




Trabajos prácticos como experiencias educativas de Ecotoxicología para estudiantes universitarios de Saneamiento Ambiental

CUZZIOL BOCCIONI, Ana P. ^{1,4} |  0000-0002-8498-7134

PELTZER, Paola M. ^{2,4} |  0000-0002-8533-1129

ATTADEMO, Andrés M. ^{3,4} |  0000-0001-9029-4441

LAJMANOVICH, Rafael C. ^{1,4,*} |  0000-0002-2843-4391

¹ Cátedra de Ecotoxicología- Escuela Superior de Sanidad (ESS), Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (FBCB), Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santa Fe, Argentina.

² Cátedra de Ecología de la Restauración- ESS, FBCB, UNL, Santa Fe, Argentina.

³ Cátedra de Ecología- ESS, FBCB, UNL, Santa Fe, Argentina.

⁴ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

Correspondencia

*rlajmanovich@fbc.unl.edu.ar

Resumen

La enseñanza de la ecotoxicología afronta el desafío de preparar a los futuros profesionales en el ejercicio de esta disciplina a través de la adquisición de destrezas prácticas y el desarrollo de criterios ambientales. En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo visibilizar la importancia de los trabajos prácticos como experiencias educativas de la asignatura Ecotoxicología en la Licenciatura en Saneamiento Ambiental de Escuela Superior de Sanidad “Ramón Carrillo” de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral. Para ello, se describen los principales ejes de enseñanza desarrollados a partir de un Trabajo Práctico modelo: “Evaluación de toxicidad en anfibios”, representativo del esquema de organización de las clases de la materia. Esta experiencia, brindada con un enfoque científico-biológico está orientada al desarrollo de capacidades e instrumentos cognitivos y afectivos necesarios para la disciplina. La resolución de consignas y el desarrollo de experimentos integran los contenidos impartidos en las clases teóricas con la interpretación de datos obtenidos a partir de distintos sistemas biológicos reales y experimentos para la sensibilización por la conservación de la naturaleza y la responsabilidad para el cuidado de la salud ambiental.

Cita sugerida

Cuzziol Boccioni, A. P.; Peltzer, P. M.; Attademo, A. M. & Lajmanovich, R. C. (2024). Trabajos prácticos como experiencias educativas de Ecotoxicología para estudiantes universitarios de Saneamiento Ambiental. *Aula Universitaria* n°25. e0047, pp. 19–34. DOI: <https://doi.org/10.14409/au.2024.25.e0047>

Licencia

Publicación de acceso abierto bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



Palabras clave

enseñanzas prácticas, estudiantes universitarios, ecotoxicología, ensayos de biotoxicidad

Summary

The teaching of ecotoxicology faces the challenge of preparing future professionals in the practice of this discipline through the acquisition of practical skills and the development of environmental criteria. In this context, the present article aims to highlight the importance of practical work as educational experiences in the subject of Ecotoxicology in the Bachelor's Degree in Environmental Sanitation at the School of Public Health "Ramón Carrillo" of the Faculty of Biochemistry and Biological Sciences at the National University of Litoral. To achieve this, the main teaching axes developed from a model Practical Work: "Assessment of toxicity in amphibians" are described, representative of the class organization scheme for the subject. This educational experience provided with a scientific-biological approach is aimed at developing cognitive and affective capacities and tools necessary for the discipline. The resolution of tasks and the development of experiments integrate the contents taught in theoretical classes with the interpretation of data obtained from different real biological systems and experiments, as well as raising awareness for nature conservation and responsibility for environmental health care.

Keywords

practical teaching, university students, ecotoxicology, toxicity bioassays

1. Introducción

El término ecotoxicología fue propuesto por Truhaut en 1969 (Kendall et al. 2021), como una extensión natural de la Toxicología refiriéndose a los efectos ecológicos de los contaminantes como la toxicidad directa sobre los seres vivos y las alteraciones del ambiente en el cual viven. La enseñanza de la ecotoxicología implica introducir a los estudiantes en técnicas básicas de biología experimental y fundamentalmente en la realización de bioensayos. Estas pruebas de toxicidad (base de la ecotoxicología moderna) tienen como principal objetivo medir el efecto de uno o más contaminantes sobre las especies no blanco y consisten en la exposición de los organismos a concentraciones crecientes de un agente tóxico en un cierto período de tiempo (Díaz-Báez et al., 2004).

La disciplina reúne conocimientos y aptitudes de distintas áreas, (por ejemplo, biología, ecología, y química) representando un campo de ejercicio de diversos profesionales. En particular, este trabajo se centra en actividades prácticas de la asignatura "Ecotoxicología" para la Licenciatura en Saneamiento Ambiental de la Escuela Superior de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral, casa de altos estudios situada en la Ciudad Universitaria de la ciudad de Santa Fe, República Argentina. La materia se dicta cuatrimestralmente desde 1998, y actualmente forma parte del Plan de Estudios del tercer ciclo, en el cuarto año de la carrera de grado antes mencionada.

