



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Aportes de la toxicología a la formación ambiental
de los estudiantes de la Facultad de Química

María Teresa Heller Aguerre

Tesis de doctorado

Presentada como uno de los requisitos para el título de

Doctor

Programa de Doctorado en Química, Orientación Educación,
Facultad de Química

Universidad de la República

Agosto 2025

Aportes de la toxicología a la formación ambiental
de los estudiantes de la Facultad de Química

Tribunal:

Dra. Alba Negrín

Dra. Shirley Méndez

Dra. Carolina Mendoza

Nombre de la directora, Dra. Nelly Mañay

Nombre de la directora, Dra. Julia Torres

Le dedico esta tesis a mi hija Luisa, y a mi esposo, Francisco,
quienes me acompañaron y apoyaron incansablemente
a lo largo de este trayecto.

Agradecimientos

En primer lugar, expreso mi sincero agradecimiento a mis directoras, Nelly Mañay y Julia Torres, por su orientación y acompañamiento constante durante la elaboración de este trabajo de investigación. Agradezco de manera especial a Alcira Rivarosa, quien fue una fuente principal de inspiración y referencia en la estructuración de esta tesis.

A Mariana Barros, por su colaboración en el tratamiento estadístico de los datos.

A Mariano Cáceres, por su valiosa contribución en la digitalización de información y en la elaboración de gráficas.

A mis compañeras del Área Toxicología, Cristina Álvarez, Adriana Cousillas, Paulina Pizzorno y Ángela Torres, por su incondicional apoyo en este proceso.

A la Universidad de la República y a la Facultad de Química, por ser un espacio de impulso a la investigación, y por haber hecho posible el desarrollo de este trabajo, al brindar el marco institucional académico para un doctorado en Química en Orientación Educación. Hago mención especial aquí al Decano de la Facultad, Álvaro Mombrú, y a todos los integrantes de este servicio que generosamente contribuyeron con esta investigación.

A la Biblioteca de la Facultad de Química, tanto a su directora como a todo el personal, por su disposición para facilitar el acceso a los archivos y a la sala histórica.

Al Departamento de Administración de la Enseñanza, por proporcionarme diversos datos y el acceso a archivos históricos, así como a Fabiana Sánchez, por su ayuda en la localización de materiales de dicho Departamento.

A la Biblioteca de la Facultad de Medicina y, muy especialmente, a Santiago Brian, por su constante disponibilidad y su competencia en el rastreo de archivos históricos vinculados a la Facultad de Medicina y al Instituto de Química.

Finalmente, a mi familia. A mi hermana Carlota Schneider, por su apoyo en las traducciones al inglés de forma especial. A cada una de mis hijas, Isabel, Cecilia, Clara, Luisa y Nicole, por su permanente aliento y escucha crítica a lo largo de la elaboración del trabajo, y en particular a Luisa por su colaboración en la edición del texto y sus sugerencias acerca de la dimensión filosófico-teórica de la educación. A mi esposo, Francisco, por su incentivo y constante apoyo a mi desarrollo académico.

Aportes de la toxicología a la formación ambiental
de los estudiantes de la Facultad de Química

María Teresa Heller Aguerre

Programa de Doctorado en Química, Orientación Educación,
Facultad de Química

Universidad de la República

2025

DIRECTORAS: Dra. Nelly Mañay y Dra. Julia Torres
(Universidad de la República)

Resumen

La toxicología es la ciencia que estudia los efectos adversos de las sustancias químicas. Desde sus orígenes en la Antigüedad, como ciencia de los venenos, ha evolucionado hasta el presente en sus diversas áreas, que incluyen la toxicología clínica y forense, la toxicología social y la toxicología ambiental, entre otras.

La toxicología se relaciona directamente con la química y la farmacología, ya que utiliza sus principios teóricos y herramientas analíticas para comprender y predecir las interacciones de los compuestos químicos en los sistemas vivos. La química, precedida por la vieja alquimia, se estableció como ciencia a fines del siglo XVIII con Lavoisier y, junto con el avance de la Revolución Industrial, comenzó a desarrollarse más tanto en el plano teórico como en su aplicación a las más diversas tecnologías. En este contexto, la química y la toxicología

evolucionaron de manera conjunta y paralela. A medida que la química expandía su conocimiento teórico y práctico, la toxicología se consolidaba como una respuesta indispensable a los efectos adversos de los productos químicos empleados en la industria.

Ahora bien, en el siglo XX, especialmente a partir de 1950, la toxicología adquirió especial relevancia dado el empleo y síntesis de un número cada vez más alto de sustancias químicas en la industria y en la vida cotidiana, así como la creciente evidencia de los impactos en el ambiente y en la salud asociados a este hecho. Los efectos adversos originados por los productos químicos, cristalizados en problemas y conflictos en el medio ambiente, condujeron, a partir de la década de 1960, al nacimiento y desarrollo de las ciencias ambientales, actualmente indisociables de la química o de la toxicología. La toxicología amplió entonces su campo hacia el estudio de los efectos adversos de los nuevos compuestos en el medio ambiente, consolidándose como una disciplina clave para el desarrollo científico sensible a la cuestión ambiental. Por su parte, estos cambios se reflejaron con el tiempo y en mayor o menor medida en la formación de los profesionales de la química. En Uruguay, en la Facultad de Química de la Universidad de la República (UdelaR), el proceso implicó una transformación significativa en la enseñanza de la toxicología, integrando de manera paulatina los contenidos y perspectivas ambientales.

Enmarcada en esta evolución de una creciente preocupación ciudadana por lo ambiental, la presente investigación se planteó como objetivo analizar la influencia del desarrollo histórico y epistemológico en los aspectos pedagógico-didácticos de la enseñanza de la toxicología en la Facultad de Química de la UdelaR, enfatizando su efecto en la formación ambiental de nuestros estudiantes. Los objetivos específicos se centran en estudiar la evolución histórica de la toxicología como disciplina y como materia de enseñanza a nivel nacional, analizar su vínculo epistemológico con la química y las ciencias ambientales, y evaluar el impacto educativo de los enfoques ambientales en los cursos de toxicología de la Facultad de Química.

La metodología se estructuró a partir de una estrategia de investigación cuali-cuantitativa mediante la técnica de triangulación, desarrollada en tres módulos: histórico-educativo, epistemológico-educativo y pedagógico-didáctico. Los dos primeros módulos se construyeron en base al análisis de documentos existentes mientras que para el módulo pedagógico-

didáctico se recopilaron y analizaron datos provenientes de programas de asignaturas, entrevistas a docentes y estudiantes, y ejercicios hechos con estudiantes entre 2015 y 2024.

Los principales resultados constatan la influencia de la evolución histórica y social de la disciplina, la que se ve reflejada en los cambios de enfoque de la formación en toxicología que reciben los estudiantes. Se reconoce en Uruguay como punto de quiebre, tanto para la investigación como para la enseñanza de esta disciplina en Facultad de Química, el impulso de un evento puntual social: la crisis del plomo en el barrio La Teja de Montevideo a partir del año 2001, descrita en esta Tesis. En esta evolución, se han ido incorporando al Área Toxicología varias asignaturas con un decidido enfoque ambiental, lo que ha tenido un impacto muy significativo tanto sobre el propio cuerpo docente en su forma de abordaje de la enseñanza como sobre el aprendizaje de los estudiantes. Se evidencia actualmente una significativa comprensión de la relevancia de la problemática ambiental a nivel estudiantil.

Esta investigación muestra que la enseñanza de la toxicología en la Facultad de Química de la UdelaR tiene raíces históricas profundas y ha evolucionado, especialmente desde mediados del siglo XX, hacia un enfoque ecosistémico y ambientalmente responsable. Se reconoce en Uruguay como punto de quiebre, tanto para la investigación como para la enseñanza de esta disciplina en Facultad de Química, el impulso de un evento puntual social: la crisis del plomo en el barrio La Teja de Montevideo a partir del año 2001, descrita en esta Tesis. En esta evolución, se han ido incorporando al Área Toxicología varias asignaturas con un decidido enfoque ambiental, lo que ha tenido un impacto muy significativo tanto sobre el propio cuerpo docente en su forma de abordaje de la enseñanza como sobre el aprendizaje de los estudiantes. Estos cambios reflejan que la formación en toxicología no puede limitarse a un enfoque meramente técnico: exige una didáctica activa y participativa, que integre de manera explícita la dimensión ética y preventiva.

De este modo, la toxicología se consolida como un campo estratégico para articular saber químico, conciencia ambiental y compromiso social, cuestionando visiones reduccionistas que contraponen “química” y “ambiente”, y promoviendo prácticas orientadas al desarrollo sostenible. Concluimos que la formación en toxicología contribuye de manera significativa a una cultura crítica y formada en el cuidado del ambiente, y que conviene profundizar esta línea, consolidando estrategias didácticas activas, fortaleciendo la perspectiva ética y

ampliando las herramientas de análisis y gestión ambiental para responder a los desafíos presentes y futuros.

Palabras clave

Toxicología, ambiente, Facultad de Química, Universidad de la República, formación ambiental.

Contributions of Toxicology to the Environmental Education of Students of the Faculty of Chemistry

María Teresa Heller Aguerre

Doctoral Program in Chemistry, Education track

Faculty of Chemistry

University of the Republic

2025

DIRECTORS: Dr. Nelly Mañay and Dr. Julia Torres

(University of the Republic)

Abstract

Toxicology is the science that studies the adverse effects of chemical substances. Since its origins in Antiquity as the science of poisons, it has evolved up to present times in several different areas, including, among others, clinical and forensic toxicology, social toxicology, and environmental toxicology.

Toxicology relates directly to chemistry and pharmacology, using their theoretical principles and analytical tools to understand and predict the interactions of the chemical compounds with the living organisms. Chemistry, preceded by the old alchemy, was established as a science in the late 18th century at the times of Lavoisier, and started to develop, in parallel with the Industrial Revolution, both at the theoretical level as well as applied science for use in a wide range of different technologies. Within this context, chemistry and toxicology evolved in conjunction with each other. As chemistry expanded its theoretical and practical field of

knowledge, toxicology established itself as an indispensable response to the adverse effects of noxious chemicals used in industry.

However, in the 20th century, with the advent of the 1950s in particular, toxicology acquired heightened relevance in response to the growing use and synthesis of an ever-larger number of chemicals in industry and daily life, as well as to the mounting evidence of the impacts of this growth on the environmental and human health. The adverse effects of these chemicals, unleashing ecological problems and conflicts, led, from the 1960s onwards, to the birth and development of the environmental sciences, which are inextricably associated with chemistry and toxicology. Consequently, toxicology expanded its focus to include the study of the adverse effects of the new chemical compounds on living organisms and the environment, thus consolidating as a key discipline for the development of environmentally sensitive science. Moreover, this focal expansion was reflected over time and to a greater or lesser extent in the training of the country's chemistry professionals. As a result, the Faculty of Chemistry of Uruguay's University of the Republic (UdelaR), in particular, engaged in a process of significant transformation of its toxicological education to gradually and increasingly integrate environmental topics and perspectives.

Within the framework of a concomitant and growing public concern for the environment, the new body of research set itself the task to examine the impact of this new historical and epistemological development on the pedagogical-didactic aspects of how toxicology is taught in the Faculty of Chemistry of UdelaR, with special emphasis on the environmental training of our students. The specific objectives focus on studying the historical evolution of toxicology as a discipline and as a teaching subject at national level, analysing its epistemological link with chemistry and environmental sciences, and assessing the educational impact of environmental approaches on the toxicology courses at the Faculty of Chemistry.

The methodology was structured following a qualitative and quantitative research strategy, applying the triangulation method for three selected modules: a historical-educational module, an epistemological-didactic module, and a pedagogical-didactic module. The two first modules were built on the basis of the analysis of the existing documents, while for the pedagogical-didactic module data were compiled and analysed from course subjects and

curricula, interviews with teaching staff and students, and exercises made with students during the period 2015 to 2024.

The main results of this research show that the teaching of toxicology at the Faculty of Chemistry of UdelaR has deep historical roots and has evolved—especially since the mid-20th century—towards an ecosystemic and environmentally responsible approach. In Uruguay, a turning point is recognized for both research and teaching in this discipline at the Faculty of Chemistry: the momentum generated by a specific social event, the lead crisis in the neighborhood of La Teja in Montevideo starting in 2001, as described in this Thesis. Within this evolution, several courses with a strong environmental focus have been incorporated into the Toxicology Area, which has had a highly significant impact both on the faculty's own pedagogical approaches and on student learning. These changes reflect that toxicology training cannot be limited to a merely technical approach: it requires an active and participatory pedagogy that explicitly integrates ethical and preventive dimensions.

In this way, toxicology is consolidated as a strategic field for articulating chemical knowledge, environmental awareness, and social commitment, challenging reductionist views that oppose “chemistry” and “environment,” and promoting practices oriented toward sustainable development. We conclude that toxicology training contributes significantly to a critical culture committed to environmental care, and that it is advisable to deepen this path by consolidating active didactic strategies, strengthening the ethical perspective, and expanding analytical and environmental management tools to respond to present and future challenges.

Key Words

Toxicology, environment, Faculty of Chemistry, University of the Republic of Uruguay, environmental education.

Índice

1. Introducción	6
1.1 Introducción general y marco teórico	6
1.2 Fundamentos y justificación de la investigación	11
2. Objetivos	13
2.1 Objetivos generales	13
2.2 Objetivos específicos	13
3. Estrategia y metodología de investigación	14
3.1 Estrategia de investigación	14
3.2 Metodología de investigación	15
3.3 Integración y articulación entre estrategia y metodología	19
3.3.1 Primer nivel de triangulación	19
3.3.2 Segundo nivel de triangulación	20
4. Resultados y análisis de los módulos de investigación	42
4.1 Módulo A: momento histórico-educativo	28
4.1.1 Inicios de la Farmacia en Uruguay: de las boticas coloniales al desarrollo de la ciencia farmacéutica	28
4.1.2 La fundación de la Universidad Mayor de la República	48
4.1.3 La fundación de la Facultad de Medicina, del Instituto de Química y del Instituto de Química Industrial	36
4.1.4 La creación de la Facultad de Química y Farmacia y la promulgación de la Ley Orgánica de 1934	46
4.1.5 La Ley Orgánica de 1958 y la autonomía universitaria	50
4.1.6 Enseñanza de la toxicología	56
4.2 Módulo B: momento epistemológico-educativo	63
4.2.1 El surgimiento de la cuestión ambiental: algunos casos que la visibilizaron	63
4.2.2 Un giro en la epistemología de la Toxicología global	71
4.2.3 La Toxicología académica en el abordaje de la crisis ambiental	75
4.2.4 La educación ambiental y el desarrollo sustentable	80
4.2.5 Algunos hitos relativos al desarrollo sostenible en Uruguay	91
4.2.5.1 Normativa legal nacional en referencia al ambiente	91
4.2.5.2 El caso de La Teja: Un evento que amplió el campo epistemológico de la	

toxicología en Uruguay	
4.2.5.3 Otros hitos de relevancia en este proceso	98
4.3 Módulo C: momento pedagógico-didáctico	122
4.3.1 Análisis de programas de Toxicología en la Facultad de Química	102
4.3.2 Entrevistas a docentes y estudiantes de Toxicología de Facultad de Química	120
4.3.3 Ejercicio planteada a los estudiantes de Toxicología Fundamental	126
5. Discusión y conclusiones	145
5.1 Un recorrido por los módulos trabajados	145
5.2 Algunas reflexiones en torno a la ciencia y la cuestión ambiental	149
5.3 El valor de la educación ambiental	155
6. Bibliografía	160
7. Apéndices	172
7.1 Cronología de la historia de la Química, la Farmacia y la Toxicología en Uruguay	172
7.2 Entrevistas realizadas a docentes y estudiantes	172
7.3 Porcentaje de coincidencia en la evaluación docente de las respuestas de los estudiantes	174
8. Anexos	175
8.1 Cumbre de Estocolmo	175
8.2 Principios de la Química verde	175

1. Introducción

1.1 Introducción general y marco teórico

El siglo XX ha visto una explosiva evolución de la industria química, que ha ido generando un número cada vez mayor de nuevos productos de aplicación a todos los niveles –industrial, tecnológico, personal–, con la finalidad de mejorar la calidad de vida, la salud y la alimentación de la población humana, aumentar los rendimientos productivos y posibilitar una vida más segura y confortable a las personas. No obstante, junto a esos beneficios, se han hecho evidentes los problemas provenientes de la producción y empleo de las nuevas sustancias, productos y procesos químicos, tanto a nivel ocupacional como ambiental. Además, en simultáneo, estos desarrollos han sido igualmente fuertes en las aplicaciones bélicas, delictivas y destructivas de toda índole.

Como señala Stanley Manahan (2007) en *Introducción a la Química Ambiental*, “por medio de su propio ingenio y las herramientas que han desarrollado durante siglos, los seres humanos han encontrado muchas maneras de explotar la Tierra y sus recursos” (p. 1). Estas innovaciones –explica el autor– han tenido como resultado la acumulación de riqueza y bienestar material para gran número de personas, aunque “la prosperidad, medida principalmente en términos de bienes materiales, ha cobrado un precio alto” (Manahan, 2007: p. 1).

Como afirman Jaime Oliveros *et al.* (2021) en su artículo *Revolución industrial y su impacto en el medio ambiente*:

“Los resultados de la revolución industrial ahora se ven cuestionados porque muchos de los avances logrados especialmente en la industrialización de las economías no se realizaron de manera sostenible y no tuvieron en cuenta los impactos medioambientales negativos y su contribución al deterioro del medio ambiente” (p. 10).

La contaminación química del aire, del agua, de los suelos, y con ello de los alimentos, se fue evidenciando desde la segunda mitad del siglo XIX, a veces en eventos a gran escala o aún catastróficos, pero también de manera más gradual y oculta, afectando la salud y el ambiente de todos los seres vivos, en su sentido más amplio.

Frente a esta realidad, la toxicología, la llamada “ciencia de los venenos”, cobró una importancia mayor que nunca, aunque, propiamente, ya traía consigo una larga historia. Sobre su origen, el Dr. Gonzalo Fernández (1976) afirma, en su *Breve Historia de la Toxicología*, que “el conocimiento de los venenos es tan antiguo como el hombre”: ya en la *Iliada* y la *Odisea*, compuestas en el siglo VIII a.C., abundan referencias al uso de venenos, empleados por personajes mitológicos como Circe o Medea con propósitos tanto bélicos como personales (p. 3). La experiencia o el uso de sustancias venenosas o tóxicas existió desde que se desarrolló la presencia humana en la tierra: en la recolección, la caza, el contacto con plantas, animales, aguas, tierras y minerales tóxicos, los seres humanos fueron primero víctimas y luego, paulatinamente, también agentes del uso de sustancias venenosas y/o tóxicas con diversas aplicaciones. Michael A. Gallo (2008) señala en *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, que los orígenes de la toxicología se remontan “a los primeros humanos, que utilizaban el veneno de los animales y los extractos de plantas para la caza, la guerra y el asesinato” (p. 3).

Además de haber cumplido un rol fundamental como herramienta clave para la supervivencia, el veneno también ha sabido ser un recurso estratégico en ámbitos políticos y militares. A lo largo de la historia, su uso ha evolucionado junto con el conocimiento humano, desde el envenenamiento de Sócrates con cicuta, en la antigua Grecia, hasta los sofisticados tóxicos empleados en la Edad Media y, especialmente, el Renacimiento, volviendo a ser, el veneno, en ciertos contextos, un instrumento de poder y amenaza (Fernández, 1976: p. 4).

Así, el uso del veneno despertó, desde sus inicios, un interés natural por su estudio, dando origen a la toxicología, ciencia abocada al estudio de los efectos de estas sustancias sobre los seres vivos. Como explican Liudmila Pérez Barly *et al.* (2014) en su artículo *Historia y origen de la Toxicología*, “etimológicamente la palabra se deriva del latín *toxicum* (veneno) y esta del griego *toxik (o)- τοξικόν* gr. 'veneno de flechas', 'veneno' + *-logí (ā) -λογία* gr. 'estudio’” (p. 500).

La toxicología se fue desarrollando paulatinamente como ciencia, en paralelo con la medicina, muy especialmente en relación con el uso de lo que se llamó “remedios” o medicamentos en la actualidad. Desde sus orígenes, esta ciencia se ha encontrado íntimamente ligada a la medicina: “Históricamente, la Toxicología ha constituido la base de la terapéutica y la

medicina experimental” (Gallo, 2008: p. 3). A su vez, la preparación y empleo de los medicamentos fue de la mano de la química, a través de la industria farmacéutica y a la par de la tecnología médica.

En el marco de esta evolución histórica, podemos identificar figuras clave que marcaron hitos fundamentales en la consolidación de la toxicología como campo científico. Concretamente, entre ellas, destacamos a Paracelso, Bernardino Ramazzini y Mateo Orfila.

En cuanto al primero, Paracelso (1493–1541), considerado el padre de la toxicología, vivió durante el Renacimiento y fue un médico-alquimista que desafió las prácticas médicas de su tiempo. Su aporte más distinguido es el principio según el cual “Sola dosis facit venenum” (“solo la dosis hace el veneno”), idea que refiere a que cualquier sustancia puede ser tóxica dependiendo de la cantidad administrada. Esta formulación marcó las bases para la comprensión moderna de la relación entre dosis y efecto tóxico.

Por su parte, Bernardino Ramazzini (1633–1714), médico italiano, es reconocido como el pionero de la medicina del trabajo y la toxicología ocupacional. Fue el primero en estudiar de forma sistemática las enfermedades profesionales, analizando la conexión entre las condiciones laborales, los oficios artesanales y el entorno en que se desarrollaban. Sus investigaciones se publicaron en su obra *De morbis artificum diatriba* (“Disertación sobre las enfermedades de los trabajadores”), en la que describió más de 50 enfermedades relacionadas con diversas profesiones, en su mayoría manuales.

Finalmente, Mateo Orfila (1787–1853), médico español radicado en Francia, dio comienzo a la toxicología moderna en sus vertientes clínica, legal y forense. Fue uno de los primeros en aplicar métodos científicos de forma rigurosa para detectar sustancias tóxicas en organismos humanos, estableciendo así los fundamentos para una toxicología basada en la evidencia. Su obra principal es el *Traité des poisons*, redactada en francés, ya que Orfila se desempeñó principalmente en Francia.

Ahora bien, si estos autores pueden considerarse fundacionales respecto de la toxicología, el devenir histórico trajo consigo nuevos desafíos que exigieron una ampliación del campo de estudio. Retomando lo anterior, la contaminación provocada por la actividad humana desde

la segunda mitad del siglo XIX no ocurrió al margen del desarrollo científico, sino más bien en estrecha conexión con él.

La Revolución Industrial, iniciada a mediados del siglo XIX, fue impulsada y sostenida por el crecimiento de la industria química, proceso que se intensificó especialmente a partir de comienzos del siglo XX. Es así como, especialmente a partir de 1950, el número de sustancias químicas empleadas y liberadas al ambiente creció notablemente. Junto al crecimiento de la industria, se puso de manifiesto el deterioro en las condiciones de vida y de trabajo de la población humana, tanto a nivel ocupacional como ambiental. En este sentido, afirma Stanley Manahan (2007) que “el mayor desafío que enfrenta la humanidad en la edad moderna es la preservación del Planeta Tierra como un lugar hospitalario para la vida humana y para todas las formas de vida” (p. 1). La degradación del ambiente ha llegado a un punto en el cual, de continuar perpetrándose, “podríamos enfrentar la desaparición masiva de especies animales y vegetales, la contaminación general del planeta y la notable disminución del mantenimiento de la vida en nuestro único mundo” (Belloso Chacín, 2009: p. 165).

En ese sentido, como explican Bello y López (2001), la toxicología tiene como preocupación primordial “resolver aquellas situaciones en las que se pone en peligro la vida de un ser vivo, como consecuencia del efecto nocivo que ha resultado de la actividad perniciosa de una estructura química determinada” (p. 271). Esta descripción deja en claro la relevancia de la consideración del medio ambiente para la toxicología.

Cabe aquí definir el concepto de contaminante, clave para abordar estas temáticas. Según Stanley Manahan (2007), se puede entender como “una sustancia presente en concentración mayor que la natural como resultado de la actividad humana, que tiene un efecto perjudicial neto en el medio ambiente o sobre algo de valor en ese ambiente” (p. 20). En este sentido, un contaminante sería un agente químico que causa alteraciones en el equilibrio de un compartimento ambiental, generando concentraciones que pueden ser dañinas para la salud de los seres humanos, así como para la vida vegetal o animal en general, interfiriendo en el uso normal de sus propiedades (Marino Damián, 2011: p. 5). Cabe aclarar que el contaminante químico puede ser una sustancia que esté naturalmente presente en el ambiente, pero en concentraciones mayores a las habituales como en el caso del HACRE o hidroarsenicismo crónico regional endémico, en que se encuentran mayores concentraciones de arsénico en

aguas naturales. Asimismo, un contaminante también puede ser consecuencia de haber sido utilizado de manera intencionada en las actividades humanas, causando efectos nocivos para la salud o el ambiente.

Debemos mencionar que, en la actualidad, “se ha incorporado al concepto de contaminantes a los agentes físicos y biológicos, un ejemplo de los primeros puede ser el ruido excesivo (contaminación sonora), la radiación, las ondas electromagnéticas; para el caso de los biológicos pueden citarse a los desechos cloacales, los virus, las bacterias” (Damián, 2011: p. 5). De esta manera, Glynn Henry y Gary W. Heinke (1999) definen a la contaminación como “un cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, el agua o el suelo que puede afectar de manera adversa la salud, la supervivencia o las actividades de los humanos o de otros organismos vivos” (p. 2). Así pues, la contaminación es resultado del uso inadecuado de los recursos en la producción de bienes y servicios y de las actividades humanas en general.

La toxicología como ciencia multidisciplinaria que estudia los efectos adversos de las sustancias químicas se vio involucrada cuando empezaron a manifestarse muchos casos relevantes de accidentes o catástrofes con intoxicaciones agudas o crónicas, originadas por los productos químicos volcados al ambiente general, con visible afectación a la salud y el bienestar de las personas y demás seres vivos.

Así pues, surgió también, como disciplina, la química ambiental, la cual Stanley Manahan (2003) define en “*Introducción a la Química ambiental*” y “*Toxicología Química y Bioquímica*” como “el estudio de las fuentes, reacciones, transporte, efectos y destinos de las especies químicas en el agua, el aire, la tierra y los seres vivos, y los efectos de las actividades humanas en ellos” (p. 61). Asimismo, ésta se enmarca en la ciencia ambiental, la cual en un sentido más amplio Manahan define como “el estudio de la tierra, el aire, el agua y los entornos vivos, así como de los efectos de la tecnología en ellos” (p. 59).

Sin embargo, para comprender mejor su finalidad y naturaleza, cabe preguntarnos, antes que nada, por aquello que la química ambiental tiene como objeto de estudio y cuidado: el ambiente. Una de las definiciones más clásicas y ampliamente aceptadas es la formulada por las Naciones Unidas en 1972, que entiende el ambiente como “el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales, que pueden causar efectos directos o indirectos, ya

sea a corto o largo plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas”. Esta definición resalta la complejidad de los elementos que conforman el entorno y deja en claro la continua dinámica de interrelación entre los diferentes niveles de la biósfera. La química ambiental, en este sentido, considera los diversos procesos que ocurren en el ambiente, sin reducirse al estudio de los contaminantes o agentes tóxicos: se orienta a comprender tanto el estado natural del entorno y los procesos de transformación que ocurren en él de manera espontánea, así como también aquellas alteraciones perjudiciales que puedan perturbar el equilibrio de los ecosistemas.

Por otro lado, la etimología del término “ambiente”, derivada, según la Real Academia Española, del latín *ambiens* (“lo que rodea o cerca”), refuerza esta visión: refiere al ambiente como aquello que circunda a los seres vivos, un espacio envolvente que define sus condiciones de existencia (Real Academia Española, 2024). Esta concepción etimológica subraya también el carácter integral del ambiente, en el que convergen múltiples dimensiones. En ese sentido, la química ambiental no solo estudia los componentes del ambiente y sus interacciones, sino que también se centra en los efectos que las actividades humanas tienen sobre este sistema complejo. Así, la comprensión del ambiente como totalidad y como aquello que nos rodea, sustenta el marco conceptual que guía el análisis y las acciones en esta rama de la ciencia.

Conviene aclarar que el término “medio ambiente” se utiliza con mayor frecuencia para referirse al ambiente “natural”, es decir, al conjunto de componentes vivos y abióticos que rodean a un organismo o a un grupo de organismos. Sin embargo, también existe un medio ambiente “construido”, que abarca todos los elementos y procesos creados por la actividad humana. En ese sentido, afirma María Novo (1995) que el concepto de medio ambiente “incluye tanto realidades naturales como otras de tipo urbano, social, cultural, etc.” (p. 126).

En un mundo industrializado y fuertemente urbanizado como el de hoy, es importante tener presente también este segundo sentido del término. Al referirse específicamente al bienestar humano, el informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (CNUMAH) destaca la relevancia de ambos tipos de entorno al afirmar: “Los dos aspectos del medio humano, el natural y el artificial, son esenciales para el bienestar del hombre y para el goce de los derechos humanos fundamentales, incluso el derecho a la vida misma” (ONU, 1973: p. 3).

Ahora bien, como hemos mencionado, la evolución de la industria química ha transformado profundamente la concepción de la relación entre el ser humano y el ambiente natural. Si bien los avances científicos y tecnológicos han permitido mejorar la calidad de vida en varios aspectos, la producción masiva de sustancias químicas ha generado desafíos ambientales y sanitarios de gran magnitud. En este contexto, la toxicología se posiciona como una disciplina clave para comprender y prevenir los riesgos derivados de la exposición a compuestos químicos y procurar la preservación del ambiente.

1.2 Fundamentos y justificación de la investigación

Dado un escenario marcado por crecientes problemáticas ambientales tanto a nivel global como nacional, se vuelve pertinente preguntarse si estos fenómenos de impacto significativo implican un cambio importante en la forma de enseñar y abordar la toxicología. En el marco de esta investigación, entendemos como relevante investigar la manera en que se ha incorporado la dimensión ambiental en la enseñanza de la toxicología, considerando específicamente el caso de la Facultad de Química de la UdelaR.

En las últimas décadas, la educación ha atravesado múltiples y profundos cambios a distintos niveles. Aspectos como los contenidos curriculares, la tipología de las asignaturas, los enfoques pedagógicos empleados y las técnicas didácticas utilizadas han experimentado transformaciones significativas. En este marco, resulta pertinente preguntarse, si se trata de respuestas puntuales y parciales frente a demandas circunstanciales, o si, en cambio, se trata de un proceso sistemático e intencionado. En este sentido, el presente trabajo de investigación se fundamenta en la necesidad de explorar cómo se ha desarrollado este proceso de integración del enfoque ambiental.

Como se ha mencionado anteriormente, la toxicología ha expandido su campo de investigación al integrar la problemática ambiental como una de sus dimensiones. En el marco de estos cambios, resulta relevante analizar el modo en que dichas transformaciones se reflejan en el ámbito educativo, puntualmente en las prácticas de enseñanza a nivel universitario. En este sentido, consideramos pertinente detenernos a evaluar si la enseñanza de la toxicología en la Facultad de Química está contribuyendo efectivamente a una formación que integra la

cuestión ambiental de manera transversal, respondiendo a las demandas sociopolíticas y educativas emergentes.

En este sentido, cabe preguntarse si la presencia de la educación ambiental en la Facultad de Química obedece a una necesidad circunstancial, o responde, por el contrario, a una verdadera transformación en lo inherente y constitutivo de la enseñanza curricular para los futuros profesionales egresados de la Facultad de Química. Si bien la Facultad de Química tiene una trayectoria ininterrumpida en el dictado de la toxicología en sus carreras de Química Farmacéutica desde 1929, es importante ahondar en estudios sistemáticos, que aporten información crítica respecto de cómo ha evolucionado esta disciplina en consonancia con las tendencias a nivel internacional y su desarrollo como ciencia integrada a las disciplinas ambientales.

El interés por estas cuestiones ha cobrado fuerza en las últimas décadas a nivel global, así como a nivel nacional, donde merece destacarse el trabajo desarrollado por diversos actores dentro de la UdelaR, especialmente en facultades como las de Medicina, Veterinaria y Química. En lo que refiere a esta última, resaltamos el trabajo de la Cátedra de Toxicología e Higiene Ambiental (CTHA), actualmente Área Toxicología, tanto en el desarrollo y perfeccionamiento de metodologías analíticas altamente especializadas –necesarias para determinar los niveles de exposición a tóxicos presentes en el ambiente– como en la promoción de estudios preliminares referidos a educación en toxicología.

A modo ilustrativo, podemos mencionar dos estudios: uno publicado en 2008 en la revista *Biological Trace Element Research*, titulado *Comparative Study of Blood Lead Levels in Uruguay 1994–2004* (Cousillas, Z.; Pereira, L.; Álvarez, C.; Heller, T.; Viapiana, P.; De Mattos, B.; Mañay, N., 2008); y otro publicado en 2009 en el Anuario Latinoamericano de Enseñanza de la Química (ALDEQ), titulado *La enseñanza de la Toxicología como aproximación al enfoque transdisciplinario: Un estudio preliminar en la Facultad de Química* (Heller, T. ; Alvarez, C.; Cousillas, Z.; Mañay, N.).

Estudios como los referidos anteriormente abarcan distintas áreas de la praxis toxicológica educativa en la Facultad de Química, y de ellos se desprenden tendencias, que hicieron surgir

la necesidad de una posterior investigación sistemática y metodológicamente validada, como se propone en este trabajo de investigación. Uno de los principales fundamentos de esta investigación radica precisamente en que no encontramos estudios específicos a nivel académico que analicen y problematicen la relación entre la enseñanza de la toxicología y su contribución a la formación ambiental.

En este contexto, consideramos necesario avanzar en una investigación que estudie y evalúe esta temática, enmarcándola concretamente en la Facultad de Química de la UdelaR. El título de este trabajo de investigación problematiza esta relación, sin presuponer que la magnitud del aporte de la enseñanza de la toxicología a la formación ambiental sea sustancial. En ese sentido, la Tesis se plantea también como desafío ahondar en la profundidad y el alcance de este aporte.

2. Objetivos

2.1 Objetivos generales

Nos pusimos como objetivo de la investigación analizar cómo el desarrollo a nivel histórico, así como epistemológico y pedagógico-didáctico de la enseñanza de la toxicología en la Facultad de Química de la UdelaR, ha ido configurando su contribución a la formación ambiental de los estudiantes.

Esto se traduce en demostrar cómo se fueron incorporando nuevos conceptos y áreas de estudio a la enseñanza de la toxicología, desde la creación de la primera carrera de formación de químicos farmacéuticos ofrecida en la Facultad de Medicina, así como evaluar los avances del enfoque químico ambiental en el dictado de las asignaturas de la disciplina toxicología y valorar el impacto de esos cambios en la educación ambiental en la Facultad de Química.

2.2 Objetivos específicos

Los objetivos generales expuestos anteriormente se despliegan en los objetivos específicos expuestos a continuación:

- A) Realizar una somera retrospectiva acerca de la toxicología a nivel global y estudiar la evolución de su enseñanza en la Facultad de Química de la Universidad de la República.
- B) Estudiar y revisar cómo la enseñanza de la toxicología se fue acompasando a las tendencias generales o globales de la evolución de su campo epistemológico en relación con la química y las cuestiones ambientales.
- C) Evaluar la naturaleza y el alcance del aporte que realiza el Área Toxicología de la Facultad a la formación ambiental de los estudiantes, especialmente en el curso de “Toxicología Fundamental”.

3. Estrategia y metodología de investigación

3.1 Estrategia de investigación

Se proponen tres módulos centrales de investigación A, B, y C, que estructuran y componen la tesis, con una metodología de estudio que integra las dimensiones cuali y cuantitativas en su análisis, con una perspectiva educacional. Cada uno de los tres objetivos específicos formulados anteriormente (ver apartado 2.2) encuentra su correlato en el correspondiente módulo (A, B y C).

En cuanto al **módulo A**, que se corresponde con el primer objetivo específico, implica analizar la evolución de la toxicología y su enseñanza en la Facultad de Química desde un ángulo **histórico-educativo** nacional en un marco global.

Aquí las preguntas de investigación que tomamos como referencia fueron las siguiente:

- ¿Cómo surgió la enseñanza de la química en Uruguay?
- ¿Cómo fue su progreso a lo largo del tiempo, hasta llegar a la actualidad?
- ¿Cómo se dio este proceso concretamente para la toxicología en la Facultad de Química (UdelaR)?

En cuanto al **módulo B**, que se relaciona con el segundo objetivo específico, adopta un enfoque **epistemológico-educativo**, que contempla a la toxicología como disciplina científica y académica que contribuye a la formación de un pensamiento sensible a la cuestión ambiental, teniendo en cuenta el caso de la Facultad de Química (UdelaR).

Las preguntas que motivaron aquí nuestra investigación son estas:

- ¿Cómo se fueron vinculando toxicología, química y ciencias ambientales?
- ¿Cómo se vio afectada la epistemología de la toxicología por la cuestión ambiental?
- ¿Cómo se reflejó este desarrollo, en términos generales, en la Facultad de Química (UdelaR)?

En cuanto al **Módulo C**, que refiere al tercer objetivo específico, se desarrolla desde una perspectiva **pedagógico-didáctica**, explorando los vínculos entre la toxicología y la educación ambiental universitaria en la Facultad de Química.

Las preguntas de investigación que orientaron aquí nuestro trabajo fueron:

- ¿Cómo son nuestros programas de toxicología en relación a lo ambiental? ¿Están presentes, y de qué manera, los enfoques ambientales, en los temas y la didáctica de los programas de las asignaturas?
- ¿Cuáles son las actitudes del equipo docente del Área Toxicología con respecto a lo ambiental y su enseñanza en el contexto de nuestras asignaturas? ¿Cuáles son los enfoques de enseñanza y evaluación aplicados y su pertinencia para lo ambiental?
- ¿Cómo responden a la problemática ambiental los estudiantes de la asignatura “Toxicología Fundamental”? ¿Qué nivel de comprensión y apropiación de la dimensión ambiental demuestran en su formación académica?

3.2 Metodología de investigación

Una vez definida la estrategia, al tratarse de una investigación enmarcada en el campo de las ciencias sociales, corresponde entonces definir si optar por una metodología cuantitativa, una cualitativa o una combinación de ambas.

Con respecto a la primera de estas metodologías, “los llamados *métodos cuantitativos* suelen denominarse así por la proliferación en el uso de la cuantificación de rasgos de los objetos o constructos para realizar análisis estadísticos, esto con el fin de responder a hipótesis de trabajo o estadísticas” (Jiménez Moreno *et al.*, 2022: p. 7). Desde esta metodología, el objeto se investiga estableciendo relaciones entre medidas y variables verificables de forma empírica. Para ello, se emplean instrumentos estructurados y sistemáticos que permitan medir de forma objetiva la realidad a través de herramientas estadísticas (Jiménez Moreno *et al.*, 2022: p. 7). Esta metodología de investigación está asociada a una epistemología positivista y empirista, que presupone el método experimental de las ciencias positivas.

Por otro lado, los métodos cualitativos serían aquellos que, por contraposición a los cuantitativos, tienen como principal interés “la descripción de los hechos observados para interpretarlos y comprenderlos en el contexto global en el que se producen, con el fin de explicar los fenómenos” (Azevedo Brasileiro, 2009: p. 169). El foco en esta metodología no está puesto en la medición de datos verificables, sino en el análisis de la naturaleza o esencia de los fenómenos estudiados. En ese sentido, explica Lars-Göran Johansson (2016) que el término “método cualitativo” hace referencia a métodos científicos dentro de las ciencias humanas y sociales “como la Hermenéutica, la Teoría Fundamentada, la Fenomenología y la Etnometodología”, que “tienen por objeto la recopilación y el análisis de datos no cuantitativos, es decir, cualitativos” (p. 181). En ese sentido, lo cualitativo haría referencia a aquello que nos permite comprender y describir a los fenómenos observados, contribuyendo a escudriñar sus rasgos esenciales. El enfoque de este tipo de metodología investigativa sería, en ese sentido, constructivista y fenomenológico.

Wilfred Carr (2002) explica de forma clara esta diferencia de perspectiva en su obra *Una teoría para la educación: Hacia una investigación educativa crítica*:

“En contraste con el naturalismo, los enfoques interpretativos de la investigación educativa insisten en que su cometido principal no consiste en construir teorías científicas que puedan probarse de forma experimental, sino en construir descripciones interpretativas que recojan la inteligibilidad y la coherencia de la acción social, revelando el significado que tiene para quien la lleva a cabo” (p. 106).

Una breve descripción de estos dos métodos de investigación deja en claro la tensión y la posible oposición que encontramos entre ellos, pero ¿son estos necesariamente dicotómicos? Tradicionalmente, los métodos cuantitativos y cualitativos se han concebido como antagónicos y excluyentes entre sí. En ese sentido, la visión dicotómica “acerca de estas dos suposiciones invariablemente conducen a la conclusión de que nunca cabe emplear conjuntamente los propios sistemas cualitativos y cuantitativos” (Azevedo Brasileiro, 2009: p. 170).

Los métodos de investigación en cuestión implican dos perspectivas significativamente diferentes. Como señala Guillermo González Rivera (2015) en *Metodología de la Investigación educativa* (coordinado por Ángel Díaz-Barriga y Ana Bertha Luna Miranda),

“para los investigadores que asumen una perspectiva cuantitativa, el investigador debe separarse de su objeto para poder generar conocimiento objetivo sobre él” (p. 34). En cambio, los investigadores que adhieren a un enfoque cualitativo, “postulan que la vida es subjetiva e intersubjetiva, y estos mismos, en tanto actores sociales intervinientes, contribuyen a producir y a reproducir el contexto de interacción que desean investigar” (p. 34). En este sentido, al menos a primera vista, parecería, en efecto, haber un fuerte contraste entre los dos métodos descritos.

Sin embargo, esta diferencia de perspectiva no implica necesariamente que haya una relación dicotómica entre estos métodos de investigación, ya que centrarse en el aspecto objetivo y medible del objeto de estudio no implica negar su aspecto subjetivo y analizable, y lo mismo viceversa. Hoy en día han tomado fuerza perspectivas que apuntan a una integración de ambos enfoques, afirmando “la imposibilidad epistémica de separar lo cuantificable de lo cualificable, ubicándolos como antagónicos irreconciliables” (Oliveros, 2004: p. 2). En esta línea, estudios como el de “Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa” de Thomas D. Cook y Charles S. Reichardt abogan por una perspectiva conciliadora entre estas metodologías:

“Tratar como incompatibles a los tipos de métodos estimula obviamente a los investigadores a emplear sólo uno u otro cuando la combinación de los dos sería más adecuada para las necesidades de la investigación. Paraliza asimismo cualquier tentativa de superar las diferencias entre las partes enfrentadas en el debate acerca de los tipos de métodos. Por estas razones la conceptualización de los tipos de métodos como antagónicos puede muy bien estar llevando por mal camino tanto el debate como la práctica metodológica actuales. En nuestra opinión constituye un error la perspectiva paradigmática que promueve esta incompatibilidad entre los tipos de métodos” (p. 30).

En definitiva, el método cuantitativo y el cualitativo no están condenados a ser excluyentes, sino que pueden enriquecer el trabajo de investigación a través de su complementariedad. En ese sentido, cabe tener en cuenta que, como afirma Johansson (2016), quienes emplean métodos cualitativos no lo hacen necesariamente negando la relevancia de investigaciones cuantitativas y por oposición a ellas, sino más bien considerando la conveniencia de analizar

el objeto de estudio en cuestión desde una perspectiva cualitativa: “Los que utilizan métodos cualitativos no suelen motivar su elección argumentando que no se pueden realizar mediciones cuantitativas. Más bien argumentan que los fenómenos concretos que se investigan, y las preguntas asociadas que uno puede plantearse, son de naturaleza cualitativa” (p. 81-82). Mientras que, desde la perspectiva cuantitativa, se busca averiguar cuánto hay de algo, desde el enfoque cualitativo se busca entender qué tipo de carácter presenta algo.

Recalamos aquí junto con Carr (2002) la importancia de la consideración de lo cualitativo en trabajos de investigación como estos, rechazando la ingenua pretensión de una investigación puramente objetiva y positivista, desligada de todo aspecto personal (p. 118). Como señala el autor, “la investigación educativa se rige en la actualidad por un estilo de pensamiento en el que se mira con sospecha y desconfianza todo compromiso con los valores educativos” (Carr, 2002: p. 118). Sin embargo –continúa más adelante el filósofo de la educación–, la investigación educativa, “aunque tenga la apariencia de una tarea desinteresada e impersonal, supone siempre un compromiso con alguna filosofía de la educación y, por tanto, con los valores educativos que ese compromiso lleva consigo de forma inevitable” (p. 118). Concretamente, el valor central que se pondrá en juego en la presente investigación es, sin duda, la importancia del cuidado del medio ambiente.

Ahora bien, para lograr un enfoque integral, que combine lo cualitativo y lo cuantitativo, se decidió emplear una técnica específica de investigación: la triangulación. Este método busca estudiar un objeto desde múltiples perspectivas, entendiendo que lo cualitativo y lo cuantitativo son enfoques complementarios. Como señala Arias Valencia (2000), “conociendo las dificultades naturales de los métodos de investigación cuantitativo y cualitativo e identificada la necesidad de una integración de las aproximaciones investigativas, se propone la estrategia de la triangulación” (p. 13).

Pero ¿en qué consiste más precisamente esta técnica? Alicia Colina Escalante (2015) la explica de la siguiente manera:

“La triangulación es una técnica de análisis de datos en donde a través de perspectivas múltiples (métodos, teorías o investigadores) se explora cómo se entrecruza la información para comprender de qué forma se llegaron a construir las mismas o diferentes perspectivas. Esta técnica permite determinar la exactitud y el

significado de las interpretaciones y, por tanto, se considera una forma de reforzar la validez de la investigación” (p. 268).

A su vez, Francisco Cisterna Cabrera (2005) define a la triangulación como “la acción de reunión y cruce dialéctico de toda la información pertinente al objeto de estudio surgida en una investigación por medio de los instrumentos correspondientes, y que en esencia constituye el corpus de resultados de la investigación” (p. 78). Por ello, se trata de una técnica que se aplica una vez recopilada la información. Cuando se ha efectuado la triangulación de la información recopilada “es posible sostener entonces que se cuenta con un corpus coherente, que refleja de modo orgánico aquello que denominamos «resultados de la investigación»” (Cisterna Cabrera, 2005: 69).

