más de una publicación en los artículos analizados.

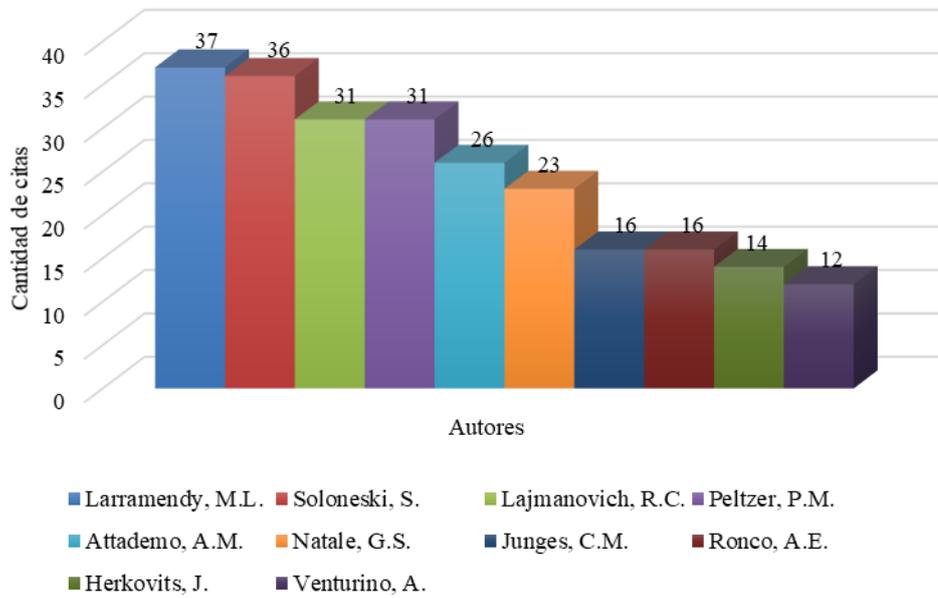


**Figura 8.** Cantidad de citas que han recibido los artículos en revisión entre el periodo de publicación y febrero de 2023.