En lo que respecta a los objetivos de enseñanza desde un enfoque de alfabetización científico-biológica, la materia tiene el propósito de desarrollar capacidades e instrumentos cognitivos y afectivos necesarios para que el alumnado logre comprender, posicionarse personalmente y actuar ante las problemáticas socioambientales que incluyen componentes de conocimiento biológico. De esta manera, se pretende dotar a los estudiantes de herramientas aplicables en su práctica profesional en el campo de las ciencias ambientales que les permitan el trabajo inter y transdisciplinario. En esta asignatura se adquieren conocimientos sobre los conceptos básicos aplicados en ecotoxicología, tipos de contaminantes (sus dosis y efectos), diseño experimental, análisis estadístico, organismos de prueba utilizados en los bioensayos y especies bioindicadoras. Además, se abordan conceptos de evaluación de riesgo ecológico y sobre las metodologías aplicadas al análisis de la información ecotoxicológica. El cursado teórico se complementa fundamentalmente con trabajos prácticos en los que el alumnado adquiere competencias acerca de diseño, ejecución e interpretación de los ensayos de toxicidad, así como para la determinación de biomarcadores (bioquímicos, morfológicos, etológicos genotóxicos, etc.) y/o utilización de organismos bioindicadores. A través de los trabajos prácticos propuestos se acerca a los estudiantes los conocimientos empíricos, las buenas prácticas y el criterio requeridos para ejercer la disciplina.

Como toda ciencia, en la ecotoxicología resulta fundamental la capacidad predictiva para determinar la toxicidad de los contaminantes, que dependerá de la calidad de información obtenida para generar el conocimiento y los modelos para hacer predicciones (Carriquiriborde, 2021). Por ello, como primera instancia se busca que los alumnos conozcan los principios básicos para los trabajos experimentales, atendiendo a las buenas prácticas de la ecotoxicología como la planificación y diseño experimental apropiados, la importancia de definir adecuadamente controles, tratamientos, exposiciones, preparación de soluciones y análisis estadísticos adecuado al modelo de estudio (Harris y Sumpter, 2015).

Además, uno de los principales desafíos de la ecotoxicología es comprender la complejidad de los efectos de los contaminantes en los entornos naturales dados por la diferencia de sensibilidad entre especies (Lajmanovich et al., 2021). En este sentido, las actividades prácticas resumen los principales grupos de organismos en los cuales se realizan evaluaciones de toxicidad, como representantes de los distintos componentes de las redes ecosistémicas (productores, consumidores y descomponedores), así como de las distintas matrices ambientales (agua, aire y sedimentos). Las prácticas con diversidad de organismos permiten a los estudiantes no sólo adquirir conocimientos sobre su biología y características específicas como modelos de estudios toxicológicos, sino también analizar a través de pruebas empíricas su sensibilidad a los contaminantes y adquirir destrezas para su manejo experimental. Históricamente las evaluaciones de riesgo para la biota acuática han sido realizadas con ensayos de toxicidad, utilizando organismos sensibles o bioindicadores. En lo que respecta a vertebrados, generalmente se han ensayado como modelos experimentales los peces y más recientemente, los anfibios (sapos y ranas).

Por lo antes expuesto, el presente aporte tiene como objetivo visibilizar la importancia de las actividades prácticas como experiencias educativas de la asignatura de

Ecotoxicología para la Licenciatura en Saneamiento Ambiental de la ESS. Para ello, se describirán los procesos de enseñanza-aprendizaje desarrollados a partir de un Trabajo Práctico modelo, representativo del esquema de organización que siguen la mayoría de las clases de la materia.

2. Metodología

2.1. Estructura de los trabajos prácticos

Las prácticas educativas de la asignatura están diseñadas siguiendo las consideraciones del triángulo didáctico de la enseñanza, disciplina y los aprendizajes que promueven, propuesto por Lorenzo (2020). Desde el punto de vista de la enseñanza, los trabajos experimentales de la materia se adecúan correctamente a la planificación curricular y aseguran el tiempo y espacio necesarios para su correcta ejecución. Cada práctica se realiza en un tiempo máximo de tres horas cátedra en el Laboratorio de Sanidad, donde se disponen de los recursos materiales, mobiliarios y humanos pertinentes para el desarrollo de las actividades con las debidas medidas de bioseguridad, las actividades prácticas tienen un orden secuencial de los contenidos y se pueden transferir no sólo a otros trabajos prácticos de la asignatura, sino también a otras disciplinas como se ha mencionado en la introducción. Cada actividad representa una instancia evaluativa en sí misma, a la vez que brinda contenidos que son evaluados en parciales y finales. En cuanto a los aprendizajes promovidos, los trabajos prácticos están orientados a desarrollo de autonomía, destrezas y aptitudes individuales y grupales, en base a las competencias previamente adquiridas y a los conocimientos teóricos.

Los trabajos prácticos cuentan con una guía escrita, enviada a los alumnos con anticipación al día de la clase, que requiere lectura previa de las actividades a realizar. La guía consta de las siguientes partes fundamentales:

1. Una breve introducción con los aspectos esenciales y objetivos de las actividades.
2. Una serie de consignas/pasos orientativos a seguir para el desarrollo de los experimentos.
3. Bibliografía pertinente.
4. Un conjunto de preguntas a responder luego de la actividad para ayudar a los alumnos a fijar los conocimientos adquiridos y reforzar lo trabajado.

Durante el desarrollo de los trabajos prácticos, se introduce a los alumnos al tema repasando el contenido de las guías, las recomendaciones pertinentes y se explican los procedimientos a seguir. En caso de que el trabajo implique el uso herramientas y materiales específicos, existe una primera instancia de reconocimiento y preparación de

los mismos. Al momento de la actividad, los alumnos preparan el experimento bajo la supervisión de los docentes.