Cabe aclarar que, según explican Mayumi Okuda Benavides y Carlos Gómez-Restrepo (2005), el nombre que recibe esta técnica de investigación es metafórico y refiere a que el investigador estudiará su objeto “en la búsqueda de patrones de convergencia para poder desarrollar o corroborar una interpretación global del fenómeno humano objeto de la investigación” (118). En ese sentido, emplear esta técnica “no significa que literalmente se tengan que utilizar tres métodos, fuentes de datos, investigadores, teorías o ambientes” (Okuda Benavides y Gómez-Restrepo, 2005: p. 118).

En el caso de este trabajo de investigación, la triangulación sí se efectuó tomando tres perspectivas de estudio que comentaremos a continuación.

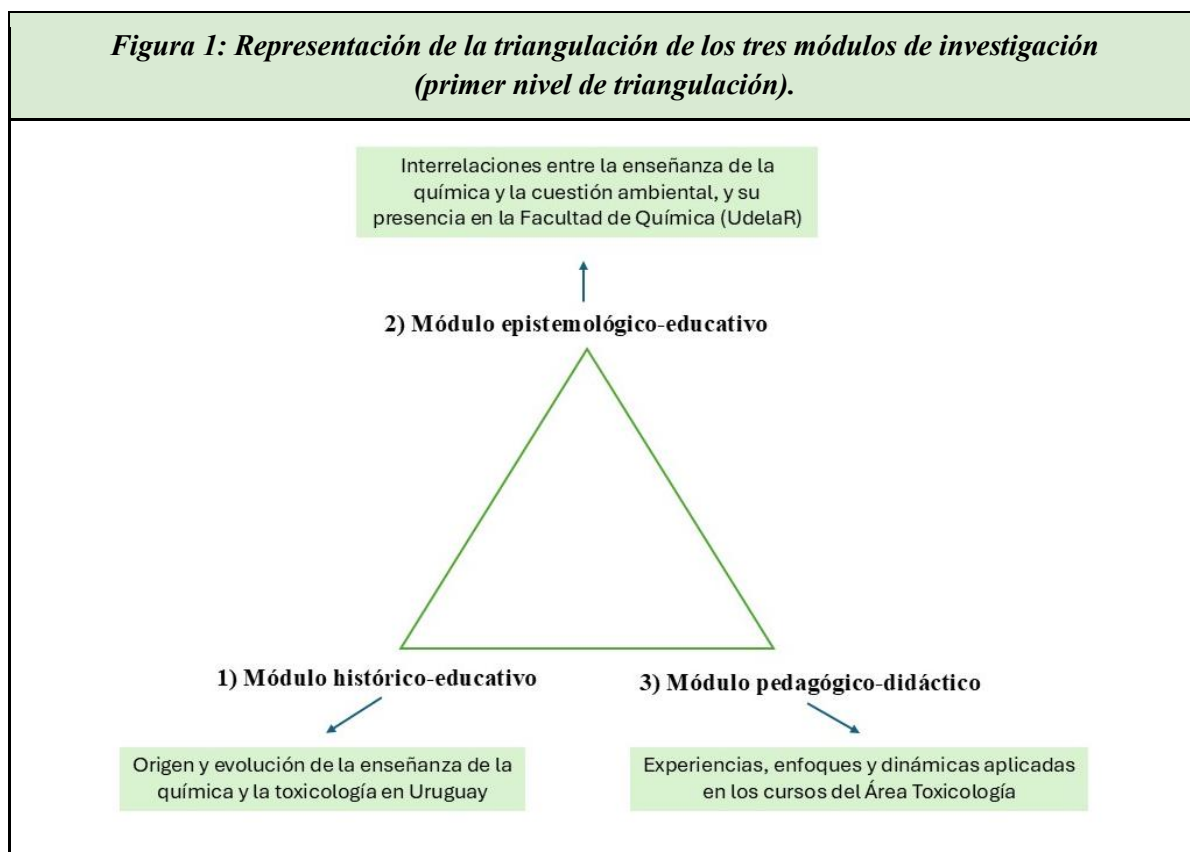
3.3 Integración y articulación entre estrategia y metodología

3.3.1 Primer nivel de triangulación

Corresponde explicar ahora de qué manera se aplicó la metodología a la estrategia de investigación de tres módulos expuesta anteriormente, mostrando cómo estas se entrecruzan e integran. Concretamente, la técnica de la triangulación empleada como metodología se aplicó doblemente a la estrategia diseñada.

Por un lado, se aplicó, en general, a los tres módulos o momentos de investigación propuestos: (A) un módulo histórico-educativo, (B) otro módulo epistemológico-educativo y (C) un tercer módulo pedagógico-didáctico. La siguiente representación visual (figura 1) puede servir para comprender esta triangulación, teniendo presentes los ejes temáticos de cada módulo de acuerdo a las preguntas de investigación planteadas anteriormente.

A su vez, la figura del triángulo, caracterizado por tres vértices que conforman una misma figura, ayuda a tener presente que estos momentos de investigación no son inconexos e independientes entre sí, sino que se orientan todos ellos a comprender y explicar el objeto de estudio, generando una complementariedad de perspectivas. Esta complementariedad favorece la continuidad en el estudio y permite aumentar la solidez y la validez de las conclusiones de investigación. Ayuda también, a comprender su complejidad, “ofrece una oportunidad para que se elabore una perspectiva más amplia en cuanto a la interpretación del fenómeno en cuestión” (Okuda Benavides y Gómez-Restrepo, 2005: p. 220).



3.3.2 Segundo nivel de triangulación

Por otro lado, la triangulación a su vez, estuvo presente específicamente dentro del último módulo mencionado, el pedagógico-didáctico específicamente localizado en Facultad de Química (UdelaR), en el cual se incorporó información de tres fuentes diferentes: (1) programas de diversas asignaturas del Área Toxicología, (2) respuestas dadas por docentes y estudiantes a un cuestionario sobre el abordaje ambiental en la enseñanza de la toxicología, y (3) respuestas de los estudiantes de “Toxicología Fundamental” a un ejercicio reflexivo sobre lo ambiental entre 2015 y 2024.

3.3.2.1 Análisis de programas

En cuanto al primer elemento de esta triangulación, las asignaturas cuyos programas se tuvieron en cuenta para el análisis fueron, principalmente, “Química Toxicológica” y “Toxicología Fundamental”, junto con otras como “Toxicología Analítica y Química Legal”, “Química Ambiental” y “Toxicología Ambiental y Geología Médica”. En este análisis se estudiaron los objetivos de cada una de estas unidades curriculares, se comentaron los puntos de los diferentes temarios, haciendo énfasis en la eventual presencia de lo ambiental en cada curso. Asimismo, se presentaron las herramientas y recursos didácticos manejados en cada caso.

3.3.2.2 Análisis de entrevistas a docentes y estudiantes

En cuanto al segundo elemento de esta triangulación, se realizaron entrevistas a docentes y estudiantes del Área Toxicología. Las entrevistas a **docentes** se orientaron a interpretar sus actitudes prácticas y perspectivas de enseñanza acerca de lo ambiental. Se tomaron personalmente a tres docentes involucrados en el Área Toxicología –y específicamente, en “Toxicología Fundamental”–. Por razones prácticas y de confidencialidad, los entrevistados serán identificados como persona A, persona B, y así sucesivamente, sin indicar sus nombres.

El cuestionario formulado se elaboró en base a tres interrogantes que presentamos a continuación (tabla 1), como referencia:

<i>Tabla 1: Preguntas planteadas a los docentes de toxicología de la Facultad de Química</i>	
Pregunta N°1	¿Por qué le parece importante el enfoque ambiental en estas asignaturas?
Pregunta N°2	¿Qué temáticas y habilidades que se enseñan en los cursos de nuestra Área considera Ud. que favorecen una perspectiva integral/ambiental en los estudiantes, específicamente en el de “Toxicología Fundamental”?
Pregunta N°3	¿Cuáles aprendizajes con esta perspectiva ambiental integrada considera que son más significativos para los estudiantes de nuestro curso de “Toxicología Fundamental”?

La primera pregunta se orienta a la justificación, en términos generales, de por qué enseñar toxicología con enfoque ambiental. La segunda pregunta apunta, más específicamente, a analizar cuáles temas y herramientas presentadas en el curso de “Toxicología Fundamental” pueden favorecer la adquisición de una sensibilización y comprensión hacia lo ambiental. En cuanto a la tercera pregunta, ésta busca enfocarse en los aportes más significativos recibidos por los estudiantes en el curso.

En cuanto a las entrevistas a **estudiantes**, estas se orientaron a recoger las reflexiones y vivencias del estudiantado, para evaluar de qué manera se hizo presente la cuestión ambiental en las asignaturas, de acuerdo a su propia experiencia. Entendemos también relevantes estos testimonios para comprender cuáles son sus expectativas, intereses y reflexiones en torno a esta temática. Las entrevistas se tomaron personalmente a tres estudiantes de la Facultad de Química que cursaron asignaturas de toxicología, en particular “Toxicología Fundamental”. Al igual que en las entrevistas docentes, por fines prácticos y de confidencialidad, se aludirá a los entrevistados como persona A, persona B, y así sucesivamente, omitiéndose la mención de sus nombres.

A continuación, presentamos las preguntas (tabla 2), como referencia para el posterior análisis de respuestas:

Tabla 2: Preguntas planteadas a estudiantes de toxicología de la Facultad de Química

Pregunta N°1	¿Qué cuestiones de los enfoques ambientales consideraría como significativos para una enseñanza en este siglo XXI ?
Pregunta N°2	¿Por qué le parecen importantes estos enfoques en la formación estudiantil y docente ?
Pregunta N°3	¿Qué aprendizajes (acorde a su experiencia) le parece que ofrecerían una mayor integración y comprensión de temáticas y/o problemas vinculados a la Ciencias Químicas ? Ofrecer algún ejemplo si lo desea.

3.3.2.3 Análisis del ejercicio estudiantil referido a un problema ambiental

En cuanto al tercer último elemento de la triangulación efectuada en el módulo C, el ejercicio reflexivo acerca de una situación referida a lo ambiental, se planteó a los estudiantes de “Toxicología Fundamental”, asignatura que es curricular obligatoria para las dos carreras mayoritarias de la Facultad: Química Farmacéutica y Bioquímica Clínica, que es tomada por estudiantes avanzados, transitando el 8° semestre, ya muchos insertos en el mundo laboral profesional, o en la docencia secundaria y aún universitaria.

El ejercicio se llevó a cabo desde 2015 hasta 2023, excluyendo de este período los años 2020 y 2021, en los que el desarrollo del curso se vio modificado por la crisis sanitaria de la pandemia por COVID19. Este último dato es de importancia, ya que comenzando en 2020, si bien no cambió en sí el contenido temático del programa de esta asignatura, sí se produjo un cambio sustancial en la forma de dictado de las clases, al adoptarse el sistema de dar las clases por modalidad de salas virtuales de Zoom. En concreto, no solo las clases teóricas sino también los parciales y exámenes fueron realizados durante 2020 y 2021 a través del aula virtual y plataformas Moodle y Zoom. En 2022, se retomaron las evaluaciones presenciales tanto de parciales como exámenes, manteniéndose las clases por la plataforma Zoom, dada la buena experiencia adquirida y por ser “Toxicología Fundamental” un curso solo teórico.

El ejercicio formó parte del parcial final obligatorio para aprovechar el insumo de todos los estudiantes que cursaron la asignatura. El número total de estudiantes a ser incluidos en este planteo de problema era el correspondiente a la globalidad de cursantes. La pregunta se formuló deliberadamente muy abierta, para que los estudiantes contestaran en forma libre.

Debemos aclarar que no se trató de una pregunta de comprensión sobre un tema ya trabajado de forma explícita en clase, sino de un ejercicio reflexivo, orientado a favorecer el pensamiento crítico y la capacidad de análisis en cuanto a cuestiones ambientales. La finalidad del ejercicio fue, en definitiva, hacer a los estudiantes aplicar sus conocimientos del curso, poniendo en práctica su capacidad para reflexionar sobre el estrecho vínculo entre la toxicología y los problemas ambientales.

La pregunta planteada fue la siguiente:

Problema formulado a los estudiantes de “Toxicología Fundamental” entre 2015 y 2023

“Explique cómo le parece que debe encararse el estudio de la posible contaminación ambiental generada por una fábrica en su entorno, por ejemplo una curtiembre. Haga todas las suposiciones que considere necesarias”.

Todas las respuestas obtenidas a través de este ejercicio fueron categorizadas e incluidas en la base de datos de esta investigación. El total de respuestas en blanco obtenidas fue de 92, lo cual significa que se leyeron y analizaron 492 respuestas. Para interpretar las respuestas estudiantiles se establecieron 5 categorías, además de la respuesta en blanco, incluida como categoría 0. A continuación, exponemos la descripción correspondiente a cada una de ellas:

Categoría 1

Este tipo de respuestas las calificamos como *insuficientes*, dada la mínima comprensión del tema que reflejan. Incluyen la consideración de una sola dimensión de análisis, como puede ser, por ejemplo, el aspecto fisicoquímico o el biológico. Ejemplo de estas respuestas más elementales son las que se enfocan únicamente en la actividad industrial de la fábrica, sin considerar el ambiente como tal, o aquellas que solamente tienen en cuenta aspectos fisicoquímicos de la naturaleza.

Esta primera categoría refleja una visión meramente “cuantitativa” o numérica acerca de una situación que involucra al ambiente. Esto, muy propio de una mentalidad forjada en lo disciplinar, tiene el valor de que busca proporcionar datos concretos, fácilmente medibles y comunicables. Ofrece datos objetivos, por ejemplo, de determinaciones analíticas, lo cual es necesario, pero no suficiente para lo que se espera actualmente, en el siglo XXI, de un abordaje ambiental.

Categoría 2

En este caso, las respuestas muestran una comprensión del tema que calificaremos como *parcial*, debido a que, a pesar de estar mejor encaminada que en el caso anterior, sigue siendo aún muy incompleta. Estas respuestas incluyen más de una dimensión en la comprensión del problema, pero centrándose en el aspecto tecnológico del proceso fabril involucrado. Dentro de esta categoría, por ejemplo, se sitúan las respuestas con un abordaje de la situación predominantemente desde la perspectiva de la toxicología ocupacional, que mira antes que nada al interior de la fábrica, midiendo niveles de los posibles tóxicos en el ambiente general y/o en los diferentes puestos de trabajo.

Esta perspectiva es, sin lugar de duda, también valiosa, pues busca informar acerca de cuáles son las sustancias químicas presentes, considerando específicamente, por un lado, su toxicidad o capacidad de producir efectos adversos, y por otro, las condiciones de riesgo en su utilización. Se incluyen además en esta categoría, factores no químicos muy relevantes, como, por ejemplo, los peligros físicos y las condiciones de trabajo. Sin embargo, sigue siendo esta una visión aún significativamente incompleta de una comprensión ambiental integral, que requiere considerar también aquello que sucede fuera de la fábrica.

Categoría 3

En este nivel de análisis de la situación planteada, encontramos una comprensión del tema que calificaremos como *satisfactoria*, ya que integra el contexto de la fábrica en su entorno socio-natural, haciendo un abordaje de la temática que podemos llamar “ecoambiental”. Este implica examinar y analizar varios factores del entorno en el que se sitúa la fábrica, tanto físicos como sociales. Entre los factores físicos se pueden incluir la ubicación geográfica –por ejemplo, en las orillas de un curso de agua, la altura sobre el nivel del mar o cerca de un cerro–

y aspectos como las condiciones del viento, que pueden influir en la dispersión de los contaminantes. Entre los factores sociales, se pueden considerar el número de la población, su nivel socioeconómico y de educación, etc.

Esta categoría implica un abordaje ambiental más profundo, ya que empieza a involucrar el entorno y a las personas que lo integran, superando una visión meramente cuantitativa restringida del problema. Sin embargo, todavía no llega a incluir una evaluación de los riesgos en el ambiente, considerando normativas y otros elementos importantes para una comprensión más sólida.

Categoría 4

En el caso de esta categoría, reflejan una comprensión de la problemática que calificaremos como **buena**, que, a diferencia de las anteriores, incluye la consideración de criterios de prevención de riesgos mediante la aplicación de normativas técnicas y legales, orientadas a la protección de la salud de la población. Dentro de esta categoría, se incluyen las respuestas que proponen evaluar la exposición de la población circundante a la fábrica a los productos químicos empleados en el proceso fabril.

Evidentemente, esta clase de respuestas implica un nivel ya avanzado en la comprensión del problema ambiental, involucrando factores clave como la protección de la salud. No obstante, no incluye aún la dimensión de gestión ambiental, necesaria para un abordaje más completo de la problemática planteada.

Categoría 5

Por último, estas respuestas logran reflejar un desempeño que calificaremos como **muy bueno**, que incluye las dimensiones propias de las categorías anteriores, e incorpora a ellas una visión de gestión político-ambiental integrada. Esta categoría constituye, para este estudio, el grado más alto de análisis, demostrando un nivel superior de comprensión del problema ambiental.

Ahora bien, posteriormente a la realización de estos ejercicios estudiantiles entre 2015 y 2023, en el año 2024, consideramos en su momento pertinente plantear nuevamente a los estudiantes un ejercicio reflexivo respecto del tema ambiental, pero modificando la propuesta. En este caso, la pregunta invitaba a los estudiantes a identificar y discutir los efectos adversos en el

entorno de una industria metalúrgica que trabajara con plomo, cromo y/o mercurio. Se consideró pertinente esta modificación con el fin de complementar los resultados obtenidos hasta el momento, y buscar asimismo cierta novedad en la evaluación del curso de “Toxicología Fundamental”, que permitiese, de todas formas, continuidad con los ejercicios anteriores.

A su vez, las categorías de evaluación cambiaron levemente, pero se pueden asimilar o equiparar a las de los años anteriores. Se empleó una escala de 0 a 4, en la que las categorías de 1 a 4 significaban una progresión a partir de la respuesta en blanco. El ejercicio, sin embargo, apuntó al mismo fin: ver el desempeño de los estudiantes al analizar una situación de posible afectación ambiental de un entorno fabril con empleo de sustancias tóxicas. La evaluación de este ejercicio fue llevada a cabo en forma independiente por otra docente del Área y la autora de esta tesis, con un alto grado de coincidencia en la calificación y categorización –concretamente de 95 %–.

Al igual que en el ejercicio anterior, todas las respuestas obtenidas fueron categorizadas e incluidas en la base de datos de esta investigación. De un total de 61 estudiantes, hubo tan solo 2 respuestas en blanco, por lo cual se leyeron e interpretaron 59 respuestas.

Nuevamente, el ejercicio formó parte del parcial final del curso de “Toxicología Fundamental” y buscó ser reflexivo y abierto, orientándose a la puesta en práctica del pensamiento crítico y la capacidad de análisis en torno al vínculo entre la toxicología y los problemas ambientales. En este caso, la alusión a la cuestión ambiental fue más indirecta, y exigía de una capacidad de comprensión atenta.

La pregunta planteada a los estudiantes de “Toxicología Fundamental” fue la siguiente:

Problema formulado a los estudiantes de “Toxicología Fundamental” en 2024

“¿Qué efectos adversos en su entorno puede tener la actividad de una industria metalúrgica que trabaje con plomo, cromo y/o mercurio?”

En cuanto a las categorías de evaluación, las exponemos a continuación, especificando el nivel de desempeño de cada una de ellas. Para asegurar la comparabilidad de los resultados con los del ejercicio de 2015-2023, se establecieron las determinadas correspondencias:

Categoría 1

Esta categoría equivaldría a la categoría 1 de los ejercicios efectuados entre 2015 y 2023, e implicaría un desempeño calificado como *insuficiente*. Al igual que en la categoría descrita anteriormente, entendemos aquí que la respuesta considera solo una dimensión del problema ambiental, en este caso, por ejemplo, la toxicidad intrínseca del plomo, el cromo o el mercurio, sin relacionarla propiamente con el ambiente o con la población expuesta. Estas son respuestas de carácter muy básico y parciales, propias de una comprensión ambiental muy elemental o incipiente.

Categoría 2

También en esta categoría no habría modificaciones significativas con respecto a la escala del periodo anterior: equivaldría a la categoría 2 del ejercicio efectuado entre 2015 y 2023, y reflejaría un nivel de comprensión considerado como *parcial* en su abordaje de la cuestión ambiental. En este caso, se integra más de una dimensión en el abordaje de la problemática ambiental, pero se consideran los efectos adversos de las sustancias centrándose principalmente en lo técnico-ocupacional: condiciones de trabajo dentro de la metalúrgica, determinación de contaminantes en aire o en los puestos de trabajo o identificación de riesgos físicos. Aunque relevante, esta perspectiva no trasciende el marco fabril y no logra un análisis integral del entorno.

Categoría 3

Esta categoría equivaldría a la categoría 3 empleada entre 2015 y 2023, y demuestra un desempeño *satisfactorio*, en contraste con el anterior. Aquí se incluyen respuestas que reconocen explícitamente los efectos en el entorno socio-natural, en este caso, vinculando las posibles emisiones de plomo, cromo y mercurio con compartimentos ambientales (agua, suelo, aire) y sociales (población vecina, condiciones de vulnerabilidad). Es un nivel de comprensión ya más amplio, pero que no llega todavía a una integración plena de otros aspectos clave como las normativas y la gestión ambiental.

Categoría 4

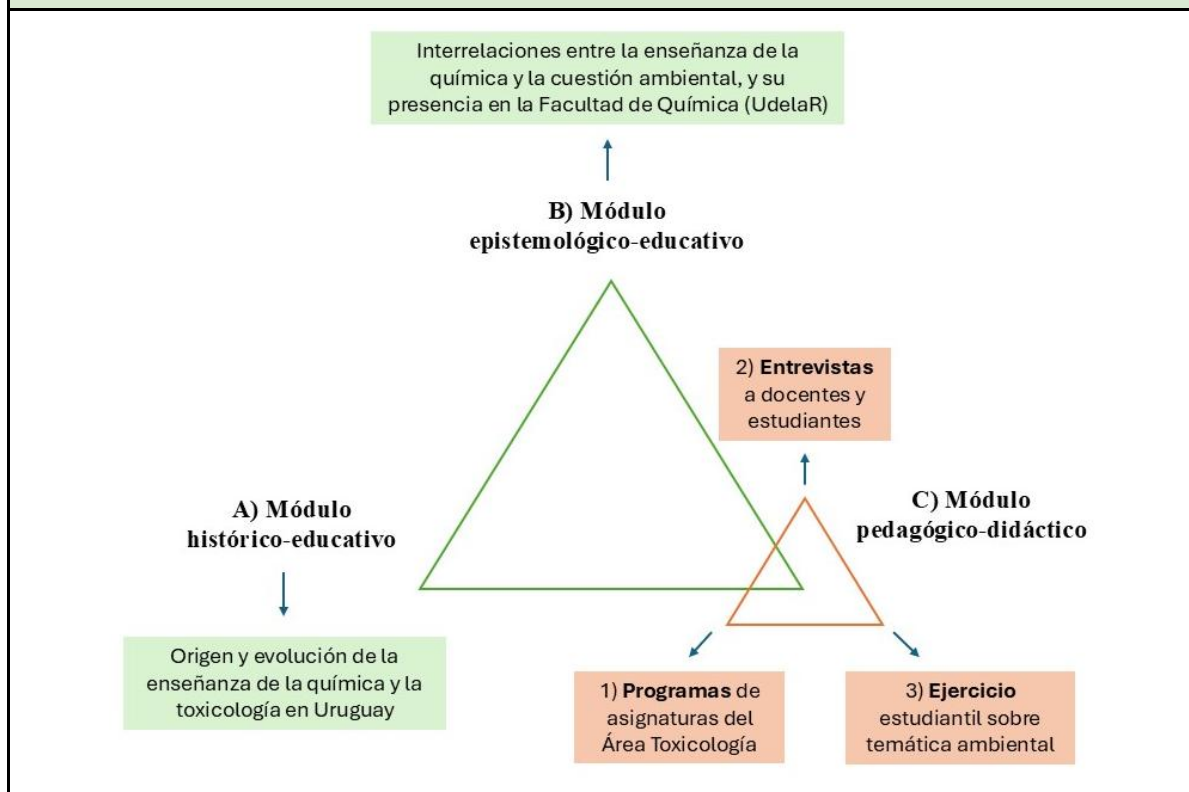
En cuanto a esta categoría, incluiría tanto a la categoría 4, de desempeño ***bueno***, así como a la categoría 5, de desempeño ***muy bueno***, correspondientes al ejercicio aplicado entre 2015 y 2023. En ese sentido, esta categoría engloba la variedad de respuestas que alcanzan un análisis avanzado e integral: incorporan los factores anteriores y los articulan con criterios de prevención y normativa ambiental, además de incluir, en general, una visión de gestión político-ambiental. Ejemplos son las propuestas de control, monitoreo o mitigación específicas para los metales pesados involucrados, así como la consideración de la participación social y de la responsabilidad empresarial. Estamos aquí ante el grado más alto de comprensión, integrando ciencia, tecnología, salud y gestión ambiental.

En síntesis, el ejercicio aplicado en 2024 buscó, al igual que en los años anteriores, evaluar la capacidad de análisis crítico y de integración de dimensiones ambientales. Se buscó preservar la continuidad del ejercicio planteado entre 2015 y 2023, al mismo tiempo que se lo complementó y enriqueció, pasando de la problemática de la contaminación generada por una curtiembre a los impactos ambientales derivados de una industria metalúrgica que trabaja con metales pesados.

3.3.2.4 Articulación entre estos tres elementos

Ahora bien, tras haber expuesto los elementos fundamentales de las tres perspectivas de triangulación aplicadas en el módulo C (referidas a los programas, las entrevistas docentes y estudiantiles, y los ejercicios de parciales), señalamos que estas se integraron para lograr un análisis sólido y completo. Al igual que en la triangulación general del trabajo de investigación, también dentro de ese proceso de triangulación estos tres elementos están vinculados de forma cohesiva y se orientan al análisis de una misma cuestión, que en definitiva refiere a evaluar la inclusión del enfoque ambiental a nivel pedagógico-didáctico en las asignatura del Área Toxicología, con especial foco en Toxicología /fundamental. A continuación, presentamos aquí una representación gráfica (figura 2) para visualizar esta triangulación:

Figura 2: Representación de la triangulación dentro del tercer módulo de investigación de tipo pedagógico-didáctico (segundo nivel de triangulación)



Como se puede observar en la figura, este segundo nivel de triangulación incorpora diversos elementos, tanto cuantitativos como cualitativos, ya que, por un lado, encontramos un análisis hermenéutico de los programas de asignaturas del Área Toxicología así como de las respuestas de las entrevistas a docentes y estudiantes, y de los ejercicios de los estudiantes –elementos de corte cualitativo–, pero también, por otro lado, un análisis cuantitativo, especialmente en el tercer ítem dentro del módulo C, en relación con la categorización de las respuestas obtenidas en el ejercicio estudiantil.

4. Resultados y análisis de los módulos de investigación

Una vez abordados los aspectos introductorios y metodológicos de esta investigación, podemos adentrarnos en el análisis de los diferentes elementos y datos recogidos en cada módulo de investigación.

4.1 Módulo A: momento histórico-educativo

Como hemos comentado anteriormente, en este módulo, nos planteamos explicar la evolución de la enseñanza de la química, y más específicamente, de la toxicología. Esto requiere que empecemos por ubicarnos en el contexto de la historia de los estudios y el ejercicio de la química y la farmacia en el país, considerando que la enseñanza de la toxicología en Uruguay debe estudiarse dentro de un proceso histórico más amplio. Sostenemos que resulta indispensable detenerse en los principales hitos de esta trayectoria, ya que constituyen el trasfondo del surgimiento de la toxicología como campo académico (se puede consultar la cronología de estos hechos en el apéndice 6.1).

4.1.1 Inicios de la Farmacia en Uruguay: de las boticas coloniales al desarrollo de la ciencia farmacéutica

“Discurrir de Química, es, en origen, discurrir de Farmacia; la historia de aquella se identifica, en parte, con la historia de ésta; los antiguos boticarios son los primeros químicos o, por lo menos, los primeros que se ocupan de Química” (Grünwaldt Ramasso, 1981, p. 23). Esta afirmación del Químico Industrial Jorge Grünwaldt Ramasso, uno de los principales historiadores de la Química en el Uruguay, nos invita a analizar el profundo vínculo histórico entre la Química y la Farmacia, dos disciplinas que, aunque hoy diferenciadas claramente, surgieron de una raíz común en las prácticas de las antiguas boticas.

La historia de la Farmacia en Uruguay no puede entenderse sin examinar sus inicios en el Montevideo colonial, en el cual la práctica médica y farmacológica del país comenzó a regularse y organizarse. Desde la fundación de la primera botica hasta la creación del Protomedicato –la institución encargada de regular y supervisar la práctica farmacológica–, y el posterior establecimiento de marcos normativos, esta trayectoria revela la evolución de una profesión que fue fundamental tanto para la atención sanitaria de la población como para el desarrollo de la química como disciplina científica (Portillo, 1995: p. 9).

Antes de la creación del Protomedicato, la farmacología en la región se encontraba en una situación de cierta precariedad y falta de regulación. Como explica Rafael Schiaffino (1937) en *Historia de la Medicina en el Uruguay*, “hasta el año 1768, la administración de medicinas a los enfermos corría por cuenta de los facultativos” (p. 250). En aquel entonces, no existían farmacias o boticas donde los pacientes pudieran adquirir medicamentos; por lo tanto, los médicos debían encargarse no solo de diagnosticar y tratar a los enfermos, sino también de proveer los remedios necesarios.

Schiaffino (1937) señala que “esa situación cesó a principios del año 1768, con la apertura de la primera botica, cuando ya Buenos Aires hacía años que tenía varias” (p. 251). Esta farmacia, establecida por Gabriel José Piedra Cueva, se convirtió en “la primera instalada en esta ciudad el 21 de marzo de 1768” (Grünwaldt Ramasso, 1966, p. 1). Tras una inspección ordenada por el Cabildo, obtuvo su aprobación, marcando el inicio de la transición hacia la farmacia moderna. En este contexto, los boticarios desempeñaron un papel fundamental al responder a las crecientes demandas sanitarias de la población. En este sentido, explica Alberto Nieto, la química en nuestro país surgió “de la mano de la profesión farmacéutica y fueron las boticas montevideanas una combinación de laboratorio de análisis, de preparación de medicamentos y de investigación” (Nieto, 2015: p. 16).

En este escenario, y ante la importancia de garantizar la calidad de los medicamentos y regular su distribución, se hizo evidente la necesidad de una institución destinada a normar y supervisar las actividades farmacológicas, consolidando un sistema sanitario más estructurado y efectivo.¹ Asimismo, debemos tener en cuenta que los constantes enfrentamientos con indígenas, portugueses, ingleses y contrabandistas incrementaron la demanda de atención médica enfocada en la protección sanitaria de las tropas, y por otro, el crecimiento de la población hizo imprescindible extender la atención médica a los civiles (Portillo, 1995: p. 8).

¹ Conviene aquí recordar aspectos relevantes del contexto histórico en cuestión. Montevideo, fundada entre 1724 y 1730 como un puesto avanzado de Buenos Aires para frenar la expansión portuguesa en la Banda Oriental, tenía entonces menos de 100 habitantes, mayoritariamente familias españolas provenientes de las Islas Canarias. En este contexto de asentamiento y construcción, en 1764 nació José Gervasio Artigas, un criollo hijo de españoles, y en las décadas siguientes se sucedieron eventos clave, como las Invasiones Inglesas de 1805 y los procesos independentistas que culminaron con la Declaración de Independencia en 1825. Finalmente, en 1830, se juró la primera Constitución uruguaya. Cabe mencionar que en todas estas instancias destacó el Presbítero Dámaso Antonio Larrañaga, quien impulsó la educación en todos los niveles.

En este contexto, “aparece entonces una nueva función del Estado dentro de la práctica médica: controlar y legitimar el ejercicio de la profesión” (Portillo, 1995: p. 8).

Es así que el 1.º de febrero de 1779 se crea el Protomedicato del Río de la Plata, y se designa por decreto del Virrey Vértiz al médico Miguel Gorman como Protomédico General Alcalde Mayor (Schiaffino, 1937: p. 328).² Una vez instalado el primer local, “el virrey inauguró el tribunal del Protomedicato el 17 de agosto de 1780 con su asistencia, la del protomédico Gorman, los demás integrantes del tribunal, los examinadores que fijaban las Leyes, y los «Cuerpos Eclesiásticos y Seculares de esta capital»” (Beltrán, 1937: p. 98-99).

Como explica Jorge Grünwaldt Ramasso (1966) en *Historia de la Química en el Uruguay (1830-1930)*, era bajo la regulación del Protomedicato de Buenos Aires que funcionaba todo lo que refería a la medicina y la farmacia en el Montevideo colonial (p. 1). En ese contexto, la toxicología todavía no encontraba un espacio académico donde desarrollarse, sino que se ponía en práctica en el marco del Protomedicato. El Protomédico General tenía amplias atribuciones: debía examinar y aprobar las actividades de las boticas, fijar sus tarifas y designar examinadores y visitadores (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 1).

Así pues, el 5 de febrero de 1779 el virrey Vértiz comunicó a España la creación del Protomedicato y la designación de Gorman como protomédico, esperando su aprobación. En su informe, expresó además que sostenía que “no era conveniente la dependencia del Protomedicato de Buenos Aires del de Castilla, debido a la distancia, que entorpecería la buena marcha de cualquier actuación” (Beltrán, 1937: p. 98). Sin embargo, la aprobación definitiva del Protomedicato se dilataría considerablemente en el tiempo. Esta demora se debió, por un lado, “a los detalles jurídicos de su organización, que debía encuadrarse en los

² El concepto de protomedicato, que proviene etimológicamente de *proto* –que significa “primero” o “principal” – (Martínez Larrarte y Reyes Pineda, 2000: p. 83), refiere al “tribunal examinador formado por los médicos del Rey [de España] que otorgaba licencia a los médicos para ejercer su profesión y oficiaba también como consejo de Consulta” (Pérez Fontana, 1967: p. 82). Estos tribunales, establecidos por los reyes en diversas ciudades, estaban formados “por uno o varios médicos denominados a su vez protomédicos suficientemente preparados y hábiles para evaluar y supervisar el ejercicio profesional de los médicos, cirujanos, boticarios y parteras; tenían jurisdicción en todos los problemas de Salubridad Pública, cuidaban de la buena preparación y despacho de los medicamentos y disponían las providencias necesarias en casos de epidemia y otras calamidades” (Martínez Larrarte y Reyes Pineda, 2000: p. 83). Creado en España en el siglo XV, el Protomedicato se expandió rápidamente hacia los territorios de los virreinos. Los primeros protomedicatos que se establecieron en el continente americano fueron los de México y Perú, y ya en el siglo XVIII, el del Río de la Plata.

términos de las leyes de Indias”, que impedían la autonomía integral que pretendía el Virrey, y, por otro, a la necesidad de aprobar el nombramiento de Gorman, quien enfrentaba varias acusaciones –entre ellas, haber mantenido correspondencia con los ingleses y carecer de destreza suficiente en su profesión– (Beltrán, 1937: pp. 117-118).

La falta de aprobación real provocaba conflictos entre el Protomedicato de Lima y el de Buenos Aires, hasta que finalmente, el 1.º de julio de 1798, “el Rey, don Carlos IV, resolvió definitivamente la creación del Protomedicato independiente de Buenos Aires con jurisdicción y autoridad en todas las provincias de este virreinato” (Beltrán, 1937: p. 132). Juan Ramón Beltrán explica en *Historia del Protomedicato de Buenos Aires* que, poco después de su aprobación, en 1800, experimentando la necesidad de una casa de estudios, esta institución impulsó la creación de una Escuela de Medicina inspirada en el plan de estudios de la Universidad de Edimburgo, aunque nuevamente encontrándose con obstáculos: “numerosas luchas de poder y prestigio entre médicos y cirujanos y entre los principales médicos, enlentecen el proceso de la formación de los primeros médicos rioplatenses” (Portillo, 1995: p. 11).

A pesar de su aprobación, el Protomedicato funcionaba sin una reglamentación orgánica, y definitivamente, no era una institución organizada (Beltrán, 1937: pp. 193). Según afirma Beltrán (1937), había sido creado de forma precaria y provisoria, y su tardía aprobación, fruto de una larga lucha de intereses, le había ocasionado desde sus comienzos un desorden institucional, que, junto con otros factores, conduciría a su disolución en 1822 (p. 192).

Sin embargo, debemos tener en cuenta que un aspecto en el que la labor del Protomedicato fue muy activa, fue el del combate contra las epidemias y enfermedades contagiosas que azotaban al Montevideo de la época, experiencias claramente relevantes para el asentamiento y posterior desarrollo de la Toxicología como disciplina científica. En estas situaciones, la institución en cuestión organizaba la movilización de los médicos necesarios, la incineración de los elementos usados por el enfermo, mejorando “la higiene y la organización de los hospitales de todo el país proveyéndolos de instrumental, camas, medicamentos y demás elementos indispensables para su eficaz desenvolvimiento” (Beltrán, 1937: pp. 205).

Ante las numerosas epidemias, en 1805, el Gobernador de Montevideo, Ruiz Huidobro, creó la Junta de Sanidad Marítima para prevenir epidemias importadas, implementando medidas como el Lazareto en la Isla de Flores (Schiaffino, 1937: p. 100). Sin embargo, la mala higiene urbana generaba epidemias locales, lo que llevó al Gobernador Bustamante y Guerra a tomar acciones sanitarias básicas. En 1803, Carlos IV organizó una expedición con la finalidad de vacunar contra la viruela, priorizando en Montevideo a los esclavos, que eran considerados grupo de riesgo. Esta atención a la salud pública progresó con los años, destacando el compromiso de Artigas, quien impulsó la vacunación en sus territorios en 1815, bajo el principio de que la salud pública era esencial para el bienestar de los ciudadanos (Portillo, 1995: p. 11).

En 1822, con la disolución del Protomedicato debido a cambios políticos, comenzó un período de anarquía en el ámbito de la salud, marcado por la proliferación de pseudomédicos y aventureros, según explica Portillo (1995: p. 11). Así, tras la Declaración de la Independencia, con la instalación del gobierno patrio, se dictaron diversos decretos orientados a regular la higiene pública, culminando el 16 de septiembre de 1830 con la creación del Consejo de Higiene Pública. Afirmo el decreto: “Queda establecido provisoriamente un Consejo especial de medicina denominado CONSEJO DE HIGIENE PÚBLICA, cuyas atribuciones serán el ejercicio de las funciones que antes desempeñaba el Protomedicato, con arreglo a las leyes y estatutos vigentes que no estén en oposición con la Constitución política de la República, y con el presente decreto” (citado en Pérez Fontana, 1967: p. 273). Al asumir las atribuciones del antiguo Protomedicato, el Consejo “revalidaba títulos y habilitaba para el ejercicio de la Medicina, Cirugía, Farmacia y Obstetricia, expidiendo títulos de Profesor en estas disciplinas” (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 2). Así, esta institución era la que formalizaba la certificación profesional y establecía un marco institucional para las prácticas sanitarias en el país así como para la docencia

Este constituiría un paso importante para la consolidación de la toxicología, ya que el regular la formación y el ejercicio de la medicina y la farmacia favorecía el desarrollo de los conocimientos sobre el efecto tanto beneficioso como adverso de las sustancias químicas en la salud humana. El surgimiento del Consejo de Higiene Pública había permitido un enfoque más sistemático en el control de medicamentos, venenos y otras sustancias de posible impacto

sanitario, aspectos que contribuían a consolidar las bases para el desarrollo de la toxicología como disciplina orientada a la protección de la salud pública.

En 1838, el Consejo de Higiene “es reorganizado como Junta de Higiene Pública y toma en sus manos los problemas médicos de la naciente República” (Rojas Beltrán, 1989: p. 15). Sus funciones quedaron definidas en el Reglamento de Policía Sanitaria, que se aprobó el 5 de junio de ese año (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 2). Este nuevo órgano estaba compuesto por cuatro profesores de medicina y cirugía nombrados por el gobierno y era responsable de examinar a quienes deseaban ejercer la medicina, la cirugía y la farmacia. Los candidatos debían presentar certificaciones válidas de estudio y práctica en boticas habilitadas, y superar dos pruebas, una teórica y otra práctica. En el examen teórico, un tribunal compuesto por un médico de la Junta y dos farmacéuticos evaluaba los conocimientos del aspirante. Si aprobaba esta etapa, el candidato debía preparar o practicar compuestos farmacéuticos en una botica y disertar sobre ellos en la prueba práctica. De superar ambas instancias, se le habilitaba como profesor de farmacia (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 3).

Ahora bien, este régimen de exámenes presentaba varias limitaciones que Grünwaldt Ramasso (1966) recalca: “dejaba evidentemente mucho que desear en cuanto a imparcialidad; por otra parte, la capacitación misma del Profesor de Farmacia era cuestionable, limitada como estaba a una práctica más o menos larga en una farmacia” (p. 3). Fueron estas deficiencias las que motivaron al joven farmacéutico francés Julio Antonio Lenoble, radicado en Montevideo desde hacía pocos años, a presentar a la Junta de Higiene una propuesta de reforma en 1842 y de creación de un Colegio de Farmacia, Química y Botánica. Este farmacéutico, que había sido habilitado como profesor de Farmacia en 1838, marcó un hito al formalizar la enseñanza de estas disciplinas, contribuyendo al avance científico y sanitario del país. Como señala Nieto (2015), su desempeño como profesional es clave para el desarrollo de la química a nivel nacional: “la docencia de la Química experimental tiene su primer antecedente en el curso de Química Aplicada a las Artes que realiza Lenoble a partir de enero de 1847. En 1848 Lenoble publica su *Cours de chimie elementaire appliquée aux arts* que es el primer libro de Química editado en el país” (p. 17).

4.1.2 La fundación de la Universidad Mayor de la República

El proceso de desarrollo de la química y la toxicología en el contexto montevideano tuvo un impulso significativo con el surgimiento de la Universidad de la República, conocida en sus inicios como “Universidad Mayor de la República” y “Universidad de Montevideo”.³ Una figura clave que impulsó su fundación fue la del presbítero Dámaso Antonio Larrañaga, quien, el 11 de junio de 1833, promovió una ley que disponía la creación de nueve cátedras, conformando la tradicional Casa de Estudios Generales (Universidad de la República, 1998: p. 8).⁴ Asimismo, en dicha ley proponía expresamente la fundación de la Universidad, la cual, según afirma el texto legal, sería “erigida por el Presidente de la República, luego que el mayor número de cátedras referidas se hallen en ejercicio” (Larrañaga en Universidad de la República, 1998: p. 8). Sin embargo, la fundación fue demorada, y solo en 1838, durante el gobierno de Manuel Oribe, se concretó oficialmente, un año tras la muerte de Larrañaga, transformando la antigua Casa de Estudios Generales ubicada en la capital en la Universidad Mayor de la República (Ardao, 1959: pp. 9-10).

Poco después de su fundación, la Universidad enfrentó épocas de gran turbulencia, especialmente con el estallido de la Guerra Grande en 1840, lo que dificultó su organización y consolidación efectiva. En el transcurso de este conflicto, el sitio de Montevideo (1843-1851) resultó en un aislamiento significativo para la ciudad, que quedó desconectada de las mercaderías regionales y ultramarinas que normalmente llegaban a su puerto. Este contexto adverso, sin embargo, estimuló el ingenio y la innovación. Según Grünwaldt Ramasso (1981), este período marcó un despertar fecundo en los estudios y aplicaciones prácticas de la Química (p. 23). Así, destaca el autor:

³ Sobre los nombres que recibe la Universidad en sus orígenes, citamos el artículo de Arturo Ardao, *Universidad Mayor, Universidad de Montevideo* (1998). Con respecto al nombre que recibe como “Universidad Mayor de la República”, señala el autor lo siguiente: “Resulta de todo lo anterior que la expresión «Universidad Mayor» referida a la Universidad de la República, no surgió por diferenciación con la efímera «Universidad Menor» que existiera a mediados de la década del 50 del pasado siglo. Su reiteración en los textos fundacionales de 1838 a 1849, con el significado de estudios superiores a los clásicos «Estudios Generales», así lo prueba”.

⁴ De Larrañaga afirma Velarde Pérez Fontana (1967): “La historia del desarrollo de la medicina en nuestro país debe recordar su nombre porque fue Larrañaga el iniciador de los estudios científicos en nuestro país” (p. 247).

“Es durante el Sitio de Montevideo (1843-1851), que se asiste a un fecundo despertar del estudio y de las aplicaciones de la Química. Aquellos farmacéuticos extranjeros, franceses, genoveses y españoles, que han abrazado la causa de los sitiados, rivalizan entre sí para hacer frente a las duras necesidades de la guerra. Aislados, *et pour cause*, de Buenos Aires, donde ahora la vida científica languidece, aquellos químicos obran por iniciativa propia, atentos a las noticias sobre nuevos productos y sus aplicaciones, que la prensa les trae de Europa” (Grünwaldt, 1981: p. 23).

Es así que se desarrollaron, por ejemplo, soluciones innovadoras para la iluminación de calles y hogares, un desafío crucial en una ciudad sitiada. En este ámbito, se destacó el trabajo de Mario Isola, graduado de profesor de Farmacia ante la Junta de Higiene Pública, tras seis años de práctica en la botica de Augusto Las Cazes. Su novedoso sistema de iluminación logró ingeniosamente “reemplazar la combustión directa de aceite o grasa animal, de incierta y fuliginosa llama, con la brillante luz producida por los gases combustibles” (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 79).⁵ El farmacéutico logró desarrollar un proceso para obtener gas de alumbrado a partir de grasa de yegua, teniendo como propósito “implantar la iluminación a gas en Montevideo usando materias primas nacionales en lugar del carbón importado” (Nieto, 2015: p. 18).