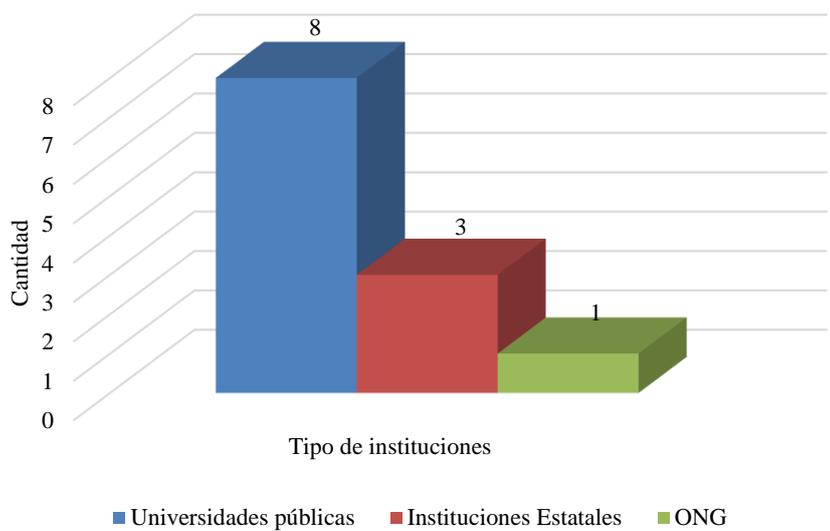


\*Cantidad de citas que indica Google Académico

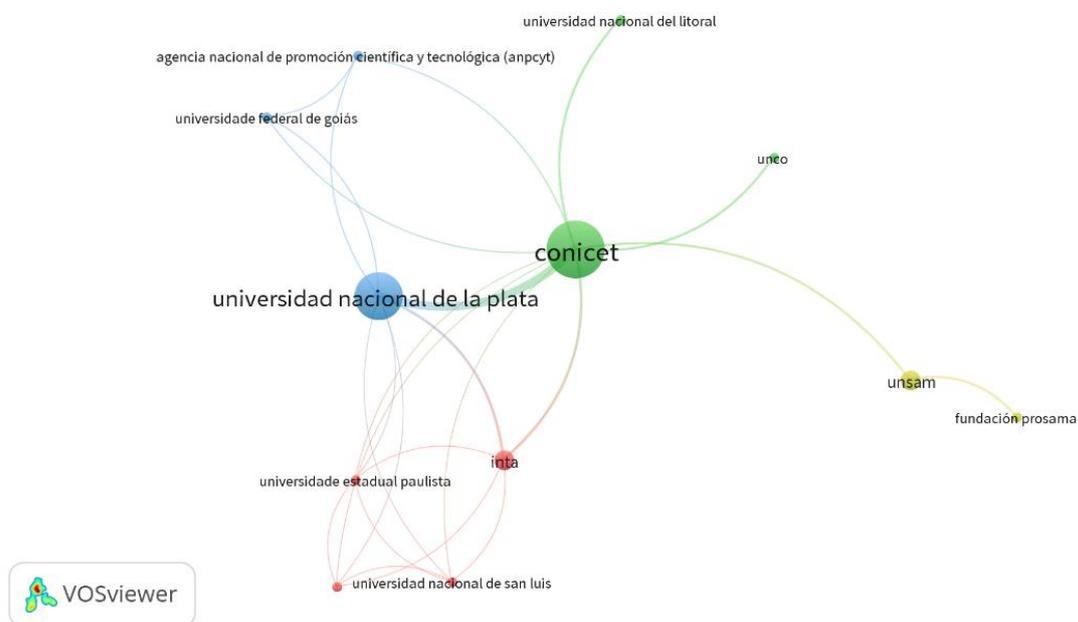
**Figura 9.** Autores más citados dentro de la bibliografía de los artículos en revisión.



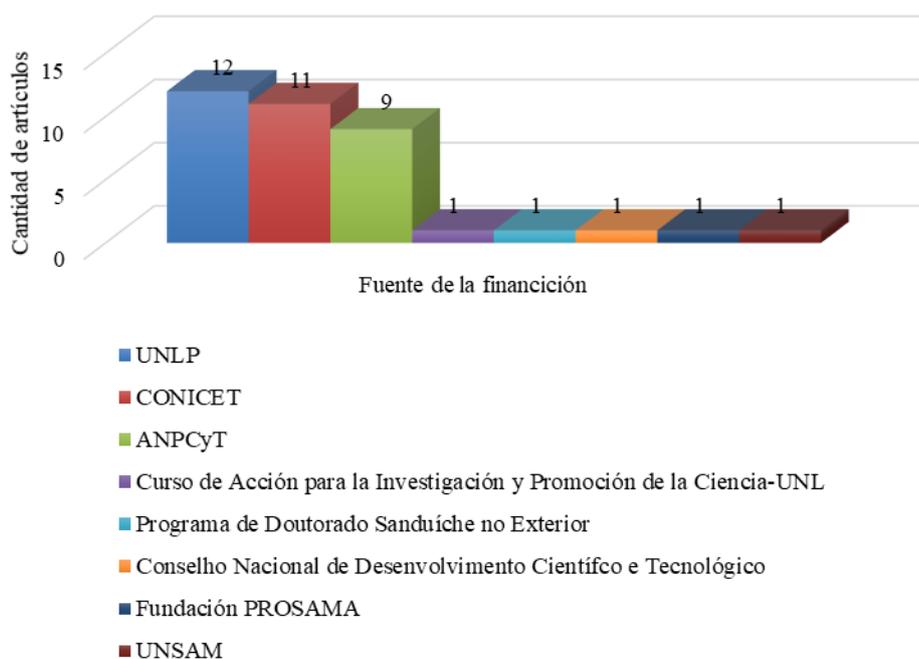
**Figura 10.** Afiliación de los autores por tipo de institución.



**Figura 11.** Mapa VOSviewer de afiliación de los autores (distribución: atracción 3, repulsión -1).



**Figura 12.** Fuentes de financiación indicada por los autores. Abreviaturas= UNLP: Universidad Nacional de La Plata; CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; ANPCyT: Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica; UNL: Universidad Nacional del Litoral; PROSAMA: Pro Salud y Medio Ambiente; UNSAM: Universidad Nacional de San Martín.



**Figura 13.** Mapa VOSviewer de co-ocurrencia (atracción<sup>2</sup>, repulsión -1) de palabras claves indicadas por los autores.