La ejecución de los ensayos por lo general requiere una instancia posterior al día de la actividad, en la que los alumnos observan y registran los resultados de los experimentos (registro de mortandad, medición de parámetros subletales, crecimiento, etc.).

Los trabajos prácticos concluyen con la elaboración de un informe por parte de los estudiantes en los que describen el procedimiento realizado y los resultados obtenidos, así como las principales conclusiones. En los informes también los alumnos responden a las preguntas orientadoras para afianzar los contenidos abordados.

2.2. Momentos de la actividad

Título del trabajo práctico:

“Bioensayo con vertebrados: determinación de la Concentración Letal media (CL₅₀) en larvas de anfibios”.

A continuación, se desarrollan los aspectos prácticos de la guía de trabajo brindada a los estudiantes

Parte 1: Características de los anfibios

Objetivos

- Identificar los caracteres externos de un renacuajo mediante la observación bajo lupa estereoscópica.
- Establecer el estadio larval de un renacuajo a través del uso de claves de identificación.

Materiales y procedimiento

Los alumnos dispondrán de larvas de distintas especies de anfibios regionales y claves de identificación para reconocerlas a través de características externas distintivas. Contarán con instrumentos como lupas, pinzas y pinceles para facilitar la manipulación del material biológico y su observación en detalle. A través de ilustraciones representadas en las Figuras 1-2, explorarán las estructuras básicas corporales e identificarán fórmula bucal, así como el estadio de Gosner (1960).

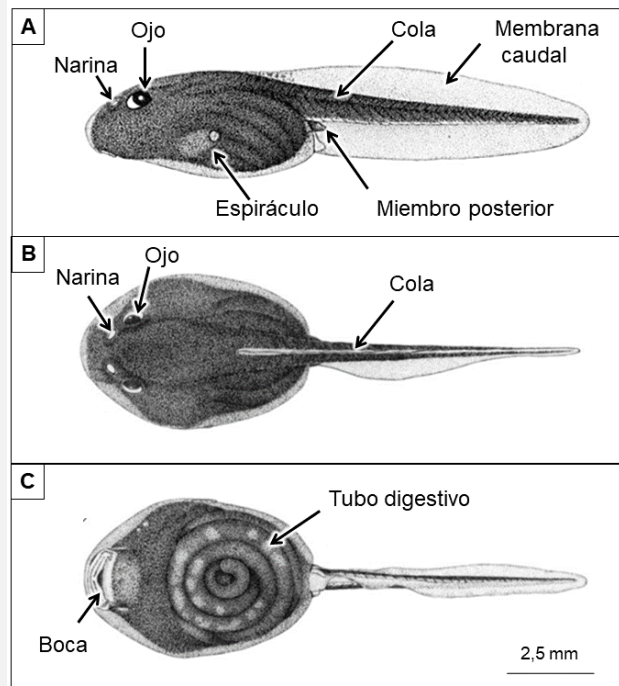


Figura 1. Renacuajo del género *Rhinella* en estadio 28 (Gosner, 1960) en vista (A) lateral; (B) dorsal; (C) ventral. Fuente: Adaptado de Tolledo & Toledo, 2010.

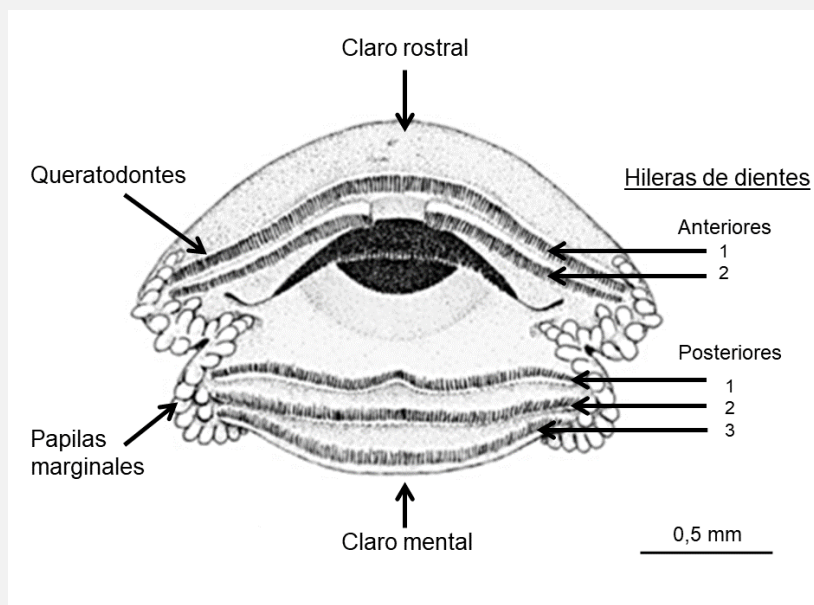


Figura 2. Estructuras del disco oral de renacuajos. Fuente: Adaptado de Tolledo y Toledo, 2010

Parte 2: Bioensayo de toxicidad

Los alumnos evaluarán la toxicidad aguda del herbicida GlacoXAN TOTAL (Glifosato 48% p/v) en renacuajos de una especie local considerada modelo para estudios ecotoxicológicos, *Rhinella arenarum*. Al tratarse de un estudio exploratorio, se ensayarán un

amplio rango de concentraciones del herbicida para determinar la concentración letal media (CL₅₀) para la especie.