A pesar de las dificultades del sitio, en 1849, durante el conflicto, el gobierno de Joaquín Suárez decretó finalmente la inauguración formal de la universidad, que tuvo lugar el 18 de julio de 1849 en la Iglesia San Ignacio (Ardao, 1950: p. 10). Desde entonces, la Universidad comenzó un proceso de desarrollo y organización que permitió la consolidación de cátedras y facultades, pero también enfrentó obstáculos como la falta de recursos, personal calificado y conflictos políticos. Incluso después de la Guerra Grande, la joven república siguió

⁵ Sobre el trabajo de este farmacéutico de renombre señala Grünwaldt Ramasso (2000): “Los trabajos que Isola llevará a cabo en esta botica constituyen sin duda alguna, el suceso más sobresaliente en la historia de la iluminación pública y privada de Montevideo; no sólo por la aplicación que aquéllos tuvieron, sino también por lo que significaron desde el punto de vista de la investigación” (p. 76).

enfrentándose a conflictos internos de carácter cívico, político y militar, lo que impidió la estabilidad y el progreso sostenido en el tiempo.

En este contexto, tras la creación de la Universidad, Lenoble solicitó su admisión en la Casa de Estudios de la Universidad, pero fue rechazado (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 60). En estos años tomó, junto con Mario Isola, la iniciativa de promover entre sus colegas la formación de una asociación gremial, orientada a la emancipación de la profesión farmacéutica respecto de su dependencia de una corporación de profesores de medicina. Así, “el 26 de noviembre de 1852 tiene lugar la primera reunión de los farmacéuticos adherentes a tal iniciativa, quedando de hecho creada la *Sociedad Farmacéutica de Montevideo*” (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 85). Alberto Nieto (2015) explica que en estas circunstancias, “Isola eleva un proyecto de creación de una Escuela de Farmacia en 1868 que incluye, a propuesta de la Universidad, la realización del curso de Química en dicha Casa, pero el proyecto no prosperó” (p. 18).

Finalmente, habiéndose transformado en el primer Licenciado en Ciencias Naturales de la Universidad en 1853, Lenoble fue admitido como profesor en la Universidad y designado catedrático de Química en 1856 (Nieto, 2015: p. 17). Su dedicación y su esfuerzo continuo por hacer crecer la cátedra de Química, superando diversos obstáculos –como la epidemia de fiebre amarilla que azotó Montevideo en 1857– fueron fundamentales para el desarrollo de esta disciplina en el ámbito universitario. Tras su fallecimiento en 1868, González Vizcaíno asumió la cátedra, continuando con la labor iniciada por Lenoble.

Sin embargo, un par de décadas después, “por la ley de 12 de enero de 1877 sobre libertad de estudios, quedó suprimida en la Universidad el Aula de Química” (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 103). En consecuencia, los cursos de Química, así como los de Física, Zoología y Botánica, fueron trasladados a la Facultad de Medicina, la cual, aunque fundada en 1849, comenzó a operar efectivamente en 1876 (Nieto, 2015: p. 18). González Vizcaíno pasó así a ocupar la cátedra de Química médica dentro de la Facultad de Medicina.

4.1.3 La fundación de la Facultad de Medicina, del Instituto de Química y del Instituto de Química Industrial

Como hemos mencionado, en este contexto se llevó a cabo la fundación de la Facultad de Medicina, creada por decreto en 1875 y puesta en marcha en 1876. Este hecho tuvo gran relevancia, ya que hasta entonces quienes aspiraban a ser médicos debían viajar a Argentina, Europa u otros países de América para obtener su título de doctor y acceder a los avances en las ciencias de la salud. Sin embargo, a pesar de este importante avance, la tendencia de emigrar para completar la formación médica continuó hasta bien entrado el siglo XX.

Como señala Ardao (1950), con la fundación de la Facultad de Medicina “coincidió la irrupción del positivismo y el ingreso del país a la moderna cultura científico naturalista” (p. 11). Estas corrientes filosóficas influyeron profundamente en los inicios de la Universidad y, de manera particular, en la Facultad de Medicina, cuya consolidación estuvo a cargo de profesores comprometidos con el progreso científico como valor esencial. Ardao (1950) destaca que el período universitario entre 1876 y 1885, que modernizó significativamente la institución al acentuar su naturalismo positivista, se caracterizó por “el empuje de las ciencias naturales y del espíritu naturalista del positivismo (...) bajo la influencia de Darwin, que precedió a la de Spencer, en lo que jugó gran papel la creación de la Facultad de Medicina y la prédica de sus primeros profesores” (p. 59).

Cabe comentar brevemente este último aspecto para entender sus implicancias. El positivismo fue una corriente filosófica de gran influencia en la constitución de las instituciones científicas y universitarias de América Latina en el siglo XIX. Este es el

contexto en el cual nace la Universidad de la República en el Uruguay. Como explica Arturo Ardao (1978), esta corriente filosófica impregnó al modo de hacer ciencia en Latinoamérica, pero, por sobre todo, fue directamente quien la introdujo:

“Cuando las doctrinas positivistas empezaron a llegar a Latinoamérica en las primeras décadas de la segunda mitad del siglo pasado, nuestros países carecían casi absolutamente de cultura científica, en el sentido del saber experimental físico-matemático. Aquellas doctrinas, entonces, no significaron solamente, en el orden del conocimiento, la incorporación de un nuevo criterio sobre la posibilidad y el

valor de éste; significaron, sobre todo, la incorporación de un nuevo tipo de conocimiento, el propio de las ciencias naturales” (p. 5).

Esta amplia corriente de pensamiento, originada por Augusto Comte en el siglo XIX, parte de la tesis de que todo conocimiento válido debe originarse en la experiencia sensible y ser confirmable por la observación y el experimento. En ese sentido, lo “positivo”, a lo que alude el nombre de esta corriente, “refiere aquello que es dado o se evidencia a la observación; cierto, efectivo, cuya apreciación no ofrece duda o es pasible de comprobación, consecuentemente, tiene un carácter práctico o de aplicación mensurable” (Montoya Vásquez, 2019: p. 240).

Alan Francis Chalmers (1999) explica que la concepción positivista de la ciencia, en síntesis, parte de la paradigmática afirmación de que “la ciencia se deriva de los hechos” (p. 15), enunciado que presupone tres elementos:

- “(a) Los hechos se dan directamente a observadores cuidadosos y desprejuiciados por medio de los sentidos.
- (b) Los hechos son anteriores a la teoría e independientes de ella.
- (c) Los hechos constituyen un fundamento firme y confiable para el conocimiento científico” (Chalmers, 1999: p. 15-16).

Así, se considera que el sentido de una afirmación depende de su posibilidad de verificación empírica. En otras palabras, no sólo el conocimiento, sino incluso el sentido de lo que decimos depende de su conexión con la experiencia. Esto explica por qué el discurso metafísico fue rechazado por los positivistas: las afirmaciones que no pudieran ser reducidas a hechos observables eran consideradas carentes de sentido, no simplemente falsas, sino pseudoproblemas (Blasco Estellés, 1998: p. 293).

Este tipo de filosofía orientó fuertemente la práctica científica y educativa del Uruguay del siglo XIX, y se hace especialmente presente, como hemos comentado, en la fundación de la Facultad de Medicina, cuyos propulsores vieron en la ciencia la vía segura del progreso humano y social. Así lo expresó el Dr. Scoseria durante la colocación de la piedra fundamental del nuevo edificio de la Facultad:

“Hoy es la ciencia la que penetra todos los resortes del organismo social, lo estudia y lo perfecciona, señalando a la humanidad la vía segura de su mejoramiento; y el haber fijado este rol preponderante de la ciencia en la dirección de la sociedad, será, ha dicho alguien, la mejor característica del siglo XIX” (Scoseria, 1976: p. 317).

Estas afirmaciones reflejan la fe en el progreso distintiva de los positivistas, quienes desde su origen se inscribieron en la tradición ilustrada (Matthews, 2017: pp. 77). Como explica Michael Matthews, los positivistas, “creían en las posibilidades del progreso en todos los ámbitos: en la vida humana, la medicina, las instituciones sociales y los componentes de la cultura como el arte, la música y la literatura” (Matthews, 2017: pp. 77-78). Desde la perspectiva positivista, ciencia y progreso van de la mano: “el progreso trae necesariamente el desarrollo de la sociedad, y éste depende del desarrollo de la ciencia y la tecnología, y sólo ella puede traer progreso” (Gómez Pardo, 2006: p. 65).

Este espíritu transformador se ve claramente plasmado en los orígenes de la Universidad de la República, cuya consolidación institucional y académica respondió a ese impulso por modernizar el país mediante la difusión del saber científico y la formación de profesionales comprometidos con el progreso nacional. M. Blanca París de Oddone (1998) explica en *Historia de la universidad latinoamericana*, que este espíritu positivista caracterizará especialmente a la segunda etapa de consolidación de la Udelar, entre 1885 y 1907, en que la Universidad “entra en una época de madurez institucional y de reorganización” (p. 3). Como explica la historiadora uruguaya:

“Durante este periodo inicialmente orientado por Alfredo Vásquez Acevedo, se asiste a una enérgica reforma, que abarca todos los órdenes de la vida universitaria. Cambia su acento, apareciendo como una típica universidad profesionalista, preocupada por las reformas pedagógicas, la disciplina, los progresos científicos y la eficiente formación de profesionales, más allá de una propuesta de creación de nuevos conocimientos y de una posible proyección social. Es la Universidad de José Scoseria, Alfredo Navarro, Angel Maggiolo, Manuel y Ernesto Quintela, Elías Regules, que estructuran la Facultad de Medicina a imagen de la de París” (De Oddone, 1998: p. 3-4).

Ahora bien, como comentaremos más adelante, estas pretensiones positivistas, aunque claves para el primer impulso del desarrollo científico de la época y valiosas por el progreso a nivel científico al que conducen, se verán, al menos parcialmente, cuestionadas a lo largo del siglo XX, especialmente, tras experiencias críticas como las guerras mundiales y frente a nuevas problemáticas como la contaminación ambiental y el uso destructivo de la tecnología. La confianza en la ciencia como vía segura hacia el progreso será puesta bajo la lupa al constatar que el conocimiento científico, por sí solo, no garantiza un mundo mejor.

Continuando con el recorrido histórico, en lo que concierne a los estudios de Farmacia, la creación de la Facultad de Medicina no fue de menor importancia, ya que estos pasaron a estar bajo su jurisdicción:

“Estos estudios se incorporaron a la Facultad de Medicina con la sanción de la Ley de 1885. Hasta entonces los títulos de Farmacéutico los expedía la Junta de Higiene, mediante un examen teórico-práctico que los aspirantes rendían ante esa corporación. Al incorporarse estos estudios a la Facultad de Medicina, en el primer año los alumnos de Farmacia cursaban juntos con los de Medicina las asignaturas de Física, Química e Historia Natural y para el segundo y tercer año se crearon los cursos de Análisis Químico y Farmacia Química y Galénica a cargo del Profesor Atonio P. Carlosena y de Toxicología y Posología a cargo del Profesor Guglielmetti. La práctica farmacéutica se hacía durante los tres años en Farmacias particulares y se rendía examen de ella al final de la Carrera” (La Farmacia, 1981: p. 18).

Con la incorporación de Farmacia, se inició un período de consolidación en los estudios de Medicina y los de Química, claramente, muy favorecedor también para los incipientes estudios en Toxicología, como emergente materia de estudio aún no consolidada. Según Grünwaldt Ramasso (1966), comienza aquí una etapa en que la enseñanza de la Química en la Facultad se vuelve más científica: “pronto dejó de ser considerada simplemente como una auxiliar de la Medicina; le fue reconocida su autonomía y su amplio campo de acción como disciplina fundamental entre las ciencias biológicas” (pp. 110-110).

En este contexto, se crea el Instituto de Higiene Experimental, cuya fundación significó un gran progreso para la Facultad. En su memoria sobre la Facultad de Medicina, el Dr. Manuel Quintela (1915b) señala que “un nuevo y poderoso impulso de progreso recibió la Facultad, con la sanción de la ley de 21 de Enero del año 1895, que creó el Instituto de Higiene Experimental” (p. 81). El médico uruguayo sostiene que la iniciativa de esta innovación se la debemos a los doctores Juan B. Morelli y José Scoseria, aunque “especialmente á este último que, sobre la base del antiguo Laboratorio de Bacteriología, existente en la Facultad, lo proyectó sometiendo la idea á la consideración del Consejo, en su carácter de vocal del mismo” (p. 81).

Poco después de la fundación del Instituto de Higiene Experimental, en este contexto de transformación académica, asumió como decano en 1898 el Dr. José Scoseria, quien ocuparía el cargo hasta 1904. Su nombramiento como el cuarto decano de procedencia uruguaya subraya la relevancia del aporte nacional a la consolidación de la Facultad.⁶ Designado Profesor Interino de Química médica el 5 de agosto de 1884, y posteriormente, Profesor Titular el 6 de marzo de 1885, Scoseria se abocó al desarrollo de los estudios en Química Médica. Como explican los Dres. Fernando Herrera Ramos y Rubén Gorlero Bacigalupi (1988), desde sus comienzos en la docencia “se preocupó por hacer más provechosos los conocimientos impartidos; para ello cambió planes, introdujo nuevos métodos y procedimientos, para efectuar los trabajos experimentales, convirtiéndose indiscutiblemente en el Maestro de la Química Uruguaya” (p. 15).

Además de su destacada gestión académica, Scoseria fue promotor de la fundación del distinguido Instituto de Química en 1908, en cuyo decreto de creación se enfatizaba “la investigación científica en el área química como función específica” (Nieto, 2015: p. 18). Este logro marcó un hito en las ciencias químicas del país, impulsando su desarrollo como disciplina y fortaleciendo el avance científico nacional. Herrera Ramos y Gorlero Bacigalupi (1976) afirman respecto del Instituto que “todas las esperanzas de la intelectualidad oriental

⁶ Los primeros nueve decanos de la Facultad de Medicina fueron de procedencia europea: españoles, polacos, alemanes, franceses e italianos. No fue hasta 1884 que asumió por primera vez un uruguayo, el Dr. Máximo Carafi, quien desempeñó el cargo entre 1884 y 1887. A él le siguieron el Dr. Pedro Visca (1887-1888), el Dr. Elías Regules (1888-1898), y el Dr. José Scosería, quien ejerció como decano de 1898 a 1904, y por segunda vez en 1918. A partir del decanato del Dr. Máximo Carafi, todos los decanos de la Facultad de Medicina serían uruguayos, consolidando así una tradición nacional en la conducción de la institución (Samuelle, 2016: p. 2).

se orientaron hacia esta *magna obra*, símbolo del grado de adelanto y jerarquía que había sabido ganarse la Medicina Nacional y el lugar donde se forjaría la auténtica Escuela Médica Uruguay” (p. 331). La creación del Instituto fue decisiva para el desarrollo de la Toxicología, que ahora comenzaba a tener un espacio propio donde consolidarse, junto con las demás áreas de la Química.

Durante la inauguración del Instituto, el Dr. Antonio Cabral (1915), ministro de Industrias, Trabajo e Instrucción Pública, resaltó el papel crucial de Scoseria en su concreción:

“Fue en el primer Decanato del doctor Scoseria, que la idea de construir una Facultad de Medicina se dibuja con nitidez y adquiere contornos propios y ha sido después de su esfuerzo continuado, su actividad indiscutible y su empecinamiento recalcitrante, los que han logrado vencer muchos tropiezos y allanar muchos obstáculos, hasta llegar a obtener que la aspiración más elevada y más digna de su actuación pública cristalizara en el hecho tangible de un edificio monumental, que sirviera de albergue honorable y adecuado á la profícua labor de los estudiosos y á las expansiones nacientes de la ciencia nacional, que aquí, como en todas partes, marca un derrotero acercando á los espíritus hacia las fórmulas más impersonales y más expresivas del amor, de la esperanza y de la solidaridad. -A él, pertenecen, pues, una buena parte de los lauros de este triunfo” (pp. 4-5).

Según Grünwaldt Ramasso (1966), dicho Instituto, que se aprecia en la fotografía siguiente (imagen 1), constituía “verdaderamente un modelo en su género, por su diseño y por sus equipos que brindan la posibilidad de trabajar de acuerdo a las técnicas más avanzadas de la época” (p. 121). El Dr. Scoseria, como su primer director, “logró equiparlo al nivel de los laboratorios europeos de la época, copiando hasta en detalles al Instituto Químico de la Universidad de Berlín” (Nieto, 2015: pp. 18-19). Como él mismo señala en su discurso de inauguración: “Hemos tomado como modelo á imitar á los [institutos] más modernos de Alemania y hemos procurado dotarlo de todos los elementos de trabajo necesarios” (Scoseria, 1915: p. 17). Así, continúa resaltando en el discurso que en el Instituto se tratará “de hacer enseñanza verdaderamente práctica, por su valor educativo, y por lo que ella significa como

disciplina científica que estimula la producción y hace amar el estudio, por la satisfacción que produce la verdad entrevista o hecho nuevo observado” (Scoseria, 1915: p. 18).

Imagen 1: Fotografía del Instituto extraída del álbum personal de fotos del Dr. José Scoseria, donado a la Biblioteca de la Facultad de Medicina

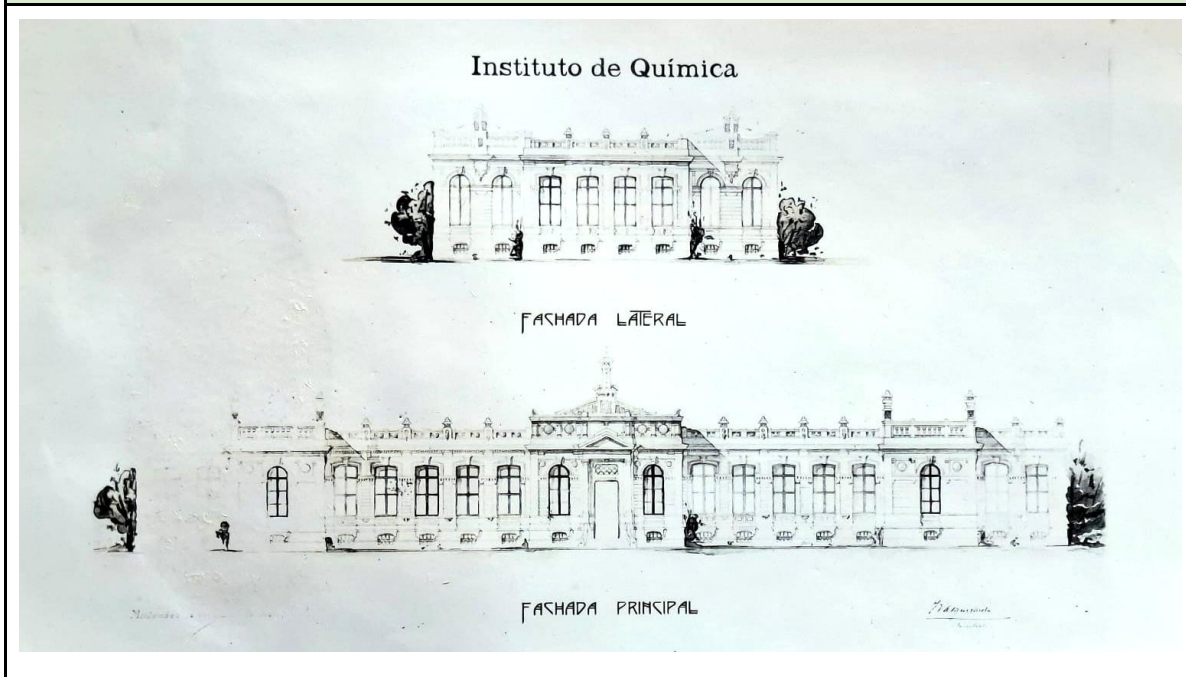


Un artículo de *La Universidad y la Facultad ayer*, publicado en la revista *La Farmacia* y actualmente archivado en el Repositorio Institucional de la Facultad de Química, subraya la excelencia en la organización y el equipamiento del Instituto, cuya fachada principal y lateral se aprecia en la postal expuesta más adelante (imagen 2). En dicho artículo se destaca la infraestructura y los recursos puestos al servicio de la docencia y la investigación científica:

“En el piso principal estaban instaladas las oficinas y Laboratorios de la Dirección, Biblioteca, Secretaría y Bedelía, Laboratorio de Química Biológica, salas de balanzas, Cámara óptica, Laboratorios de Química física y Electroquímica y en el resto del edificio y subsuelo los de Química Analítica general y aplicada, Química Mineral y Orgánica, Farmacia Galénica y todos los demás anexos a las cátedras de Farmacia. El material científico del Instituto era completo, no sólo en aparatos de demostración para

la enseñanza, sino también en instrumentos y aparatos de precisión para la investigación científica” (La Farmacia, 1981: p. 17).

Imagen 2: Postal con boceto del Instituto extraída del álbum personal de fotos del Dr. José Scoseria, donado a la Biblioteca de la Facultad de Medicina



En su informe sobre el Instituto de Química, el Dr. Manuel Quintela (1915a) explica que la ley que dio origen al Instituto le asignaba cinco cometidos principales (p. 21). En primer lugar, debía ofrecer “a los estudiantes de Medicina y de Farmacia la enseñanza de la Química en sus relaciones con aquellas ciencias” (p. 21). En segundo lugar, se establecía como propósito realizar investigaciones científicas, y con este fin, organizar conferencias y publicar trabajos especializados (p. 22). El tercer cometido era abordar cuestiones de interés público vinculadas a su ámbito de estudio y remitidas por la Universidad. Finalmente, el cuarto y quinto cometido señalaban la función de “asesorar a los Poderes públicos en las cuestiones que se relacionen con las aplicaciones de la Química” y de “informar en las cuestiones técnicas que le sean sometidas por esos mismos Poderes” (p. 22).⁷

⁷ Mencionamos aquí que también durante este período se fundaron las Facultades de Veterinaria y de Agronomía. En esta última, “bajo la dirección de Alejandro Backhaus, –contratado en Alemania por el gobierno nacional– vuelve a emprenderse el estudio científico de las riquezas del agro, a través de numerosas cátedras, entre ellas la de Química General y Agrícola” (Grünwaldt, 1981: p. 28). En este contexto, comenzaron a desarrollarse investigaciones científicas significativas bajo la dirección de Schroeder, quien lideró proyectos innovadores en

Cuatro años después de la creación del Instituto de Química, en 1912, se fundaría el Instituto de Química Industrial, cuyo cometido principal era asesorar al Ejecutivo en el uso industrial de los recursos nacionales, proponer mejoras en las industrias ya existentes, evaluar la posibilidad de establecer nuevas industrias y brindar a los empresarios toda la información y los informes necesarios para el desarrollo de sus actividades (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 143). En 1913, se nombró como su director al químico estadounidense Latham Clarke, doctorado en Harvard. Sin embargo, el Instituto enfrentó grandes dificultades dada la escasez de recursos y las dificultades para encontrar un personal capacitado, “ya que los entendidos en Química eran fundamentalmente farmacéuticos” (Nieto, 2015: p. 19). Como señala Grünwaldt Ramasso (2000), especialmente laborioso fue “el reclutamiento del personal técnico; por un lado éste escasea en el país, pues los únicos en tener práctica de Química son los Farmacéuticos, los cuales naturalmente están formados para otras disciplinas y no se sienten atraídos hacia el nuevo Instituto; por otra parte, razones de carácter presupuestal y administrativo retardan el nombramiento de algunos candidatos” (p. 144).

A su vez, el ya fundado Instituto de Química, cuya dirección había asumido Domingo Giribaldo en 1910, tras la renuncia de Scoseria –dado su nombramiento como Director de la entonces Asistencia Pública Nacional–, estaba desarrollándose y adquiriendo un nuevo impulso, específicamente en la investigación en Química-Física (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 161).⁸ Inicialmente, Giribaldo orientó sus esfuerzos hacia la electroquímica, un campo que había cultivado durante su estadía en Europa y que consideraba de gran utilidad práctica para Uruguay. Publicó sus primeros trabajos en esta área en el año 1924, aunque no logró que se incluyera como asignatura obligatoria en el plan de estudios de la carrera de Farmacia.

En 1923, Giribaldo “sostiene la necesidad de creación de una Facultad de Ciencias amplia (no sólo de Química) del tipo de la Facultad de Ciencias de París, que incluyera Ciencias

esta rama de la Química (Nieto, 2015: p. 19). Este impulso académico y científico marcó un avance en el aprovechamiento racional de los recursos naturales del país, vinculando la formación universitaria con las demandas productivas de la época.

⁸ En el ejercicio de Scosería en su nuevo rol, así como más adelante en la presidencia del Consejo Nacional de Higiene (1928-1931), no lo alejaron, sin embargo, del ambiente de la Química nacional. Como recalca Grünwaldt Ramasso (2000), “catedrático de Química Médica y Biológica, Miembro del Consejo Honorario del Instituto de Química Industrial (1918-1926), delegado al 1.er Congreso Sudamericano de Química en Buenos Aires (1924), presidente del 2º Congreso Sudamericano de Química (1930), ejercerá Scosería hasta el día de su muerte, acaecida el 8 de mayo de 1946, una poderosa influencia en favor del progreso científico del país” (p. 163).

Agronómicas” (Nieto, 2015: p. 20). Su objetivo era centralizar esfuerzos dispersos y fomentar la investigación, así como la enseñanza de las Ciencias Básicas. Sin embargo, sus esfuerzos “se estrellan contra la incompreensión de muchos de sus colegas Farmacéuticos y con la limitación de autonomía que supone la dependencia que sufre la Sección Farmacia, de la Facultad de Medicina” (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 164). Logró, no obstante, obtener en octubre de 1916 la autorización para crear una cátedra de Química-Física, siendo designado en diciembre para desempeñarla honorariamente.

4.1.4 La creación de la Facultad de Química y Farmacia y la promulgación de la Ley Orgánica de 1934

La creciente tensión entre Medicina y Farmacia se hacía cada vez más evidente. Como señala Grünwaldt Ramasso (1966), “a pesar de la previsiones optimistas a que diera lugar su creación, el Instituto de Química no parece colmar las aspiraciones de la clase farmacéutica; según ésta, la «injusta tutela» que ejerce la Medicina sobre la Farmacia debe ser eliminada” (p. 175). Al principio, este reclamo respondía más a razones morales que a necesidades concretas, pero con el tiempo, profesionales, docentes y estudiantes impulsaron la separación de la Sección Farmacia de la Facultad de Medicina (Grünwaldt Ramasso, 1966: p. 175-176).

La propia toxicología exigía también una mayor autonomía, ya que su desarrollo requería un enfoque específico que no siempre se lograba dentro del ámbito médico. Como disciplina, la toxicología no solo se vinculaba con el diagnóstico y tratamiento de intoxicaciones en pacientes y diferentes prácticas médicas, sino también con el análisis químico de sustancias, la determinación de toxicidad, el establecimiento de normas de seguridad en el empleo de compuestos químicos, y otros aspectos que la acercaban más a la química como ciencia. Como se afirma en el artículo de *La Universidad y la Facultad ayer* mencionado anteriormente, respecto del Instituto de Química:

“En este año [1922] se expidieron sesenta y seis informes técnicos asesorando a los Poderes Públicos sobre diversas cuestiones de Química Toxicológica, Química Legal y Química Cromatológica. Para expedir estos informes se han debido llevar a cabo cuarenta y siete investigaciones sistemáticas completas de venenos. Han exigido

también estudios e investigaciones especiales doce informes sobre cuestiones de higiene, pedidos por los Consejo Nacional de Administración y de Higiene” (La Farmacia, 1981: pp. 17-18).

De acuerdo a la cita anterior, se evidencia el grado de especialización a nivel técnico y científico que iba adquiriendo la toxicología a principios del siglo XX. Los numerosos informes que elaboraba el Instituto de Química en temas referidos a química toxicológica, legal y cromatológica reflejan el creciente desarrollo de sus investigaciones y aplicaciones analíticas, así como su reconocimiento a nivel institucional. De alguna manera, estos hechos parecen mostrar el compromiso de la toxicología con las problemáticas sociales del momento referidas a la salud, reflejadas en las numerosas solicitudes de asesoramiento toxicológico.

En este sentido, por un lado, estos elementos revelan que la toxicología se encontraba al servicio de la medicina, ofreciendo herramientas técnicas para abordar problemas referidos a la salud. Sin embargo, por otro lado, esta casi total dependencia de las necesidades de los médicos le dificultaba llevar a cabo sus propios desarrollos científicos. A su vez, indirectamente, su objeto de estudio, referido a las propiedades químicas de los compuestos tóxicos en el organismo, la vinculaba cada vez más fuertemente con la química como ciencia.

En definitiva, el Instituto de Química, en su impulso a la investigación, comenzaba a experimentar una creciente necesidad de autonomía institucional. Como lo señala Grünwaldt Ramasso (1966), el entonces director del Instituto, Domingo Giribaldo –destacado químico que había estudiado con Marie Curie– se veía frustrado en sus intentos de transformar los estudios de Farmacia, con el fin de incorporar en ellos contenidos propios de la química moderna y crear el doctorado en Ciencias Químicas y Farmacéuticas, iniciativas que buscaban constituirse en “eficiente factor de aliento para la investigación científica” (p. 164).

Según explica Grünwaldt Ramasso (1966), los primeros esfuerzos de Giribaldo:

“se estrellan contra la incomprensión de muchos de sus colegas Farmacéuticos y con la limitación de autonomía que supone la dependencia que sufre la Sección Farmacia, de la Facultad de Medicina. Por otra parte, el número de los análisis químico-legales que debe efectuar el Instituto ha ido aumentando al punto de ocupar casi exclusivamente a su personal; en este hecho radica la causa principal por la cual la actividad del Instituto

se polarizará, hacia el análisis químico en general el cual abarcará numerosos temas de índole práctica requeridos por la docencia y el medio ambiente” (p. 164).

Así es como, tras numerosas gestiones, tentativas y proyectos, el esfuerzo de diversos profesionales, docentes y estudiantes culminó finalmente, el 21 de enero de 1929, con la creación de la Facultad de Química y Farmacia. La ley 8.394, promulgada por el Consejo Nacional de Administración, estableció la creación de la nueva Facultad, integrando la sección docente del Instituto de Química Industrial y el Instituto de Química antes perteneciente a la Facultad de Medicina. Asimismo, instituyó “para ser otorgados por la nueva Facultad, los títulos profesionales de «Químico Farmacéutico» y de «Químico Industrial» y el título científico de «Doctor en Química»” (La Farmacia, 1981: p.4). Su primer Decano fue el farmacéutico Víctor Copetti, quien durante los primeros años promovió becas de estudio en el extranjero y contrató a destacados profesores internacionales. Poco después, en 1931, se publicaron por primera vez los *Anales de la Facultad de Química y Farmacia* (Nieto, 2015: p. 20).

En su discurso en conmemoración de los 25 años de la fundación de la Facultad de Química y Farmacia, el Dr. Juan A. Capra, decano de la mencionada Facultad por dos períodos sucesivos (desde el 1948 al 1956), destaca este momento como decisivo, al ser aquel en que la química tomaría su propia trayectoria científica:

“Si bien la química farmacéutica se enseñaba en la Facultad de Medicina casi desde la fundación de la Universidad y la química industrial desde muchos años atrás, hace solamente 25 años que ambas profesiones entraron a regirse por sus propias fuerzas y sus elementos personales, con el nombre de Facultad de Química y Farmacia” (Capra en Órgano Oficial de la Asociación de Estudiante de Química, 1954: p. 1).

Ahora bien, poco después de su fundación, la Facultad se enfrentó a los obstáculos impuestos por la dictadura terrista (1933-1942). El golpe de estado del 31 de marzo de 1933 encontró a los universitarios más politizados atentos a los avances del fascismo y sus manifestaciones cercanas en los países vecinos. Como explica la *Breve Historia de la Universidad de la República* (1998), con la ruptura del orden constitucional, la Universidad asumió un rol destacado como núcleo de resistencia activa frente al nuevo régimen: “Las manifestaciones

de esa actitud pasarían por una primera etapa de espontánea resistencia, para concentrarse luego con más énfasis en el rechazo de la Ley Orgánica de 1934, que vulneró una vez más la autonomía universitaria” (p. 23).

Conocida como la Ley 9.292, esta nueva normativa reorganizaba la estructura de gobierno de la Universidad de la República y establecía mecanismos de control y supervisión por parte del Consejo Central Universitario. Este consejo del gobierno ejercía una autoridad directiva, correccional, consultiva y económica sobre todas las unidades universitarias –ya fueran facultades, escuelas, institutos o secciones–, teniendo el poder de dictar ordenanzas, corregir omisiones o irregularidades administrativas y aplicar sanciones o iniciar sumarios cuando lo entendiese necesario (Ministerio de Instrucción Pública, 1934: p. 5-6). Como afirma el primer artículo de la ley:

“Corresponde al Consejo Central Universitario ejercer la superintendencia directiva, correccional, consultiva y económica, sobre los Consejos Directivos de todas las Facultades, Escuelas, Institutos Científicos y Secciones integrantes de la Universidad de la República, pudiendo dictar para el efecto, las ordenanzas necesarias (...) [El Consejo Central Universitario] puede asimismo prevenir, amonestar o censurar la conducta de las personas o corporaciones aludidas, cuando ejercieran de un modo abusivo las facultades discrecionales que la ley les confiera o cuando faltaren a sus deberes, sin perjuicio de formar el correspondiente sumario administrativo si a su juicio procediera” (Ministerio de Instrucción Pública, 1934: p. 5).

De esta manera, se explica en la *Breve Historia de la Universidad de la República* (1998) que la Ley Orgánica de 1934 “desconoció de un solo golpe todas las ideas renovadoras que circulaban en el ambiente universitario. Sancionó, en cambio, una total sujeción administrativa de sus autoridades al gobierno nacional” (Universidad de la República, 1998: p. 24).

En respuesta, se desencadenaron huelgas estudiantiles y protestas callejeras. Entre 1934 y 1935, la Asamblea del Claustro redactó el Estatuto de 1935, considerado uno de los documentos más relevantes del reformismo latinoamericano. En este texto se propuso una

reestructuración integral de la Universidad, tanto en su organización interna como en sus objetivos, poniendo énfasis en abordar los problemas de interés colectivo por encima del incremento del conocimiento individual o la formación profesional de unos pocos (Universidad de la República, 1998: p. 24).

4.1.5 La Ley Orgánica de 1958 y la autonomía universitaria

Una vez superado el período dictatorial de Terra, se discutieron nuevos proyectos de Estatutos a lo largo de la década del 40, momento en que a su vez se fundó la Facultad de Humanidades y Ciencias. En este contexto, cobró mayor relevancia el principio de autonomía universitaria, arraigado en la tradición académica. Aunque históricamente había sido reivindicado frente a la intervención del poder político, y se había incorporado en la legislación con la Constitución de 1917, en 1951, la Constitución colegialista amplió significativamente esta autonomía, abarcando los ámbitos técnico, docente, administrativo y financiero.

A partir de ello, se inició el proceso de redacción de una nueva ley orgánica, liderado por el Claustro universitario. Luego de intensos debates y resistencias políticas, el 15 de octubre de 1958 se aprobó, gracias a la participación activa de estudiantes y autoridades, la ley 12.549, que consolidó la Universidad como un ente autónomo, garantizando su independencia en todos los aspectos de su actividad (Universidad de la República, 1998: p. 34).

En el marco de este proceso de autonomización y consolidación de la Universidad, la Facultad de Química “vuelve a impulsar la política de becas al exterior y envía a varios químicos a formarse como investigadores en importantes laboratorios de investigación. (...) Estos becarios al volver dan, en la década del 60, un importante impulso a la investigación en Facultad” (Nieto, 2015: p. 21).

A partir de 1959 la institución pasa a denominarse Facultad de Química, para destacar su calidad de institución de educación universitaria en química, que forma no solo a quienes cursan Química Farmacéutica, sino también a quienes cursan los primeros años de la entonces llamada Química Industrial, actualmente Ingeniería Química.

Sin embargo, esto cambiará drásticamente iniciada la dictadura de 1973, con la que viene “la intervención de la Universidad y con ella la decadencia científica en el área Química aumentada por la característica mayoritariamente universitaria de la misma” (Nieto, 2015: p. 22). La docencia y la investigación se vieron fuertemente afectadas frente a un sistema que desestimulaba las actividades académicas y la generación de conocimientos (Universidad de la República, 1998: p. 33). Muchos profesores e investigadores abandonaron el país en busca de retomar las labores que habían sido interrumpidas en Uruguay, mientras que otros optaron por quedarse, siendo encarcelados debido a sus convicciones políticas. Nieto (2015) explica que para la Facultad de Química esto implicó que, para 1984, el personal con dedicación completa se redujese a una décima parte en los anteriores 15 años, y que la dedicación de los ayudantes de investigación también disminuyese significativamente. De todas formas, el curso de Toxicología siguió dictándose en la Facultad de Química durante este período (entre los años 1974 a 1984) en cuarto año, con módulos de teórico y práctico de laboratorio.

En cuanto a la actividad científica que procuraba sacar adelante la novel Facultad de Química y Farmacia en la década de 1930, hemos encontrado indicios en forma indirecta, por algunos registros de compras para la Cátedra de Toxicología, que se conservan en la sala histórica de nuestra actual Biblioteca.

Es muy ilustrativo revisar algunas escolaridades y certificados de egreso a lo largo del tiempo, a través de un registro fotográfico anonimizado –se ocultaron los nombres de los estudiantes por parte del personal de bedelía– de la documentación que se encuentra en archivos de la Bedelía.

A continuación, exponemos algunos de estos registros fotográficos, correspondientes a escolaridades de estudiantes de los diferentes planes de estudio (imágenes 3, 4, 5 y 6).

Imagen 3: Registro fotográfico de escolaridad de estudiante que ingresó en 1918 a la carrera de Farmacia de la Facultad de Medicina (plan de estudios de 1902)

FACULTAD DE MEDICINA
MONTEVIDEO

PLAN DE ESTUDIOS DE 1902
FARMACIA

comenzó en 1918

CURSOS ANUALES	Se matriculó	Ganó el curso	ORDEN DE LOS EXÁMENES	FOLIO DEL LIBRO DE ACTAS	FECHA DE EXÁMENES	Clasificaciones
	EN:	EN:				
1.º año			1.º grupo			
Química Ampliada			Química Ampliada		3 Dic 18	A.A.A.
Física Farmacéutica			Física Farmacéutica	13/2	14 Jun 19	R.R.R.
Historia Natural			Historia Natural		26 Dic 18	R.R.R.
Práctica Farmacéutica			2.º grupo			
2.º año			Farmacia Química	37/2	3 Dic 19	B.A.A.
Farmacia Química			Análisis Químico general	64/2	16 Jun 20	M.A.A.B.
Análisis Químico general			Materia Farmacéutica	53/2	20 Dic 19	A.A.A.
Materia Farmacéutica			3.º grupo			
Práctica Farmacéutica			Farmacia Galénica	Dir 28	1920	R.R.R.
3.º año			Análisis Químico aplicado	Dir 29	1920	B.B.B.
Farmacia Galénica			Toxicología y Legislación Farmacéutica	Dir 6	1920	B.B.B.
Análisis Químico aplicado			Práctica Farmacéutica	Dir 30	1920	D.D.R.
Toxicología				Dir 31	1921	D.D.R.
Legislación sobre Farmacia				Dir 31	1921	R.R.R.
Práctica Farmacéutica						

1920 } 1920

Imagen 4: Registro fotográfico de escolaridad de un estudiante que ingresó en 1939 a la carrera de Químico Farmacéutico de la Facultad de Química y Farmacia (plan de estudios de 1930)

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
MONTEVIDEO

PLAN DE ESTUDIOS DE 1930
SECCIÓN QUÍMICO FARMACÉUTICO

Don _____ comenzó en 1939

CURSOS ANUALES	Se matriculó en	Ganó el curso en	EXAMENES	Folio	Fecha	Clasificaciones
PRIMER AÑO			PRIMER AÑO			
Química Inorgánica. Primer curso	1939	1939	Química Inorgánica. Primer curso	29/10/39	5 MAY 1943	Aprobado
Química Orgánica. Primer curso	1939	1939	Química Orgánica. Primer curso	1/12/39	24 SEPT 1943	B.B.B.
Física Farmacéutica	1939	1939	Física Farmacéutica	1/12/39	24 SEPT 1943	B.B.B.
Historia Natural Farmacéutica	1939	1939	Historia Natural Farmacéutica	27/9/40	8/1/51	MB-MB-MB
Análisis Químico general	1939	1939	Análisis Químico general	27/9/40	15/1/51	APROBADO
Micrografía general 1.º semestre	1939	1939				
SEGUNDO AÑO			SEGUNDO AÑO			
Química Inorgánica	1940	1940	Química Inorgánica	30/2/40	23/12/53	Aprobado
Química Orgánica	1940	1940	Química Orgánica	1/12/39	1 JUN 1943	Aprobado
Análisis Químico general	1940	1940	Análisis Químico general	24/1/40	31 JUN 1952	Aprobado
Bacteriología e Higiene	1940	1940	Bacteriología e Higiene	3/1/50	3/1/59	MB-MB-MB
Práctica Farmacéutica	1940	1940	Práctica Farmacéutica	1/12/39	1/1/50	B.B.B.
Física Farmacéutica	1940	1940	Física Farmacéutica	1/12/39	1/1/50	Aprobado
TERCER AÑO			TERCER AÑO			
Análisis Químico aplicado	1942	1941	Análisis Químico aplicado	30/1/40	30/12/51	Aprobado
Farmacia Química	1942	1941	Farmacia Química	30/1/40	10 AGO '56	B.B.B.
Materia Farmacéutica	1942	1941	Materia Farmacéutica	30/1/40	4 MAR '57	B.B.B.
Química Física	1942	1941	Química Física	30/1/40	3.6.61	APROBADO
Práctica Farmacéutica	1941	1941	Práctica Farmacéutica	1/12/39	1/1/50	APROBADO
CUARTO AÑO			CUARTO AÑO			
Farmacia Galénica	1943	1943	Farmacia Galénica	40/2/59	5.11.63	MB-MB-MB (9) le
Bromotología y Análisis Biológico	1943	1943	Bromotología y Análisis Biológico	30/1/40	18 DIC '57	B.B.B.
Legislación y Deontología	1943	1943	Legislación y Deontología	30/1/40	16 DIC '62	B.B.B.
Toxicología	1943	1943	Toxicología	30/1/40	5.1.64	MB-MB-MB
Práctica Farmacéutica	1942	1942	Práctica Farmacéutica	30/1/40	5.1.64	MB-MB-MB
Micrografía aplicada	1943	1943	Micrografía aplicada	30/1/40	28/1/955	B.B.B.
			Análisis Químico	33/1/55	8/1/1/55	Aprobado

REPROBACIONES

1/10/40 - 25/1/41 - Análisis Q. General 1.º

20/1/41 - 25/1/41 - Análisis Q. General 1.º

15/1/41 - 1/1/41 - Quím. Orgánica 2.º

PLAN DE ESTUDIOS DE 1930						
SECCIÓN QUÍMICO FARMACÉUTICO						
Don		comenzó en 1949.				
CURSOS ANUALES	Se matriculó en	Genó el curso en	EXAMENES	Folio	Fecha	Clasificaciones
Primer Año			Primer Año			
Química Inorgánica. Primer curso	1949	1949	Química Inorgánica. Primer curso	24/11	27/11/49	B-B-MB
Química Orgánica. Primer curso	1949	1949	Química Orgánica. Primer curso	25/12	3 MAR 1950	APROBADO
Física Farmacéutica (Parte B)	1949	1949	Física Farmacéutica (Parte B)	20/12	30/12/49	B-B-MB
Historia Natural Farmacéutica	1949	1949	Historia Natural Farmacéutica	24/12	DIC 1949	MB-MB-MB
Análisis Químico general	1949	1949	Análisis Químico general	25/16	MAY 1950	B-B-B-
Micrografía general 1.º semestre	1949	1949				
Segundo Año			Segundo Año			
Química Inorgánica	1950	1950	Química Inorgánica	26/1/49	27 DIC 1950	Aprobado
Química Orgánica	1950	1950	Química Orgánica	26/12	11 DIC 1950	Aprobado
Análisis Químico general	1950	1950	Análisis Químico general	27/12	12 JUN 1951	Aprobado
Bacteriología e Higiene	1950	1950	Bacteriología e Higiene	28/12	28/1/50	B-B-B-
Práctica Farmacéutica	1950	1950	Práctica Farmacéutica	28/12	30/1/50	B-B-B-
Física Farmacéutica (Parte A)	1950	1950	Física Farmacéutica (Parte A)	30/12	30/1/50	B-B-B-
Tercer Año			Tercer Año			
Análisis Químico aplicado	1951	1951	Análisis Químico aplicado	29/12	19/1/51	Aprobado
Farmacología Química	1951	1951	Farmacología Química	29/12	26 DIC 1951	MB-MB-B-
Materia Farmacéutica	1951	1951	Materia Farmacéutica	29/12	2/1/52	MB-MB-B-
Química Física	1951	1951	Química Física	29/12	25/1/52	Aprobado
Práctica Farmacéutica	1951	1951	Práctica Farmacéutica	29/12	14/1/51	B-B-B-
Cuarto Año			Cuarto Año			
Farmacología Galénica	1952	1952	Farmacología Galénica	29/12	15/1/52	MB-MB-MB
Bromatología y Análisis Biológico	1952	1952	Bromatología y Análisis Biológico	29/12	30/1/52	MB-MB-S-
Legislación y Deontología	1952	1952	Legislación y Deontología	29/12	30/1/52	MB-MB-B-
Toxicología	1952	1952	Toxicología	29/12	30/1/52	B-B-B-
Práctica Farmacéutica	1952	1952	Práctica Farmacéutica	29/12	30/1/52	B-B-B-
Micrografía aplicada	1952	1952	Micrografía aplicada	29/12	30/1/52	MB-MB-MB-

REPROBACIONES

✓ 24/1/49. 11 Nov 49. Análisis cualitativo (Reich.)

✓ 24/1/49. 17 NOV 1951. Física Farmacéutica (Reich.)

✓ 24/1/49. 25/1/52. Física Farm. A. (Reichagusto)

✓ 29/1/50. 23/1/52. Aplicando (Reichagusto)

✓ Controlado

✓ Local

Imagen 6: Registro fotográfico de escolaridad de estudiante que ingresó en 1981 a la carrera de Químico Farmacéutico de la Facultad de Química (plan de estudios de 1980)

FACULTAD DE QUIMICA 100252 EXPEDIENTE No. 3255

Marcos

Domicilio [Redacted]

Año de ingreso 83/

Fecha de egreso N.T.: 23.5.85

Ficha de [Redacted] No. [Redacted] (Firma Funcionario)

Promedio [Redacted]

NUCLEO TECNICO DE QUIMICA FARMACEUTICA PLAN DE ESTUDIOS 1980

C U R S O S						ASIGNATURAS	EXAMENES APROBADOS				
Matric.	Matric.	Matric.	Matric.	Matric.	Genenc.		Fecha	Calificación	Acta	Control	
						SEXTO SEMESTRE					
1981					1981	Biología 389	sin llamar				
						SEPTIMO SEMESTRE					
1981	curso y examen					1981	Botánica 481	revalidado D1. 17.3.83			
1983					1983	Farmacognosia 482	26.8.83	RRR(03)	48/22	~	
1983					1983	Bioquímica 483	21.2.84	BBR(05)	48/98	~	
1983					1983	Anat. y Fisiología 484	29.6.83	RRB(04)	Exon D1		
						OCTAVO SEMESTRE					
1983					1983	Microbiología 485	23.4.84	BBMB(07)	48/129	~	
1983					1983	Q. Farmacéutica 486	20.12.84	RRB(04)	48/247	(L.S.)	
1983					1983	Inmunología 487	20.8.84	RRR(03)	48/187	D1	
1983					1983	Adm. de Empresas 488	21.11.83	RRB(04)	48/42	~	
						NOVENO SEMESTRE					
1984					1984	Farmacotecnia I 581	19.3.85	BBMB(07)	48/277	(L.S.)	
1984					1984	Tecnología I 582	21.3.85	RRR(03)	48/252	(L.S.)	
1984					1984	Q. A. de Medicam. 583	7.8.84	BBB(06)	Exon	~	
1984					1984	Bromatología I 584	21.9.84	BBB(08)	48/211	~	
1984					1984	Farmacodinamia I 585	re Farmacodinamia II				
						DECIMO SEMESTRE					
1984					1984	An. Clínicos 586	18.4.85	RRB(04)	48/309	(L.S.)	
1984					1984	Farmacotecnia II 587	23.5.85	BBB(07)	48/321	(L.S.)	
1984					1984	Farmacodinamia II 588	4.3.85	RRR(03)	48/284	~	
1984					1984	Q. Toxicológica 589	5.2.85	BBR(05)	48/260	~	
1984					1984	Legis. Farmac. 590	5.12.84	BBB(06)	48/224	~	

Como podemos observar en las imágenes de las escolaridades, en la carrera de Farmacia dentro de la Facultad de Medicina, el curso de Toxicología estaba en tercer año (imagen 3), mientras que, a partir de la creación de la Facultad de Química y Farmacia, el plan de 1930 de Químico Farmacéutico presentaba el curso en cuarto año (imágenes 4 y 5). En el plan de estudios 1980 de la Facultad de Química, el curso de “Química Toxicológica” se dictaría en el quinto año (imagen 6).

Ahora bien, continuando con lo anterior, tras el fin del período dictatorial de 1973 a 1984 y la recuperación de la autonomía universitaria, la Universidad llevaría a cabo nuevamente una política de fomento a la investigación científica. Con el impulso de este nuevo escenario democrático, la Facultad de Química experimentó una renovación en sus líneas de estudio e investigación, incluyendo el ámbito de la toxicología.

4.1.6 Enseñanza de la toxicología

El estudio de los archivos de la Bedelía de la actual Facultad de Química evidencia el dictado ininterrumpido de la toxicología desde 1908 a la fecha. El nombre de la primera asignatura de la Cátedra era, sencillamente, “Toxicología”, y se encontraba ya presente en el Plan 1902 de la carrera de tres años de Farmacia de la Facultad de Medicina y Ramas Anexas. A partir de la creación de la Facultad de Química y Farmacia en 1929, en el Plan 1930 de la carrera de Química Farmacéutico, de 4 años de duración, se siguió dictando “Toxicología”.

Los registros de las compras efectuadas en la década de 1930, los libros de texto que se utilizaban y que aún se encuentran en nuestra biblioteca, como, por ejemplo, el de “Análisis químico-toxicológico” de Teodoro Sabalitschka (originalmente en alemán), evidencian que los contenidos prácticos y de laboratorio correspondían a una enseñanza de la asignatura acorde a lo esperado para estudiantes de Farmacia primero y de Química Farmacéutica después de creada la Facultad de Química. Los contenidos eran los de la toxicología clínica, legal y forense tradicionales desde el siglo XIX en adelante. A continuación, presentamos el índice de la obra (tabla 2), a través del cual observamos los tópicos tratados en la toxicología tradicional, previa a 1950.

<i>Tabla 2: Índice de “Análisis químico-toxicológico” de Teodoro Sabalitschka (1926)</i>
Introducción
Generalidades
Ensayos preliminares
I. Reconocimiento de los venenos que, en solución ácida, se volatilizan con el vapor de agua:

- Fósforo
- Ácido cianhídrico
- Cloroformo
- Acetona
- Alcohol metílico
- Alcohol etílico
- Yodoformo
- Nitrobenzeno
- Ácido fénico
- Cresoles
- Ácidos fórmico y acético
- Hidrocarburos
- Anilina
- Hidrato de cloral
- Aldehído fórmico
- Sulfuro de carbono

II. Reconocimiento de los venenos no volátiles, solubles en alcohol ácido:

- Picrotoxina
- Colquicina
- Ácido pícrico
- Acetanilida.
- Fenacetina Antipirina
- Cafeína
- Ácido salicílico
- Ácido acetilsalicílico
- Veronal
- Narcotina
- Alcaloides del cornezuelo de centeno
- Santonina Sulfonal Trional
- Digitoxina
- Conina
- Nicotina
- Estricnina
- Brucina
- Reconocimiento de la estricnina en presencia de brucina:
- Veratrina
- Atropina
- Quinina
- Codeína
- Cafeína y Antipirina
- Piramidón
- Reconocimiento de la antipirina en presencia de piramidón
- Escopolamina
- Cocaína

- Novocaína
- Fisostigmina
- Narcotina
- Hidrastina
- Pilocarpina
- Emetina
- Yohimbina
- Alcaloides del cornezuelo de centeno
- Apomorfina
- Morfina
- Narceína.

III. Reconocimiento de los venenos metálicos:

- Arsénico
- Cobre
- Antimonio y estaño
- Mercurio, plomo, bismuto, cobre y cadmio
- Manganeso
- Zinc
- Cromo
- Plata
- Plomo
- Bario

IV. Reconocimiento de los venenos cuya investigación debe hacerse por separado:

- Ácidos minerales libres
- Ácidos clorhídrico y nítrico
- Ácido sulfúrico
- Ácido hidrofluosilícico y sus sales
- Ácido oxálico y sus sales
- Alcalis cáusticos
- Amoníaco
- Ácido clórico y cloratos
- Cloro, bromo y yodo
- Bromuros y yoduros
- Óxido de carbono

Apéndice

Índice de reactivos

Índice alfabético

Así también la edición de 1971 del “Précis de Toxicologie” de René Fabre y René Truhaut, que se había incorporado en la biblioteca del Área Toxicología –en la cual se conserva aún hoy–, no trataba aún de los temas ambientales. Su edición traducida al español –que en 1978 se incorporó a la biblioteca de nuestra área, según consta en el ejemplar disponible en nuestro archivo–, habla en su primer capítulo de la importancia de estudiar los efectos nocivos de los plaguicidas a nivel agrícola, pero considerando el riesgo de intoxicación para las personas encargadas de su aplicación y también de la posible presencia de residuos tóxicos en los alimentos, todavía desde una perspectiva más tradicional de la Toxicología (Fabre, 1976: p. 15). Poco después de publicada esta obra, en 1977, René Truhaut acuñaría el concepto de ecotoxicología, incorporando la preocupación ambiental en su abordaje toxicológico (Sparling, 2017: p. 3).

A continuación, presentamos el índice del primer, así como el segundo tomo de esta obra (tabla 3), los cuales dejan en evidencia que, a pesar de la aparición de la problemática ambiental en los años 60, dicha cuestión no ha sido aún incorporada de manera central ni sistemática en manuales de toxicología como el presente.

Tabla 3: Índice de “Toxicología” de René Fabre y René Truhaut (1971)

Tomo primero:

- I. Modos de penetración de los venenos en el organismo
- II. Modos de acción de los venenos
- III. Distribución y localización de los venenos en el organismo
- IV. Transformación de los venenos en el organismo
- V. Modos de eliminación de los venenos
- VI. Nociones generales sobre la toxicidad
- VII. Generalidades sobre el tratamiento de las intoxicaciones
- VIII. Protección contra los gases, vapores y polvos
- IX. Tóxicos gaseosos y volátiles

Tomo segundo:

- I. Métodos de extracción de tóxicos orgánicos
- II. Tóxicos extraídos en medio ácido
- III. Tóxicos extraídos en medio alcalino
- IV. Tóxicos fijos de naturaleza mineral

Sin embargo, con la creciente evidencia pública a nivel mundial acerca de los posibles efectos adversos de las sustancias químicas, no solo para la salud humana, sino también para todos los organismos vivos y los ecosistemas, la enseñanza de la toxicología en la Facultad de Química empezó gradualmente a incluir el estudio de algunos tópicos ambientales.

Es interesante comentar que algunos hallazgos en nuestros archivos del Área, de la década de 1970, demuestran el interés que el profesor de toxicología Jorge Grezzi poseía por las incipientes publicaciones periódicas referidas a los emergentes problemas ambientales que se estaban visibilizando. Así, hay varios ejemplares de 1975 y 1976 de una publicación de la organización ambientalista Friends of the Earth, de USA, que se denominaba “Not Man Apart”. Este docente, que contaba con una larga trayectoria en el Área antes de 1985, empezando a desempeñarse como ayudante, y contando con muchas horas de clase, demostraba estar siempre muy atento a la evolución de los problemas ambientales. Esto lo evidencian, no solo estas revistas, que tenían su sello personal y su firma, sino otras de la década de 1950 sobre Medicina del Trabajo, un campo estrechamente vinculado a la toxicología ocupacional.

Posteriormente, a fines de la década de 1980, el Área comenzó a tener como principal texto de referencia a *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, en su tercera edición de 1986. Si bien en su primera edición de 1975 el manual no incluía una unidad temática específicamente referida a la toxicología ambiental, ya a partir de su segunda edición de 1980 y en 1986, año de la 3a edición original en inglés, dedicará la unidad N° 4 especialmente a esta temática, ampliando esta sección en ediciones posteriores, hasta la última novena edición. A continuación, exponemos el índice de esta obra en su tercera edición (tabla 4), actualmente presente en la biblioteca de la cátedra. Observamos que en la unidad mencionada se abordan temáticas como la contaminación del aire y la disciplina de la ecotoxicología.

Tabla 4: Índice de “Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons”, tercera edición (1986)

UNIDAD I: Principios Generales de la Toxicología

1. Origen y Alcance de la Toxicología
2. Principios de la Toxicología
3. Distribución, Excreción y Absorción de Tóxicos
4. Biotransformación de Tóxicos
5. Carcinógenos Químicos
6. Toxicología Genética
7. Teratógenos

UNIDAD II: Toxicología Sistémica

8. Respuestas Tóxicas de la Sangre
9. Respuestas Tóxicas del Sistema Inmunológico
10. Respuestas Tóxicas del Hígado
11. Respuestas Tóxicas del Riñón
12. Respuestas Tóxicas del Sistema Respiratorio
13. Respuestas Tóxicas del Sistema Nervioso Central
14. Respuestas Tóxicas del Sistema Cardiovascular
15. Respuestas Tóxicas de la Piel
16. Respuestas Tóxicas del Sistema Reproductor
17. Respuestas Tóxicas del Ojo

UNIDAD III: Agentes Tóxicos

18. Efectos Tóxicos de los Plaguicidas
19. Efectos Tóxicos de los Metales
20. Efectos Tóxicos de los Disolventes y Vapores
21. Efectos Tóxicos de la Radiación y Materiales Radiactivos
22. Efectos Tóxicos de Toxinas Animales
23. Efectos Tóxicos de Toxinas Vegetales

UNIDAD IV: Toxicología Ambiental

24. Aditivos y Contaminantes en los Alimentos
25. Contaminantes del Aire
26. Contaminantes del Agua y del Suelo

UNIDAD V: Aplicaciones de la Toxicología

27. Toxicología Analítica
28. Toxicología Clínica
29. Toxicología Ocupacional
30. Toxicología Regulatoria

Esta evolución en las áreas de estudio de la toxicología corrió en paralelo con la demanda de asesoramientos a nuestra área en relación con temas ocupacionales y ambientales, lo cual impulsó desarrollos en toxicología analítica así como líneas nuevas de investigación. Esto cristalizó en los años posteriores al 2000, con el Plan 2000 y posteriores, en nuevas asignaturas que se empezaron a dictar a partir de 2003, varias de ellas explícitamente ambientales por sus contenidos y enfoques didácticos.

4.2 Módulo B: momento epistemológico-educativo

Una vez hecho el recorrido histórico sobre los antecedentes, el surgimiento y la evolución de la química, y específicamente, la toxicología y su enseñanza en la Facultad de Química de la Universidad de la República, nos compete ahora considerar, en este segundo módulo, desde un enfoque epistemológico-educativo, la evolución de la toxicología como disciplina científica y académica que contribuye al desarrollo de un pensamiento sensible a la cuestión ambiental.

4.2.1 El surgimiento de la cuestión ambiental: algunos casos que la visibilizaron

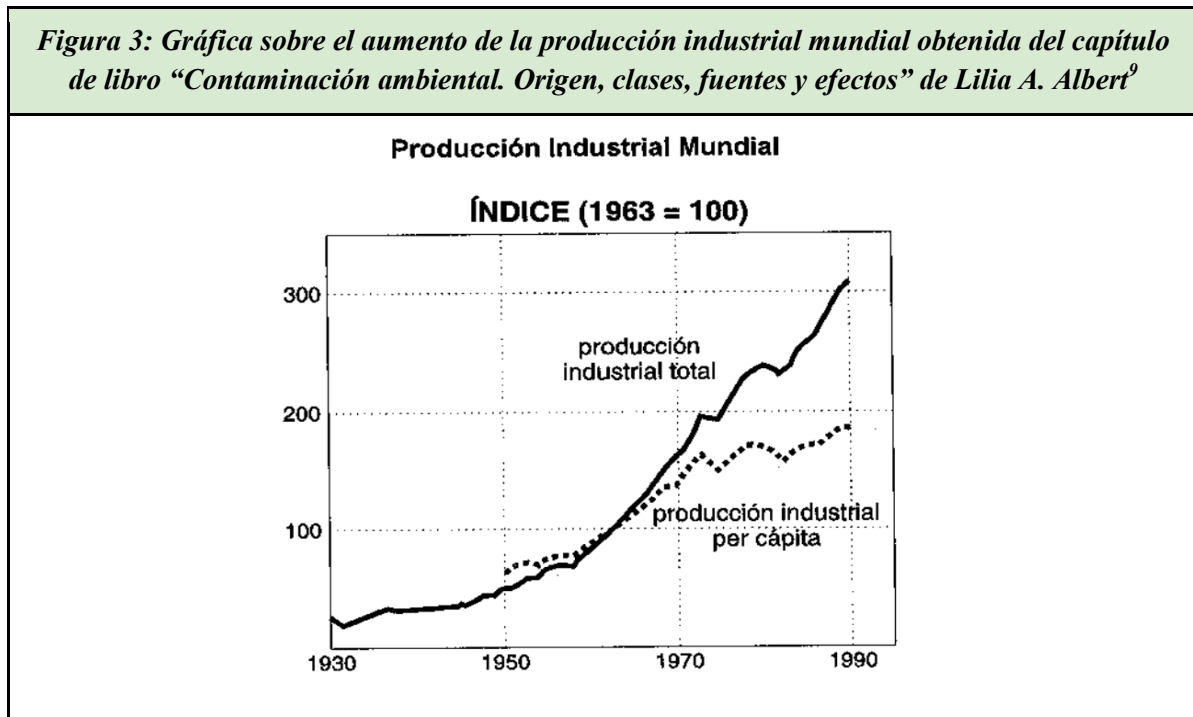
Como hemos mencionado anteriormente en la introducción de este trabajo, el siglo XX experimentó una drástica evolución de la industria química al producir cada vez más nuevos productos químicos, volviendo más relevante la cuestión ambiental y su abordaje de forma seria y académica.

A pesar de no constituir un fenómeno radicalmente novedoso, la contaminación ambiental se ha agravado de forma drástica en las últimas décadas. Como señala Lilia Albert (1995), investigadora pionera en el área de la toxicología ambiental:

“La contaminación ambiental siempre ha existido pues, en parte, es inherente a las actividades del ser humano. Sin embargo, en años recientes se le ha debido prestar cada vez mayor atención, ya que han aumentado la frecuencia y gravedad de los incidentes de contaminación en todo el mundo y cada día hay más pruebas de sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud, aunque hasta hace relativamente poco se considerara que éstos no existían, que no había pruebas suficientes de ellos, o bien, que los efectos eran leves o, inclusive, signos de progreso” (p. 37).

Albert (1995) explica que la contaminación se vuelve crítica cuando la entrada de sustancias –ya sean naturales o sintéticas– supera la capacidad de los ecosistemas para asimilarlas y/o degradarlas (p. 38). A pesar de comenzar a haber casos de contaminación significativa desde fines del siglo XVIII en el marco de la Revolución Industrial, fue después de la Segunda Guerra Mundial, según la experta, cuando se agravaron, con el aumento del consumo de

energía, la extracción, producción y/o uso de diversas sustancias (Albert, 1995: p. 38), como refleja la siguiente gráfica (figura 3):



Los estudios de Albert son tan solo un ejemplo de las numerosas investigaciones respecto de la contaminación que se comenzaron a llevar a cabo en la segunda mitad del siglo XX. Debemos comprender el contexto en el cual estos tipos de estudios empiezan a desarrollarse. Para ello, recuérdese el libro de Rachel Carson “La primavera silenciosa”, escrito en 1962, que denunció y explicó la disminución de las especies de aves canoras en USA, debido a la aplicación del DDT. Citamos este fragmento de la obra mencionada, que deja en claro la gravedad de la contaminación del ser humano sobre la naturaleza:

“Durante el último cuarto de siglo, este poder [el poder del hombre de alterar la naturaleza del mundo] no sólo ha sido incrementado hasta una inquietante magnitud, sino que ha cambiado en características. El más alarmante de todos los atentados del hombre contra su circunstancia, es la contaminación del aire, la tierra, los ríos y el mar con peligrosas y hasta letales materias. Esta polución es en su mayor parte irreparable; la cadena de males que inicia, no sólo en el mundo

⁹ Ver referencias en la bibliografía.

que debe soportar la vida, sino en los tejidos vivos, en su mayor parte es irrecuperable. En esta contaminación, ahora universal, del medio ambiente, la química es la siniestra y poco conocida participante de la radiación en el cambio de la verdadera naturaleza del mundo...” (Carson, 2005: pp. 8-9).

El contexto en el que Carson escribe es el de un mundo afectado por catástrofes ambientales a nivel mundial e incluso casos de graves intoxicaciones como es el de Minamata en Japón (década de 1950), el de la aplicación del agente naranja en los bosques de Indochina durante la guerra de Vietnam (década de 1960), y el caso Love Canal en Estados Unidos (década de 1970), donde los problemas se originaron a partir de la empresa Hooker, que producía soda cáustica y cloro por reacción electrolítica, utilizando en los procesos derivados una multitud de productos, entre ellos mercurio, en las décadas de 1930 y 1940.

Corresponde hacer un breve comentario sobre estos casos para comprender su relevancia e impacto. Sobre el primero de ellos, Minamata, se trata de un caso de intoxicación por mercurio provocada por Chisso Corporation, una productora de fertilizantes químicos, carburo y cloruro de vinilo. Como explica Enrique Yacuzzi (2008) en su estudio sobre el caso, la empresa empleaba entre las décadas de 1950 y 60 al 60% de la población económicamente activa de Minamata, población en la que ya a comienzos de la década de los 50 se empezaron a hacer evidentes males neurológicos graves, que a veces conducían incluso a la muerte (p. 4).

Se descubrió más tarde que estos trastornos eran consecuencia de una intoxicación con compuestos de mercurio que se habían vertido en la bahía por plantas químicas, que luego de vertidos se transformaban en especies organomercuriales, etil y metilmercurio, posteriormente ingeridas por personas de la zona a través del pescado con el que se alimentaban: “La enfermedad de Minamata, así bautizada, produjo una ola de preocupación en el mundo entero, al ser la primera enfermedad cuya causa documentada podía atribuirse a la contaminación industrial del agua del mar” (Yacuzzi, 2008: p. 4).

Como explica el informe del Convenio de Minamata sobre el Mercurio, remarcando la gravedad del caso:

“En 1956, el año en que se detectaron los primeros casos, murieron 46 personas. Entre 1953 y 1965 se contabilizaron 111 víctimas y más de 400 casos con

problemas neurológicos. Madres que no presentaban ningún síntoma dieron a luz niños gravemente afectados. En 1968, el gobierno japonés anunció oficialmente que la causa de la enfermedad era la ingesta de pescados y mariscos contaminados con mercurio, provocado por los vertidos de la empresa petroquímica Chisso. Se calcula que entre 1932 y 1968, año en que cambió el proceso industrial en Chisso por otro menos contaminante, se vertieron a la bahía 81 toneladas de mercurio. Según información del Ministerio de Medio Ambiente de Japón, hasta finales de mayo del 2013 el número total de pacientes certificados era de 2.977, de los cuales 646 seguían con vida” (PNUMA, 2014: p. 9).

La compañía responsable de la intoxicación continúa pagando indemnizaciones, a la vez que el gobierno japonés lleva a cabo hasta el presente diversas acciones destinadas a reducir las consecuencias de la contaminación, “como subsidio continuo de gastos médicos a las víctimas, indemnización basada en un acuerdo para víctimas certificadas según normativa específica, etc” (PNUMA, 2014, p. 9).

En cuanto al caso de Indochina, se enmarca en la guerra de Vietnam (1955-1975), en la cual Estados Unidos empleó la estrategia militar “Operación Ranch Hand” para tratar de derrotar a los vietnamitas que operaban en las selvas tropicales. Para ello, el bando estadounidense empleó más de 77 millones de litros de pesticidas, entre los cuales se encontraba el agente naranja, una mezcla de los ácidos 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y el 2, 4, 5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T) (Rey, 2022: p. 1). Como explica Bartolomé Ribas Ozonas (2005):

“El agente naranja contiene varias estructuras cloradas del ácido fenoxiacético, importante herbicida, que posteriormente a su utilización como material de guerra en Vietnam se denominó agente naranja, debido a su transporte en bidones de ese color. Consiste en una mezcla de estructuras análogas del compuesto anteriormente señalado, y de otros compuestos todavía más tóxicos, las dioxinas. Estas, las dioxinas, minoritarias en la síntesis orgánica, son neurotóxicos de gran potencia, persistencia y peligrosidad por ser bioacumulativas” (p. 431).

El propósito de su uso había sido el de despejar la flora que cubría las bases de operación guerrilleras en una superficie total de 2.6 millones de hectáreas, eliminando así la ventaja

táctica que tenían los vietnamitas (Rey, 2022: p. 1). Las consecuencias de esta estrategia militar fueron muy graves a nivel ambiental, ya que además de desobstruir la vista por su efecto desfoliante, los plaguicidas contaminaron las aguas y el suelo de la población vietnamita, incluyendo sus cultivos. Juan Rey (2022) explica incluso que “en varios estudios de organizaciones ambientales, se descubrió que la población vietnamita no fue la única afectada por el uso y la producción de este componente, sino que los trabajadores de las empresas químicas y los veteranos de guerra norteamericanos que produjeron y rociaron el producto también fueron perjudicados. En menor grado, los vecindarios próximos a las fábricas de estas toxinas también fueron damnificadas” (Rey, 2022: p. 3).

Ribas Ozonas (2005) explica que, ya en 1995, la Asociación de Niños con Defectos de Nacimiento confirmó las graves consecuencias de este caso al presentar un informe sobre los efectos sobre la salud del agente naranja con datos sobre los hijos de 1.600 veteranos de Vietnam (p. 437). De acuerdo con estos datos, se detectó cierto patrón común de incapacidades que “incluía aumentos de infecciones crónicas y alergias; trastornos de la piel crónicos, problemas en el aprendizaje y atención, trastornos emocionales y de conducta; problemas de crecimiento, tumores, quistes, cáncer y otros síntomas de naturaleza inmunológica” (Ribas Ozonas, 2005: p. 437). En definitiva, las variadas consecuencias a nivel físico, cognitivo y emocional de la intoxicación presente en el caso reflejan la extrema gravedad del caso.

Respecto del caso Love Canal en Estados Unidos, es el de contaminación por desechos industriales en un canal que había sido construido a principios 1900 con el propósito de generar energía hidroeléctrica para futuros desarrollos industriales que finalmente no se realizaron (Beauchamp, 2013: p. 1). En 1935, “se instaló una industria electroquímica, denominada Hooker, la cual empezó a utilizar el canal como medio de evacuación de los desechos industriales generados” (Hillman, 2003: p. 81).

El proceso industrial llevado a cabo por la empresa se orientaba a la producción de soda cáustica y cloro, a partir de electrólisis de cloruro de sodio ($2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} + \text{H}_2$). Luego de haber sido el canal por más de 10 años un depósito de desechos generados por este proceso industrial y derivados, el canal fue cubierto y entregado al Ministerio de Educación de Niagara Falls.

Tras la culminación de la guerra, “las actividades agropecuarias se fueron incrementando, lo cual motivó al asentamiento en la región, por lo que las zonas próximas al canal fueron utilizadas para asentamientos residenciales” (Hillman, 2003: p. 82). El desecho y enterramiento de los productos mencionados en forma inadecuada dieron lugar a una serie de reacciones con materia orgánica de origen natural que derivaron en la generación de muchos productos tóxicos, tales como dioxinas, que se fueron filtrando en los terrenos en que se construyeron viviendas décadas más tarde.

Con el surgimiento de la hipótesis de la posible presencia de contaminantes en las aguas del canal, confirmada con estudios oficiales en los años 1977-1978, se determinó que continuar habitando la región cercana al canal –definida como una zona de alto riesgo– constituía una gran amenaza para la salud; esto implicó la evacuación y reubicación de los hogares, ya afectados por las consecuencias de la contaminación (Hillman, 2003: p. 82). Se descubrió que, veinticinco años después de que la empresa Hooker Chemical dejara de utilizar el canal Love como vertedero industrial, 82 compuestos diferentes –varios de ellos carcinógenos– se habían estado filtrando a través del suelo hasta la superficie, afectando así viviendas enteras y escuelas construidas a orillas del canal (Zelalem, 2022: p. 6). Entre las sustancias químicas descubiertas en Love Canal, se identificaron al menos 248, de las cuales la mayoría eran disolventes orgánicos, hidrocarburos clorados y ácidos incluyendo “benceno, tetracloruro de carbono, cloruro de vinilo, dicloroetanos, hexaclorobenceno, hexaclorociclohexanos (6.350 toneladas métricas del isómero γ , lindano), bifenilos policlorados, triclorofenoles (180 toneladas métricas), tetra-clorodibenzo-p-dioxina, tolueno y xilenos” (Zelalem, 2022: p. 6).

La catástrofe socioambiental de Love Canal constituye uno de los casos más impactantes de contaminación industrial en la historia contemporánea de Estados Unidos. A través de testimonios directos y reportes oficiales, se ha podido reconstruir esta tragedia, que aún hoy representa una advertencia acerca de la importancia de la protección ambiental:

“La tragedia de Love Canal, en Niagara, Nueva York, afectó a innumerables familias y arruinó el medio ambiente durante muchos años. La contaminación tóxica presente en todo el suelo trajo consigo dolor tanto físico como emocional a quienes habían comprado viviendas en la zona de Love Canal o habían enviado a sus hijos a su sistema escolar. La contaminación y la posterior controversia en

torno a la limpieza y los problemas de salud dejaron a muchas personas preguntándose quién era el responsable de todo este desastre y qué podía hacerse para reparar la tierra y a las familias que resultaron perjudicadas. Relatos en primera persona e informes de agencias gubernamentales fueron utilizados para reconstruir la historia de Love Canal y dar cuenta de la larga lucha de los ciudadanos que clamaban para que alguien asumiera la responsabilidad por su sufrimiento. La historia de Love Canal es un terrible relato de un desastre provocado por el ser humano, y hasta el día de hoy hay personas que siguen luchando por recuperarse del daño tóxico” (Zelalem, 2022: p. 2).

Estos tres casos reflejan, en definitiva, tomando las palabras de Gloria Amparo Rodríguez (2007), “el aumento de los conflictos ambientales a nivel global y local evidencian la importancia de tomar medidas claras y oportunas con el fin de prevenirlos, mitigarlos o enfrentarlos” (p. 333). En efecto, el imperativo de atender y cuidar un medioambiente que ha sido gravemente dañado es innegable, como afirman José Bello y Adela López (2001) en *Fundamentos de ciencia toxicológica*:

“En los momentos actuales, se admite sin reserva, que el desarrollo de la vida del ser humano, y de muchas especies animales, en el ámbito de la sociedad occidental se encuentra sometido a diversos riesgos de exposición a numerosas estructuras químicas, que contactan con esos organismos a través de orígenes diferentes: alimentación, vida en el hogar, ambiente profesional, medio ambiente, etc.; sin dejar de mencionar los peligros que pueden provenir de accidentes ocasionales” (p. 14)

Los tres casos mencionados además fueron catástrofes que incidieron fuertemente en la percepción colectiva sobre la ciencia y la tecnología. A lo largo del siglo XX, el desencanto con el progreso científico se intensificó a medida que las promesas de desarrollo y bienestar contrastaban fuertemente con las consecuencias destructivas de la actividad humana. A diferencia del siglo XIX, distinguido por una visión optimista y positivista del conocimiento científico —que en el capítulo anterior, notamos, por ejemplo, en la fundación de la Facultad de Medicina—, en el siglo XX surgió una actitud más crítica hacia el conocimiento humano,

influida no solo por la contaminación y los desastres ambientales, sino también por el uso destructivo de la tecnología en las guerras mundiales y el desarrollo de armas nucleares.

Los filósofos han señalado que, en este contexto, comenzó a hablarse de “postmodernidad”, una etapa marcada por el desencanto y la desconfianza en el saber científico, en contraposición a la modernidad, que se caracterizaba por su fe en la ciencia y el conocimiento como motores del progreso (Vargas-Hernández, 2008: pp. 6-7). La filósofa argentina Esther Díaz, especializada en epistemología, ilustra esta diferencia de manera clara:

“El proyecto de la modernidad apostaba al progreso. Se creía que la ciencia avanzaba hacia la verdad, que el progreso se expandiría como forma de vida total y que la ética encontraría la universalidad a partir de normas fundamentadas racionalmente. No obstante, las conmociones sociales y culturales de los últimos decenios parecen contradecir los ideales modernos. La modernidad, preñada de utopías, se dirigía hacia un mañana mejor. Nuestra época desencantada-se desembaraza de las utopías, reafirma el presente, rescata fragmentos del pasado y no se hace demasiadas ilusiones respecto del futuro” (Díaz, 2000: p. 17).

Esta pérdida de confianza en el proyecto moderno encuentra un eco directo en el diagnóstico del filósofo Jürgen Habermas (1988), quien, en *La modernidad, un proyecto incompleto*, explica cómo el siglo XX desmontó las expectativas ilustradas:

“El proyecto de modernidad formulado en el siglo XVIII por los filósofos de la Ilustración consistió en sus esfuerzos para desarrollar una ciencia objetiva, una moralidad y leyes universales y un arte autónomo acorde con su lógica interna. (...) Los pensadores de la Ilustración con la mentalidad de un Condorcet aún tenían la extravagante expectativa de que las artes y las ciencias no sólo promoverían el control de las fuerzas naturales, sino también la comprensión del mundo y del yo, el progreso moral, la justicia de las instituciones e incluso la felicidad de los seres humanos. El siglo XX ha demolido este optimismo” (p. 28).

Comprender este contexto es fundamental para advertir que el desencanto que suscitan los numerosos casos de contaminación ambiental y destrucción de ecosistemas no constituye un fenómeno aislado, sino que se inscribe en un proceso más amplio de cuestionamiento, propio

de la postmodernidad: la pérdida de confianza en la actividad humana, en la ciencia y en la idea misma de progreso. La crisis ambiental es, así, parte de un proceso histórico y cultural, en el que el ser humano, que antes se concebía capaz de conocer y dominar la naturaleza para someterla a sus fines, descubre con angustia su propia capacidad para degradarla y destruirla.

Es precisamente en el marco de esta crisis de fe en la ciencia y de creciente preocupación por el impacto ambiental de la actividad humana que la Organización de Naciones Unidas (ONU) convocó, del 5 al 16 de junio de 1972, la Conferencia de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano (CNUMAH). Este evento, primer encuentro internacional de gran escala centrado en las cuestiones ambientales, marcó un hito en la historia ambiental del siglo XX y constituyó, en palabras de María Novo (1995), “uno de los acontecimientos más importantes de cuantos hasta el momento han venido incidiendo sobre la problemática ambiental en el mundo” (p. 34).

La conferencia, en la cual participaron 113 Estados miembros, constituyó un fuerte llamado a acabar con la contaminación del medio ambiente (puede consultarse el texto completo en el anexo 7.1). Así, declara el informe del evento en el principio n° 6 del apartado II:

“Debe ponerse fin a la descarga de sustancias tóxicas o de otras materias y a la liberación de calor, en cantidades o concentraciones tales que el medio no pueda neutralizarlas, para que no se causen daños graves o irreparables a los ecosistemas. Debe apoyarse la justa lucha de los pueblos de todos los países contra la contaminación” (Organización de las Naciones Unidas, 1973: p. 4).

En definitiva, la Conferencia de Estocolmo marcó un punto de inflexión en la forma en que los diversos países y las organizaciones internacionales comenzaron a abordar la problemática ambiental. Reconociendo a la contaminación como una amenaza global e invitando a una acción conjunta para su limitación, este evento sentó las bases para futuras iniciativas en materia de regulación ambiental, concienciación y desarrollo sostenible.

A partir de la conferencia, se obtuvieron dos documentos de gran importancia para la cuestión ambiental: la *Declaración sobre Medio Ambiente Humano* y el *Plan de Acción para el Medio Ambiente Humano*. A través de ellos, la conferencia logró “introducir la temática ambiental como una línea de trabajo de los gobiernos, lo que se concreta en el crecimiento exponencial

de Ministerios de Medio Ambiente en la década de los 70” (Bautista-Cerro, Murga-Menoyo y Novo, 2019: p. 4). A su vez, se crearon dos programas de importancia medular en la materia: el *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente* (PNUMA) y el *Programa Internacional de Educación Ambiental* (PIEA).

4.2.2 Un giro en la epistemología de la toxicología global

La aparición y la acentuación de la gravedad de estas problemáticas ejerció –y continúa ejerciendo– un impacto significativo sobre el campo de estudio de la toxicología. La cuestión ambiental, que, hasta 1950, no parecía ser decisiva para esta disciplina, ha adquirido un mayor protagonismo y se presenta como uno de los desafíos más relevantes de esta “ciencia de los venenos”.

En este contexto, la toxicología comenzó a interesarse por su vínculo con los problemas ambientales, y fue así como surgieron disciplinas como la toxicología ambiental y la ecotoxicología. Esta última, como hemos comentado anteriormente, fue acuñada por René Truhaut, quien en una conferencia en 1969 titulada *Eco-toxicology—Objectives, principles and perspectives*, buscaba “denotar una extensión natural de la ecología y la toxicología que incluyera los efectos de los contaminantes o poluentes químicos sobre cualquier aspecto del medio ambiente” (Sparling, 2014: p. 3). El toxicólogo francés resaltaba en la conferencia la aparición de una “era química” a fines del siglo XIX, que tendría como consecuencia una serie de beneficios a nivel científico, técnico y social, pero a la vez graves consecuencias de diversos tipos:

“Desde finales del siglo pasado, la humanidad ha ingresado en una nueva era: la era química, caracterizada por el asombroso desarrollo de la gran industria, al menos en los países desarrollados, y por el consiguiente aumento en el uso de productos químicos en múltiples y variados ámbitos. Debe destacarse que este espectacular avance de la química y la tecnología ha traído consigo inmensos beneficios económicos y sociales y, por lo tanto, una mejora indiscutible en el nivel de vida de las poblaciones involucradas. (...) Sin embargo, como suele ocurrir, existe otra cara de la moneda, y no deben olvidarse los riesgos que puede

acarrear la exposición humana a una cantidad considerable y en constante aumento de productos químicos en la vida moderna. Ciertos compuestos pueden ser peligrosos para la salud y, en consecuencia, representan un desafío importante para toxicólogos, higienistas, médicos, ingenieros y tecnólogos preocupados por proteger a la población frente a tales amenazas” (Truhaut, 1977: p. 151).

Ahora bien, Richard T. Di Giulio y Michael C. Newman (2008) resaltan en el célebre manual de Casarett y Doull que “aunque la definición original de esta nueva ciencia propuesta por Truhaut incluía los efectos sobre los seres humanos, la mayoría de las definiciones más recientes de ecotoxicología no los incluyen” (p. 1157). Esto se debe, principalmente, a que la aparición de esta disciplina implica, eventualmente, un cambio de perspectiva para la propia toxicología. En su artículo *Perspectivas y tendencias de la Toxicología hacia el siglo XXI*, Manuel Repetto (1995) señala que este cambio de enfoque no es menor:

“Desde su inicio, la Toxicología se interesó casi exclusivamente por el efecto de las sustancias químicas sobre el hombre y, secundariamente, sobre algunos animales; es decir, ha sido una Toxicología humana. Muy recientemente, poco más de 30 años, y sólo a causa de ese mismo interés antropocéntrico, nos comenzamos a preocupar por los efectos sobre el medio; nació la Toxicología Ambiental, y posteriormente (hace sólo 20 años) la EcoToxicología, en que el objetivo a preservar no es el género humano ni ninguna otra especie en forma aislada, sino el conjunto de elementos biológicos y no biológicos que integran un ecosistema” (Repetto, 1995: p. 53).

Así también explica María Novo en *La educación ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas*:

“Los hombres y mujeres de nuestra época ya no pueden entenderse a sí mismos como el centro de un planeta que gobiernan a su antojo, pues se ha demostrado que ese planeta tiene en sí mismo su propia dinámica de funcionamiento, que mantiene un equilibrio sistémico, y que cualquier alteración notable o irreversible en una de sus partes repercute sobre todos los demás componentes del sistema, entre ellos la humanidad misma” (Novo, 1995: p. 22).

Este cambio de enfoque ha influido en el propio modo de proceder y elaborar conocimientos dentro del campo de la toxicología. Tradicionalmente, esta disciplina se enfocaba en el daño que ciertos compuestos podían causar, principalmente, a los seres humanos, sin considerar como decisivos otros aspectos referidos al medio ambiente. La toxicología estaba mayoritariamente al servicio de la salud humana y de la industria farmacéutica. Si bien este sentido tradicional de toxicología continúa existiendo, a medida que se comenzaron a experimentar los daños ambientales ocasionados por el ser humano desde la Revolución Industrial hasta el surgimiento de diversas tecnologías e innovaciones actuales, factores como el desarrollo sostenible y la conservación de la biodiversidad se volvieron relevantes para el avance de la ciencia. Esto ha llevado, como afirma Repetto en la cita anterior, al surgimiento de la toxicología ambiental y la ecotoxicología, que es, precisamente, “el estudio en profundidad de los efectos nocivos de las sustancias químicas que se encuentran en ambientes naturales y en ambientes contruidos por el hombre” (Laborda y Laborda, 1988: p. 329).

Estos cambios implican una transformación a nivel *epistemológico* dentro del área de la toxicología. Según la RAE, la epistemología es la “teoría de los fundamentos y métodos del conocimiento científico” (*Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.8 en línea]). Referida a esta disciplina específicamente, la epistemología es el estudio de los propios métodos, el objeto de estudio, los criterios de validación de conocimiento y los fundamentos teóricos de la toxicología. Según Agustín Adúriz-Bravo (2005), la epistemología es la disciplina científica que estudia “qué son las ciencias, cómo se elaboran, qué diferencias tienen con otras formas de conocimiento, cuáles son las características del discurso científico, cómo se produce el cambio conceptual en ciencias, qué valores se sustentan en la ciencia de cada momento” (p. 10). Michael Matthews (2010) resume sus principales interrogantes:

“¿Cómo conocemos el mundo (por observación, experimento, intuición o revelación)? ¿Podemos identificar perspectivas mejores o más verdaderas del mundo entre teorías o programas de investigación que compiten entre sí? ¿Qué constituye la racionalidad o el juicio racional? ¿Cuál es el valor o propósito de la adquisición del conocimiento? ¿Qué es una visión o actitud científica ante el mundo?” (p. 293).

En definitiva, la epistemología en nuestro caso sería la reflexión sobre el propio modo de proceder y construir saberes sobre los efectos de sustancias químicas sobre los seres vivos. En lo que refiere a la toxicología, este modo de proceder en el conocimiento se ha visto afectado drásticamente por el surgimiento de la cuestión ambiental. El objeto de estudio de esta ciencia se ha vuelto más amplio: ya no gira en torno a simplemente comprender cómo afectan las sustancias químicas al ser humano, sino que busca analizar su impacto en los ecosistemas en su conjunto. Esto impacta en los métodos de investigación y los modelos teóricos utilizados dentro de la toxicología, que exige ahora un enfoque más sistémico y holístico que considere al medio ambiente. Así, la toxicología ambiental tiene en cuenta “las posibles interacciones de los productos químicos con los sistemas biológicos, dando lugar a un riesgo no sólo para el hombre, sino también para los ecosistemas” (Laborda y Laborda, 1988: p. 329).

Las implicancias que ha tenido este giro son importantes. Se ha vuelto más importante que nunca, el hecho de que la toxicología adquiera una postura más predictiva y preventiva, orientada a identificar tempranamente los riesgos y regular el uso de sustancias químicas antes de que se manifiesten daños irreversibles. En este sentido, se ha tornado central para su epistemología el principio de precaución:

“Los problemas ambientales que venimos arrastrando desde hace décadas, por no ser capaces muchas veces de solventarlos satisfactoriamente, unidos a los nuevos, distintos y más graves todavía, exigen un importantísimo replanteamiento conceptual, metodológico y hasta ético para su adecuada comprensión y resolución. El denominado «principio de precaución» surge en este contexto de búsqueda de herramientas analíticas que puedan ser transformadas en instrumentos políticos, legales y de planeamiento más efectivos” (De Cózar Escalante, 2005: p. 134).

Este principio, tratado por primera vez en la Declaración de Río de 1992, sostiene que, ante los problemas ambientales, “cuando haya peligro de daño irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente” (Andrés Jarabo Sastre, 2018: p. 6). O como se sostendrá también más adelante, en la Declaración de Wingspread de 1998, “cuando una actividad se plantea como una amenaza para la salud

humana o el medio ambiente, deben tomarse medidas precautorias aun cuando algunas relaciones de causa y efecto no se hayan establecido de manera científica en su totalidad” (p. 16). En otras palabras, frente al riesgo de causar daños significativos al medio ambiente o a la salud humana, no se debe esperar a obtener una certidumbre científica total para adoptar las debidas medidas preventivas (De Cózar Escalante, 2005: p. 134).

La incorporación de este principio así como, en general, la preocupación ambiental dentro de la toxicología la ha llevado a una mayor integración con disciplinas como la química analítica y la biología molecular, entre otras. A su vez, este giro ha vuelto a esta rama de la química un campo de estudio más complejo y dinámico, en que la evaluación a nivel probabilístico de los efectos de las sustancias en sistemas biológicos y ambientales cobra relevancia.

En este marco, ha aparecido el análisis de riesgos como “uno de los principales objetivos de las instituciones nacionales e internacionales implicadas en proteger a las poblaciones y al medio ambiente de los efectos perjudiciales de las sustancias” (Repetto Jiménez y Repetto Kuhn, 2009: p. 450). Como explican Elaine M. Faustman y Gilbert S. Omenn (2008), la metodología de evaluación de riesgos “es la evaluación científica sistemática de los posibles efectos adversos para la salud resultantes de la exposición humana a agentes o situaciones peligrosas” (p. 108), y se ha expandido “notablemente en la década de 1970 ante la creciente necesidad de abordar estos temas y cumplir con los nuevos marcos normativos” (p. 107).

Así pues, la aparición y divulgación de elementos como estos deja en claro que para el desarrollo de la toxicología se ha vuelto decisiva la elaboración de marcos teóricos y metodológicos que permitan comprender la toxicidad como parte de un entramado de interacciones químico-biológicas de gran complejidad, y no como un fenómeno aislado.

4.2.3 La toxicología académica en el abordaje de la crisis ambiental

Como hemos señalado en el apartado anterior, la emergencia de las problemáticas ambientales y la creciente preocupación mundial, cristalizada en la Conferencia de Estocolmo, condujeron a un giro epistemológico en disciplinas como la toxicología. Estos cambios implicaron para el Área Toxicología de la Facultad de Química un fuerte impulso a nivel investigativo.

En las últimas décadas, el Área ha reorientado y ampliado sus líneas de trabajo recalcando la comprensión de las respuestas de los organismos vivos ante la exposición a sustancias químicas. Este enfoque ha tenido aplicaciones relevantes para lo ocupacional y lo ambiental, posicionando a la Facultad como un espacio clave para el abordaje de problemáticas contemporáneas relacionadas con la salud humana y la crisis ambiental.

En esta línea se fue desarrollando, a partir de 1987, el desarrollo de la actividad académica del equipo docente liderado por la Prof. Nelly Mañay e integrado en ese entonces por Adriana Cousillas, Laura Pereira, Elsa Orosa, Osvaldo Rampoldi, Cristina Alvarez y la autora de esta tesis. Los temas ocupacionales, también vinculados a la demanda de asesoramientos por parte de autoridades, empresas y trabajadores, fueron abriendo camino a lo ambiental y generando la capacitación química analítica requerida.