Objetivos

1. Determinar la toxicidad aguda de un plaguicida en medio acuático sobre larvas de anfibios anuros.
2. Calcular la CL₅₀ (48h) a través del uso de los programas PROBIT o Spearman-Kärber.

Materiales

Materiales y procedimiento

Los estudiantes dispondrán de diversos instrumentos de laboratorio para la preparación de los tratamientos. Considerando los materiales volumétricos disponibles, pondrán en práctica los conocimientos de soluciones para definir las concentraciones a ensayar, y los volúmenes del formulado necesarios para cada una de ellas.

Una vez establecido el protocolo del ensayo, los alumnos organizarán y rotularán los recipientes, y prepararán autónomamente los tratamientos (ilustrado en la Figura 3) para reforzar las buenas prácticas de laboratorio, con supervisión de los docentes para asegurar la correcta ejecución. Seguidamente, adquirirán práctica en el manejo de organismos disponiendo las larvas en cada tratamiento con los debidos cuidados y consideraciones, así como mediante el control diario y registro de mortalidad.

A través del registro de mortalidad cada 24 h, se obtendrán los datos para poner en práctica conceptos fundamentales para la materia (resumidos en la Figura 4):

1. *Elaboración de una gráfica de dosis respuesta* (concentración-efecto), para interpretar la variación de la mortalidad en función de las concentraciones ensayadas.
2. *Determinación de parámetros de toxicidad básicos*: Concentración Letal Media (CL₅₀), Concentración de efectos no observables (NOEC) y Concentración efecto mínimo observable (LOEC). Los resultados del ensayo permitirán reforzar los conceptos teóricos a partir de datos reales obtenidos por los propios estudiantes. La información que obtengan también les permitirá explorar la naturaleza de los datos y discernir los métodos de cálculo más convenientes.

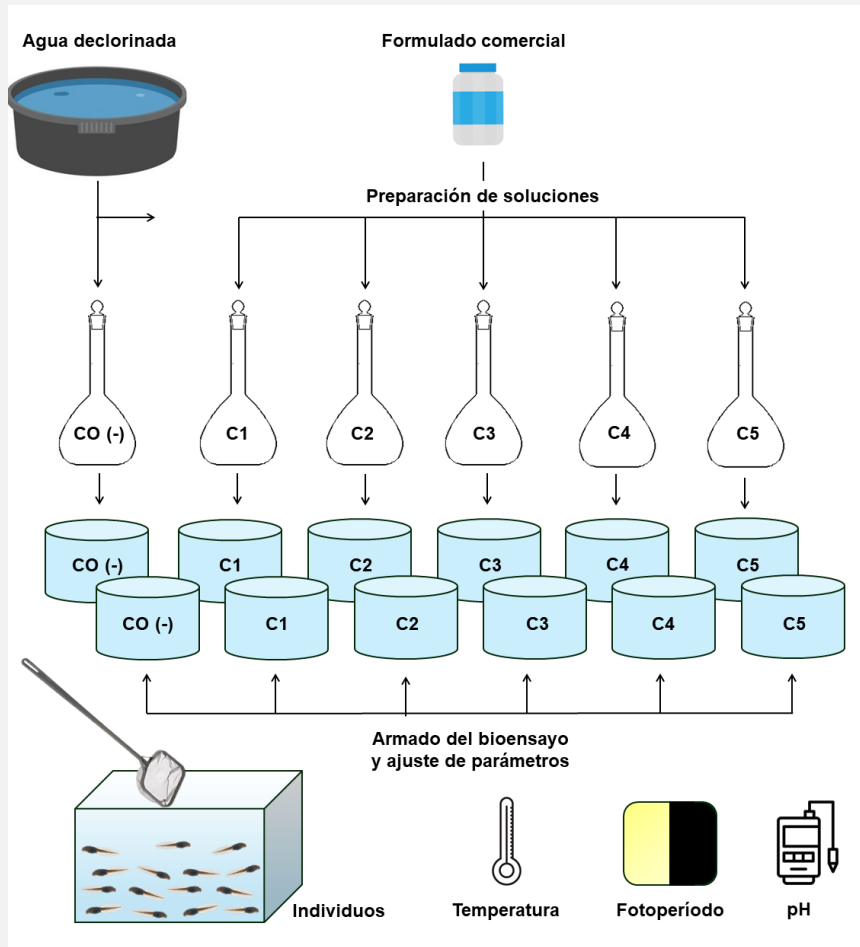


Figura 3. Resumen del procedimiento para la preparación del bioensayo.