De este modo, fueron gestándose diversos proyectos e investigaciones que dieron origen a una línea de trabajo sólida, plasmada en numerosas publicaciones académicas. Entre ellas, destacamos las siguientes:

- *Blood lead levels in workers exposed to lead in Uruguay and its relation with the kind of activity* (Cousillas, Z.; Heller, T.; Mañay, N.; Orosa, E.; Pereira, L.; Rampoldi, O., 1993).
- *Blood lead in Uruguayan children and possible sources of exposure* (Barregård, L.; Cousillas, Z.; Mañay, N.; Pereira, L.; Sällsten, G.; Schütz, A.; Wilske, J., 1997).
- *Lead contamination in Uruguay* (Cousillas, Z.; Mañay, N.; Pereira, L., 1999).
- *Pesticides in Uruguay* (Álvarez, C.; Heller, T.; Korbut, P.; Mañay, N.; Piastra, C.; Rampoldi, O.; Viapiana, P., 2004).
- *Identificación y evaluación de riesgos en un laboratorio universitario. Medidas sugeridas para controlar los riesgos a los que se encuentran expuestos los estudiantes* (Cousillas, Z.; Heller, T.; Mañay, N.; Viapiana, P., 2004).
- *Evaluation of lead exposure in Uruguayan children* (Álvarez, C.; Coppes, Z.; Cousillas, A.; Cousillas, Z.; Mañay, N.; Pereira, L., 2005).

- *Changes in blood lead levels in Uruguayan populations* (Álvarez, C.; Barañano, R.; Cousillas, A.; Heller, T.; Mañay, N.; Pereira, L., 2006).
- *Lead contamination in Uruguay. The La Teja neighborhood case* (Álvarez, C.; Cousillas, Z.; Heller, T.; Mañay, N., 2008).
- *Comparative study of blood lead levels in Uruguay 1994–2004* (Álvarez, C.; Cousillas, Z.; De Mattos, B.; Heller, T.; Mañay, N.; Pereira, L.; Viapiana, P., 2008).
- *Impacts of multidisciplinary actions on environmental lead exposure in Uruguay* (Álvarez, C.; Cousillas, A.; Heller, T.; Mañay, N.; Pereira, L., 2010).
- *La enseñanza de la toxicología como aproximación al enfoque transdisciplinario: una propuesta de trabajo* (Álvarez, C.; Cousillas, Z.; Heller, T.; Mañay, N., 2010).
- *Hemoglobin status is positively associated with neurodevelopment in lead-exposed preschool children from Montevideo, Uruguay* (Deana, J.; Kordas, K.; Mañay, N.; Queirolo, E., 2012).
- *Blood lead, iron deficiency and IQ in Uruguayan first-graders* (Barg, G.; Kordas, K.; Mañay, N.; Queirolo, E.; Roy, A., 2013).
- *Associations between hair manganese levels and cognitive, language, and motor development in preschool children from Montevideo, Uruguay* (Ardoino, G.; Cicariello, D.; Kordas, K.; Mañay, N.; Queirolo, E.; Rink, S., 2014).
- *An overview of environmental arsenic issues and exposure risks in Uruguay* (Bühl, V.; Cáceres, M.; Mañay, N.; Pistón, M.; Pizzorno, P., 2019).
- *Arsénico en agua subterránea de Uruguay y riesgo a la salud asociado (Proyecto AsURU): resultados preliminares* (Bühl, V.; Collazo, P.; Mañay, N.; Pamoukaghlián, K.; Pizzorno, P., 2020).
- *Human health risk assessment by exposure to arsenic through groundwater in a rural community of San Antonio, Uruguay* (Bühl, V.; Mañay, N.; Pizzorno, P., 2021).

- *Evaluating human health risks associated with groundwater chemical exposure in a rural community of San Antonio, Uruguay* (Bühl, V.; Mañay, N.; Pizzorno, P., 2021).
- *Arsenic exposure assessment: Method development and application in rural populations* (Carreras, H. A.; González, M. N.; Mañay, N.; Martínez, G.; Queirolo, E.; Sánchez, A., 2023).
- *Secular trends in blood lead concentrations of school-age children in Montevideo, Uruguay from 2009 to 2019* (Ahmed, Z.; Barg, G.; Kordas, K.; Mañay, N.; Martínez, G.; Queirolo, E., 2024).
- *Lead exposure, peripheral neurotransmitter levels, and cognitive control: A neurobehavioral study in children from Montevideo, Uruguay* (Barg, G.; Cáceres, N.; González, M. N.; Kordas, K.; Mañay, N.; Martínez, G.; Queirolo, E., 2024).
- *A method for determining toxicologically relevant arsenic species in urine by hydride generation–microwave-induced plasma optical emission spectrometry* (Falchi, L.; Mañay, N.; Martínez, G.; Pizzorno, P.; Queirolo, E., 2024).
- *Developing analytical skills for biomarkers of exposure in a university laboratory for research, health management and risk assessment in Uruguay* (Falchi, L.; Mañay, N.; Martínez, G.; Queirolo, E.; Sánchez, A., 2024).
- *Advances in improving the knowledge of geogenic arsenic distribution in the Salto aquifers, Uruguay* (Alvareda, E. M.; Blanco, G.; Gamazo, P.; Polya, D. A.; Wu, R.; et al., 2024).
- *Lead exposure, peripheral neurotransmitter levels, and cognitive control: A neurobehavioral study in children from Montevideo, Uruguay* (Barg, G.; Cáceres, N.; Kordas, K.; Mañay, N.; Martínez, G.; Queirolo, E., 2025).

Estos trabajos reflejan la consolidación de líneas de investigación orientadas a la evaluación de riesgos ambientales y laborales, el desarrollo de enfoques educativos integradores y la generación de conocimiento aplicado a problemáticas locales, como la crisis del plomo en el

barrio La Teja en 2001, desarrollada en esta Tesis en el punto 4.2.5.2, entre otros casos de relevancia nacional e internacional.

A su vez, es notable que, a través de estos estudios, el Área Toxicología ha apuntado a un renovado diálogo con las Ciencias de la Salud y las Geociencias, especialmente a través de la inclusión de los abordajes de la Ecosalud y la Geología médica. En cuanto a la primera, cabe comentar, brevemente, que, de acuerdo con lo que afirma Dominique F. Charron (2013), la Ecosalud estudia la salud partiendo de la base de que esta “se infiere y determina básicamente en el ámbito de la comunidad o subgrupo” (p. 35). Incorpora en su ámbito de estudio el enfoque ecosistémico, el cual conecta “formalmente las ideas relativas a los factores ambientales y sociales determinantes de la salud con aquellos de la ecología y pensamiento sistémico en un marco de investigación-acción que se aplica principalmente dentro de un contexto de desarrollo social y económico” (Charron, 2013: p. 36). En ese sentido, los enfoques ecosistémicos de la salud se centran en cómo las dimensiones ecológicas y socioeconómicas de un contexto influyen en la salud humana, y consideran cómo las actividades humanas afectan los ecosistemas, la calidad de estos, los servicios que brindan y su sostenibilidad (Charron, 2013: p. 36). Podemos decir, en síntesis, que el abordaje de Ecosalud tiene tres metas u objetivos principales, que son la sustentabilidad, la equidad social y de género y la participación. A su vez, los tres pilares fundamentales de su metodología son el pensamiento sistémico, la transdisciplinariedad y el principio de conocimiento/investigación para la acción

En cuanto a la la Geología médica, cabe tomar aquí la definición brindada por J.E. Bunnell, R. B. Finkelman, J. A. Centeno y O. Selinus (2007), en su artículo *Medical Geology: a globally emerging discipline*:

“La Geología Médica es la ciencia que estudia los impactos de los materiales y procesos geológicos en la salud humana y animal. En este sentido, la Geología Médica requiere la colaboración entre geocientíficos e investigadores del ámbito biomédico y de la salud pública para abordar problemas de salud causados o agravados por materiales geológicos como elementos traza, rocas, minerales, agua, petróleo, así como por procesos geológicos como erupciones volcánicas, terremotos y polvo” (p. 274).

En definitiva, se trata de una disciplina que promueve un enfoque interdisciplinario para comprender mejor la influencia del entorno geológico natural en la salud, y así poder prevenir o mitigar sus efectos adversos. Como señalan José A. Centeno, Elena Giménez Forcada y Pilar Pena Búa, en el campo de esta disciplina, “profesionales y científicos vinculados con diferentes ramas de la ciencia (geólogos, médicos, farmacéuticos, químicos, toxicólogos, epidemiólogos, hidrogeólogos, geógrafos, etc.) buscan una relación causa-efecto en los patrones de salud ambiental” (pp. 164-165). Como referencia para entender su enfoque puede ser útil la página web oficial de la Asociación Internacional de Geología médica.¹⁰

La incorporación de los enfoques de ecosalud y geología médica en el Área de Toxicología de la Facultad de Química ha permitido consolidar una perspectiva integradora, orientada al estudio y la evaluación de los riesgos asociados a agentes tóxicos presentes en el ambiente. Esta ampliación ha tenido repercusiones significativas en el ámbito académico, reflejadas tanto en la producción de publicaciones científicas como en la enseñanza, a través de las unidades curriculares impartidas en el Área.

En línea y como consecuencia de este impulso de las últimas décadas, desde el año 2003 el Área Toxicología cuenta con el Centro Especializado en Química Toxicológica (CEQUIMTOX), que constituye un hito institucional en la consolidación de la toxicología.¹¹ Este centro dispone de un laboratorio altamente especializado para el desarrollo y la realización de análisis toxicológicos, lo cual ha ampliado la capacidad técnica del equipo, y a su vez, ha abierto nuevas posibilidades de vinculación con el medio, a través de servicios, asesoramiento y proyectos de investigación aplicada.

Un testimonio significativo sobre el desarrollo reciente de la toxicología en el ámbito institucional se recoge en la entrevista realizada al Prof. Dr. Patrick Moyna en el año 2024, en el marco de esta investigación. El ex-decano de la Facultad destacó especialmente el crecimiento del Área Toxicología, en materia de investigación, haciendo hincapié en el notable impulso que esta disciplina ha tenido desde el período postdictatorial, a partir de 1987, hasta la actualidad:

¹⁰ Acceso a la página web oficial de la Asociación Internacional de Geología médica: <https://medicalgeology.org/>

¹¹ CEQUIMTOX cuenta con una página oficial propia, a la cual se puede acceder a través del siguiente enlace: <http://www.cequimtox.fq.edu.uy/>

“Uds. son la mejor época de la Toxicología en Facultad de Química. No sé si esto te sirve, pero poca cosa más en mi memoria. Eso sí, muy bien lo de escribir sobre la historia, porque tenemos que saber de dónde venimos, para saber adonde podemos llegar”.

En definitiva, el giro epistemológico que ha dado la toxicología ha implicado para la Facultad de Química un fuerte empuje a nivel académico e investigativo. Desde los estudios pioneros sobre plomo y pesticidas hasta las recientes investigaciones sobre arsénico, se evidencia un claro avance hacia una toxicología comprometida con las problemáticas ambientales y de salud pública. La adopción de enfoques ecosistémicos y de geología médica ha favorecido una perspectiva interdisciplinaria que vincula activamente a las Ciencias de la Salud y las Geociencias. A su vez, la creación del Laboratorio CEQUIMTOX y el énfasis en la aplicación local de proyectos, como los desarrollados en barrios vulnerables y comunidades rurales, confirman que el Área Toxicología no solo ha consolidado su perfil académico, sino que también ha fortalecido su compromiso social.

4.2.4 La educación ambiental y el desarrollo sustentable

En los dos apartados anteriores, recalcamos cómo el surgimiento de las problemáticas ambientales y la preocupación mundial en torno a ellas, manifestada en eventos a nivel internacional de gran resonancia como la Conferencia de Estocolmo, condujeron a un giro epistemológico relevante a nivel académico en cuanto a la toxicología como disciplina. Por otro lado, es claro que este cambio trajo consigo importantes transformaciones a nivel educativo, y no meramente académico o investigativo. Como señala De Rojas Martínez-Parets (1994), uno de los principios que se resaltaron en la Conferencia antedicha fue el de que “es indispensable una labor de educación y concienciación en la protección del ambiente y de información en cuanto a la defensa y situación del mismo” (p. 265).

Así es como surge el concepto de educación ambiental, el cual, según José Antonio Caride Gómez (1991), refiere a:

“Una acción educativa permanente por la cual la comunidad educativa tiende a la toma de conciencia de su realidad global, del tipo de relaciones que los hombres establecen entre sí y con la naturaleza, de los problemas derivados de dichas relaciones y sus causas profundas. Ella desarrolla mediante una práctica que vincula al educando con la comunidad, valores y actitudes que promueven un comportamiento dirigido hacia la transformación superadora de esa realidad, tanto en sus aspectos naturales como sociales, desarrollando en el educando las habilidades y aptitudes necesarias para dicha transformación” (p. 59).

Así también explica Carlos Severiche-Sierra (2016) que la educación ambiental es la herramienta elemental destinada a que todas las personas adquieran “conciencia de la importancia de preservar su entorno y sean capaces de realizar cambios en sus valores, conducta y estilos de vida, así como ampliar sus conocimientos para impulsarlos a la acción mediante la prevención y mitigación de los problemas existentes y futuros” (p. 269).

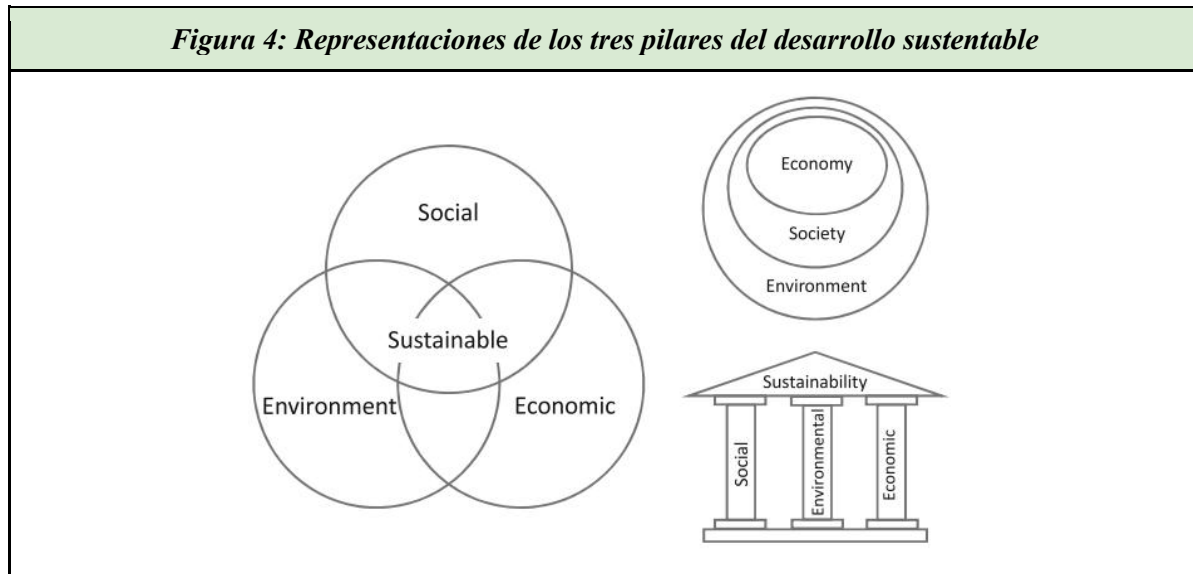
Uno de los elementos clave para la educación ambiental que destacan los autores es el desarrollo de una conciencia crítica fundada sobre los tres pilares del desarrollo sostenible. En este sentido, Strange y Bailey (2008) afirman que:

“En el núcleo del desarrollo sostenible se encuentra la necesidad de considerar conjuntamente los “tres pilares”: la sociedad, la economía y el medio ambiente. Independientemente del contexto, la idea fundamental sigue siendo la misma: las personas, los hábitats y los sistemas económicos están interrelacionados. Podemos ignorar esa interdependencia durante algunos años o décadas, pero la historia ha demostrado que, tarde o temprano, alguna alarma o crisis nos lo recuerda” (Strange y Bailey, 2008: p. 27).

Desde esta mirada, uno de los objetivos primordiales de la educación ambiental es promover un cambio de mentalidad en las personas, de modo que incorporen activamente la noción de desarrollo sostenible, basada en la interdependencia de estos tres pilares fundamentales.

Diferentes autores han representado gráficamente esta estructura conceptual. A continuación, se muestra una figura comparativa (figura 4) extraída de Purvis, Mao y Robinson (2018),

donde se presentan distintas formas de visualizar los tres pilares del desarrollo sostenible: a la izquierda, la representación tradicional mediante tres círculos que se intersectan; a la derecha, representaciones alternativas, como pilares verticales o el enfoque de círculos concéntricos.



Ahora bien, ante el imperativo de incorporar un enfoque ambiental en la educación, se hizo evidente la necesidad de traducir este cambio en acciones pedagógicas concretas. Así, el Programa Internacional de Educación Ambiental (PIEA), mencionado anteriormente, tuvo como objetivo impulsar una transformación profunda en las prácticas educativas, a partir de metas claras y operativas. Entre ellas, se destacó la promoción tanto de “la elaboración y evaluación de nuevos materiales, planes de estudio, materiales didácticos y programas en el campo de la EA como el adiestramiento y actualización de personal clave para su desarrollo” (Bautista-Cerro, Murga-Menoyo y Novo, 2019: p. 4).

En el marco de la implementación del PIEA, tuvo lugar en 1975 el Seminario Internacional de Educación Ambiental en la ciudad de Belgrado, en el que se firmó la célebre Carta de Belgrado. Esta declaración, cuestionando el modelo de desarrollo vigente en la mayoría de los países y apuntando a reajustar las prioridades mundiales, asume un nuevo concepto de desarrollo “como un proceso centrado en las necesidades de todos los ciudadanos de la Tierra, el equilibrio y la armonía de la humanidad y el medio ambiente” (Bautista-Cerro, Murga-Menoyo y Novo, 2019: p. 4).

Según explica María Novo, en el documento se establecen seis objetivos para la educación ambiental, los que se resumen a continuación.

En primer lugar, la **conciencia**: se debe ayudar a las personas y a los diversos grupos sociales a incorporar una mayor sensibilidad y concientización del valor del medio ambiente en general (Novo, 1995: p. 42). Sin esta conciencia y reconocimiento personal del valor del medio ambiente se vuelve infructuoso cualquier intento de cambio de actitud.

En segundo lugar, **conocimientos**: se les debe brindar a los individuos una comprensión clara de los aspectos fundamentales del medio ambiente, de los problemas ambientales y de la interacción entre la humanidad y el entorno. Como señala la propia Carta de Belgrado (1975), las personas deben “adquirir una comprensión básica del medio ambiente en su totalidad, de los problemas conexos y de la presencia y función de la humanidad en él, lo que entraña una responsabilidad crítica” (p. 3).

En tercer lugar, **actitudes**: la educación ambiental debe ayudar a las personas a adquirir valores sociales y un profundo interés por el medio ambiente, junto con una preocupación por su protección y mejoramiento (Novo, 1995: p. 42). La conciencia y el conocimiento de las cuestiones más fundamentales del medio ambiente deben conducir hacia una actitud vital concreta.

En cuarto lugar, **aptitudes**: la educación ambiental debe ayudar a las personas a desarrollar habilidades necesarias para abordar y resolver los problemas ambientales, aplicando soluciones eficaces en situaciones concretas.

En quinto lugar, **capacidad de evaluación**: se le debe enseñar a las personas a evaluar de manera crítica las políticas, programas y acciones relacionadas con la educación ambiental. Como explica la Carta (1975), esta capacidad valorativa debe considerar “los factores ecológicos, políticos, sociales, estéticos y educativos” (p. 3).

Por último, **participación**: se debe lograr un involucramiento de las personas en la cuestión ambiental, generando en ellas una capacidad de acción y ayudándolas a prestar atención a los problemas del medio ambiente y adoptar medidas adecuadas al respecto (Novo, 1995: p. 42).

Tras la Conferencia de Estocolmo, en 1987 la Unesco, el PNUMA y el gobierno de la URSS organizaron en Moscú el Congreso Internacional sobre Educación y Formación Ambiental, en el que se estableció la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también conocida como la Comisión Brundtland. “El objetivo de esta comisión fue estudiar los problemas ambientales de manera global. Para ello, se encargaron estudios y se convocaron conferencias públicas en todo el mundo” (Bautista-Cerro, Murga-Menoyo y Novo, 2019: p. 6). Como resultado de este trabajo, se escribió el Informe Brundtland, titulado propiamente *Nuestro Futuro Común* (“Our Common Future”). En él, se analizan los problemas de economía, desarrollo y medio ambiente, con la pregunta de si es posible un desarrollo que respete al ambiente.

El Informe Brundtland dio lugar a la definición más popular de desarrollo sostenible, que sigue siendo clave para los actuales desarrollos de paradigmas ambientales a todo nivel: humano, académico, práctico, empresarial, económico, filosófico, político y social. Esta es reconocida como la definición “más comúnmente utilizada en la esfera política, institucional y científica tanto nacional como internacional en el intenso y rico debate sin precedentes sobre la sostenibilidad planetaria” (López Pardo, 2015: 112). Según el informe, el desarrollo sostenible es “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987: p. 8). En otras palabras, es aquel que permite cubrir las necesidades y aspiraciones del presente sin poner en riesgo o afectar la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas. Según el Informe, este concepto de desarrollo sostenible debe ser adoptado por todas las naciones del mundo “como el principal objetivo de las políticas nacionales y de la cooperación internacional” (Larrouyet, 2015: p. 6). María Novo (1996) explica que esta definición, muy relevante para la educación ambiental, “supone tomar en cuenta el equilibrio social y ecológico como garantía de un planeta que se desenvuelve, sin poner en peligro la idea de una humanidad en armonía entre sí y con la naturaleza” (p. 79).

La obra “El principio de la responsabilidad” del filósofo alemán Hans Jonas (1903 - 1993) también contribuyó significativamente a la elaboración conceptual de estas temáticas, que tiene como enunciado fundamental que debemos cuidar responsablemente el ambiente, para dejarlo como herencia a las generaciones futuras, asegurándoles un mundo en que sea posible

una vida digna (Jonas, 1995: p. 38). Esta célebre obra constituye un llamado a asumir la responsabilidad del ser humano ante los daños que inflige sobre la naturaleza, en el contexto de la tecnología moderna y sus consecuencias a gran escala. Jonas advierte que el desarrollo tecnológico ha generado impactos de tal magnitud que superan los márgenes de la ética tradicional, exigiéndonos replantearnos los principios de la responsabilidad humana. La capacidad del ser humano para transformar el entorno ya no se limita a daños puntuales, delimitados o reversibles, sino que alcanza dimensiones globales, afectando la totalidad de la biosfera. Así, señala el autor:

“La técnica moderna ha introducido acciones de magnitud tan diferente, con objetos y consecuencias tan novedosos, que el marco de la ética anterior no puede ya abarcarlos. (...) Tómese, por ejemplo, como primer y mayor cambio sobrevenido en el cuadro tradicional, la tremenda vulnerabilidad de la naturaleza sometida a la intervención técnica del hombre, una vulnerabilidad que no se sospechaba antes de que se hiciese reconocible en los daños causados. Este descubrimiento, cuyo impacto dio lugar al concepto y a la incipiente ciencia de la investigación medioambiental (ecología), modifica el entero concepto de nosotros mismos como factores causales en el amplio sistema de las cosas. Esa vulnerabilidad pone de manifiesto, a través de los efectos, que la naturaleza de la acción humana ha cambiado de facto y que se le ha agregado un objeto de orden totalmente nuevo, nada menos que la entera biosfera del planeta, de la que hemos de responder, ya que tenemos poder sobre ella. ¡Y es un objeto de tan imponentes dimensiones que todo objeto anterior de la acción humana se nos antoja minúsculo! La naturaleza, en cuanto responsabilidad humana, es sin duda un *novum* sobre el cual la teoría ética tiene que reflexionar” (Jonas, 1995: p. 32).

Remarcando el abuso que ha ejercido el hombre en su dominio sobre la naturaleza, Jonas contribuyó significativamente a un cambio de paradigma a nivel ético, subrayando y problematizando la capacidad del ser humano de alterar radicalmente el medio ambiente. Hasta el momento, se entendía que “la naturaleza no era objeto de responsabilidad humana, pues cuidaba de sí misma. La ética tenía que ver con el aquí y ahora” (De Siqueira, 2001: p. 279). Llamándonos la atención sobre los cambios significativos que ha traído consigo la técnica moderna, Jonas insiste que es necesaria una nueva moral. Cuestiona el paradigma

moral moderno representado por el imperativo categórico de Kant –cuyo mandato afirma: “Obra de tal modo que puedas querer también que tu máxima se convierta en ley universal”–, y en su lugar propone un nuevo imperativo moral adecuado a la magnitud del poder humano sobre la naturaleza: “«Obra de tal modo que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida humana auténtica en la Tierra»; o, expresado negativamente: «Obra de tal modo que los efectos de tu acción no sean destructivos para la futura posibilidad de esa vida»” (Jonas, 1995: p. 39).

Estos enunciados, que constituyen un verdadero cuasi decálogo ético, impulsaron la elaboración de un marco filosófico y normativo orientado a repensar la relación entre humanidad y naturaleza, y sirvieron de fundamento para el desarrollo de los principios del desarrollo sustentable.

En esta misma línea comenzaron a surgir nuevos enfoques científicos, entre ellos el de la química verde, propuesto por Paul T. Anastas y John C. Warner en 1988. Esta expresión refiere a la química que “utiliza de manera eficiente la materia prima, elimina la generación de residuos y evita el uso de reactivos y solventes tóxicos y/o peligrosos, en la producción y aplicación de productos químicos” (Arreche, Igal y Vázquez, 2015, p. 2). Como promotora de un enfoque ecológico, su objetivo es “minimizar los riesgos a la salud y al medio ambiente, reducir la generación de desechos y prevenir la contaminación” (Doria Serrano, 2015, p. 412). En palabras de los propios Anastas y Warner (2000), se trata de “una nueva manera de concebir los productos químicos y sus procesos de producción, con el fin de minimizar cualquier efecto ambiental negativo” (p. 9), y consiste en “la utilización de un conjunto de principios que reducen o eliminan el uso o la generación de sustancias peligrosas en el diseño, la fabricación y la aplicación de productos químicos” (p. 11).

Estos principios son doce, y entre ellos se destacan, por ejemplo, el principio de prevención, que sostiene que “es mejor prevenir la generación de residuos que tratarlos o limpiarlos una vez que se han producido” y el principio de economía atómica, según el cual “los métodos de síntesis deben diseñarse para maximizar la incorporación de todos los materiales utilizados en el proceso en el producto final” (p. 30). En el anexo 7.2, se puede consultar el listado de todos los principios.

Así pues, reflexiones y propuestas como las anteriormente expuestas contribuyeron de manera significativa a la elaboración y consolidación de una nueva mentalidad en el abordaje científico, más atenta a las implicancias éticas y ambientales del conocimiento. En este contexto, comenzó a adquirir mayor centralidad un concepto clave: el de desarrollo sostenible, que alcanzó proyección y reconocimiento internacional en 1992, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro.

Este encuentro internacional estableció como base “la generación de nuevos niveles de cooperación entre los estados que permitan llegar a acuerdos que respeten los intereses colectivos, protegiendo las condiciones del medio natural” (Madroñero-Palacios y Guzmán-Hernández, 2019: p. 125). Su convocatoria fue importante: “reunió a más de 100 jefes de Estado, representantes de 179 gobiernos, así como a representantes de los empresarios, trabajadores, ONGs, organizaciones sociales de mujeres, jóvenes y pueblos indígenas alcanzando un histórico nivel de representatividad y participación” (Larrouyet, 2015: p. 6). En la conferencia, “se desarrollaron dos foros paralelos: La Cumbre de la Tierra, a la cual asistieron los Jefes de Estado o representantes gubernamentales de alrededor de 160 países, y el Foro Global, donde la sociedad civil pudo reflexionar sobre los problemas del desarrollo y el medio ambiente, y que reunió a más de 15.000 personas” (Bautista-Cerro, Murga-Menoyo y Novo, 2019: p. 6).

Como consecuencia, la conferencia tuvo la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, cuyo primer principio afirma: “Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza” (Organización de las Naciones Unidas, 1992).¹² Así también, el principio N° 7 declara: “Los Estados deberán cooperar con espíritu de solidaridad mundial para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad del

¹² Organización de las Naciones Unidas (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm> (recuperado el 18 de febrero de 2025).

ecosistema de la Tierra” (Organización de las Naciones Unidas, 1992).¹³ Asimismo, cabe mencionar que, en el principio N° 15, la Declaración consagra el principio de precaución, según el cual “cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente” (Organización de las Naciones Unidas, 1992).¹⁴

Como señala Iván López Pardo (2015), estos encuentros tienen como consecuencia la elaboración de un programa político orientado al cambio: “Como resultado, bajo el corpus de argumentos favorables al concepto de sostenibilidad y desarrollo sostenible, la capacidad de transformación y cambio social de esta noción se traduce ante todo en su influencia sobre la agenda política que se configura a partir del nuevo discurso de los derechos en torno al desarrollo” (p. 116). En este caso, en el marco de la conferencia, se firmó la Agenda XXI, un programa asentado sobre los principios del desarrollo sostenible, que buscó dar orientaciones clave para la transición hacia la sostenibilidad local. Este documento constituyó un llamado a todas las naciones “para que impulsaran la participación ciudadana, con el objetivo de alcanzar el desarrollo económico y ambientalmente sostenible en todos los territorios que administrasen” (Martín Lou y Martínez Vega, 2002: p. 185). Dentro de sus pilares, destacó la educación ambiental estableciendo:

De acuerdo a todo lo relatado anteriormente, la educación es de importancia crítica para promover el desarrollo sostenible y aumentar la capacidad de las poblaciones para abordar cuestiones ambientales y de desarrollo. (...) Tanto la educación académica como la no académica son indispensables para modificar las actitudes de las personas de manera que éstas tengan la capacidad de evaluar los problemas del desarrollo sostenible y abordarlos. La educación es igualmente fundamental para adquirir conciencia, valores y actitudes, técnicas y

¹³ Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm> (recuperado el 18 de febrero de 2025).

¹⁴ Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm> (recuperado el 18 de febrero de 2025).

comportamiento ecológicos y éticos en consonancia con el desarrollo sostenible y que favorezcan la participación pública efectiva en el proceso de adopción de decisiones (Organización de las Naciones Unidas, 1992).¹⁵

Además de estos documentos, en el marco del Foro Global de la conferencia se redactó el Tratado de Educación Ambiental para Sociedades Sustentables y Responsabilidad Global, en el que se considera que “las causas primarias de problemas como: el aumento de la pobreza, la degradación humana y ambiental y la violencia, son consecuencias del modelo económico y de civilización imperante” (Bautista-Cerro, Murga-Menoyo y Novo, 2019: p. 7). En este tratado, se señala que la educación ambiental no es neutral, sino que implica la afirmación de ciertos valores y de un llamado a la responsabilidad, como comentaremos también más adelante en este trabajo de investigación:

“Consideramos que la educación ambiental para una sociedad sustentable equitativa es un proceso de aprendizaje permanente, basado en el respeto a todas las formas de vida. Tal educación afirma valores y acciones que contribuyen para la transformación humana y social y para la preservación ecológica. Ella estimula la formación de sociedades socialmente justas y ecológicamente equilibradas, que conserven entre sí una relación de interdependencia y diversidad. Esto requiere responsabilidad individual y colectiva a nivel local, nacional y planetario” (Organización de las Naciones Unidas, 1992).¹⁶

En ese sentido, afirma María Novo (1996) que el Tratado “realmente muestra el compromiso de la sociedad civil con el cambio”, a la vez que, de forma paralela, “plantea la exigencia de que los gobiernos cambien, que es algo que se estaba reclamando desde el Foro Global” (p. 84). No es —explica la autora— un tratado escrito por los políticos y por autoridades desvinculadas de las problemáticas sociales: “está hecho por los ciudadanos que están

¹⁵ Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Agenda 21: Capítulo 36 – Promover la educación, la toma de conciencia pública y la capacitación*.

Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter36.htm> (recuperado el 18 de febrero de 2025).

¹⁶ *Tratado sobre educación ambiental para sociedades sustentables y responsabilidad global*. (1992). Disponible en: <https://ututo.org/sma/digesto/inter/node190.htm> (recuperado el 18 de febrero de 2025).

sufriendo los problemas ambientales, con una gran representación de los países en vías de desarrollo” (Novo, 1996: p. 84).

Cabe mencionar que, en continuidad con la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la Organización de las Naciones Unidas también redactó en 1992 –y puso en vigor en 1993– el Convenio sobre la diversidad biológica, el primer acuerdo a nivel mundial que trata todos los aspectos referidos a la diversidad biológica. En él, se declara el valor intrínseco de la naturaleza y, resaltando el papel de los ecosistemas y la biodiversidad en los diversos países, se exige “realizar un uso racional de los mismos, entendiendo que su valor no radica en los beneficios o servicios que cada recurso brinda” (Madroñero-Palacios y Guzmán-Hernández, 2019: p. 125).

Un par de años después, la UNESCO organizó la Conferencia internacional Medio Ambiente y Sociedad: Educación y Sensibilización para la Sostenibilidad, que tuvo lugar en Salónica (Grecia) del 8 al 12 de diciembre de 1997. En ella participaron figuras de numerosas organizaciones gubernamentales, intergubernamentales y no gubernamentales (ONGs). En la conferencia, se resaltó que la educación y la sensibilización a estas temáticas “constituyen uno de los pilares de acción en favor de la sostenibilidad, junto con la legislación, la economía y la tecnología” (Organización de las Naciones Unidas, 1997).¹⁷ Asimismo, se declaró que la educación debe reorientarse hacia la sostenibilidad tanto a nivel formal, como no formal e informal, y, además, en todos los países.¹⁸ A su vez, esta reorientación debe abarcar todas las disciplinas, que deben abordar la problemática ambiental de forma interdisciplinaria:

¹⁷ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (1977). *Declaración de Salónica*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/documentos/salonica.html> (recuperado el 18 de febrero de 2025).

¹⁸ Cabe aclarar que la educación formal remite a aquella que se brinda en instituciones educativas estructuradas, a través de un determinado plan de estudio y una certificación formal. Por otro lado, la educación no formal es aquella que se da por fuera del sistema escolar tradicional, pero que implica cierto grado de organización y se da por medio de cursos, capacitaciones o talleres. Por último, la educación informal es aquella que se da espontáneamente en la vida diaria, ya sea dentro o fuera de instituciones formales, a través de la convivencia, la observación y el intercambio humano.

Es interesante observar que este énfasis en lo informal y no formal de la educación ambiental aparece ya, según María Novo, en el Congreso Internacional sobre Educación y Formación Ambiental, organizado en Moscú en 1987: “Definitivamente en Moscú se ve claro que la escuela y lo que está fuera de la escuela tienen que fundirse

“Todos los ámbitos de estudio, incluidas las ciencias sociales y humanas, deben tratar las cuestiones relativas al medio ambiente y al desarrollo sostenible. La cuestión de la sostenibilidad debe ser abordada según una aproximación holística, interdisciplinaria, en la que las diferentes disciplinas e instituciones se mezclan, conservando cada una su identidad propia” (Organización de las Naciones Unidas, 1997).¹⁹

Tres años después se escribe la Declaración del Milenio, aprobada por la Organización de las Naciones Unidas el 8 de septiembre del año 2000. La Declaración “insiste en los valores que han de regir las relaciones internacionales: la libertad, la igualdad, la solidaridad, la tolerancia, el respeto a la naturaleza y la responsabilidad común” (Bautista-Cerro, Murga-Menoyo y Novo, 2019: p. 7). Como resultado, la conferencia tiene los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), en la que se busca consolidar los planteos discutidos en los diversos encuentros de la década de los 90s.

Poco después, en el año 2002, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible, que abarcaría del 2005 al 2014. Entendiendo que el desarrollo sostenible exige conciliar el crecimiento económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente, esta declaración subraya que “el desarrollo sostenible implica una visión diferente del mundo” y destaca el papel fundamental de la educación como motor de cambio, afirmando que “para mejorar nuestra calidad de vida es preciso cambiar nuestro aprendizaje”.²⁰

En continuidad con los planteos desarrollados en los encuentros mencionados, en 2002, en Johannesburgo (Sudáfrica) se realizó la Conferencia sobre Desarrollo Sostenible, que no proclama nuevos principios importantes, sino que sigue la línea trazada por la conferencia. En

para hacer E.A. [Educación Ambiental]. Que es muy importante que la E.A. formal, la no formal y la informal constituyan un sistema y, como elementos del mismo, se realimenten y se apoyen” (Novo, 1996: p. 81).

¹⁹ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (1977). *Declaración de Salónica*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/documentos/salonica.html> (recuperado el 18 de febrero de 2025).

²⁰ UNESCO (2007). *Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible, 2005–2014*. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141629_spa (recuperado el 29 de junio de 2025).

la Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible, se establecen cuatro principios fundamentales en la búsqueda de un mundo justo y en paz: integrar de las diversas dimensiones –social, económica, cultural y ambiental– del desarrollo sostenible, alcanzar la autonomía local facilitando los recursos financieros necesarios para la participación democrática de los ciudadanos, promover el buen gobierno, con transparencia y acceso equitativo a unos servicios eficientes a todos los ciudadanos, y fomentar la cooperación y solidaridad para el intercambio de experiencias (Martín Lou y Martínez Vega, 2002: pp. 185-186).

En el medio de estos desarrollos en referencia a lo ambiental, el año 2011 es declarado por Naciones Unidas como Año Internacional de la Química (*International Year of Chemistry, IYC*), para destacar su fuerte presencia en la vida diaria, sus beneficios y no solo sus impactos negativos derivados de su presencia en el medio ambiente a partir de la Revolución Industrial y la Revolución Verde: “La enseñanza y la apreciación de la química son fundamentales para abordar problemas como el cambio climático mundial, ofrecer fuentes sostenibles de agua potable, alimentos y energía, y mantener un medio ambiente sano para el bienestar de todas las personas”.²¹

En 2012, tiene lugar la Conferencia *The future we want* (“El futuro que queremos”) nuevamente en Río de Janeiro. Esta declaración sobre el desarrollo sostenible y la economía verde establece diversos objetivos de sostenibilidad que incluyen la educación:

“Reconocemos que las generaciones más jóvenes son los guardianes del futuro y la necesidad de mejorar la calidad y el acceso a la educación más allá del nivel primario. Por lo tanto, nos comprometemos a fortalecer la capacidad de nuestros sistemas educativos para preparar a las personas en el desarrollo sostenible, lo que incluye una mejor formación docente, el desarrollo de planes de estudio sobre sostenibilidad, la creación de programas de capacitación que preparen a los estudiantes para carreras en áreas relacionadas con la sostenibilidad y un uso más eficaz de las tecnologías de la información y la comunicación para mejorar los resultados del aprendizaje. Hacemos un llamado a una mayor cooperación entre

²¹ Organización de las Naciones Unidas (2008). *Año Internacional de la Química, 2011*. Disponible en: <https://www.un.org/es/events/chemistry2011/> (recuperado el 18 de febrero de 2025).

escuelas, comunidades y autoridades en los esfuerzos por promover el acceso a una educación de calidad en todos los niveles” (Organización de las Naciones Unidas, 2012: p: 56).

Cabe mencionar que, en esta conferencia, se destaca como acontecimiento paralelo que varios ministros de Cultura de América Latina agregaron la “Cultura” como 4º pilar del Desarrollo sustentable.

En septiembre de 2015, se celebró en Nueva York la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, en la que se desarrolló la Agenda 2030, en la cual “se determinaron las prioridades y áreas de acción en favor del desarrollo sostenible para los próximos decenios, y donde se demostró que la comunidad internacional es cada vez más consciente de la necesidad de integrar la cultura en esta Agenda” (Organización de las Naciones Unidas, 2016: p. 16). La agenda incluye un conjunto de metas globales para combatir la pobreza, y lograr un desarrollo sostenible que proteja el planeta y permita la prosperidad.²²

A continuación, presentamos un listado (tabla 5) con los diversos elementos enumerados a lo largo de esta cronología:

<i>Tabla 5: Listado de los hitos, las conferencias o los documentos mencionados</i>	
1972	Cumbre de Estocolmo (Estocolmo, Suecia)
1975	Programa Internacional de Educación Ambiental o (Belgrado, Yugoslavia) - Carta de Belgrado
1979	Publicación de “El principio de Responsabilidad” de Hans Jonas (Alemania)
1987	Congreso Internacional sobre Educación y Formación Ambiental (Tbilisi, Georgia) - Informe Brundtland o <i>Nuestro Futuro Común</i>
1992	Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, Brasil)

²² Organización de las Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/> (recuperado el 29 de junio de 2025).

	<ul style="list-style-type: none"> - Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, Brasil) - Agenda XXI - Tratado de Educación Ambiental para Sociedades Sustentables y Responsabilidad Global - Convenio sobre la Diversidad Biológica
1997	Conferencia internacional Medio Ambiente y Sociedad: Educación y Sensibilización para la Sostenibilidad (Salónica, Grecia)
2000	Declaración del Milenio: Objetivos de Desarrollo del Milenio (Nueva York, Estados Unidos)
2002	Década de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible
2002	Conferencia sobre Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, Sudáfrica) <ul style="list-style-type: none"> - Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible
2011	Año Internacional de la Química
2012	Conferencia <i>The future we want</i> (Río de Janeiro, Brasil)
2015	Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Nueva York, Estados Unidos) <ul style="list-style-type: none"> - Agenda 2030

En definitiva, el conjunto de hitos, conferencias y documentos recopilados muestra cómo, desde mediados del siglo XX hasta la actualidad, se ha configurado una época caracterizada por la creciente relevancia social de la cuestión ambiental. Esta progresiva toma de conciencia ha impulsado transformaciones en las políticas públicas, especialmente en el ámbito educativo, al incorporar el desarrollo sostenible como elemento clave o principio orientador. Además, observamos cómo en este proceso la educación ambiental se vincula con disciplinas científicas como la química, que desempeñan un rol clave en la comprensión y solución de los desafíos ecológicos actuales.

4.2.5 Algunos hitos relativos al desarrollo sostenible en Uruguay

4.2.5.1 Normativa legal nacional en referencia al ambiente

Tras haber hecho un recorrido por los hitos clave para la consolidación y promoción del desarrollo sostenible a nivel mundial, junto la necesidad de una educación ambiental, cabe

hacer una breve mención a los acontecimientos relevantes a nivel nacional respecto de esta temática.

Lo primero que debemos mencionar aquí es la creación del Instituto Nacional para la Preservación del Medio Ambiente en 1972 por medio de la Ley N° 14.053, en vistas a la participación con una delegación en la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en Estocolmo. En el artículo 4 de la Ley, se explicita que “el objeto del Instituto que se crea por la presente ley, es el de atender todo lo que se refiere a la conservación del medio ambiente humano, a la preservación de los recursos naturales y a la promoción del aumento de los mismos” (Registro Nacional de Leyes y Decretos, 1972).²³

Nuestro país demostró ser pionero en el abordaje de estas temáticas, prescribiendo al Instituto tareas como las de mantener el “equilibrio biológico y cuidado de la biósfera, atendiendo las consecuencias que sobre la naturaleza acarrea el empleo de biocidas”, así como procurar el “cuidado de los recursos naturales, bosques, corrientes y depósitos de agua, etc”, y evaluar las “consecuencias que sobre el medio puedan tener como elementos contaminantes los desechos de procesos industriales y de consumo, los detritus de ciudades, emanaciones de combustión, y de las variadas formas del desarrollo tecnológico” (Registro Nacional de Leyes y Decretos, 1972).²⁴

Poco después, entre 1973 y 1984, Uruguay ratificó diversos convenios internacionales en materia ambiental. Por ejemplo, firmó el Convenio sobre la Diversidad Biológica mencionado anteriormente, orientado a la conservación de la diversidad biológica y al desarrollo sostenible. Orientado a un enfoque integral para la conservación de la diversidad biológica, el Convenio “entró en vigor el 29 de diciembre de 1993 y es el principal instrumento jurídico vinculante orientado a la conservación de la diversidad biológica” (Ministerio de Ambiente de Uruguay, 2020: p. 1).

²³ Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (1972). *Ley N° 14 053: Creación del Instituto para la preservación del medio ambiente*. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/14053-1971> (recuperado el 19 de febrero de 2025).

²⁴ Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (1972). *Ley N° 14 053: Creación del Instituto para la preservación del medio ambiente*. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/14053-1971> (recuperado el 19 de febrero de 2025).

Nuestro país también participó, a modo de ejemplo, en el Protocolo de Cartagena, tratado internacional que se centró “en el movimiento transfronterizo de Organismos Vivos Modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica” (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).²⁵ Adoptado el 29 de enero de 2000 como acuerdo complementario al Convenio sobre Diversidad Biológica, este tratado internacional fue ratificado por Uruguay el 12 de agosto de 2011 a través de la Ley N° 18.792 y entró en vigor el 31 de enero de 2012.

En 1978, fue importante la creación del Código de Agua, legislación avanzada para su momento, aprobada por decreto de la Ley N° 14.859. Según afirma Marcelo J. Cousillas (2003), este código “ha demostrado ser una norma armónica y completa, basada en criterios avanzados para la época, que no necesariamente resultaron coartados por el excepcional período de gobierno que atravesaba el país. Tales criterios, en buena medida se mantienen actualizados, respondiendo a lo que la doctrina actualmente denomina «gestión integrada del agua»” (p. 23).

A partir del retorno de la democracia se creó, en 1990, por medio de la Ley N° 16.112, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. En el artículo 3, la ley señala como propósito aspectos como “la formulación, ejecución, supervisión y evaluación de los planes nacionales de protección del medio ambiente y la instrumentación de la política nacional en la materia” (Registro Nacional de Leyes y Decretos, 1990).²⁶ También se propondría el Ministerio “centralizar, organizar, compatibilizar y difundir públicamente toda

²⁵ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, España (s. f.). *Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/protocolo-cartagena.html> (recuperado el 20 de febrero de 2025).

²⁶ Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (1990). *Ley N° 16 112: Derecho de acceso a la información ambiental*. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16112-1990> (recuperado el 19 de febrero de 2025).

la información relacionada con el estado del ambiente nacional, a través del Observatorio Ambiental Nacional” (Registro Nacional de Leyes y Decretos, 1990).²⁷

Poco después, en 1992, año en que tendría lugar el Convenio sobre la Diversidad Biológica mencionado, Uruguay elaboraría un Estudio Ambiental Nacional a cargo del Ministerio recientemente creado, orientado a la incorporación de la dimensión ambiental dentro de los planes y proyectos de desarrollo gubernamentales. El estudio contiene “un Diagnóstico de la situación ambiental nacional que incluye una prognosis de la situación probable, en el caso que no se tomaran las medidas recomendadas mediante una política formal para guiar las actividades de manejo ambiental y de desarrollo sustentable requeridas para alcanzar el mejoramiento de la calidad de vida y bienestar social para el pueblo uruguayo” (Rodgers, 1992).²⁸

A su vez, en 1994, la Ley N° 16.466 creó la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), importante herramienta para la aprobación de los proyectos que pueden afectar al ambiente. La tarea de realizar estos estudios de impacto ambiental, referidos a diversas actividades, construcciones u obras, públicas o privadas, fue encomendada al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Según afirma la ley en su primer artículo: “Declárase de interés general y nacional la protección del medio ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación, así como la prevención del impacto ambiental negativo o nocivo y, en su caso, la recomposición del medio ambiente dañado por actividades humanas” (Registro Nacional de Leyes y Decretos, 1994).²⁹

Dos años después, en 1996, el Artículo 47 de la Constitución declaró de “interés general” la protección del medio ambiente. Asimismo, en 1999 se creó la Ley N° 17.220, Ley de

²⁷ Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (1990). *Ley N° 16 112: Creación del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente*. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16112-1990> (recuperado el 19 de febrero de 2025).

²⁸ Organización de los Estados Americanos (1992). *Desarrollo sostenible en las Américas: fundamentos y perspectivas*. Disponible en: <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea10s/begin.htm#Contents> (recuperado el 19 de febrero de 2025).

²⁹ Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (1994). *Ley N° 16 466: Modificación del régimen de funcionamiento del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET)*. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16466-1994> (recuperado el 19 de febrero de 2025).

Desechos Peligrosos, en la cual se entiende por desecho o residuo peligroso “todas aquellas sustancias u objetos, cualquiera sea su origen, que sean así categorizados por la reglamentación, teniendo en cuenta aquellas características físicas, químicas, biológicas o radioactivas, que constituyan un riesgo para el ambiente, incluyendo la salud humana, animal o vegetal” (Registro Nacional de Leyes y Decretos, 1999).³⁰

En el año 2000, la Ley N° 17.234 creó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), destinado a proteger el conjunto de áreas naturales del territorio nacional representativas de los ecosistemas del país. La Ley en cuestión declaró que la creación del Sistema “tiene por objeto armonizar los criterios de planificación y manejo de las áreas a proteger, bajo categorías determinadas, con una regulación única que fije las pautas de ordenamiento” (Registro Nacional de Leyes y Decretos, 2000).³¹

Muy relevante fue también la Ley N° 17.283, Ley General de Protección del Ambiente del 2000, con su declaración de principios y demás artículos, que establecen el marco normativo que rige a todos los habitantes y sus actividades y emprendimientos. En ella se recalca la importancia de “la reducción y el adecuado manejo de las sustancias tóxicas o peligrosas y de los desechos cualquiera sea su tipo”, así como “la prevención, eliminación, mitigación y la compensación de los impactos ambientales negativos” y la protección “de los recursos ambientales compartidos y de los ubicados fuera de las zonas sometidas a jurisdicciones nacionales” (Registro Nacional de Leyes y Decretos, 2000).³²

Entre otras cosas, la Ley estableció la obligación de elaborar un informe nacional trianual sobre la situación ambiental, organizado sistemáticamente por áreas temáticas (hasta el momento, han sido cuatro los informes elaborados, publicados en los años 2009, 2013, 2020

³⁰ Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (1999). *Ley N° 17 220: Prohibición de introducción de desechos peligrosos en zonas nacionales*. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17220-1999> (recuperado el 21 de febrero de 2025).

³¹ Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (2000). *Ley N° 17 234: Modificación del régimen de pesca y creación de áreas protegidas marino-costera*. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17234-2000> (recuperado el 21 de febrero de 2025).

³² Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (2000). *Ley N° 17 234: Modificación del régimen de pesca y creación de áreas protegidas marino-costera*. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17234-2000> (recuperado el 21 de febrero de 2025).

y 2024). Esto permitiría una continuidad y una actualización permanente en torno al problema del medio ambiente, que facilitaría a la implementación de políticas públicas orientadas al desarrollo sostenible.

4.2.5.2 El caso de La Teja: Un evento que amplió el campo epistemológico de la toxicología en Uruguay

En el marco de estos avances normativos en materia ambiental en Uruguay, el año 2001 marcó un punto de inflexión con el surgimiento de un conflicto socioambiental de gran magnitud en el barrio La Teja de Montevideo, vinculado a la contaminación por plomo. Este episodio, ampliamente difundido por los medios de comunicación, contribuyó a instalar la problemática en el centro del debate público, teniendo gran resonancia y fuerza mediática. Como señala Daniel Renfrew (2011), a partir de este caso, “los medios masivos de comunicación hicieron tronar a la problemática hasta que el «plomo» y la «plombemia» se volvieron palabras comunes en el vocabulario uruguayo del nuevo milenio” (p. 82).

Como explican Burger y Pose (2010), a partir de la crisis económica de los años ochenta, el barrio La Teja, que en su momento habría sido un importante centro industrial, comenzó a sufrir el cierre de fábricas y la pérdida de empleos formales, a lo cual se sumó la crisis del agro, que provocó la llegada de familias del interior a Montevideo (p. 28). Con el tiempo, los antiguos terrenos industriales quedaron abandonados y fueron ocupados por personas desempleadas, “sin saber que estaba contaminada con plomo ni comprender los altos riesgos que eso implicaba para ellas o sus hijos al vivir en ese lugar” (Mañay *et. al.*, 2008: p. 95). Así, en zonas como La Teja y en la periferia de la ciudad, comenzaron a formarse asentamientos irregulares habitados por estas nuevas poblaciones vulnerables.

Es en este contexto, por octubre del año 2000, que “un médico pediatra del barrio La Teja solicita consulta al Departamento de Toxicología de la Facultad de Medicina (CIAT) por el caso de un niño pequeño de 6 años de edad, portador de una anemia clínica y de laboratorio, cuya causa no quedaba clara” (Burger y Pose, 2010: p. 28). Se llega a la conclusión de que se trata de una intoxicación por plomo, y se notifica a las autoridades nacionales pertinentes para llevar a cabo la evaluación ambiental.

Ante la necesidad de seleccionar un laboratorio que lleve a cabo la investigación, de acuerdo a Burger y Pose (2010), “en virtud de la probada experiencia en las técnicas analíticas para metales, y por tener control de calidad a nivel internacional (Suecia)”, se opta por la Cátedra de Toxicología de la Facultad de Química (p. 33).

Según los estudios efectuados por la Cátedra, entre los años 2001 y 2002, el nivel promedio de plomo en sangre detectado en los 5.848 niños analizados fue de 12,3 µg/dL, y en el 60% de los casos se registraron valores por encima del límite de 10 µg/dL (Mañay *et. al.*, 2008: p. 97). Como explica Renfrew (2011), “con este y estudios similares, se podría deducir que hasta decenas de miles de niños en zonas urbanas padecían una contaminación por plomo rondando o superior a los 10 µg/dL, el nivel designado como «intoxicación» a nivel mundial” (p. 84).

El Área Toxicología de la Facultad de Química fue clave para la experiencia en la determinación analítica de la plumbemia. Para entender la magnitud del fenómeno se puede aportar el dato de que, antes de 2001, no se hacían más de 150 análisis en todo un año. Durante los años 2001 y 2002, la cátedra pasó a procesar hasta 50 muestras diarias, que luego incluso se duplicarán (Burger y Pose, 2010: p. 33). Esto llevó en 2003 a la creación del anteriormente mencionado CEQUIMTOX como nuevo laboratorio dentro del Área Toxicología de la Facultad de Química.

Burger y Pose (2010) subrayan que, en relación con el caso de La Teja, hasta ese momento en el país no se había registrado una situación de contaminación ambiental por plomo que afectara a una cantidad tan significativa de personas; solo se conocían casos puntuales, en su mayoría vinculados al ámbito laboral (p. 34). El impacto de este caso fue significativo:

“La creciente toma de conciencia sobre la contaminación ambiental por plomo y sus efectos en la salud humana, a raíz de ese acontecimiento, dio lugar a un debate público y a demandas hacia las autoridades sanitarias y ambientales. La ciudadanía exigió la divulgación de información sobre la contaminación por plomo y reclamó acciones concretas para intervenir en los sitios contaminados en Uruguay” (Mañay *et. al.*, 2008: p. 112).

Ante la situación generada, el Ministerio de Salud creó un comité integrado por distintas instituciones del ámbito público y organizaciones varias, con la finalidad de abordar el

problema de manera sistemática, designando a la Universidad de la República el encargo de proporcionar el apoyo técnico (Mañay *et. al.*, 2008: p. 112).

El caso del barrio La Teja fue un gran promotor de la investigación, extensión y prestación de servicios de asesoramiento para la cátedra de Toxicología de la Facultad de Química, como respuesta a una demanda social clara y concreta. A partir de él, “se iniciaron nuevas investigaciones sobre la contaminación por plomo, que incluyeron estudios multidisciplinarios con participación de las comunidades, en respuesta a las alertas sobre riesgos para la salud” (Mañay *et. al.*, 2008: p. 112).

El caso derivó también en avances en la enseñanza de la toxicología, creación de nuevos cursos, adquisición de nuevos equipos para hacer los análisis, proyectos de investigación y contratación de nuevo personal. Asimismo, en este marco, se generaron nuevas normativas relacionadas con la contaminación por plomo y otros contaminantes. Dado que este estudio se enmarca en el contexto de la Universidad de la República, resulta pertinente mencionar a la Red Temática de Medio Ambiente (RETEMA-UdelaR), creada en 2001 a raíz de la problemática ambiental en el barrio La Teja. Esta red, de carácter científico-técnico, es la más antigua de la UdelaR y continúa activa hasta la actualidad.

Cabe mencionar que estos estudios tuvieron como impacto la implementación de leyes de regulación del plomo, “acompañando la tendencia mundial sobre una mayor conciencia de los países frente a la contaminación del plomo” (Ansin, Botasini y Méndez, 2022: p. 79). En 2003 se aprobó el decreto Regulación del Manejo y Disposición de Baterías de Plomo y Ácido Usadas o a Ser Desechadas, y en 2004, se sancionaron dos leyes clave: la Ley N.º 17.774, que obliga a realizar análisis de plumbemia en trabajadores expuestos y establece medidas de protección laboral, y la Ley N.º 17.775, que regula y restringe el uso del plomo en combustibles, pinturas, envases, tuberías y juguetes, exigiendo además el etiquetado en productos que lo contengan.

4.2.5.3 Otros hitos de relevancia en este proceso

En 2014, la Red Nacional de Educación Ambiental (ReNEA) publicó el Plan Nacional de Educación Ambiental (PlaNEA). Este es un documento marco, fruto de un extenso trabajo en red a nivel nacional, coordinado por el Ministerio de Educación y Cultura a partir de 2008, en

el que se dan lineamientos para la educación ambiental a nivel nacional, recalcando la importancia de “formar ciudadanos y comunidades responsables y capacitadas para participar democráticamente en los procesos de planificación y gestión de sus territorios” como un cometido “común a la educación y a la gestión para un desarrollo humano sustentable” (Red Nacional de Educación Ambiental, 2014: p. 7). En el documento también se afirma:

“El desarrollo humano sustentable significa un cambio de paradigma que implica el bienestar de la sociedad en armonía con su ambiente, el bien común, la justicia, la distribución equitativa, la soberanía y la ciudadanía ambiental, de modo que las sociedades sean capaces de gestionar su medio y administrar sus bienes con racionalidad ambiental y una comprensión contextual a través de escalas territoriales sucesivas, en bien de la vida en todas sus dimensiones” (Red Nacional de Educación Ambiental, 2014: p. 4).

A su vez, en 2019, se publicó, durante la presidencia del Dr. Tabaré Vázquez, el primer plan ambiental de carácter nacional titulado Plan Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible, que había sido aprobado por el Gabinete Nacional Ambiental en diciembre de 2018. El plan buscó ser “un instrumento de planificación estratégica para el ordenamiento eficiente del accionar y la coordinación de todos los actores involucrados en una política ambiental nacional para el desarrollo sostenible” (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2019: p. 27). Incorporó tres dimensiones: lo ambiental, lo social y lo económico, apuntando a través de ellas a alcanzar un desarrollo favorable para todas las personas. El plan estratégico sería de mediano y largo plazo, estaría sujeto a adaptabilidad y flexibilidad, para acompañar “la dinámica de los cambios tecnológicos y sociales” e incorporar “visiones y acciones para promover las políticas públicas ambientales en el proceso integral del desarrollo sostenible del país” (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2019: p. 27).

En 2020, mediante la Ley N° 19.889, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente mencionado anteriormente pasó a denominarse “Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial”. Para asumir la responsabilidad de la protección ambiental, se creó el Ministerio de Ambiente a través del artículo N° 291 de la ley mencionada, incorporando sus funciones y enfatizando la importancia de “fomentar la conciencia ambiental de la

ciudadanía a través de procesos participativos de educación ambiental, que estimulen un compromiso inclusivo de los ciudadanos en las acciones y procedimientos destinados a asegurar un desarrollo sostenible” (Registro Nacional de Leyes y Decretos, 2020).³³ El nuevo ministerio participó junto con el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial la publicación del tercer Informe del Estado del Ambiente, que abarcaría los años 2016-2019.

Cuatro años después, en junio de 2024, se publicó el cuarto informe sobre el ambiente del país, elaborado ahora exclusivamente por del Ministerio de Ambiente, en continuidad con las competencias heredadas del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. El informe “ofrece una visión integral de los aspectos ambientales más relevantes del país y su evolución en el periodo comprendido entre 2020 y 2022” (Ministerio de Ambiente, 2024: p. 33).

A continuación, exponemos un listado (tabla 6) que presenta los diversos elementos comentados a lo largo de esta cronología:

<i>Tabla 6: Listado de los hitos, las conferencias o los documentos mencionados</i>	
1972	Creación del Instituto Nacional para la Preservación del Medio Ambiente por medio de la Ley N° 14.053
1978	Creación del Código de Agua por medio de la Ley N° 14.859
1990	Creación del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente por medio de la Ley N° 16.112
1992	Estudio Ambiental Nacional a cargo del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
1992	Participación de Uruguay en el Convenio sobre la Diversidad Biológica
1994	Creación de la Evaluación de Impacto Ambiental por medio de la Ley N° 16.466
1996	Declaración de la protección del medio ambiente como asunto de interés general por medio del artículo 47 de la Constitución
1999	Promulgación de la Ley N° 17.220 de Desechos Peligrosos

³³ Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (2020). *Ley N° 19 889: Régimen especial para la preservación forestal y ambiental*. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19889-2020> (recuperado el 21 de febrero de 2025).

2000	Creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas por medio de la Ley N° 17.234
2000	Participación de Uruguay en el Protocolo de Cartagena
2000	Promulgación de la Ley N° 17.283 de Protección del Ambiente
2001	Desencadenamiento del conflicto ambiental vinculado al plomo en La Teja
2009	Publicación del primer Informe del Estado del Ambiente
2011	Ratificación del Protocolo de Cartagena por medio de la Ley N° 18.792
2013	Publicación del segundo Informe del Estado del Ambiente
2014	Publicación del Plan Nacional de Educación Ambiental por parte de la Red Nacional de Educación Ambiental
2019	Elaboración del Plan Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible
2020	Creación del Ministerio de Ambiente por medio de la Ley N° 19.889
2020	Publicación del tercer Informe del Estado del Ambiente
2024	Publicación del cuarto Informe del Estado del Ambiente

Ahora bien, una vez hecho este recorrido a lo largo del tiempo del surgimiento y el desarrollo de la problemática ambiental, y especialmente, la educación ambiental, en el marco de este nuevo enfoque educativo, es claro que la toxicología también fue llamada a incorporar los principios ambientales. Tratándose, a su vez, de la ciencia que precisamente estudia los efectos adversos de sustancias tóxicas sobre los organismos vivos, se trata de una disciplina especialmente propicia para educar en conciencia ambiental.

En ese sentido, Repetto (1995) señala que es clave el “estudio de una Toxicología básica en todas las carreras de las ciencias de la salud y en todas las científicas y técnicas que contemplan alguna forma de uso de las sustancias químicas” (p. 48). La iniciativa de incorporación de la toxicología como parte fundamental para la formación ambiental responde a la creciente conciencia sobre los efectos nocivos de diversas sustancias en los ecosistemas y la salud humana, impulsando cambios en los enfoques educativos y en las regulaciones ambientales. Novedades a nivel educativo como estas “que hasta hace unos pocos años eran simplemente propuestas y recomendaciones, son hoy día una realidad” (Hernández Jerez, 2002: p. 24).

4.3 Módulo C: momento pedagógico-didáctico

Una vez efectuado el análisis histórico-educativo y epistemológico-educativo, nos compete ahora adentrarnos en el análisis pedagógico-didáctico de la enseñanza de la toxicología en la Facultad de Química, considerando las principales unidades curriculares del Área Toxicología.

Luego de haber discutido la necesidad de incorporar el enfoque ambiental dentro de la toxicología, así como el potencial de esta disciplina para contribuir a la formación ambiental de las personas, surge la necesidad de analizar su aplicación concreta en la Facultad de Química de la UdelaR. ¿Se ha integrado efectivamente este enfoque en los programas académicos? ¿Desde cuándo se ha implementado y a través de qué asignaturas? ¿Por medio de qué herramientas didácticas? Y, en definitiva, ¿qué alcance tiene en la formación de los estudiantes? Estas son algunas de las preguntas que pretendemos abordar en este módulo de investigación, de forma tal que podamos evaluar el grado de compromiso institucional con la educación ambiental y sus desafíos.

A través de este abordaje pedagógico-didáctico, completaremos la triangulación entre los tres módulos propuestos al comienzo de esta investigación. Asimismo, como fue explicado dentro de la metodología de investigación (ver apartado 3.2), para llevar adelante el análisis del módulo C, efectuaremos una segunda triangulación metodológica que incluye tres fuentes principales de información: el estudio de la evolución de los programas de asignaturas del Área Toxicología, la realización de entrevistas a docentes y estudiantes del área, y el trabajo con estudiantes de la asignatura “Toxicología Fundamental”.

4.3.1 Análisis de programas de toxicología en la Facultad de Química

A continuación, presentaremos un análisis de los programas de las siguientes cinco asignaturas del Área Toxicología, con especial énfasis en las tres primeras: “Química Toxicológica”, “Toxicología Fundamental”, “Toxicología Analítica y Química Legal”, “Química Ambiental” y “Toxicología Ambiental y Geología Médica”.³⁴ La selección de estas

³⁴ Optamos por aludir siempre a los nombres de las asignaturas entre comillas, con el fin de evitar ambigüedades y asegurar mayor claridad en la exposición.

unidades curriculares responde al hecho de que todas ellas constituyen núcleos formativos clave dentro de los distintos planes de estudio relacionados a la toxicología y la química del ambiente.

En cuanto a las primeras dos asignaturas, se trata de aquellas que tienen o tuvieron carácter curricular obligatorio en los planes de estudio de las carreras de Químico Farmacéutico y Bioquímico Clínico. En lo que respecta a las demás asignaturas, se trata de unidades curriculares electivas u optativas según el plan de estudio, que se incluyen en esta investigación dada su relevancia para la formación en las diversas áreas de la toxicología y de la química.

A continuación, presentamos un listado de las asignaturas, destacando en cada caso aquellos aspectos pertinentes para el análisis que se desarrollará más adelante. Si bien no fue objeto de un análisis específico, incluimos también la asignatura “Toxicología Ambiental y Geología Médica Avanzada”, a la cual haremos referencia posteriormente.

Tabla 7: Cuadro sinóptico de las asignaturas del Área Toxicología		
Nombre de asignatura	Carácter curricular	Horas
“Química Toxicológica”	Obligatoria para carreras de Químico Farmacéutico	84 en total (42 de teórico y 42 de práctico de laboratorio)
“Toxicología Fundamental”	Obligatoria para carreras de Químico Farmacéutico y Bioquímica Clínico	28 en total (únicamente de teórico)
“Toxicología Analítica y Química Legal”	Optativa para todas las carreras	42 en total (28 de teórico y 14 de teórico-práctico)
“Química Ambiental”	Obligatoria para carrera de Químico Orientación Calidad y Medio ambiente	56 en total (únicamente de teórico)
“Toxicología Ambiental y Geología Médica”	Optativa para todas las carreras	42 en total (21 de teórico y 21 de teórico-práctico)
“Toxicología Ambiental y Geología Médica Avanzada”	Optativa para todas las carreras	42 en total (21 de teórico y 21 de teórico-práctico)

4.3.1.1 Programa de la asignatura “Química Toxicológica”

En primer lugar, analizaremos el programa de “Química Toxicológica”, asignatura que en el plan 80 era semestral y obligatoria para los estudiantes de Química Farmacéutica y Bioquímica clínica en los planes 75 y 80, con clases teóricas y prácticas de laboratorio una vez por semana.

El curso, como figura en la tabla anterior (tabla 7), incluía 42 horas de teórico y 42 de práctico de laboratorio, llegando a un total de 84 horas. Cubría los fundamentos de la toxicología, el estudio de los grupos de tóxicos y las áreas principales de la toxicología, capacitando a los estudiantes para poder enfrentar situaciones en que necesitasen aplicar estos conocimientos, para comprender el fenómeno de la toxicidad y los efectos adversos de las sustancias químicas.

Desde el punto de vista didáctico, las clases teóricas eran expositivas y en las clases de práctico de laboratorio se ejercitaban técnicas de análisis químico toxicológico correspondientes a las tradicionales toxicología clínica, legal y forense, como por ejemplo, determinaciones cualitativas y/o cuantitativas de arsénico en muestras biológicas, drogas de abuso o determinaciones analíticas de monóxido de carbono en sangre. Lentamente, se fue introduciendo lo ambiental a través de determinaciones analíticas de algunos plaguicidas, a modo de ejemplo.

A partir del plan 2000, “Química Toxicológica” dejó de impartirse y fue sustituida por “Toxicología Fundamental” como asignatura obligatoria, que la reemplazó parcialmente y quedó como única asignatura obligatoria, conformando el núcleo principal de la formación en toxicología de la Facultad de Química.

A continuación, presentamos el contenido temático del programa de la asignatura (tabla 8), obtenido del repositorio online de la Facultad de Química.³⁵

³⁵ Facultad de Química, Universidad de la República (1992). *Programa de “Química Toxicológica”*.

Disponible en:

<https://www.fq.edu.uy/sites/default/files/archivos/Qu%C3%ADmica%20Toxicol%C3%B3gica%20%2801%29.pdf> (recuperado el 21 de mayo de 2025).

Tabla 8: Programa de la asignatura “Química Toxicológica”

Unidad I: FUNDAMENTOS

Bolilla No. 1: GENERALIDADES DE LA TOXICOLOGIA Y CONCEPTOS BASICOS

Evolución histórica de la Toxicología. Principales campos que abarca su estudio: Ambiental, Industrial, Clínica, Experimental, Legal y Forense. Origen de las intoxicaciones. Exposición a los contaminantes ambientales. Tipos de intoxicaciones, clasificación de los agentes tóxicos. Definiciones y siglas comúnmente empleadas. Bibliografía utilizada.

Bolilla No.2 : BIOTRANSFORMACION DE LOS TOXICOS

Vías de entrada, absorción y distribución de los tóxicos en el organismo. Metabolismo. Conceptos básicos de Toxicocinética. Ejemplos. Eliminación de los tóxicos y de sus metabolitos. Ejemplos.

Bolilla No 3: EFECTOS TOXICOLOGICOS Y MECANISMOS DE ACCION TOXICA

Selectividad de acción de los tóxicos a nivel celular, tisular y sistémico. Efectos sobre los sistemas biológicos. Ejemplos. Interacción receptor-agente tóxico: Teorías, mecanismos de toxicidad. Factores que modifican la toxicidad.

Bolilla No. 4: EVALUACION DE LA SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS TOXICOS

Objetivos. Relación dosis respuesta. Selección de los parámetros a estudiar. Ensayos de toxicidad. Definiciones: dosis letal, dosis efectiva, índice terapéutico. Diseños experimentales para el estudio de toxicidad aguda y crónica. Ejemplos. Generalidades de la toxicología prospectiva y de reglamentación.

Bolilla No. 5: ANTAGONISTAS Y ANTIDOTOS

Definiciones. Mecanismos de acción de los tratamientos antidotales. Clasificación. Ejemplos. Esquema general de tratamiento de las intoxicaciones. Parámetros que se evalúan.

Bolilla No. 6: ANALISIS QUIMICO TOXICOLOGICO Y AMBIENTAL

Objetivos. Función del Químico. Determinaciones analíticas en materiales biológicos. Muestreo. Grupos en que se dividen las muestras biológicas para ser sometidas a análisis toxicológico. Recolección y acondicionamiento de las muestras. Elección del método analítico. Interpretación y correlación de resultados. Informe.

Toxicología legal y forense: elementos de criminalística; análisis químico forense. Interpretación de resultados.

Toxicología ambiental: Muestreo de aire, agua y sedimentos, suelo. Bioensayos. Determinación analítica de contaminantes. Interpretación y correlación de resultados.

UNIDAD II : AGROTOXICOS

Bolilla No. 7: PLAGUICIDAS

Generalidades: Clasificación: organofosforados, organoclorados, carbamatos, piretroides, etc. Ejemplos. Otras clasificaciones; Usos principales (uso doméstico, agro, veterinario, etc.).

Intoxicación: Etiología de las intoxicaciones; principales agentes que la producen, tipos de intoxicaciones, mecanismos de acción, metabolismo , metodología analítica, tratamiento, etc.

Contaminación: Estudio de la contaminación ambiental por plaguicidas. Principales agentes que la producen y su incidencia en el medio ambiente . Metodología analítica para la determinación de residuos en muestras ambientales.

UNIDAD III : TOXICOLOGIA LABORAL E INDUSTRIAL

Bolilla No. 8: INTRODUCCION A LA TOXICOLOGIA LABORAL

(tema No.1): POLVOS; HUMOS Y NIEBLAS TOXICAS. Toxicología laboral e industrial: Conceptos básicos. Evaluación de riesgos en procesos y operaciones industriales. Manipulación de los productos químicos más utilizados a nivel industrial. Control de la exposición de los trabajadores.

Polvos, Humos y Nieblas Tóxicas: Sílice, asbestos, agentes corrosivos, etc. Propiedades físicas y químicas. Etiología de las intoxicaciones. Exposición laboral. Usos industriales. Dosis tóxicas. Mecanismos de toxicidad. Biotransformación. Tratamiento. Profilaxis. Muestreo y determinaciones analíticas. Criterios de evaluación (T.L.V; B.L.V; etc.).

Bolilla No. 9: (Tema No. 2) TOXICOS GASEOSOS Y VOLATILES

Monóxido de Carbono, dióxido de carbono, cianuros, hidrocarburos aromáticos y alifáticos , alcoholes, etc. Propiedades físicas y químicas. Etiología de las intoxicaciones . Exposición laboral. Usos industriales. Dosis tóxicas. Mecanismos de toxicidad. Biotransformación. Tratamiento. Profilaxis . Muestreo y determinaciones analíticas. Criterios de evaluación (T.L.V; B.L.V; etc.).

Bolilla No. 10: (Tema No.3) TOXICOS METÁLICOS

Plomo, Cromo, Mercurio, Arsénico , Talio, etc. Propiedades físicas y químicas. Etiología de las intoxicaciones. Exposición laboral. Usos industriales. Dosis tóxicas. Mecanismos de toxicidad. Biotransformación. Tratamiento. Profilaxis . Muestreo y determinaciones analíticas. Criterios de evaluación (T.L.V; B.L.V; etc.).

UNIDAD IV: TOXICOLOGIA DE LOS MEDICAMENTOS Y DROGADICCION

Bolilla No. 11: MEDICAMENTOS DE IMPORTANCIA TOXICOLÓGICA Y DROGAS DE ABUSO

Medicamentos de uso humano con mayor interés en Toxicología. Clasificación analítica según sus propiedades físicas y químicas. Intoxicaciones agudas y crónicas. Interacciones. Biotransformación y eliminación. Dosis terapéuticas y tóxicas.

Drogas de abuso: Conceptos. Importancia del punto de vista social y legal. Clasificación. Normas internacionales y nacionales para regular su uso y comercialización. Determinaciones analíticas. Tipos de drogadicción; efectos tóxicos, mecanismos de toxicidad, metabolismo, tratamiento.

UNIDAD V: TOXICOLOGIA AMBIENTAL

Bolilla No.12 : INTRODUCCION A LA TOXICOLOGIA AMBIENTAL

Ecología: Conceptos básicos. Sistemas biológicos y abióticos. Evaluación ambiental de ecosistemas.

Contaminación atmosférica: Origen de los contaminantes. Elementos normales de la atmósfera. Agentes químicos primarios y secundarios que contaminan el aire. Aspectos globales de la contaminación atmosférica :Lluvia ácida ; efecto invernadero ; disminución de la capa de ozono, etc. Principales alteraciones sobre los sistemas biológicos y su evaluación.

Contaminación del agua y el suelo: Distribución del agua en la tierra. Origen de los contaminantes. Efluentes industriales. Clasificación de los contaminantes de cursos de agua de acuerdo a sus fuentes y tipos. Agua potable. Normas de calidad internacionales y nacionales. Niveles de contaminación. Erosión de suelos.

Como se puede observar, la toxicología ambiental y todo lo relacionado con el conocimiento de los fenómenos de contaminación ambiental y su detección ya se ven reflejados en este programa. La temática ambiental aparece ya en la unidad I, “Fundamentos de la Toxicología”, específicamente, en la bolilla No. 6, dedicada al análisis químico, toxicológico y ambiental. Cabe resaltar que el título de esta bolilla, “Análisis químico toxicológico y ambiental”, menciona expresamente lo ambiental, lo cual es indicativo de la importancia que se le asignaba. Se hablaba de los distintos compartimentos del ambiente, así como de la ecotoxicología, mencionada indirectamente en los bioensayos. Se indica como punto fundamental la determinación analítica del contaminante, siendo no menos importante la

interpretación y correlación de los resultados para poder compararlos con valores de referencia.

En la misma línea, notamos que la Unidad II se dedica a los Agrotóxicos o Agroquímicos, dentro de los cuales el principal grupo lo constituyen los plaguicidas. Tal como indica el programa, se estudian su composición y estructura química, sus aplicaciones, los tipos de intoxicaciones que pueden causar, sus mecanismos de acción y los métodos analíticos para su detección.

Además de las bolillas de la Unidad I y II mencionadas, es relevante dentro de la Unidad III, el estudio de los tóxicos metálicos en la bolilla No. 10, que también pueden constituir importantes contaminantes ambientales, aunque esto aún no está expresamente dicho. Dentro de la Unidad III de “Toxicología laboral e industrial”, además de las generalidades y conceptos referidas a esta área de la toxicología, se incluye, en primer lugar, el estudio de polvos, humos y nieblas tóxicas, tales como sílice, asbestos o el smog fotoquímico; en segundo lugar, el grupo de tóxicos gaseosos y volátiles, que incluye hidrocarburos aromáticos y alifáticos; y en tercer lugar, el importante grupos de los tóxicos metálicos, tales como, principalmente, plomo, cromo, mercurio y el semimetal arsénico.

En cuanto a la Unidad IV, presenta buena parte de los contenidos clásicos de la toxicología. Aborda dos grandes ejes con implicancias toxicológicas significativas: los medicamentos de interés toxicológico y las drogas de abuso.

En lo que refiere a la Unidad V, está dedicada específicamente a la toxicología ambiental, aunque ya la Unidad I la incluía y la Unidad II está centrada en los agrotóxicos, dentro de los cuales los plaguicidas son el principal grupo. Podemos ver que, se le da cabida e importante jerarquía en este programa a lo ambiental y a uno de los grupos de sustancias más fuertemente asociados a la contaminación, como son los plaguicidas.

Ahora bien, como hemos mencionado anteriormente, este programa de “Química Toxicológica” fue sustituido a partir de 2003, con el Plan 2000, por dos asignaturas hemisemestrales consecutivas, que cubren y amplían su contenido: “Toxicología Fundamental”, sólo teórica, obligatoria para las carreras de Química Farmacéutica y Bioquímica Clínica, y la asignatura “Toxicología Analítica y Química Legal”, que consta de

teórico y teórico-práctico. Esta última asignatura es electiva u optativa según los planes y las carreras de la Facultad de Química. En estas dos asignaturas se incluyen módulos de toxicología y contaminación ambiental.

4.3.1.2 Programa de la asignatura “Toxicología Fundamental”

En cuanto a la asignatura “Toxicología Fundamental”, se trata –como figura en la tabla 7 presentada anteriormente– de una unidad curricular obligatoria para diversas carreras, con una carga horaria de 28 horas, desarrolladas íntegramente en modalidad teórica. El curso se organiza en dos clases semanales, con una duración de dos horas cada una.

Para el análisis de esta asignatura, puede sernos útil consultar su descripción sintética que ofrece el aula virtual:

“Se trata de una asignatura orientada a capacitar en temas de gestión industrial, de laboratorio y de medio ambiente de las sustancias químicas, haciendo especial hincapié en los efectos que estas pueden tener sobre los seres vivos y en el ambiente. Se pretende que el estudiante adquiera con el curso los elementos de juicio suficientes como para poder realizar una evaluación de riesgos o una determinación analítica en una muestra apropiada”.³⁶

A partir de esta presentación, queda claro que la asignatura está diseñada para quienes la cursen y aprueben puedan aplicar los conocimientos adquiridos en la comprensión y gestión de los riesgos ambientales asociados al uso de sustancias químicas.

En cuanto a la didáctica del curso, se trata de clases teóricas expositivas, en que se presentan los temas básicos de la toxicología. Se trata de un curso fundamentalmente teórico, orientado a presentar los conceptos básicos referidos a los tóxicos, y presenta algunos ejemplos concretos para ilustrar el fenómeno tóxico. Se procura dialogar con los estudiantes, con las limitaciones propias de una clase esencialmente expositiva.

³⁶ Presentación del curso de Toxicología Fundamental de la Facultad de Química presente en el aula virtual. Recuperado de: <https://moodle3.fq.edu.uy/course/view.php?id=134>

A continuación, presentamos el programa detallado de la asignatura (tabla 9), también obtenido de la página web de la Facultad de Química.³⁷

Tabla 9: Programa de la asignatura “Toxicología Fundamental”

- 1) Introducción a la Toxicología:** Principios generales y conceptos básicos. Historia, alcances. Agentes tóxicos. Xenobióticos. Principales grupos: tóxicos gaseosos y volátiles, metales y no metales, fármacos y drogas, plaguicidas, contaminantes ambientales, etc. Criterios de clasificación y estudio de cada grupo. Organismos nacionales e internacionales. Recursos de información en toxicología.
- 2) Biotransformación de los tóxicos.** Absorción, distribución y excreción. Disposición biológica de xenobióticos. Toxicocinética.
- 3) Toxicodinamia.** Mecanismos de toxicidad. Receptores. Interacción, Inducción enzimática.
- 4) Evaluación y manejo de riesgos químicos.** Toxicología prospectiva. Determinación de parámetros de seguridad: DL50, IT, LOAEL, NOAEL, NOEL, TLV, BLV, IDA. Dosis y rangos terapéuticos y tóxicos.
- 5) Áreas de estudio.** Toxicología analítica, toxicología alimentaria, toxicología ocupacional, toxicología legal y forense, toxicología clínica, toxicología regulatoria.
- 6) Análisis tóxico en muestras biológicas y ambientales.** Metodología de muestreo. Análisis químico e instrumental. Calidad de resultados.
- 7) Plaguicidas.** Clasificación. Usos. Intoxicaciones. Contaminación. Normas vigentes.
- 8) Toxicología e Higiene Industrial.** Conceptos fundamentales. Evaluación de riesgos en proceso y operaciones. Control del ambiente laboral y de la exposición de los trabajadores. Indicadores de efecto y de exposición. Límites higiénicos. Ejemplos y aplicaciones en la industria. Instrumental en Higiene Industrial.
- 9) Ecotoxicología y contaminación química ambiental.** Conceptos básicos (ecosistemas, compartimentos ambientales, ciclos biogeoquímicos, contaminación ambiental, biodisponibilidad, etc.). Contaminación atmosférica; contaminación del agua; contaminación de suelos.

³⁷ Programa del curso de Toxicología de la Facultad de Química presente en el sitio web de bedelía.

Recuperado de:

https://www.fq.edu.uy/sites/default/files/sites/all/themes/professional_theme/images/Programa_-_Toxicologia_fundamental_-_805a.pdf

La asignatura “Toxicología Fundamental” aborda de manera integral los conceptos esenciales de la toxicología, e incluye de forma significativa la temática ambiental, que aparece de forma transversal a lo largo del programa. Esta presencia no es accesorio, sino que se despliega progresivamente a lo largo del programa, posicionándose como un eje fundamental dentro de la formación del estudiante. En este sentido, la propuesta muestra una continuidad directa y coherente con la asignatura “Química Toxicológica”, especialmente en lo que refiere al estudio del comportamiento de los xenobióticos en el organismo, su análisis, y sus efectos tanto sobre la salud humana como sobre los ecosistemas.

El curso nos introduce en los grandes temas fundacionales de la toxicología: qué es un tóxico, cómo pueden exponerse a ellos los distintos organismos vivos, principalmente humanos, cómo pueden ingresar los tóxicos al organismo, ejercer o no su efecto tóxico, cómo son su distribución, depósito y/o eliminación. Estos conceptos permiten comprender la dinámica tanto en el cuerpo humano como en los distintos compartimentos ambientales, preparando el terreno para abordar el impacto de los tóxicos desde una perspectiva integral.

El programa también trata de los grandes grupos de tóxicos, clasificados según sus características fisicoquímicas, de las diferentes áreas de la toxicología (clínica, forense, ocupacional, ambiental etc., hasta llegar a las nuevas ramas tales como la Nanotecnología). Consultando el índice de *Casarett & Doull's Toxicology*, obra que se toma como referencia para este curso, podemos comprender mejor el enfoque con el que se imparte. De todas formas, conviene aclarar que en la materia se consideran también otras áreas de la toxicología actual y muchas otras fuentes. Se incluyen además contenidos dedicados a diversas ramas de la toxicología, como la clínica, forense, ocupacional, alimentaria, ambiental y regulatoria, y se incorporan líneas de desarrollo recientes como la nanotecnología, que abren nuevas problemáticas vinculadas al uso de materiales emergentes y sus posibles efectos adversos.

Asimismo, el curso presenta los estudios de evaluación de seguridad y riesgo de las sustancias químicas, mediante el estudio de parámetros toxicológicos como la DL50, NOAEL, IDA, entre otros, que resultan esenciales tanto en entornos sanitarios como en evaluaciones de impacto ambiental. El abordaje de la toxicología social, particularmente en relación con las drogas de abuso, introduce dimensiones legales, culturales y ecológicas, al tiempo que permite

comprender cómo ciertas sustancias interfieren no solo en el cuerpo humano, sino también en los entornos naturales y sociales donde circulan.

Por último, es de relevancia la inclusión del análisis tóxico en muestras biológicas y ambientales, con un enfoque metodológico riguroso que incluye técnicas de muestreo, análisis instrumental y criterios de calidad. Esto permite al estudiante vincular teoría y práctica, y aplicar sus conocimientos en contextos de monitoreo ambiental o de control de exposiciones laborales y comunitarias. Asimismo, los contenidos relacionados con los plaguicidas no solo se limitan al tratamiento de intoxicaciones, sino que también abordan su papel como contaminantes ambientales, su regulación normativa y sus efectos a largo plazo. La toxicología e higiene industrial refuerzan esta mirada, al enfatizar la importancia de evaluar la exposición a sustancias peligrosas en el ámbito laboral y de controlar el ambiente en el que se desarrollan las actividades productivas.

4.3.1.3 Programa de la asignatura “Toxicología Analítica y Química Legal”

Como señalamos en la lista de asignaturas del Área Toxicología (tabla 8), esta unidad curricular está conformada por clases teóricas (28 horas) así como teórico-prácticas (14 horas). De acuerdo a la descripción del aula virtual de Facultad de Química:

“Este curso profundiza en todos los aspectos teóricos y prácticos del análisis químico toxicológico, brindando las herramientas necesarias para desempeñarse en distintas áreas tales como Toxicología laboral, ambiental, clínica, forense, alimentaria, entre otras.

Se prioriza el abordaje inter, multi y transdisciplinario de los temas, afianzando el rol de la profesión química en los distintos equipos de trabajo”.³⁸

Desde el punto de vista didáctico, se trata de una unidad curricular en la que se emplean diversas modalidades y dinámicas de trabajo: seminarios de análisis con exposición oral de artículos científicos, talleres con la participación de expertos en distintas áreas de la

³⁸ Presentación del curso de Toxicología Analítica y Química Legal presente en el aula virtual de Toxicología de la Facultad de Química. Recuperado de: <https://moodle3.fq.edu.uy/course/view.php?id=89>

toxicología vinculados al medio profesional, visitas a laboratorios y la elaboración de una monografía sobre un tema de aplicación o profundización dentro de la disciplina.

A modo de ilustración, un ejemplo de tema abordado en las monografías es el *doping* o dopaje en ciclismo. Este trabajo resulta especialmente valioso en términos formativos, pues exige una búsqueda bibliográfica rigurosa, la delimitación de un tema inicialmente amplio —que los propios estudiantes deben precisar—, así como el desarrollo de competencias de trabajo en equipo, debido a que se realiza en pequeños subgrupos de dos a cuatro integrantes. Además, la monografía favorece el aprendizaje colaborativo y potencia tanto la capacidad de escritura y desarrollo así como la de comunicación oral, ya que no solo se presenta en formato escrito, sino también mediante una exposición breve y sintética.

A continuación, exponemos el contenido temático del programa de esta asignatura (tabla 10).³⁹

<i>Tabla 10: Programa de la asignatura “Toxicología Analítica y Química Legal”</i>
<p><u>Programa teórico:</u></p> <p>1) Análisis químico toxicológicos. Definición, características, muestras biológicas y ambientales. Diferentes categorías: urgencia, clínica, forense, monitoreo terapéutico, control de exposición laboral y ambiental, control legal.</p> <p>2) Muestreo y preparación de material para el análisis químico toxicológico. Elección de muestra. Estrategias de muestreo. Recolección, manejo y acondicionamiento. Cadena de custodia y contramuestras. Elección del método analítico. Procesamiento de las muestras para su análisis posterior. Muestras biológicas: sangre, orina, otras. Muestras ambientales: aire, agua, suelo, otras.</p> <p>3) Metodología analítica. Análisis toxicológicos más frecuentes. Ensayos rápidos. Etapas preanalíticas. Métodos físico-químicos, cromatográficos, espectrofotométricos y otros. Validación de metodología analítica.</p>

³⁹ Programa del curso de “Toxicología Analítica y Química Legal” de la Facultad de Química presente en el sitio web de bedelía. Recuperado de:
https://www.fq.edu.uy/sites/default/files/sites/all/themes/professional_theme/images/Programa_-_Toxicologia_anal%C3%ADtica_y_quimica_legal_-_806.pdf

4) Resultados. Tratamiento, interpretación y correlación. Validación y criterios de aceptación. Métodos de confirmación. Valores legales. Auditorías y programas de calidad.

5) Áreas de aplicación de la Toxicología y Química legal I:

- Toxicología Forense
- Drogas psicoactivas y tráfico ilícito. Normativa nacional e internacional. Clasificación y análisis de laboratorio.
- Doping en el deporte.
- Ensayos de ADN en Criminalística y otras áreas.

6) Áreas de aplicación de la Toxicología y Química legal II:

- Toxicología Laboral. Equipamiento y muestreo en ambientes laborales. Medidas de protección. Normativa legal y convenios internacionales.
- Contaminación ambiental. Normativa legal nacional. Convenios internacionales.

Programa práctico:

1) Realización de talleres.

2) Visitas a laboratorios, empresas, centros de atención hospitalaria.

3) Recursos de información. Trabajo monográfico.

Al igual que las dos anteriores, la asignatura “Toxicología Analítica y Química Legal” ofrece una formación que articula los conocimientos químicos y toxicológicos con un abordaje significativo y transversal de la cuestión ambiental. En este sentido, desde el primer tema se presenta el análisis de muestras ambientales como parte fundamental del estudio toxicológico, así como el control de la exposición ambiental. Esto permite enmarcar desde el inicio la importancia de evaluar los riesgos a los que están sometidos tanto las personas como los ecosistemas.

El segundo tema del programa profundiza en los aspectos técnicos del muestreo, recolección y preparación de materiales para el análisis químico toxicológico, prestando atención específica a las muestras ambientales de agua, aire y suelo. Esto refuerza una mirada práctica y aplicada sobre la práctica ambiental en toxicología, desde un enfoque que resalta la rigurosidad metodológica y la importancia de garantizar la validez de los resultados.

La dimensión ambiental cobra relevancia particularmente en el tema 6, en el que se aborda un aspecto de la contaminación sobre el cual las unidades curriculares anteriores no se detienen mucho: el aspecto que se refiere a lo legal y normativo. Se hace referencia no solo a la legislación nacional, sino también a importantes convenios internacionales como los de Rotterdam, Basilea, Kyoto, Minamata y París. Estos constituyen marcos regulatorios esenciales para el manejo de sustancias peligrosas, la protección del ambiente y la salud humana a escala global. En este sentido, el enfoque que adquiere la asignatura en estos aspectos la distingue particularmente de las dos anteriores.

A su vez, esta materia agrega a las clases teóricas un componente práctico obligatorio y semanal, que contribuye al desarrollo de habilidades en la resolución de problemas reales y la relación con situaciones concretas que pueden incluir la evaluación de escenarios de contaminación, análisis de legislación vigente o diseño de estrategias de muestreo. Esta metodología fortalece la formación integral de los estudiantes, preparándolos para intervenir de manera crítica en contextos donde la toxicología se relaciona directamente con la protección del ambiente y la salud.