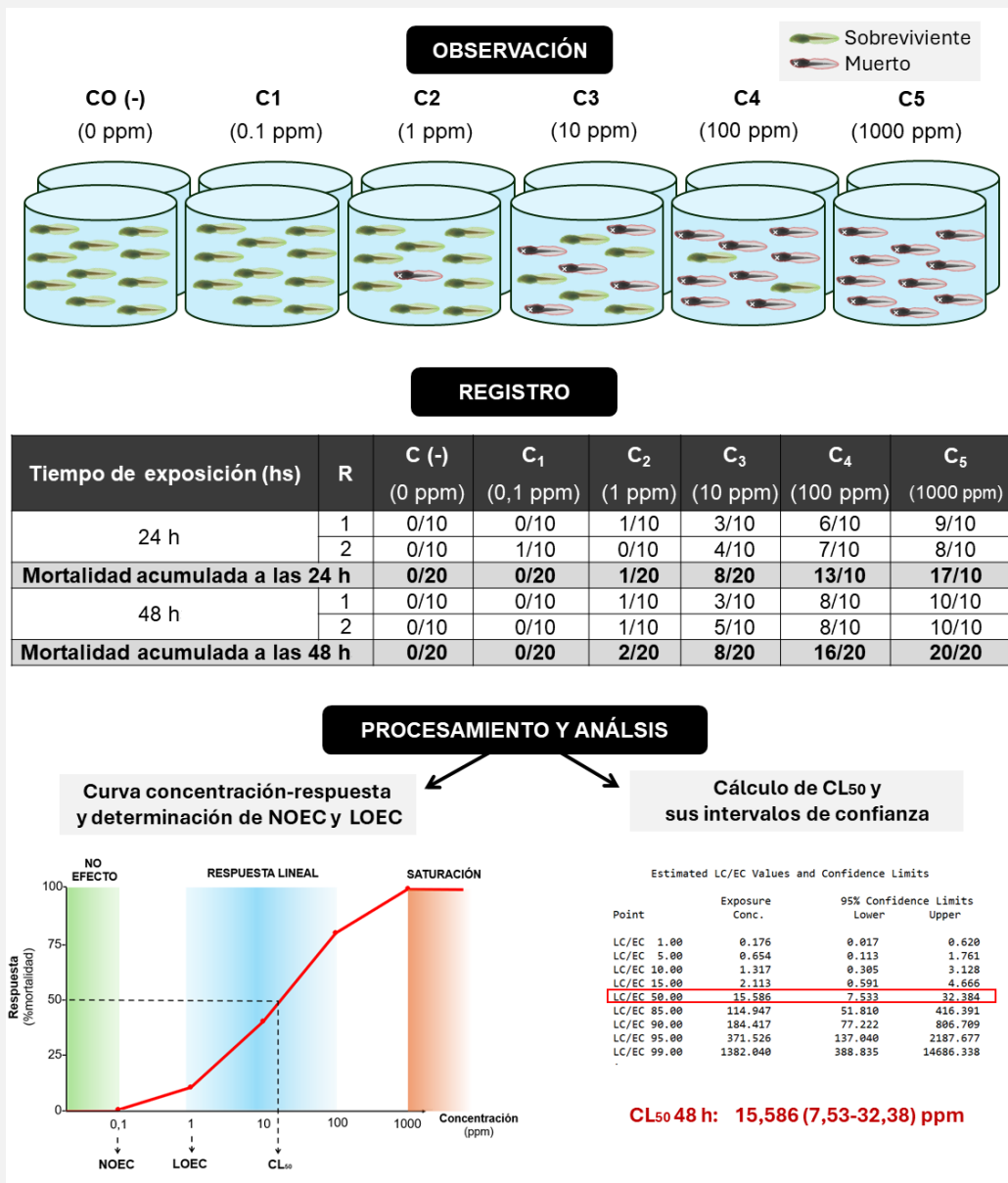


Figura 4. Resultados de un bioensayo ejemplo con renacuajos expuestos a un control negativo (C-), y cinco concentraciones de un formulado comercial (C1=0,1; C2=1; C3=10; C4=100; C5=1000). A partir de la observación de los tratamientos (por duplicado), se registraron los datos de mortalidad de cada réplica a las 24 y 48 h de exposición (expresadas como cantidad de muertos/total). Se obtuvieron las mortalidades acumuladas (filas grises) para cada tiempo, para la construcción de la curva de concentración-respuesta y obtención NOEC, LOEC, y cálculo de CL₅₀ a cada tiempo de exposición. A modo ilustrativo, sólo se representa la curva y los parámetros obtenidos de los datos a las 48h.

Instancia de interpretación y evaluación

Al finalizar el trabajo práctico, se ofrece a los estudiantes un listado de preguntas a contemplar para la elaboración del informe, que pretenden:

Reflexionar sobre los contenidos desarrollados durante la práctica. Por ejemplo:

- ¿Qué características observó en los anfibios que los definen como organismos modelos para la ecotoxicología?
- ¿Qué consideraciones fundamentales deben tenerse en cuenta a la hora de preparar los tratamientos? ¿y para la puesta en marcha del ensayo?

Interpretar los resultados obtenidos y relacionarlos con contenidos de otros temas, a través de preguntas como:

- ¿Qué representan los valores de NOEC, LOEC y CL50 obtenidos?
- ¿Los organismos en estudio resultaron sensibles al tóxico evaluado? ¿Puede establecer alguna comparación con respecto a otros modelos estudiados anteriormente?

3. Resultados

Como resultado del Trabajo Práctico modelo, se identificaron cuatro ejes fundamentales para el aprendizaje de la asignatura (Figura 5).

3.1. Conocimiento y manejo de organismos

La etapa exploratoria del trabajo práctico (Parte 1) permitió a los alumnos conocer los organismos en estudio, en este caso, los anfibios. El reconocimiento de la morfología externa, diferenciación e identificación de especies, ciclo de vida, y hábitos acercó a los estudiantes a las características más importantes de los anfibios que los definen como modelos de estudio en ecotoxicología.

La manipulación de organismos conllevó a trabajar sobre conceptos básicos de bioética, remarcando la importancia de disponer no sólo de los permisos de colecta y aprobación de los estudios ecotoxicológicos por los comités correspondientes, sino también de trabajar con especies no amenazadas, y de tratar a los organismos acorde a las guías establecidas.

3.2. Preparación de tratamientos

En esta instancia, se aplicaron los conocimientos de química sobre soluciones. Los alumnos realizaron los cálculos pertinentes para obtener las concentraciones y diluciones adecuadas. A su vez, desarrollaron la capacidad de toma de decisiones atendiendo

al criterio para la preparación más efectiva (mayor precisión, menor cantidad de recursos y descarte). Adquirieron práctica en el manejo correcto del instrumental y materiales de laboratorio para asegurar la preparación más exacta posible de las soluciones y evitar contaminación entre tratamientos. También incorporaron información y práctica sobre el tratamiento de residuos, y la forma adecuada de descartarlos.

3.3. Ejecución del bioensayo

Durante la preparación del bioensayo, abordaron los principios básicos del diseño experimental destacando la importancia de los controles negativos y cantidad de réplicas, así como de las condiciones controladas (fotoperiodo y temperatura), cantidad de individuos y duración del ensayo según el efecto a analizar. Se remarcó la necesidad de considerar tipo de análisis estadístico que se utilizará posteriormente de manera tal que los resultados que surjan a partir del diseño experimental elegido tengan suficiente poder estadístico para cumplimentar los objetivos planteados

Además, se trabajó sobre la influencia de variables y factores que condicionen e influyeran los experimentos. Los estudiantes repasaron sobre el uso de herramientas de medición y métodos de regulación de parámetros como la temperatura, pH, luz, conductividad, entre otros.

3.4. Análisis e interpretación de resultados

La obtención de los resultados brinda a los estudiantes la posibilidad de ejecutar las determinaciones de mortalidad con objetividad, desarrollando el criterio para discernir las características que hacen a los resultados positivos o negativos. Además, aplicaron a un caso real los modelos estadísticos generalmente tratados en casos hipotéticos o de manera teórica. En este sentido, seleccionaron del método de obtención de CL50, el procedimiento para el uso de softwares y herramientas estadísticas (Probit y Spearman-Kärber, Instat®). La obtención de información respecto a la sensibilidad de los organismos de prueba al compuesto en cuestión posibilitó su comparación con otros organismos de prueba estudiados en otros trabajos prácticos, brindando a los estudiantes la noción de variabilidad entre especies y modelos, y la importancia de considerar distintos organismos de prueba para establecer la toxicidad de los contaminantes.

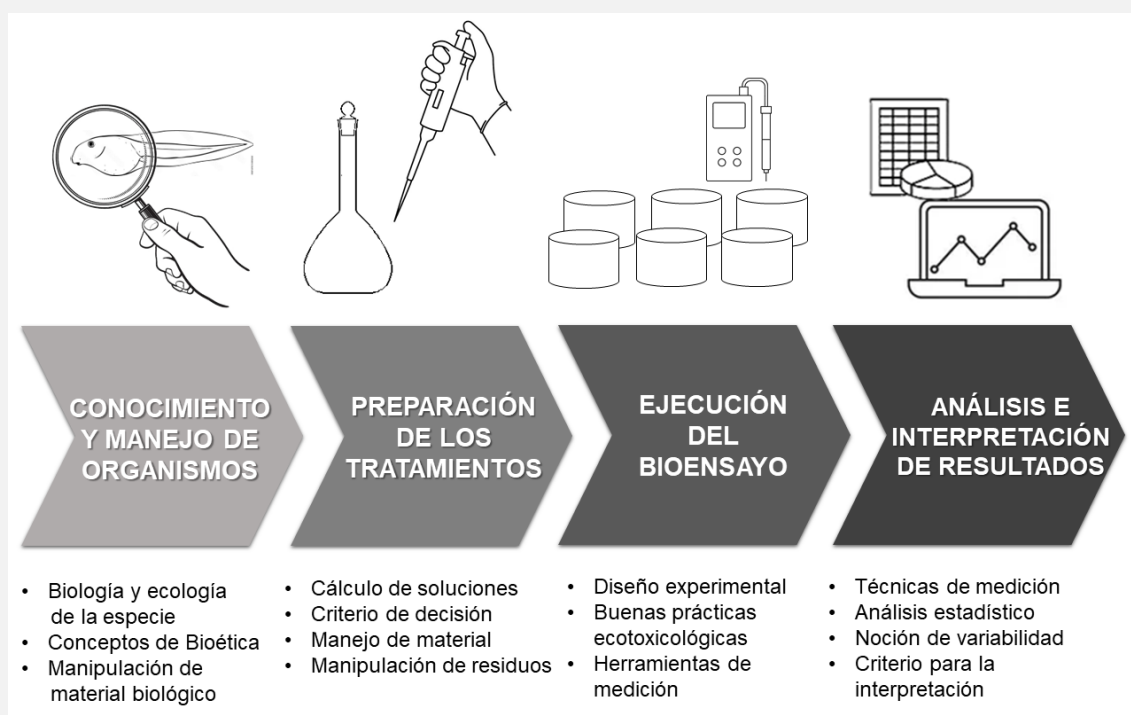


Figura 5. Principales ejes de enseñanza desarrollados durante el trabajo práctico modelo de Ecotoxicología.