4.3.1.2 Programa de “Química Ambiental”

A continuación, analizaremos someramente el programa de “Química Ambiental”, asignatura que es semestral y de carácter obligatorio para la carrera de Químico Orientación Calidad y Medio ambiente (es electiva u optativa para las demás carreras). Presenta una carga horaria de 4 horas por semana, durante un período de tiempo de 14 semanas. Esta asignatura, que anteriormente estaba a cargo de Área de Química Analítica, pasó a depender del Área Toxicología a partir del año 2017, interviniendo en su dictado docentes de diversas cátedras y departamentos tales como Química Inorgánica, Química Orgánica, Química Analítica, Radioquímica y Fisicoquímica, además de profesionales invitados de distintas instituciones como el LATU y la Intendencia de Montevideo.

Como explica el propio temario de la asignatura publicado en el catálogo online de la Facultad de Química, el curso tiene por objetivo lo siguiente:

“Se trata de un curso de introducción a las Ciencias ambientales que puede ser previo a cursos de especialización en el área. El perfil propuesto tiene en cuenta

una formación básica, comprende conocimientos de Química, Física, Matemáticas y Biología. Integra conocimientos básicos con una orientación ambiental para brindar herramientas que contribuyan a mantener y mejorar la calidad ambiental”.⁴⁰

En esta presentación de la asignatura, cabe destacar que incluye algunos contenidos de toxicología que se abordan junto con la química del ambiente y temas de contaminación.

Desde el punto de vista didáctico, se destaca la realización obligatoria de un seminario en subgrupos, con temas elegidos dentro de una amplia oferta de tópicos. Se complementa la didáctica con prácticas y tareas de educación ambiental, por ejemplo en escuelas de la zona, así como con visitas a fábricas.

A continuación, presentamos el temario (tabla 11).⁴¹

⁴⁰ Presentación del curso de “Química Ambiental” de Toxicología de la Facultad de Química presente en el sitio web de bedelía. Recuperado de:
[https://www.fq.edu.uy/sites/default/files/sites/all/themes/professional_theme/images/Programa%20Qu%C3%A
Dmica%20ambiental.pdf](https://www.fq.edu.uy/sites/default/files/sites/all/themes/professional_theme/images/Programa%20Qu%C3%A9%20Dmca%20ambiental.pdf)

⁴¹ Programa del curso de “Química Ambiental” de Toxicología de la Facultad de Química presente en el sitio web de bedelía. Recuperado de:
[https://www.fq.edu.uy/sites/default/files/sites/all/themes/professional_theme/images/Programa%20Qu%C3%A
Dmica%20ambiental.pdf](https://www.fq.edu.uy/sites/default/files/sites/all/themes/professional_theme/images/Programa%20Qu%C3%A9%20Dmca%20ambiental.pdf)

Tabla 11: Programa de la asignatura “Química Ambiental”

- 1) Introducción.
- 2) Química del agua.
- 3) Química del suelo.
- 4) Química atmosférica.
- 5) Interfases en el ambiente y sus aspectos fisicoquímicos.
- 6) La química orgánica en el ambiente.
- 7) Aspectos toxicológicos de la contaminación química.
- 8) Transformaciones microbianas en el ambiente.
- 9) Residuos sólidos.
- 10) Radiactividad ambiental.

Como observamos en el programa, la asignatura “Química Ambiental” ofrece a los estudiantes una base sólida en formación ambiental, a partir de los aspectos físico- químicos naturales del ambiente. A través de los distintos temas abordados, se estudian compartimentos ambientales tales como el agua, suelo y atmósfera, y se consideran sus características químicas, fundamentales para entender el comportamiento y evolución de los contaminantes en el entorno. Estos conocimientos, sin duda, son imprescindibles para comprender cómo se generan las condiciones que permiten la exposición de los organismos a las sustancias tóxicas y/o potencialmente peligrosas.

La asignatura también incluye contenidos clave sobre química orgánica en el ambiente, lo cual es de gran importancia, debido a que, además de metales pesados (a modo de ejemplo, plomo y mercurio), muchos de los contaminantes más peligrosos son compuestos orgánicos, tales como dioxinas, hidrocarburos aromáticos policíclicos y plaguicidas organoclorados.

Otro tópico importante del programa es el de la radioactividad natural y artificial, y el de generación, disposición y manejo de residuos, tema clave para el cuidado del ambiente y la prevención de la contaminación. A su vez, cabe aclarar que además de estos temas, dentro del

dictado del curso se incluyen aspectos básicos la de educación ambiental universitaria y herramientas para el trabajo con la comunidad, ya que estos son aspectos claves para la gestión y cuidado del ambiente.

En definitiva, la asignatura ofrece un marco conceptual y práctico muy valioso para la comprensión de los fundamentos de la toxicología ambiental, especialmente en lo que refiere al comportamiento de los contaminantes en el ambiente.

4.3.1.2 Programa de “Toxicología Ambiental y Geología Médica”

La asignatura “Toxicología Ambiental y Geología Médica” consta de 3 horas semanales de clases teóricas, así como de 3 horas semanales de clases teórico-prácticas. Esta asignatura exige como previa la aprobación de “Toxicología Fundamental”, clave para introducirse dentro del ámbito de la toxicología.

Esta asignatura, además de profundizar en aspectos ya vistos en “Toxicología Fundamental”, incorpora el enfoque ecosistémico para la gestión y la salud humana, y la disciplina de la Geología médica. Acerca de la disciplina de la geología médica, que surge en el 2002 a partir de la iniciativa conjunta de Olle Selinus, José Centeno y Robert Finkelman, vincula los fenómenos ambientales naturales con salud y enfermedad, considerando tanto aspectos adversos como beneficiosos. Es importante recalcar en este sentido que la Geología médica se aboca al estudio de los efectos de los componentes naturales del ambiente, a diferencia de la toxicología ambiental, orientada principalmente a lo relacionado a la contaminación. A modo de ejemplo, a la geología médica le puede interesar el estudio de una erupción volcánica, capaz de liberar sustancias tóxicas y generar efectos adversos, o también el estudio de aguas termales con sus efectos generalmente benéficos. Es una ciencia ambiental joven, surgida en 2002 como geociencia de la salud.

Estos aspectos se hacen evidentes en la presentación de los objetivos de la asignatura que se puede ver en el aula virtual del Área Toxicología, entre los cuales se destacan “introducir al estudiante en los conceptos de Geología Médica como nueva disciplina emergente, multidisciplinaria estrechamente relacionada con la Toxicología y la Epidemiología ambiental”, así como “capacitar al estudiante en la profundización de los conceptos de

Toxicología Ambiental, integrando los aspectos teóricos de la contaminación ambiental y sus efectos, con un enfoque práctico”.⁴²

En lo que refiere a la didáctica, en el caso de esta asignatura, su parte teórica se trabaja a través de clases expositivas, destinadas a presentar los conceptos, y su parte teórico-práctica se orienta a la aplicación de los temas vistos. En el teórico-práctico, se realizan talleres y seminarios, en que los estudiantes elaboran y presentan oralmente los distintos temas vistos en el teórico en subgrupos de trabajo. Desde el punto de vista didáctico, la dinámica de los talleres favorece un aprendizaje significativo, orientado a la participación y aplicación práctica de los contenidos. En ese sentido, esta asignatura contribuye de forma aplicada a fortalecer la formación en toxicología ambiental, de una manera transdisciplinaria y orientada a una adecuada gestión ambiental.

A continuación, presentamos el temario de la asignatura (tabla 12) de acuerdo con el catálogo online de la Facultad.⁴³

⁴² Presentación del curso de “Toxicología Ambiental y Geología Médica” de la Facultad de Química presente en el sitio web de bedelía. Recuperado de:
<https://www.fq.edu.uy/sites/default/files/archivos/Toxicologia%20Ambiental%20y%20Geologia%20Medica%20-%20974%20v2.pdf>

⁴³ Programa del curso de “Toxicología Ambiental y Geología Médica” de la Facultad de Química presente en el sitio web de bedelía. Recuperado de:
<https://www.fq.edu.uy/sites/default/files/archivos/Toxicologia%20Ambiental%20y%20Geologia%20Medica%20-%20974%20v2.pdf>

Tabla 12: Programa de la asignatura “Toxicología Ambiental y Geología Médica”

- 1) Introducción a la Toxicología Ambiental
- 2) Introducción a la Geología Médica
- 3) Contaminantes Ambientales y Criterios de Evaluación. Ecotoxicología
- 4) Geología Médica
- 5) Ecosalud: enfoque ecosistémico
- 6) Contaminantes Inorgánicos
- 7) Contaminantes Orgánicos
- 8) Contaminación del Aire
- 9) Contaminación del Agua
- 10) Contaminación del Suelo
- 11) Situaciones que Pueden Afectar el Ambiente
- 12) Metales, salud y ambiente

Esta asignatura enriquece y amplía los contenidos y herramientas de las anteriores, brindando una formación más aplicada e integrada con la salud humana y planetaria, con un enfoque ecosistémico. Aquella base sólida sobre el comportamiento fisicoquímico de los contaminantes abordado en las demás asignaturas se orienta en este caso al impacto tóxico en organismos y ecosistemas, para poder comprender, prevenir y remediar los efectos adversos. En este sentido, el enfoque ecosistémico de este curso jerarquiza especialmente el abordaje integral y transdisciplinario de los problemas, elementos clave del pensamiento ambiental complejo.

Además, como hemos mencionado anteriormente, se introduce la Geología Médica como una disciplina emergente que amplía el campo de estudio hacia los factores geológicos naturales que influyen en la salud, considerando aspectos tanto beneficiosos como adversos del ambiente.

Cabe agregar que, además de esta asignatura, los estudiantes pueden cursar “Toxicología Ambiental y Geología Médica Avanzada”, que permite profundizar en los contenidos previamente abordados, con un enfoque aún más especializado y aplicado, estructurado en torno a tres ejes temáticos. En primer lugar, esta asignatura se enfoca en temas como la geoquímica ambiental, la nutrición y las enfermedades vinculadas al ambiente, el estudio de elementos esenciales, naturales y antropogénicos, y su impacto en la salud. En segundo lugar, la asignatura trata, desde la perspectiva de la geología médica, factores geológicos como la combustión del carbón, la contaminación por arsénico y flúor, la presencia de metales como plomo, cadmio y mercurio en suelos, y otros agentes como el radón. Por último, introduce herramientas de epidemiología ambiental y toxicología, considerando la elaboración de bases de datos geológicas, evaluación de riesgos, y el análisis de efectos en la salud asociados a la exposición a vapores, polvos, agroquímicos y transgénicos. En definitiva, esta asignatura más avanzada refuerza el perfil del estudiante en la comprensión de los vínculos entre ambiente y salud de forma más sólida.

4.3.1.4 Conclusiones del análisis de programas

El análisis de los programas de estas cinco asignaturas revela con claridad que la dimensión ambiental ocupa un lugar cada vez más relevante en la formación de los estudiantes. Se observa, además, una evolución en el enfoque pedagógico y didáctico: el reemplazo del extenso programa de “Química Toxicológica” por dos asignaturas diferenciadas y consecutivas en el mismo semestre (“Toxicología Fundamental” obligatoria y “Toxicología Analítica y Química Legal” optativa), refleja una reorganización académica que favorece una mayor profundidad y eficiencia en el tratamiento de los contenidos.

“Toxicología Fundamental” retoma muchos de los conceptos clave de la asignatura anterior actualizándolos y dándoles una orientación más enfocada en la gestión de riesgos y en la comprensión integral del impacto de los tóxicos en la salud humana y el ambiente. La inclusión sistemática de lo ambiental en los distintos módulos no solo le da continuidad al enfoque de “Química Toxicológica”, sino que lo fortalece desde una perspectiva más transversal.

Por su parte, “Toxicología Analítica y Química Legal” presenta y profundiza en los aspectos metodológicos y analíticos, dotando al estudiante de herramientas concretas para la detección

e interpretación de sustancias tóxicas en contextos forenses, clínicos y ambientales. Esta asignatura complementa y amplía lo aprendido en “Toxicología Fundamental”, desde un enfoque práctico y aplicado. Este nuevo esquema de dictado permite un abordaje más específico de la problemática ambiental, destacando su importancia tanto en el plano nacional como internacional y reforzando su vinculación con la toxicología. En definitiva, puede afirmarse que la cuestión ambiental no solo está presente, sino que cobra un protagonismo creciente en la currícula.

“Química Ambiental” permite una comprensión más profunda de toda la temática ambiental en general y el estudio de distintas problemáticas puntuales de relevancia en sus seminarios. Destacamos, a su vez, que en este curso se consideran temas más específicos como el de la energía y uso de recursos naturales, clave en todo tema de contaminación ambiental.

Por último, en lo relativo a “Toxicología Ambiental y Geología Médica”, se integran el abordaje ecosistémico y la disciplina emergente de geología médica, como aspectos novedosos que no se abordaban específicamente en las asignaturas anteriores. En este enfoque se profundiza, luego, en “Toxicología Ambiental y Geología Médica Avanzada”.

En conjunto, estas diversas asignaturas brindan una formación en toxicología sensible a la cuestión ambiental, incorporando enfoques contemporáneos y metodologías más especializadas. A su vez, refuerzan la presencia de la temática ambiental como un eje imprescindible en la formación del químico farmacéutico y del bioquímico clínico, permitiendo a la Facultad estar bien posicionada frente a los desafíos del mundo contemporáneo referidos a la contaminación y la sostenibilidad.

Cabe tener en cuenta, no obstante, que para una formación sólida del estudiante en este campo no parece suficiente cursar únicamente “Toxicología Fundamental”, que es actualmente la única asignatura obligatoria para el estudiante de Químico Farmacéutico y de Bioquímico Clínico. Las demás asignaturas analizadas, aunque optativas/electivas, se muestran como esenciales para abordar de manera profunda la complejidad de los problemas toxicológicos ambientales.

4.3.2 Entrevistas dentro del Área Toxicología de Facultad de Química

Una vez efectuado el análisis de las asignaturas referido a la primera fuente de información para la triangulación metodológica de este tercer módulo, se aborda aquí el análisis de las entrevistas realizadas a diversos docentes, así como a estudiantes del Área Toxicología.

4.3.2.1 Entrevistas a docentes

En primer lugar, se presentarán las respuestas de los docentes a las preguntas realizadas, tomando y analizando diversos fragmentos de ellas (para acceder a las respuestas completas se puede consultar el apéndice 6.2 de este trabajo). Cabe recordar, como explicamos en la sección de metodología, que las entrevistas se tomaron personalmente a tres docentes del Área Toxicología, identificados como persona A, persona B y persona C. Para recordar las preguntas formuladas en la entrevista, se puede consultar la tabla 1, presente en el apartado 3.3.2, referido a la metodología.

4.3.2.1.1 Análisis de las respuestas a la pregunta N° 1

En cuanto a la primera pregunta, esta planteaba a los docentes la siguiente interrogante: “¿Por qué le parece importante el enfoque ambiental en estas asignaturas?”. Frente a ella, los entrevistados respondieron recalcando, en términos generales, el hecho de que el ambiente puede verse afectado por la toxicidad de las sustancias químicas. Así, por ejemplo, la persona A señala que incorporar este enfoque en los cursos es importante “para la concientización sobre el ambiente, lugar donde vivimos y de donde proviene nuestro sustento” (se puede acceder a la respuesta completa en el apéndice 6.2). Recalcando la dependencia fundamental del ser humano respecto del medio ambiente, nos hace notar la relevancia de ese entorno natural para la satisfacción de necesidades básicas esenciales, como la alimentación, la vivienda y el acceso a recursos vitales como el agua y el aire. En ese sentido, incentivar la conciencia ambiental en los estudiantes estaría contribuyendo a favorecer una comprensión más profunda de la estrecha relación entre salud, desarrollo humano y sostenibilidad.

Profundizando un poco más en el tema, la persona B destaca la importancia de concientizar a los estudiantes para que logren, más concretamente, una mejor gestión de las sustancias químicas del ambiente:

“La Toxicología tiene una relación directa con el medio ambiente. Considero que concientizar a los estudiantes sobre la importancia de una buena gestión de los productos químicos, un eficiente control de la población en general y de los trabajadores, etc. aporta un granito de arena a la mejora de las condiciones laborales, ambientales y al cuidado de nuestro planeta”.

Haciendo hincapié en estos elementos, la respuesta de la persona B muestra estar en consonancia con los objetivos de la educación ambiental planteados por María Novo. Se distingue aquí, por ejemplo, el desarrollo de una **conciencia** informada del valor del medio ambiente en general, así como el incentivo de **actitudes** de interés y preocupación por el medio ambiente, junto con **aptitudes** orientadas a un eficaz abordaje y resolución de los problemas ambientales (Novo, 1995: p. 42).

Por otro lado, la persona C introduce la relevancia de educar en el enfoque ecosistémico para comprender mejor la influencia del entorno en la salud y en las distintas acciones del ser humano:

“Creo que en todas las asignaturas de Toxicología siempre se está haciendo mención al daño que se puede provocar en el ambiente en general, o en las personas dentro de sus ambientes. Nosotros, desde el enfoque ecosistémico, integramos y hablamos de los enfoques sistemáticos, donde, teniendo el hombre como centro, todo su entorno influye no solamente en sus acciones directas, sino también en las acciones indirectas, en la salud”.

En definitiva, las diversas respuestas de los docentes demuestran su rotunda convicción acerca de la importancia de este enfoque y giran en torno a la interacción entre sustancias químicas y ambiente. Por otro lado, si bien la conciencia de ello es clara, algunas de las respuestas presuponen las razones de la enseñanza con enfoque ambiental, por lo cual puede ser conveniente incentivar el desarrollo de una argumentación más fundada al respecto en el cuerpo docente.

4.3.2.1.2 Análisis de las respuestas a la pregunta N° 2

En lo que refiere a la segunda pregunta, esta aludía a lo siguiente: “¿Qué temáticas y habilidades que se enseñan en los cursos de nuestra Área considera Ud. que favorecen una

perspectiva integral/ambiental en los estudiantes, específicamente en el de Toxicología Fundamental?”. Comenzando por la persona A, esta resaltó, en cuanto a las temáticas, la interrelación entre toxicología y química, así como el estudio de la toxicología ambiental, el enfoque de Ecosalud, y la disciplina de la Geología médica. Si bien, estos dos últimos abordajes no se dan específicamente en el curso de “Toxicología Fundamental”, sí configuran la práctica de nuestro equipo docente. En cuanto a las habilidades fomentadas en el alumnado, la persona A destacó el pensamiento crítico y la argumentación, herramientas clave para comprender y justificar una adecuada formación ambiental.

La persona B resaltó el modo integral y transversal en que aparece el enfoque ambiental en el curso de “Toxicología Fundamental”, atravesando la totalidad de los temas, ya sea de forma explícita o implícita:

“Considero que todos los temas dictados por nuestra área tienen directa o indirectamente un enfoque ambiental. El hecho de darle a los estudiantes la posibilidad de acceder a diversos artículos científicos, escuchar a especialistas en diferentes temáticas, exponer sus trabajos, etc. favorece en ellos la comprensión de la multidisciplinariedad en lo que respecta a aspectos ambientales.

En lo que respecta al tema “Plaguicidas” que dicto en el curso de Toxicología Fundamental, el abordaje va desde la definición de plaga, uso de plaguicidas, efectos en el ser humano, análisis de biomarcadores, etc. acompañado de información proporcionada por la OMS, el MGAP y CIAT. Todo ello conlleva a que la problemática sea abordada desde varias disciplinas”.

Como observamos en el segundo párrafo de la respuesta, la persona B presenta el ejemplo concreto de los plaguicidas, detallando y evidenciando cómo los diversos aspectos referidos a la temática están todos claramente vinculados a la cuestión ambiental. Asimismo, la inclusión de fuentes reconocidas, como la OMS, el MGAP y el CIAT, refuerza el valor de una formación avalada y fundamentada en marcos normativos actualizados. Por último, en la respuesta de la persona B se destaca también la importancia de la interdisciplinariedad en el abordaje de la cuestión ambiental, aspecto decisivo para el enfoque propio de la educación ambiental. Como señala Carlos Surroca (2013) en un artículo del Ministerio de Desarrollo

Social referido a la Educación ambiental, la pedagogía del ambiente debe implicar una pedagogía de la interdisciplinariedad:

“La interdisciplinariedad es fundamental [para la pedagogía del ambiente], el enfoque holístico permite romper la parcialización y la súper especialización del conocimiento ayudando a promover una visión más integradora del mundo, abierta hacia la diversidad de los complejos fenómenos de la realidad” (p. 24).

En cuanto a la persona C, afirma que, con respecto a las temáticas y habilidades que se enseñan en estos cursos, y específicamente, en “Toxicología Fundamental”, el estudio de la toxicología ocupacional, uno de cuyos temas es el ambiente del trabajo, ayuda a comprender la necesidad del abordaje integral en el estudio del ambiente general, fuera de la fábrica:

“Me parece que es central todo lo que es el área laboral en donde nos preocupamos por la salud y la integridad física. Es una forma de que se integren estos temas. Dan mucho que hablar. (...) Cuando hablamos en seguridad laboral o higiene industrial, y hacemos las evaluaciones de los puestos de trabajo, allí la relación de las máquinas, el entorno, los aspectos de protección personal, de protección general del área, todo eso favorece que haya una integración, no solo de los individuos con sus pares o sus jefes, o quienes están por debajo, sino también de lo que son los productos químicos, toda la maquinaria, todo con lo que se trabaja. Estamos hablando de la parte ambiental dentro de las fábricas, que de alguna forma también influye afuera, porque se tiene en cuenta todo lo que son los residuos, los desagües. Creo que los estudiantes salen con una formación, digamos, general de la Toxicología, pero considerando también las relaciones interpersonales y en el ambiente de trabajo”.

Como observamos en el fragmento, el docente entiende que el estudio de la seguridad y de la higiene industrial es formativo para la adquisición de una perspectiva ambiental integral. Estudiado de una forma global e integrada, la evaluación del ambiente de trabajo permite aprender a extrapolar al ambiente general. Además, se resaltan ejemplos concretos de los residuos que genera la actividad fabril, que se vierten al ambiente como efluentes.

Analizando estas respuestas, se observa que cada docente entiende que la enseñanza en el curso de “Toxicología Fundamental” aporta herramientas útiles para la formación. Todos los temas que se abordan, en general, y algunos, muy en particular, contribuyen con un conocimiento específicamente referido a la temática ambiental.

4.3.2.1.3 Análisis de las respuestas a la pregunta N° 3

Si la pregunta anterior refería como tal a la *enseñanza* dentro del Área Toxicología, esta última pregunta hace hincapié en la percepción de los docentes en cuanto a los *aprendizajes* más significativos para los estudiantes con respecto a lo ambiental: “¿Cuáles aprendizajes con esta perspectiva ambiental integrada considera que son más significativos para los estudiantes de nuestro curso de “Toxicología Fundamental”?”.

En cuanto a la persona A, no destaca ningún elemento en particular, sino que menciona en general la formación ambiental que los estudiantes adquieren en la asignatura de “Toxicología Fundamental”. La persona B, en cambio, menciona, en particular, el tema referido a los plaguicidas, destacando la importancia de aprender a interpretar, transmitir y usar los datos adecuadamente, por ejemplo, en la actividad agrícola. Desde el punto de vista toxicológico, menciona la importancia de que se controle la exposición a los plaguicidas tanto en trabajadores como en población en general:

“En lo que respecta al tema “Plaguicidas”, considero que los aprendizajes más significativos tienen que ver con saber interpretar la información toxicológica y realizar un correcto uso de estos. Así como llevar a cabo una buena práctica agrícola, y un correcto control de exposición de la población en general y los trabajadores expuestos”.

Con respecto a la persona C, por un lado, resalta, al igual que los docentes anteriores, la importancia de que los estudiantes aprendan sobre los efectos adversos para el organismo y para el ambiente. Por otro lado, agrega la importancia de realizar análisis toxicológicos correctos que sigan las normativas y controles nacionales e internacionales:

“Me parece que los estudiantes en Toxicología adquieren formación sobre el efecto adverso de los productos químicos cuando tienen contacto con el organismo, el efecto del manejo de sustancias químicas para el ambiente, donde

se considera toda la parte, no solo laboral, sino la parte de después qué hacer con los productos terminados, con los desechos o lo que sobra. Es muy importante esto, porque forma parte de su formación en general. En Toxicología hablamos de los tóxicos, tanto en lo laboral como en lo general, en usos domésticos también. Creo que toda esa área se ve considerada y se le da la importancia que corresponde. No he mencionado la importancia de los análisis, de todo lo que es la parte de la metodología analítica, la importancia de un resultado que sea el correcto, con todos los sistemas de controles que existen en nuestro país y de forma internacional”.

En definitiva, de su respuesta destacamos que mencione la importancia de los análisis químicos toxicológicos, que sigan metodologías adecuadas y obtengan resultados confiables de acuerdo a las normativas.

4.3.2.1.4 Conclusiones del análisis de las entrevistas a docentes

El análisis de las entrevistas revela una clara y compartida convicción en el equipo docente sobre la importancia del enfoque ambiental en la enseñanza de la toxicología. Las respuestas reflejan una visión comprometida con dicho enfoque, integrado transversalmente y de manera multidisciplinaria a la formación toxicológica a través de temáticas concretas. En general, las respuestas remarcan la dependencia del ser humano del medio ambiente, y la importancia de su cuidado como parte del desempeño científico y profesional de la Química.

En síntesis, los docentes entrevistados ven que el hecho de que la toxicología estudie los efectos adversos de las sustancias químicas sobre los organismos vivos lleva de forma lógica a estudiar los distintos ambientes, tanto laboral como general, siendo este el aprendizaje más significativo: que, al dañar a los seres vivos, se está afectando inevitablemente el ambiente.

En las respuestas, advertimos que hay una lógica implícita acerca de los efectos adversos que estudia la toxicología, elementos que hacen a su definición y objeto de estudio, que acaba siendo el argumento final por el cual se considera que la enseñanza de esta asignatura aporta conocimientos imprescindibles y aprendizajes significativos con respecto a las sustancias químicas en relación con el ambiente.

Por otro lado, al analizar críticamente las entrevistas, advertimos que hay, principalmente, dos aspectos que requieren de cierta profundización adicional. En primer lugar, la justificación de la importancia de la cuestión ambiental, que, en la pregunta N° 1, sobre todo, se muestra un tanto débil. En segundo lugar, notamos, principalmente, en la pregunta N° 2, la necesidad de reforzar el énfasis en las herramientas que los estudiantes pueden adquirir para una formación ambiental, ya que, entre las respuestas, exceptuando algunos casos, el hincapié estaba en las temáticas.

4.3.2.2 Entrevistas a estudiantes

Tras el análisis de las entrevistas realizadas a los docentes, nos corresponde ahora examinar las entrevistas efectuadas a los estudiantes. Siguiendo la misma metodología, realizaremos el análisis y la interpretación de las respuestas obtenidas (para acceder a las respuestas completas se puede consultar el apéndice 6.3 de este trabajo). Recordamos también aquí que las entrevistas se realizaron a tres estudiantes del Área Toxicología, que identificaremos como persona A, persona B y persona C. Al igual que con las entrevistas a los docentes, recordamos que se puede recurrir al apartado 3.3.2, referido a la metodología, para repasar las preguntas, específicamente, en la tabla 2.

4.3.2.2.1 Análisis de las respuestas a la pregunta N° 1

En cuanto a la primera pregunta, esta problematizaba lo siguiente: “¿Qué cuestiones de los enfoques ambientales consideraría como significativos para una enseñanza en este siglo XXI?”. Frente a ella, los tres estudiantes entrevistados resaltan la responsabilidad humana en la generación de los problemas ambientales. En cuanto a la persona A, comenta principalmente temas específicos que considera especialmente importantes para ser abordados. Entre ellos, resalta, en particular, los temas referidos a “Agua, Pesticidas y Tratamiento de residuos”, y menciona que “dentro de tratamiento de residuos estaría interesante el tema particular de plásticos y compost”. En definitiva, plantea problemas puntuales que considera prioritarios y alude a que, aunque no es posible un abordaje exhaustivo de los temas, estos deben incorporarse en la medida en que lo permitan las temáticas y dinámicas de las clases.

En cuanto a la persona B, sostiene que “es importante destacar la actividad humana (en todos los ámbitos) como causante del deterioro ambiental”, dejando en claro cómo toda la afectación negativa del ambiente se debe a la intervención humana a diversos niveles. Asimismo, enfatiza que la enseñanza debe capacitar para la gestión ambiental y brindar conocimiento sobre técnicas de cuidado ambiental, entre las cuales destaca el uso de biocombustibles. Entiende la urgencia de la incorporación de “opciones «más limpias» para satisfacer las necesidades humanas”, y de un abordaje que incluya la disciplina de la química verde.

Por último, en cuanto a la persona C, menciona tres enfoques que considera significativos para la enseñanza contemporánea respecto de lo ambiental. En primer lugar, alude al enfoque comunitario, que implica considerar la problemática ambiental de forma no fragmentada o individual, remarcando su dimensión social y la necesidad de incluir a las comunidades. En segundo lugar, subraya el enfoque sistémico, según el cual es necesaria una consideración de la compleja interrelación entre diversos factores, no quedándose en un estudio de fenómenos aislados. Por último, hace referencia al enfoque interdisciplinario, que exige integrar conocimientos provenientes de distintas disciplinas, para alcanzar una visión más amplia e integral crítica de los desafíos ambientales actuales.

4.3.2.2.1 Análisis de las respuestas a la pregunta N° 2

En lo que refiere a la segunda pregunta, esta se orientaba a la reflexión en torno a la relevancia del abordaje de los problemas ambientales: “¿Por qué le parecen importantes estos enfoques en la formación estudiantil y docente?”. En este caso, todas las respuestas recalcan la importancia de que tanto docentes como estudiantes estén informados. La persona A resalta especialmente la desinformación que puede haber en torno a estos temas y la urgencia de una educación ambiental. Se detiene especialmente en el tema de los pesticidas, que “siguen siendo una gran fuente de contaminación de ambientes”, y también sobre los numerosos y variados residuos que genera la sociedad contemporánea: “En una época en la que la mayoría de las cosas son básicamente descartables, el saber qué ocurre con los residuos que generamos, entre ellos plásticos, ropa y elementos tecnológicos o electrónicos, ya que las personas no tienen conciencia de las cantidades y lo complicado que es a veces encargarse de dichos residuos”. La persona A, no solo comenta el problema de los residuos, sino que también indica la necesidad de una gestión de dichos residuos, y como ejemplo menciona el compostaje.

Asimismo, menciona la afectación a la escala trófica a partir de estos múltiples y variados residuos.

La respuesta de la persona B, aunque breve, resulta significativa porque remite a un principio fundamental de la educación ambiental: la responsabilidad de la humanidad frente a los problemas ambientales. Al señalar que “todos somos parte del problema”, introduce una perspectiva ética que vincula las acciones individuales con el impacto colectivo. Asimismo, resalta la importancia de educar a los estudiantes en la actualidad, para que estos eduquen a futuras generaciones, reflejando así una visión de la educación ambiental como instrumento de transformación cultural y social.

En cuanto a la persona C, desarrolla en esta pregunta las tres perspectivas ambientales que había mencionado en la pregunta anterior. Sobre el enfoque comunitario, comenta que se trata de un enfoque “muy trabajado en estos últimos tiempos, producto de la necesidad de incidir en nuestros alumnos con el objetivo de formar actitudes y valores medioambientales para apaciguar la crisis y lograr transformar la actitud depredadora del hombre, por los problemas ecológicos existente en nuestro planeta”. En cuanto a la visión sistémica, resalta la integralidad de los componentes del medio físico, biótico, económico y sociocultural. En lo que refiere al enfoque interdisciplinario, señala que este permite que las actividades de las diversas disciplinas involucradas “no se produzcan en forma aislada, dispersas y fraccionadas”.

4.3.2.2.1 Análisis de las respuestas a la pregunta N° 3

Con respecto a la última pregunta, esta aludía la experiencia transfitada por los estudiantes: “¿Qué aprendizajes (acorde a su experiencia) le parece que ofrecerían una mayor integración y comprensión de temáticas y/o problemas vinculados a la Ciencias Químicas ? Ofrecer algún ejemplo si lo desea”. En cuanto a la persona A, recalca la importancia del “hacer” para integrar conocimientos. Retomando sus puntos específicos de interés que menciona en la respuesta a la pregunta 1 –como los residuos, el agua y los plaguicidas– menciona como valiosas las visitas a plantas, así como la visualización de videos con fines pedagógicos. También valora especialmente el trabajo de laboratorio vinculado al análisis químico de las eventuales muestras reales de origen ambiental, y entiende que esta es siempre “una buena forma de entender mejor los procesos y para hacer que los estudiantes tomen más interés en los temas”.

En lo que respecta a la persona B, indica que “el trabajo de campo y las tareas con la comunidad (...) son fundamentales para comprender la situación ambiental en la que nos encontramos”. Apunta al enriquecimiento mutuo que ello implica, y sin mencionarlo explícitamente, describe lo esencial de las actividades de extensión.

Con respecto a la persona C, recalca la importancia de que quienes se están formando en las ciencias químicas se capaciten para responder a las necesidades reales de resolución de problemas de la sociedad en relación con lo ambiental. En ese sentido, señala que los contenidos curriculares deben concebirse desde el propósito “de preparar a los graduados del nivel universitario para responder a las transformaciones que experimenta el modelo económico uruguayo, dirigidas a acentuar la conservación y protección del medio ambiente”. De esta manera, entiende que la formación universitaria no puede limitarse a una transmisión abstracta de saberes, sino que debe orientarse a generar profesionales capaces de incidir concretamente en la sostenibilidad y el cuidado del entorno.

4.3.2.2.4 Conclusiones del análisis de las entrevistas a estudiantes

Las respuestas de las tres personas reflejan una alta comprensión de la complejidad de los problemas ambientales, en cada caso proporcionales a sus edades y experiencia laboral y de estudio. En términos generales, las respuestas ponen de manifiesto en los estudiantes la conciencia de la responsabilidad humana en la degradación ambiental. Desde distintos enfoques, los diversos estudiantes entrevistados reconocen que los problemas ambientales no son fenómenos aislados ni inevitables, sino el resultado de prácticas sociales, económicas y productivas que se pueden transformar a través de la educación.

En las respuestas de los estudiantes vemos reflejado cómo la toxicología, lejos de quedar confinada a un ámbito meramente técnico o académico, se proyecta como una herramienta clave para la formación integral de ciudadanos y profesionales capaces de responder a las necesidades de la sociedad. La alusión de varios estudiantes a contenidos específicos (como el agua, los residuos y los pesticidas), a enfoques transversales (el comunitario, el sistémico y el interdisciplinario) y a experiencias prácticas (como el trabajo de campo, las visitas, la extensión universitaria) demuestra que los estudiantes ven la importancia de un aprendizaje situado y con impacto real en la comunidad.

A su vez, en las respuestas se encuentra presente el rol formativo y ético de la toxicología, que debe preparar a los futuros químicos no solo en su capacidad para analizar técnicamente los procesos contaminantes, sino también para intervenir activamente en su prevención y mitigación. De esta manera, notamos cómo los estudiantes entienden la necesidad de alinear la práctica profesional con los objetivos de sostenibilidad y cuidado del ambiente. En definitiva, estos testimonios reflejan cómo la toxicología puede ser, en efecto, vehículo privilegiado para la educación ambiental universitaria, brindando saberes técnicos adecuados y, a la vez, espacios de reflexión en torno a su impacto socioambiental.

4.3.3.1 Ejercicio planteado a los estudiantes de “Toxicología Fundamental”

Luego de haber trabajado los primeros dos puntos que conforman la triangulación del módulo C, nos adentramos ahora en el tercero, el cual se basa en información en formato evaluativo proporcionada por los estudiantes del curso de “Toxicología Fundamental”. Volvemos a presentar aquí la pregunta formulada en este ejercicio:

Problema formulado a los estudiantes de “Toxicología Fundamental” entre 2015 y 2023

“Explique cómo le parece que debe encararse el estudio de la posible contaminación ambiental generada por una fábrica en su entorno, por ejemplo una curtiembre. Haga todas las suposiciones que considere necesarias”.

4.3.3.2 Criterios para la clasificación de las respuestas obtenidas

Para el ejercicio aplicado entre 2015 y 2023, se establecieron 5 categorías de respuestas, las que se han descrito en el apartado 3.3.2.3, referido a la metodología. Para tenerlas presentes, recomendamos consultar dicho apartado. De todos modos, presentamos, a continuación, una rúbrica a modo de síntesis (tabla 13), para visualizar más claramente las categorías empleadas:

Tabla 13: Rúbrica de evaluación de las respuestas del ejercicio aplicado entre 2015 y 2023

Criterios	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Descripción del tipo de respuesta	Incluye una sola dimensión del problema (en general, físico-química o biológica). Refleja una mera visión cuantitativa y disciplinar.	Incluye más de una dimensión del problema, pero se centra en lo tecnológico u ocupacional dentro de la fábrica.	Integra la fábrica en su contexto socio-natural, incluyendo factores físicos y sociales.	Considera la prevención de riesgos y aplicación de normativas técnicas y legales.	Integra todas las dimensiones anteriores e incluye además la gestión político-ambiental.
Nivel de comprensión ambiental	Básico: mínima comprensión del tema, poca información y sin suficiente integración.	Limitado: comprensión muy general del tema, con mayor información, pero aún fragmentada e incompleta.	Intermedio: comprensión relativamente sólida e integrada del tema, pero aún incompleta.	Avanzado: comprensión significativa del tema, que integra los elementos centrales.	Superior: comprensión profunda, integral y crítica del tema, que refleja un conocimiento muy consistente.
Valoración	Insuficiente	Parcial	Satisfactorio	Bueno	Muy bueno

En cuanto al ejercicio efectuado en 2024, recordamos que en este caso se emplearon 4 categorías, como explicamos en el apartado 3.3.2.3. Nuevamente, con una finalidad práctica, presentamos a continuación una rúbrica (tabla 14) que resume las categorías previamente definidas.

Tabla 14: Rúbrica de evaluación de las respuestas del ejercicio aplicado en 2024

Criterios	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Descripción del tipo de respuesta	Incluye una sola dimensión del problema (en general, físico-química o biológica). Refleja una mera visión cuantitativa y disciplinar.	Incluye más de una dimensión del problema, pero se centra en lo tecnológico u ocupacional dentro de la fábrica.	Integra la fábrica en su contexto socio-natural, incluyendo factores físicos y sociales.	Integra a los elementos anteriores aspectos de decisiva importancia como la prevención de riesgos, la aplicación de normativas técnicas y legales, y la gestión político-ambiental.
Nivel de comprensión ambiental	Básico: mínima comprensión del tema, poca información y sin suficiente integración.	Limitado: comprensión muy general del tema, con mayor información, pero aún fragmentada e incompleta.	Intermedio: comprensión relativamente sólida e integrada del tema, pero aún incompleta.	Avanzado/Superior: comprensión significativa o muy significativa del tema, que, en general, refleja una visión profunda, integral y crítica.
Valoración	Insuficiente	Parcial	Satisfactorio	Bueno/Muy bueno

Como se puede observar en la rúbrica, los criterios de evaluación siguen siendo esencialmente los mismos, pero varían en cuanto a la categoría 4, que incluye ahora el nivel de comprensión ambiental superior, que en los años 2015 al 2023 correspondía a una quinta categoría.

4.3.3.3 Análisis de los datos obtenidos entre 2015 y 2023

4.3.3.3.1 Datos generales y análisis de sus proporciones

A continuación, mostramos las respuestas (tabla 15), según la categoría asignada, en números absolutos.

Tabla 15: Recopilación de datos generales del ejercicio realizado para los estudiantes de “Toxicología Fundamental”													
	Cat. 0		Cat. 1		Cat. 2		Cat. 3		Cat. 4		Cat. 5		Total
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
2015	21	19,81	22	20,75	20	18,87	24	22,64	15	14,15	4	3,77	106
2016	17	23,29	0	0,00	2	2,74	13	17,81	19	26,03	22	30,14	73
2017	14	20,90	0	0,00	4	5,97	10	14,93	29	43,28	10	14,93	67
2018	11	18,03	0	0,00	11	18,03	13	21,31	19	31,15	7	11,48	61
2019	11	13,92	2	2,53	16	20,25	21	26,58	18	22,78	11	13,92	79
2022	12	18,75	1	1,56	6	9,38	11	17,19	24	37,50	10	15,63	64
2023	4	7,14	4	7,14	9	16,07	7	12,50	20	35,71	12	21,43	56
total	90		29		68		99		144		76		506

En los datos incluídos en esta tabla debemos diferenciar los correspondientes a 2022, primer año de transición en la postpandemia del Covid 19, en que se volvieron a realizar los parciales de “Toxicología Fundamental” en forma presencial. Por otra parte, en 2024 se propuso un ejercicio que planteaba una problemática ambiental a través de una pregunta en el parcial aún menos guiada que las de 2015 a 2023, pero que también apuntó a ver el desempeño estudiantil para interpretar una situación de posible riesgo. Los resultados se discuten más adelante, pero no se incluyeron en la tabla, ya que se trató esencialmente de una prueba diferente.

Dado que la totalidad de las 506 respuestas fueron analizadas y categorizadas por la docente a cargo de esta investigación, se consideró pertinente realizar un proceso de validación entre pares. Dada la variabilidad inherente entre los observadores humanos, “los estudios de investigación bien diseñados deben incluir procedimientos que midan el grado de acuerdo entre los distintos recolectores de datos” (McHugh, 2012: p. 276). Como afirman Nora McDonald, Sarita Schoenebeck y Andrea Forte (2019), para trabajos de investigación puede ser útil acudir a la “confiabilidad interevaluador” –en inglés, “Inter-rater Reliability” (IRR)–,

que “es una medida estadística del grado de acuerdo entre dos o más codificadores de datos” (p. 40), en que los métodos cuantitativos se combinan “con métodos cualitativos que favorecen una visión interpretativa del conocimiento” (p. 40). Si bien la confiabilidad interevaluador no garantiza resultados idénticos, sí puede mostrar una base común de interpretación sobre la cual cada investigador interpreta los datos (Armstrong *et al.*, 1997: p. 4).

Así, con el objetivo de asegurar la mayor objetividad posible en la evaluación de las respuestas, se tomaron al azar 8 respuestas de los estudiantes por año, y se le solicitó a otra docente del Área Toxicología, involucrada en el dictado de las clases, hacer su propia lectura y evaluación de las respuestas. La docente asignó a cada una de las respuestas una categoría, de acuerdo con la descripción propia de cada una, sin conocer la evaluación ya efectuada previamente por la docente responsable de esta investigación, como forma de cotejar y validar el procedimiento.

Las evaluaciones de las preguntas tomadas al azar coincidieron en un 86%, lo cual demuestra una muy buena concordancia general para un análisis cualitativo (para consultar los porcentajes de coincidencia obtenidos en cada año, véase el apéndice 6.4).

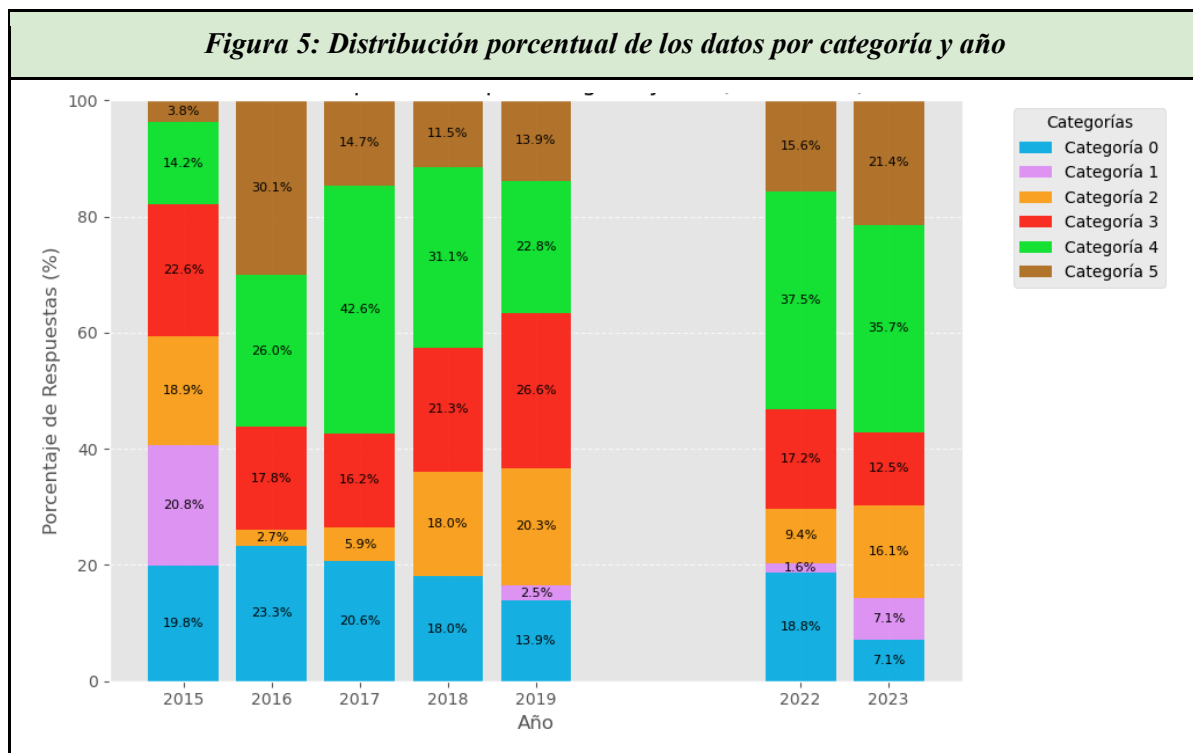
Ahora bien, a partir de la tabla anterior (tabla 15) no podemos aún identificar y visualizar con claridad cuáles son las categorías predominantes en cada año, ni mucho menos detectar una tendencia en los resultados. Lo que evidentemente podemos observar es que los porcentajes de las categorías varían según los años.

Para analizar los datos, consideramos pertinente graficar los resultados según distintas variables. Cabe aclarar que las diversas representaciones gráficas que visualizan los datos de porcentajes de respuestas se realizaron mediante el lenguaje de programación *Python 3.11* en el ambiente de trabajo JupyterLab. A continuación, presentaremos algunas de ellas junto a sus correspondientes estadísticas.

En algunas gráficas hemos considerado todas las respuestas, incluyendo la categoría 0 –que abarcaría las respuestas en blanco–, y en otras incluimos solo los porcentajes de categorías 1 a 5. De todas formas, en una discusión global, consideramos que la respuesta en categoría 0 también expresa algo, más allá de que la interpretación sea discutible: la persona no quiso o

no pudo pronunciarse al respecto, mostrando no contar con suficientes herramientas para abordar el problema.