4. Discusión

El conocimiento ecotoxicológico es fundamental no solo para la protección responsable del ambiente, sino también de la vida y salud de las poblaciones que lo habitan, incluyendo la humana. Por lo tanto, es imprescindible que los profesionales que ejercen esta disciplina cuenten con una formación académica desde un enfoque científico-biológico que les brinde capacidades e instrumentos cognitivos y afectivos necesarios que requiere esta disciplina en su ejercicio. Específicamente, es necesario que los alumnos forjen la capacidad para la comprender datos, establecer predicciones, estimar riesgos y tomar decisiones adecuadas a un contexto social y embebidas en una ética ambiental (Tortorelli, 2019)

El desarrollo de los trabajos los prácticos de la asignatura Ecotoxicología para la Licenciatura en Saneamiento ambiental de la ESS de la FCB de la Universidad Nacional del Litoral proponen una enseñanza integral para los futuros profesionales y aspira al logro de un desempeño idóneo que incluye no sólo el saber, sino también el saber ser y saber hacer y ser (Cuadra-Martínez et al., 2018).

En lo relativo al *saber*, se pretende abordar la asignatura a través del estudio de los diferentes niveles de organización de la materia (desde el molecular hasta la biosfera) con sus respectivas propiedades emergentes e interacción con las distintas matrices ambientales y vías de contaminación. La experimentación con organismos en estudios ecotoxicológicos en algunos casos carecen de ciertos requisitos básicos tales como permisos de colecta, protocolos experimentales aprobados (por ejemplo, de la American

Society of Ichthyologists and Herpetologists; ASIH, 2004), detalles sobre los principios bioéticos en las metodologías de laboratorio y consideraciones sobre la adopción de métodos alternativos a la utilización del animal (Silva et al., 2015). Por lo que resulta muy importante su implementación y concientización del alumnado a este respecto. Además, resulta elemental conocer sobre la biología y ecología de los organismos de prueba y sus procesos ecofisiológicos para una correcta interpretación de los efectos tóxicos (Gagneten & Regaldo, 2021). En este contexto, el desarrollo de trabajos prácticos con anfibios como organismos de prueba permite a los alumnos entender las características que los definen como modelos experimentales en ecotoxicología, así como de nociones básicas acerca de su manejo y los protocolos para su uso experimental (Lajmanovich et al., 2021).

En cuanto al *saber hacer*, se destaca la importancia en la alfabetización científico biológica en los siguientes procedimientos relacionados a las buenas prácticas ecotoxicológicas y las consideraciones necesarias para la validación e interpretación de los experimentos. En la disciplina, la validez de los ensayos de laboratorio es fundamental, ya que son la principal fuente de los datos toxicológicos y a través de los cuales se comprueban las hipótesis de mecanismos de acción de los contaminantes (Peluso, 2021). El valor de los ensayos depende, en gran medida, de que los experimentos sean ejecutados bajo un sistema de calidad y diseño adecuado que garantice tanto su representatividad como la posibilidad de repetirlos en otro laboratorio y de obtener resultados similares (Ramírez Romero et al., 2018). Así, a través de los trabajos prácticos que implican la ejecución de bioensayos con distintas matrices, organismos, condiciones y a distintos tiempos de exposición, los estudiantes logran adquirir los conocimientos sobre el gran abanico de alternativas, pero también los requisitos estándares que definen los bioensayos de toxicidad.

El ejercicio de la ecotoxicología requiere también de un criterio objetivo para discernir la calidad y confiabilidad de la información y de las predicciones que se generan (Carriquirborde, 2021). Por esto mismo, es importante que los estudiantes incorporen competencias relacionadas al razonamiento y objetividad como bases para el diseño de sus propios trabajos experimentales en el aula y en sus futuros profesionales, como para el análisis crítico de trabajos realizados por sus pares en la disciplina. Por ello las prácticas ahondan en las consideraciones de diversos factores que intervienen en los ensayos, así como en el contexto y las variables que influyen los datos generados, y las limitaciones de los resultados. A través de la elaboración de informes posterior a la ejecución de los trabajos prácticos, los alumnos desarrollan su capacidad de análisis de resultados, interpretación y valoración imparcial del trabajo realizado.

Con respecto al *saber ser*, la enseñanza de la ecotoxicología fomenta una aproximación sucesiva a las actitudes científicas y, específicamente, a sensibilizar acerca de las cuestiones ambientales y asegurar una posición crítica en relación a las problemáticas de contaminación (Casadesus, 2022). Dado los alcances de los Licenciados en Saneamiento sobre el diagnóstico, planificación, prevención e intervención en cuestiones ambientales, es necesario acrecentar sus aptitudes de compromiso y criterio durante su formación. Con significancia semejante, se remarca la implementación del principio precautorio en casos donde la adopción de medidas eficaces no debe ser

postergada por la ausencia de información o certeza científicas, para prevenir potenciales daños graves o irreversibles (Cafferatta, 2004).

6. Conclusiones

Los Trabajos Prácticos resultan fundamentales como experiencias educativas para el aprendizaje de la asignatura Ecotoxicología en el marco de la Licenciatura en Saneamiento Ambiental y permiten que los estudiantes adquieran capacidades e instrumentos necesarios para comprender, posicionarse y actuar ante las problemáticas socio ambientales. Desde este enfoque científico-biológico, los alumnos serán capaces de *saber* sobre el manejo de organismos de prueba y efectos de contaminantes, como también del *saber hacer*, respecto al diseño, ejecución e interpretación de los ensayos de toxicidad y determinación de distintos biomarcadores. Del mismo modo, en el área de actitudes, los procesos de aprendizaje favorecen el *saber ser* de los futuros profesionales en cuanto a la responsabilidad hacia la aplicación de las técnicas de evaluación ecotoxicológicas, criterios bioéticos, de conservación de la naturaleza y priorización del “principio precautorio” en las decisiones desde lo humano y ambiental.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a las autoridades actuales y anteriores de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, y de la Escuela Superior de Sanidad de la Universidad Nacional del Litoral por el constante apoyo que nos permitió desarrollar nuevas líneas de enseñanza e investigación dentro de los planes de estudio de la carrera de Saneamiento Ambiental.

Referencias bibliográficas

- ASIH- American Society of Ichthyologists and Herpetologists. (2004). *Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research*, Herpetological Animal Care and Use Committee (HACC) of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Washington D. C.: Autor.
- Cafferatta, N. A. (2004). El principio precautorio. *Gaceta Ecológica*, 73, 5-21.
- Carriquiriborde, P. (2021). *Principios de Ecotoxicología- Libros de Cátedra*. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata.
- Cuadra-Martínez, D. J., Castro, P. J., y Juliá, M. T. (2018). Tres saberes en la formación profesional por competencias: integración de teorías subjetivas, profesionales y científicas. *Formación universitaria*, 11(5), 19-30.

- Díaz-Báez, Mc., Pica-Granados, Y., Ronco, A., y Sobrero, C. (2004). En: Castillo Morales, G (Ed.), *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones*. México: IDRC-IMTA.
- Gagneten, A. M., y Regaldo, L. M. (2021). Efectos sobre las comunidades biológicas. En: Carriquiriborde, P. (Coord). *Principios de Ecotoxicología- Libros de Cátedra (232-266)*. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata, Argentina.
- Gosner, K. L. (1960). A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, 16(3), 183-190.
- Harris, C. A., y Sumpter, J. P. (2015). Could the quality of published ecotoxicological research be better? *Environmental Science & Technology*, 49(16), 9495–9496.
- Kendall, R. J., Anderson, T. A., Baker, R. J., Bens, C. M., Carr, J. A., Chiodo, L. A., Cobb, G. P., Dickerson, R. L., Dixon, K. R., Frame, L. T.; Hooper, M. J. Martin, C. F.; McMurry, S. T., Patino, R., Smith, E. E., y Theodorakis, C. W. (2001). Ecotoxicology. En: Klaassen, C. D. (Ed), *Casarett & Doull's Toxicology (6° ed., pp 1013-1045)*. New York: McGraw-Hill, Medical Publishing Division.
- Lajmanovich, R. C., Cuzziol Boccioni, A. P., Curi, L. M., Attademo, M. A., Martinuzzi, C., Bassó, A., Colussi, C., y Peltzer, P. M. (2021). Técnicas para el relevamiento de Anfibios en ambientes contaminados. En: Pereyra, L. C., Etchepare, E. y Vaira, M. (Eds.), *Manual de técnicas y protocolos para el relevamiento y estudio de Anfibios de Argentina (Parte I, pp. 326-347)*., San Salvador de Jujuy: Editorial Ediunju.
- Lorenzo, M. G. (2020). Revisando los trabajos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula universitaria*, 21 (4), 15-34.
- Peluso, L. (2021). Bioensayos de toxicidad. En: Carriquiriborde, P. (coordinador). *Principios de Ecotoxicología- Libros de Cátedra*. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata.
- Ramírez Romero, P., Barrera Escorcía, G., Gúzman García, X., Barrera Villa Zevallos, H. (2018). *Ecotoxicología*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
- Silva, J. D. S., Rocha, I. K. B. D. S., Freitas, L. C. D., Pereira, N. J., y Carvalho Neta, R. N. F. (2015). Principios bioéticos aplicados a los estudios ecotoxicológicos acuáticos. *Revista Bio-ética*, 23, 409-418.
- Tolledo, J., y Toledo, L. F. (2010). Tadpole of *Rhinella jimi* (Anura: Bufonidae) with comments on the tadpoles of species of the *Rhinella marina* group. *Journal of herpetology*, 44(3), 480-483.

Fuentes Electrónicas

- Tortorelli, M. C. (2019) Módulo Ecotoxicología. Universidad Tecnológica Nacional. <https://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/info/secretarias/academica/carreras/posgrado/mia/programas/programa-ecotoxicologia.pdf> (Consulta: 14/06/2024).

- Casadesus, X. 2021. Ecotoxicología y contaminación. Universitat Autònoma de Barcelona. <https://www.uab.cat/guiesdocents/2021-22/g100818a2021-22iSPA.pdf> (Consulta: 10/06/2024).