De la comparación de las siguientes dos variables: el año en que se contestó la pregunta y la categoría correspondiente de cada respuesta, en la siguiente gráfica (figura 5), podemos visualizar la proporción de las respuestas en cada categoría según el año de las respuestas.



Con el fin de evaluar si existe una relación significativa entre los años (2015-2019 y 2023) y las categorías de las respuestas (de la categoría 0 a la 5), se aplicó la prueba de Chi-cuadrado. El valor p resultante de la prueba fue < 0.001 , lo que revela que la distribución de las respuestas en las distintas categorías varía significativamente según el año en que se efectuó la evaluación.

Para explicar este resultado, es importante saber que la prueba de Chi-cuadrado compara las proporciones de respuestas en cada categoría (0 a 5) en función del año en que se realizó la evaluación. Dado que el valor p es menor que 0.001, esto nos muestra que la proporción de respuestas en cada categoría no es igual en todos los años, sino que varía de forma clara.

Concretamente, conviene aquí detenernos a analizar uno por uno los años en los que se planteó la pregunta, para notar específicamente las diferencias en esas proporciones. En el **2015**, el primer año en que se planteó el ejercicio a los estudiantes, predominaron las respuestas nulas, insuficientes o parciales, y solo un 40% de los estudiantes alcanzó una comprensión satisfactoria, buena o muy buena del problema ambiental (tabla 17).

Es llamativo, dentro de estos porcentajes, que la categoría 5 conforme tan solo el 4% de las respuestas. Estos resultados parecen insinuar que la comprensión del problema ambiental de los estudiantes, hace unos 10 años con respecto al presente, es, en términos generales, floja y parcial.

Tabla 17: Resultados obtenidos en 2015

- **Categorías 0 a 2 (respuestas nulas/insuficientes/parciales):** 19,81% (Cat. 0) + 20,75% (Cat. 1) + 18,87% (Cat. 2) = 59,43%
- **Categorías 3 a 5 (respuestas satisfactorias/buenas/muy buenas):** 22,64% (Cat. 3) + 14,15% (Cat. 4) + 3,77% (Cat 5) = 40,56%

Pasando ahora al **2016**, el contraste entre los resultados obtenidos en este año difiere radicalmente de los alcanzados en el anterior. En este caso, predominaron fuertemente las respuestas satisfactorias, buenas o muy buenas –casi en el 74%–, lo cual representa un cambio muy positivo respecto de 2015 (tabla 18). Es notable que un 30% de los estudiantes obtuvo el mayor nivel de desempeño posible –categoría 5–, demostrando una comprensión compleja y profunda de la cuestión ambiental. Cabe tener en cuenta que aumentó el porcentaje de respuestas en blanco, aunque muy levemente, pasando de un 20% a un 23%.

Tabla 18: Resultados obtenidos en 2016

- **Categorías 0 a 2 (respuestas nulas/insuficientes/parciales):**
23,29% + 0,00% + 2,74% = **26,03%**
- **Categorías 3 a 5 (respuestas satisfactorias/buenas/muy buenas):**
17,81% + 26,03% + 30,14% = **73,97%**

En cuanto al año **2017**, en este se muestra una relativa continuidad con respecto a las proporciones de respuestas del anterior. Al igual que en 2016, las respuestas satisfactorias,

buenas o muy buenas predominaron, conformando más del 73% (tabla 19). Llama aquí la atención que casi la mitad de los estudiantes –el 43,28%– alcanzó la categoría 4, un nivel avanzado de comprensión.

Tabla 19: Resultados obtenidos en 2017

- **Categorías 0 a 2 (respuestas nulas/insuficientes/parciales):**
 $20,90\% + 0,00\% + 5,97\% = 26,87\%$
- **Categorías 3 a 5 (respuestas satisfactorias/buenas/muy buenas):**
 $14,93\% + 43,28\% + 14,93\% = 73,14\%$

Pasando ahora al año **2018**, si bien disminuyó un poco la proporción respecto a años anteriores, aumentando las respuestas categorizadas como nulas, insuficientes o parciales, las respuestas satisfactorias, buenas o muy buenas siguieron predominando en un 64% (tabla 20). En relación con los años anteriores, se obtiene aquí el porcentaje de respuestas en blanco más bajo hasta el momento –de un 18%–, aspecto que es un indicador de una relativa mejora.

Tabla 20: Resultados obtenidos en 2018

- **Categorías 0 a 2 (respuestas nulas/insuficientes/parciales):**
 $18,03\% + 0,00\% + 18,03\% = 36,06\%$
- **Categorías 3 a 5 (respuestas satisfactorias/buenas/muy buenas):**
 $21,31\% + 31,15\% + 11,48\% = 63,94\%$

En lo que refiere al año **2019**, las proporciones se mantuvieron relativamente iguales: nuevamente, las respuestas satisfactorias, buenas o muy buenas fueron la mayoría –con un 63%– (tabla 21). Por otro lado, sigue siendo considerable el porcentaje de respuestas nulas, insuficientes o parciales, que conforman más de un tercio con un 36%. Debe observarse, no obstante, que en este año el porcentaje de respuestas en blanco ha disminuido aún más, alcanzando tan solo un 14%. Esto refleja que son cada vez menos los estudiantes que, frente a un problema de interés ambiental como el planteado en el parcial, parecen no contar herramientas suficientes para abordarlo o, al menos, no mostrar interés por hacerlo.

Tabla 21: Resultados obtenidos en 2019

- **Categorías 0 a 2 (respuestas nulas/insuficientes/parciales):**
 $13,92\% + 2,53\% + 20,25\% = 36,70\%$
- **Categorías 3 a 5 (respuestas satisfactorias/buenas/muy buenas):**
 $26,58\% + 22,78\% + 13,92\% = 63,28\%$

En cuanto al año **2022**, en el cual se retomaron las evaluaciones presenciales tras la pandemia del Covid-19, se observan unas proporciones de resultados significativamente más favorables que las identificadas en los años anteriores (tabla 22). Las respuestas clasificadas como satisfactorias, buenas o muy buenas han subido en un 7%, pasando a conformar un 70% de la totalidad de las respuestas, y las respuestas nulas, insuficientes o parciales han bajado aproximadamente en un 6%, pasando a conformar el 30%. Si bien las respuestas de categoría 5 experimentaron un incremento reducido, pasando solo de un 14% a un 16%, las de categoría 4 mostraron un aumento considerable, elevándose del 23% al 38%. Las respuestas en blanco han incrementado, pero ello es menor ante el crecimiento de respuestas buenas y muy buenas.

Tabla 22: Resultados obtenidos en 2022

- **Categorías 0 a 2 (respuestas nulas/insuficientes/parciales):**
 $18,8\% + 1,6\% + 9,4\% = 29,69\%$
- **Categorías 3 a 5 (respuestas satisfactorias/buenas/muy buenas):**
 $17,2\% + 37,5\% + 15,6\% = 70,32\%$

En lo que respecta al año **2023**, se observan unas proporciones de resultados similares a las identificadas en el año anterior, manteniéndose las respuestas clasificadas como satisfactorias, buenas o muy buenas con un 70%, y las nulas, insuficientes o parciales con el 30% (tabla 23). Por otro lado, llaman la atención dos aspectos. En primer lugar, que las respuestas en blanco han disminuido, alcanzando su porcentaje más bajo hasta el momento –tan solo de un 7%–, y, en segundo lugar, que las respuestas de la categoría 5 han aumentado en un 6%, pasando del 15,6% al 21,4%.

De todos los porcentajes obtenidos a lo largo de los años, los del 2023 son los que demuestran proporciones más favorables. Si bien en los años 2016 y 2017, el porcentaje de respuestas

buenas, satisfactorias o muy buenas fue de 74% y 73% respectivamente –mayor al obtenido en el 2023 de 70%–, la cantidad de respuestas en blanco constituyó un 24% y 21%, predominando fuertemente entre las respuestas insuficientes por sobre las categorías 1 y 2. Esto muestra que una parte importante del alumnado, casi 1/4 o 1/5, no se mostró capaz de responder al ejercicio, o al menos no mostró interés por hacerlo ni lo priorizó. Esta realidad contrasta con la del 2023, en que el 93% del alumnado pudo ofrecer al menos algún tipo de respuesta, poniendo en práctica sus habilidades para afrontar una problemática de este tipo.

Tabla 23: Resultados obtenidos en 2023

- **Categorías 0 a 2 (respuestas nulas/insuficientes/parciales):**
 $7,14\% + 7,14\% + 16,07\% = 30,35\%$
- **Categorías 3 a 5 (respuestas satisfactorias/buenas/muy buenas):**
 $12,50\% + 35,71\% + 21,43\% = 69,64\%$

En resumen, a lo largo de los años, se ha producido un sostenido proceso de mejora en la comprensión del problema ambiental. Salvo el año 2015, donde el nivel fue claramente deficiente, en los años posteriores comenzaron a predominar las respuestas satisfactorias, buenas o muy buenas, consolidándose esta tendencia en el 2023, junto con una disminución notable de las respuestas en blanco, que habiendo conformado en el 2015 un 20%, pasaron a ser tan solo un 7% en el 2023.

En definitiva, estos elementos nos permiten afirmar que, efectivamente, las proporciones de los resultados obtenidos han variado y que lo han hecho positivamente, mostrando mejoras claramente observables y un mayor desempeño en la resolución del problema. Los estudiantes evidencian, en este último año, contar con más herramientas para abordar el ejercicio.

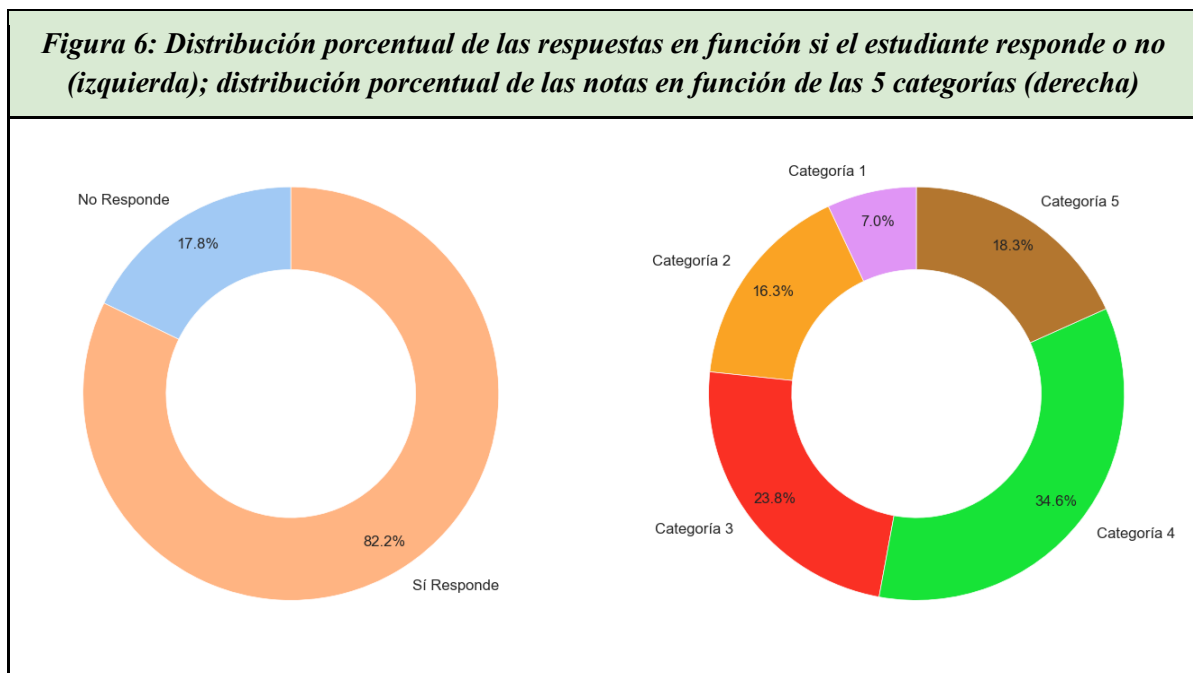
4.3.3.3.2 Análisis del promedio total de respuestas

Tras analizar el conjunto de los datos generales obtenidos en cada año, consideramos pertinente considerar el promedio global de respuestas en el tiempo, agrupando las categorías de diversas maneras.

Como podemos observar en la primera gráfica expuesta a continuación (figura 6, izquierda), el porcentaje de respuestas obtenidas es importante, en contraste con las respuestas en blanco.

Como hemos comentado anteriormente, en el 2023 el porcentaje de la categoría 0 ha disminuido significativamente, pero ello no quita que promedialmente constituya un 19%.

Ahora bien, entendemos que es interesante detenernos específicamente sobre las respuestas brindadas por los estudiantes (categorías 1 al 5), dejando en esta instancia de lado las respuestas en blanco (categoría 0). Las respuestas en las que se intentó algún tipo de solución al problema, y que podemos llamar “positivas”, nos permiten analizar la comprensión general de los estudiantes que sí realizaron el ejercicio. Así pues, en la segunda gráfica presentada (figura 6, derecha) podemos observar estos porcentajes.

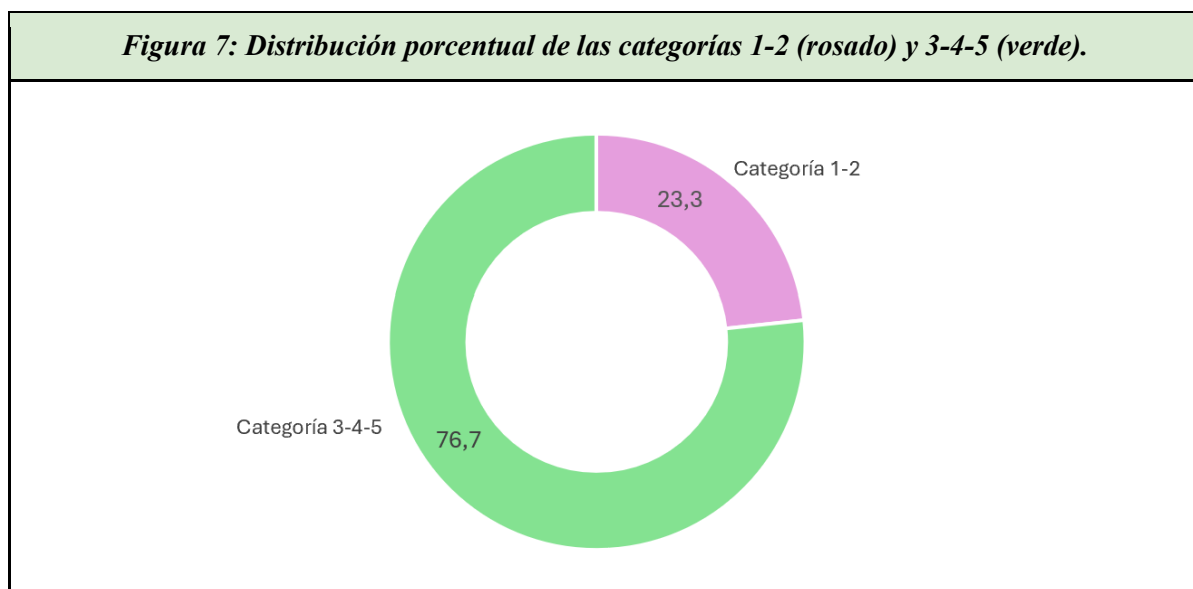


A partir de esta última gráfica (figura 6, derecha), podemos observar que promedialmente la categoría más importante de las respuestas es la 4, con un 35%. Representando a esta categoría el conjunto de respuestas *buenas*, podemos concluir que demuestra un nivel de comprensión significativo. La segunda categoría en importancia es la 3, que representando a las respuestas consideradas *satisfactorias*, también evidencia una buena comprensión de la problemática. Recordemos que ambas categorías reflejan, de acuerdo a lo descrito anteriormente, un nivel de comprensión del problema que incluye la consideración de varios factores del entorno en que se sitúa la fábrica, superando visiones más limitadas o restringidas a una visión meramente cuantitativa de la problemática. En este sentido, el hecho de que los dos porcentajes más altos

se refieran a estas categorías es un buen indicador de la formación ambiental de los estudiantes.

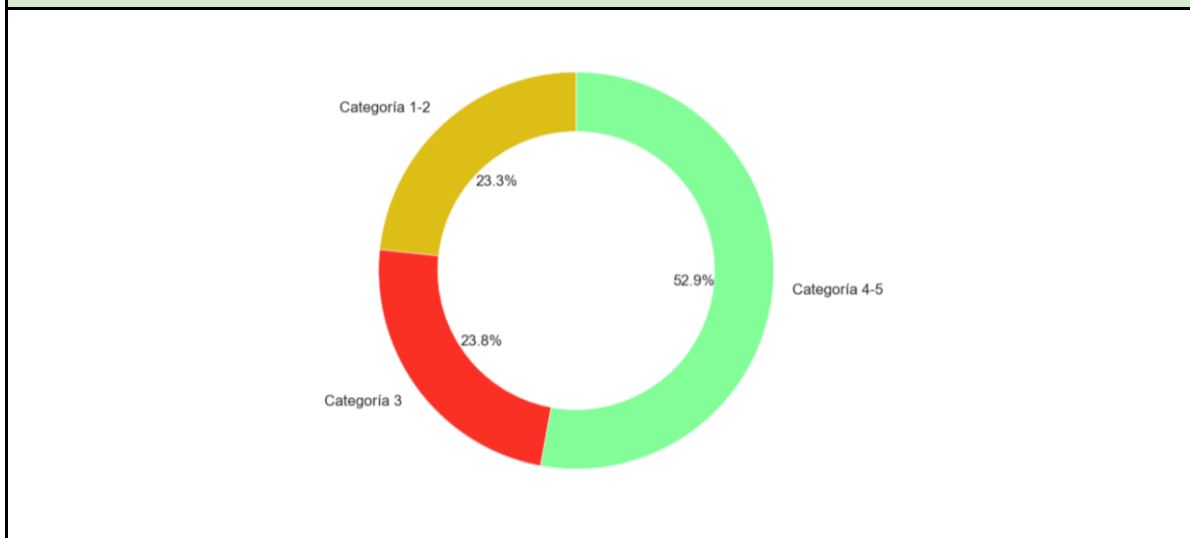
Ahora bien, la tercera categoría más importante de las respuestas es la 5, con un 18%. Esta categoría representa el nivel más alto de comprensión e incorpora una visión de gestión político-ambiental integrada en la consideración del problema ambiental. Aunque esta categoría aparece con menor frecuencia, su presencia no es menor: señala que una parte del estudiantado ha desarrollado competencias avanzadas para el abordaje integral de problemáticas ambientales.

En conjunto, como se observa en la siguiente gráfica (figura 7), estas tres categorías constituyen el 77% de las respuestas, mientras que las respuestas “positivas” insuficientes conforman el 23% de las respuestas. Dentro de estas últimas respuestas, es mayoritaria la categoría 2, con un 16% del total de respuestas de acuerdo a la gráfica anterior. Esta categoría, que corresponde a un análisis insuficiente, por estar solamente centrado en el proceso fabril en sí mismo, de alguna forma constituye un primer paso hacia una mejor comprensión más global del tema. En contraste con la categoría 1, esta categoría incorpora más variables en su análisis, aunque estén restringidas al proceso fabril. Aparecen aquí abordajes de la situación desde la perspectiva de la toxicología ocupacional, que considera los niveles de los posibles tóxicos en el ambiente general y/o en los diferentes puestos de trabajo.



Ahora bien, consideramos pertinente, por último, agrupar estos resultados de una manera diferente. Si consideramos a la categoría 3 como una respuesta “umbral”, intermedia entre un nivel limitado y un nivel significativo de comprensión del tema, podemos separarla de las respuestas de categoría 4 y 5, explicitando su condición de transición. Como se observa en la siguiente gráfica (figura 8), si se emplea este criterio para organizar los datos, notamos que hay una gradualidad ascendente entre los diversos niveles de desempeño. Mientras que las categorías 1 y 2 constituirían un 23,3% de las respuestas “positivas”, la categoría 3 conformaría un 24% como nivel intermedio, y las categorías 4 y 5, un 53% como nivel bueno o destacado. Así pues, se vuelve evidente que el nivel general de comprensión es significativo.

Figura 8: Distribución porcentual de las categorías 1-2 (amarillo), 3 (rojo) y 4-5 (verde)



4.3.3.3 Análisis de las categorías en consideración con las notas globales

Tras realizar el análisis de las proporciones de las respuestas por cada año y promedialmente, para poder así identificar tendencias en los cambios de dichas proporciones, consideramos relevante analizar estos resultados en contraste con el desempeño global que los estudiantes mostraron en la evaluación del parcial. En otras palabras, entendemos que es interesante evaluar si existían diferencias significativas en la nota global del parcial del alumno y la categoría obtenida puntualmente en su realización del ejercicio.

Para ello, efectuamos la prueba de ANOVA, que nos permite realizar un análisis de varianza. Los resultados de la prueba indicaron que el valor p asociado a la comparación general entre

las categorías fue menor a 0.001. Esto implica que existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que, al menos dentro de una de las categorías, el desempeño obtenido en la pregunta referida a lo ambiental difiere significativamente de la nota global del parcial.

Sin embargo, el ANOVA no identifica entre qué grupos específicos ocurren estas diferencias. Para precisar esta información, se efectuaron comparaciones múltiples *post hoc* (de a dos grupos), mediante las cuales se detectaron diferencias significativas en los siguientes pares:

Tabla 24: Resumen de datos en cuanto a la varianza

- **Categoría 0 vs. Categoría 3:** valor $p = 0.003$
- **Categoría 0 vs. Categoría 4:** valor $p < 0.001$

Esto significa que la media del puntaje total del parcial difiere de manera significativa entre los estudiantes que obtuvieron una calificación de 0 (respuesta en blanco) en el ejercicio referido a lo ambiental, y aquellos que obtuvieron 3, así como entre los que obtuvieron 0 y 4. En otras palabras, varios de los estudiantes que obtuvieron mejores evaluaciones en la pregunta ambiental (particularmente, las categorías de 3 y 4) tendieron a alcanzar también mayores puntajes globales en el parcial, en comparación con aquellos que obtuvieron la categoría mínima (0). Es decir, los estudiantes que lograron, en general, un buen desempeño en el parcial demostraron también ser capaces de resolver de manera acertada la pregunta referida a lo ambiental.

Esto nos permitiría afirmar, entonces, que el curso de “Toxicología Fundamental” le estaría brindando a los estudiantes, en general, las herramientas suficientes como para resolver ejercicios referidos a la problemática ambiental, como el que se les planteó concretamente. En efecto, los estudiantes que mostraron un buen desempeño en el curso –cumpliendo, en términos generales, con los objetivos de aprendizaje– demostraron ser capaces de analizar y resolver adecuadamente el ejercicio propuesto.

4.3.3.4 Análisis de los datos obtenidos en 2024

Tras haber presentado los resultados del ejercicio efectuado entre 2015 y 2023, cabe ahora exponer los datos de la pregunta planteada en 2024, que a pesar de variar en su propuesta y haber sido aplicada en forma posterior y complementaria al planteo inicial de esta tesis, apuntó al mismo fin, que es ver el desempeño de los estudiantes al analizar una situación de posible afectación ambiental de un entorno fabril con empleo de sustancias tóxicas. La pregunta fue calificada por otra docente del Área Toxicología, en una escala de 0 a 4, en la que las categorías de 1 a 4 significaban una progresión a partir de la respuesta en blanco.

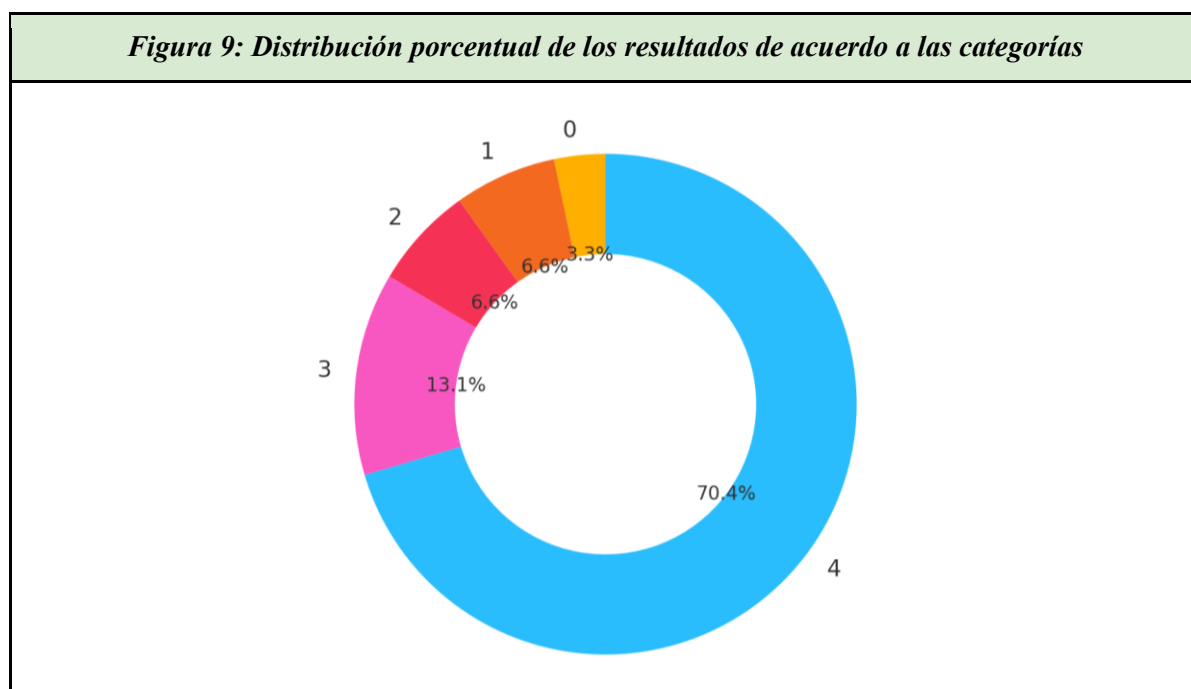
La pregunta planteada a los estudiantes de “Toxicología Fundamental” fue la siguiente:

<i>Problema formulado a los estudiantes de “Toxicología Fundamental” en 2024</i>
“¿Qué efectos adversos en su entorno puede tener la actividad de una industria metalúrgica que trabaje con plomo, cromo y/o mercurio?”

Como hemos comentado anteriormente, la cantidad de estudiantes que participaron del parcial final del curso fueron 61. A continuación, exponemos las categorías que obtuvieron (tabla 25), explicitando la cantidad de estudiantes comprendidos dentro de cada categoría asignada y el porcentaje que constituyen respecto del total.

<i>Tabla 25: Datos obtenidos en el problema formulado a los estudiantes del curso de “Toxicología Fundamental” en 2024</i>		
Categoría obtenida	Cantidad de estudiantes	Porcentaje del total de estudiantes
0	2	3.3
1	4	6.6
2	4	6.6
3	8	13.1
4	43	70.5

Para analizar de forma clara estos datos, entendemos que puede resultar útil una gráfica para visualizarlos. La gráfica expuesta a continuación (figura 9) representa la distribución porcentual del desempeño de los estudiantes de acuerdo a las cinco categorías.



A partir de la gráfica (figura 9), podemos observar que la mayoría de los estudiantes (43 de ellos), obtuvieron la categoría 4 (respuesta muy buena), la más alta de todas, conformando un 71% del total de estudiantes. Este dato es muy relevante, ya que indica que una gran mayoría logró articular una respuesta sólida, con buena argumentación y dominio de los contenidos.

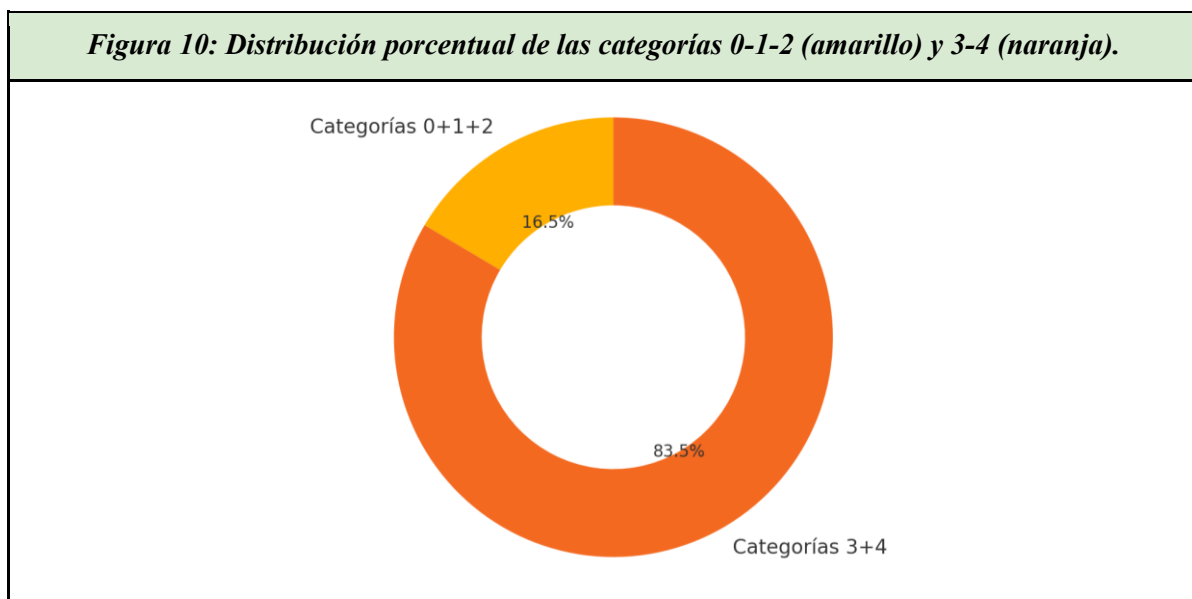
En cuanto a la segunda categoría más dominante, es la categoría 3 (respuesta buena), conformada por el 13.1% de los estudiantes (8 de ellos). Esta categoría también refleja un alto nivel de comprensión y apropiación conceptual, a pesar de no tratarse de la más alta.

En cuanto a las categorías restantes, que reflejan un nivel de rendimiento aceptable o insuficiente, encontramos dentro de la categoría 2 (respuesta aceptable, pero incompleta) un 7% del total de los estudiantes (4 de ellos), y lo mismo sucede con la categoría 1 (respuesta insuficiente). En cuanto a la categoría 0 (respuesta en blanco), solo encontramos un 3% de estudiantes (2 del total de 61).

En definitiva, la representación gráfica evidencia un alto rendimiento general. Estos resultados nos indican una muy buena comprensión del problema ambiental referido al uso de

sustancias tóxicas, manteniéndose el nivel de desempeño de los años 2022 y 2023, con un planteo de pregunta nueva. El resultado es especialmente significativo considerando que se trata de una pregunta abierta, que exige comprensión conceptual, capacidad de análisis y expresión escrita.

Ahora bien, el gráfico expuesto a continuación (figura 10) permite una visualización más clara y pedagógica del nivel de logro alcanzado por la mayoría. El dato que más llama la atención es que más de cuatro quintos del grupo (un 84%) alcanzaron niveles satisfactorios o superiores.



Las categorías más bajas (0, 1 y 2) representan solo el 16% del total, lo que puede atribuirse a dificultades como desconocimiento del tema, desinterés o quizás escasa preparación. Aun así, su presencia es mínima, lo que da cuenta de una tendencia positiva en la formación ambiental de los estudiantes.

Este resultado indica que la mayoría de los estudiantes lograron identificar con claridad los efectos adversos de la actividad metalúrgica con sustancias tóxicas, señalando una apropiación conceptual adecuada. Subraya el valor de la educación ambiental y toxicológica como contenido formativo fundamental, ya que los estudiantes demostraron ser capaces de analizar críticamente una situación con consecuencias ambientales reales, en continuidad con los resultados obtenidos en el ejercicio aplicado entre 2015 y 2023.

Ambas gráficas muestran una tendencia positiva y alentadora en el desempeño estudiantil. La alta proporción de respuestas buenas y muy buenas evidencia que los contenidos relacionados con toxicología ambiental y sus implicancias en el entorno están siendo adecuadamente comprendidos y articulados por los estudiantes.

Cabe tener en cuenta, a su vez, que este tipo de evaluaciones no sólo mide conocimientos, sino que también pone a prueba competencias fundamentales como el pensamiento crítico, la interpretación de riesgos ambientales y la responsabilidad social. Por lo tanto, los resultados dan cuenta de un proceso formativo exitoso en estos aspectos.

4.3.4 Breve reflexión en torno al rol de la pedagogía y la didáctica para la educación ambiental en el Área Toxicología de la Facultad de Química

Tras haber recorrido los contenidos programáticos, las entrevistas a docentes y estudiantes y las respuestas a los ejercicios planteados a 8 generaciones de estudiantes de “Toxicología Fundamental”, entendemos pertinente hacer una breve reflexión acerca de la importancia de la pedagogía y la didáctica en el dictado de las asignaturas del Área.

Si bien el análisis de los programas muestra que la perspectiva ambiental se incorpora de manera transversal en los cursos, este elemento, aunque positivo, no es por sí solo suficiente para asegurar una adecuada formación ambiental. Sostenemos que el verdadero aprendizaje requiere de una pedagogía y de herramientas didácticas que vuelvan al conocimiento significativo para los estudiantes. Solo de esta manera el saber se traduce en prácticas y actitudes concretas, tanto en el ámbito profesional como en la vida ciudadana.

Cabe aclarar que cuando aquí hablamos de “pedagogía” nos referimos a la reflexión en torno al acto educativo, o en otras palabras, a “un discurso teórico que se constituye en la medida en que problematiza y tematiza el objeto teórico denominado enseñanza” (Nuñez Rojas y Tobón, 2006: p. 22). La “didáctica”, en cambio, alude, en general, a “el desarrollo de metodologías definidas en la problemática de la relación enseñanza-aprendizaje” (Nuñez Rojas y Tobón, 2006: p. 23). Sin lugar a duda, el vínculo entre ambas es estrecho y refiere, en términos generales, a una problematización en torno a la enseñanza y el aprendizaje. Pero la pedagogía se relaciona con el fenómeno de educación en un sentido más amplio, considerando

su complejidad y multidimensionalidad, y la didáctica, más específicamente, a “los métodos y técnicas de enseñanza” que esta emplea (Universidad Alfonso X El Sabio, 2025).⁴⁴ De acuerdo a esta concepción, la didáctica podría entenderse como “un sector delimitado de la pedagogía, dedicada a la enseñanza” (Martínez Rivera *et al.*, 2005: p. 115).

Ahora bien, continuando con lo anterior, entendemos que, para que el aprendizaje de los estudiantes sea verdaderamente significativo, no basta con la mera transmisión de contenidos. En primer lugar, se requiere de una *pedagogía* integral y sólida, que ofrezca un marco conceptual amplio en el cual situar la práctica educativa y que oriente el sentido de la formación. En el caso de la educación ambiental, ello implica definir con precisión las metas formativas, de modo que la práctica educativa no quede diluida en formulaciones abstractas, sino que oriente de manera clara y consistente el rumbo de la acción docente. Para ello, entendemos que es importante tener especialmente presentes los fines de la educación ambiental planteados por María Novo y comentados en el apartado 4.2.4 de este trabajo de investigación.

En segundo lugar, resulta indispensable para un aprendizaje significativo un adecuado empleo de herramientas *didácticas*, capaces de traducir esa pedagogía en estrategias o técnicas concretas que favorezcan la apropiación del conocimiento. Sólo en la medida en que la reflexión pedagógica se articule con metodologías didácticas pertinentes, logra el acto educativo trascender la mera repetición de contenidos, convirtiéndose en una experiencia de aprendizaje transformadora.

Un concepto iluminador para entender la importancia de este aspecto es el de “learning by doing” (aprender haciendo), acuñado por John Dewey (1859–1952), filósofo y pedagogo de la Escuela Nueva. Este concepto educativo alude a la idea de que el aprendizaje se consolida cuando el sujeto participa activamente en la experiencia, vinculando los contenidos conceptuales con situaciones concretas y problemas reales. Según el pensamiento del autor estadounidense, “el ser humano aprende en la interacción con su ambiente a partir de su capacidad de adaptación funcional, a través del ensayo y error. Ello le permite progresar en la

⁴⁴ Disponible en: https://www.uax.com/blog/educacion/diferencia-entre-pedagogia-y-didactica?utm_source=chatgpt.com

lucha por adaptarse y dominar el ambiente en el que vive” (Ruiz, 2013: p. 108). Como afirma el propio autor en *Democracia y Educación*:

“El conocimiento que primeramente llega a las personas y que permanece más profundamente arraigado, es el conocimiento de cómo hacer; cómo andar, hablar, leer, escribir, patinar, montar en bicicleta, manejar una máquina, calcular, montar a caballo, vender mercaderías, tratar a la gente, y así indefinidamente. (...) [Cuando] la educación deja de reconocer que la materia de estudio primaria o inicial existe ya como materia de un hacer activo, que exige el uso del cuerpo y el manejo del material, entonces la materia de enseñanza se aísla de las necesidades y propósitos del alumno, y llega a ser así algo que debe memorizarse y reproducirse cuando se pide. El reconocimiento del curso natural del desarrollo, por el contrario, representa siempre situaciones que suponen el aprender haciendo” (Dewey, 1920: p. 161).

Esta observación pone de relieve que el aprendizaje cobra verdadero sentido cuando se asienta sobre la acción, partiendo del contacto directo con situaciones concretas que involucran al cuerpo, al entorno y a la práctica. En ese sentido, Dewey entiende que el conocimiento se obtiene a través de la experiencia, lo cual requiere de una educación por acción y práctica: “La educación escolar debe por tanto favorecer el diseño de experiencias reales para los estudiantes que supongan a su vez la resolución de problemas prácticos” (Ruiz, 2013: p. 108).

Ahora bien, para que se logre esta clase de aprendizaje es necesario el empleo de una metodología que permita que los estudiantes logren una apropiación vital y comprometida de los contenidos. En el caso de la toxicología, no se trata únicamente de que los estudiantes adquieran nociones teóricas sobre contaminantes, normativas o efectos tóxicos, sino de que puedan experimentar la aplicación práctica de dichos saberes mediante diversas dinámicas.

En este punto, la didáctica adquiere un papel central, ya que es la que ofrece herramientas para transformar el conocimiento en experiencia significativa. Entendemos que para ello es clave la implementación de metodologías activas, que son “aquellos métodos, técnicas y estrategias que utiliza el docente para convertir el proceso de enseñanza en actividades que fomenten la participación activa del estudiante y lleven al aprendizaje” (Asunción, 2019: p. 4). Este tipo de metodologías resultan especialmente adecuadas para la educación ambiental, ya que

“permiten la adquisición tanto de conocimientos propios de la asignatura como el desarrollo de habilidades y actitudes elementales para lograr una formación integral” (Zapata Lascano *et al.*, 2024: p. 2435).

Este tipo de metodologías incluye actividades dinámicas como el análisis de casos, los proyectos de extensión y las visitas a plantas, actividades que fueron destacadas por los propios estudiantes de toxicología entrevistados. Tanto la experiencia docente como la estudiantil corroboran que las prácticas más eficaces son aquellas que convierten el aula en un verdadero laboratorio social y ambiental, destinado no sólo a la adquisición de saberes, sino también a la acción concreta. Así pues, proponer dinámicas de resolución de problemas y estudios de caso locales –como el del plomo en La Teja– contribuyen a que los estudiantes vinculen lo aprendido con la realidad concreta de su vida cotidiana.

Si bien dinámicas como estas ya se aplican en la mayoría de las asignaturas del Área Toxicología, sería interesante, en cuanto al curso de “Toxicología Fundamental”, reforzar las herramientas didácticas hasta ahora empleadas, agregando actividades en el aula virtual. Algunas herramientas pueden consistir en plantear reflexiones y ejercicios sobre videos y textos breves que se asocien a los distintos grupos de tóxicos, especialmente metales pesados, plaguicidas y fármacos y drogas, planteando, por ejemplo, hilos de conversación en el foro. Según el tema, estas actividades pueden plantearse posteriormente a la clase o de forma anterior, como sucede en la llamada “clase invertida”, en que luego de que los estudiantes realicen alguna clase de trabajo o ejercicio previo a la clase, se aprovecha el tiempo de la clase para hacer actividades prácticas, resolver dudas y problematizar el material trabajado. Es importante aclarar que, a pesar de que la asignatura de “Toxicología Fundamental” permite solamente una instancia de evaluación, se podrían implementar estas dinámicas activas de trabajo como ejercicios no necesariamente calificados, que motiven e incentiven a los estudiantes a comprometerse con su aprendizaje, facilitándoles una adecuada preparación para la posterior evaluación.

La experiencia de enseñanza en el Área indica que hay temas con un fuerte potencial motivador, principalmente si están vinculado a situaciones o problemas cercanos a las realidades circundantes y a la vida estudiantil. Resulta clave aprovechar aquí la característica multidisciplinaria de la toxicología y el hecho de que quienes la cursan en la Facultad de

Química, sean ya estudiantes avanzados, lo cual les permite integrar y aplicar los conocimientos ya adquiridos en otras asignaturas para vincularlos.

Además de las estrategias mencionadas, puede resultar útil el empleo del método de aprendizaje basado en problemas: por ejemplo, se podría presentar a los estudiantes casos reales de intoxicación ambiental o alimentaria para que los estudiantes analicen causas, efectos y posibles medidas de prevención. Esta clase de actividad le podría resultar útil a los estudiantes como preparación para el parcial. Esta metodología se aplica actualmente en asignaturas como “Toxicología Analítica y Química Legal”, “Toxicología Ambiental y Geología Médica”, y “Química Ambiental”, sin embargo, sería enriquecer incorporarla también en “Toxicología Fundamental”.

Otra herramienta interesante podría ser la gamificación, que implica el uso de elementos propios del juego (puntos, retos, recompensas) en contextos educativos para motivar al estudiante en su proceso de aprendizaje (Zambrano-Álava *et al.*, 2020: p. 352). En ese sentido, para “Toxicología Fundamental”, se podrían diseñar cuestionarios en línea con puntajes o competencias por equipos que refuercen el reconocimiento de sustancias tóxicas y sus efectos.

En definitiva, concluimos que para alcanzar los fines que se propone la educación ambiental, la pedagogía y la didáctica no cumplen aquí un papel secundario, sino que se vuelven decisivos para una formación significativa. Sin metodologías activas, la incorporación transversal de la dimensión ambiental corre el riesgo de quedar en un plano teórico, alejado de la realidad. En cambio, al potenciar el “learning by doing” y herramientas didácticas de metodologías activas, se puede lograr que la enseñanza de la toxicología forme profesionales capaces de comprender, valorar y transformar la realidad. Es este espíritu el que, según entendemos, se debe seguir cultivando en las asignaturas del Área Toxicología.

5. Discusión y conclusiones

5.1 Un recorrido por los módulos trabajados

En esta investigación, nos propusimos, en definitiva, analizar el desarrollo de la enseñanza de la toxicología en la Facultad de Química de la Universidad de la República, prestando atención a su impacto en la formación ambiental de los estudiantes. Cabe comentar que, al llevar a cabo este trabajo, nos encontramos con que este abordaje de investigación en educación de la disciplina no tiene antecedentes en la región y no hemos encontrado aportes similares en la bibliografía a los efectos comparativos.

Ahora bien, para abordar este problema, comenzamos en el primer módulo realizando un recorrido en el tiempo de la evolución de la enseñanza de la toxicología en el Uruguay, que nos permitiese entender sus orígenes y su estrecho vínculo con la química y la farmacia. Nos enfocamos aquí, específicamente, en la Facultad de Química, en cuyo seno, la toxicología adquirió una consolidación académica, en paralelo con una serie de hitos institucionales e históricos que acompañaron y fortalecieron su desarrollo. Este análisis histórico-educativo nos condujo a concluir que la enseñanza de la toxicología tiene raíces muy profundas en la historia académica nacional, comenzando por la práctica farmacéutica y médica en tiempos del Protomedicato (segunda parte del Siglo XVIII), y evolucionando más adelante en el ámbito académico la Universidad de la República –primero dentro de la Facultad de Medicina, creada en 1875, y posteriormente en la Facultad de Química, creada en 1929–.

Uno de los principales hallazgos de estas investigaciones, en las que recurrimos a diversos archivos, fue la constatación de que, desde sus orígenes, la toxicología tuvo una impronta práctica, orientada al cuidado de la salud, que hoy se expande naturalmente hacia la salud ambiental y de los ecosistemas, en consonancia con los paradigmas actuales. De la mano de esto, nos encontramos con que su surgimiento como disciplina estuvo fuertemente vinculado al ejercicio de la Farmacia y al control sanitario, lo que condicionó sus objetivos iniciales y su estructura disciplinar, pero, aun así, la toxicología logró construir un campo propio, especialmente a partir de su vinculación con problemáticas sociales concretas.

Pasando ahora al segundo módulo, aquí analizamos el vínculo epistemológico entre la toxicología, la química y las ciencias ambientales, junto con el modo en que la cuestión

ambiental ha influido en el desarrollo de la disciplina y su enseñanza. Este análisis nos llevó a concluir que la toxicología ha experimentado un giro epistemológico significativo a partir del siglo XX –especialmente, desde la década de 1960–, con la visibilización a nivel mundial de los problemas ambientales a través de autores como Rachel Carson y conferencias o encuentros mundiales promovidos por distintas organizaciones. En este contexto, la aparición y consolidación de disciplinas como la toxicología ambiental, la ecotoxicología y otras afines refleja una transformación significativa respecto del enfoque toxicológico clásico. Se observa una transición desde una concepción centrada casi exclusivamente en la intoxicación humana hacia una perspectiva ecosistémica, que amplía el objeto de análisis y considera los impactos de las sustancias químicas sobre los distintos componentes del ambiente de manera integrada. Esta ampliación implica el reconocimiento de la complejidad de los fenómenos toxicológicos, incluyendo la multicausalidad de los riesgos, las interacciones con variables sociales, ecológicas y culturales, así como la necesidad de marcos regulatorios y estrategias preventivas más amplias y contextualizadas.

En este sentido, los cambios históricos, sociales y epistemológicos comentados –como los conflictos bélicos, las crisis ambientales y las catástrofes tecnológicas– han tenido un profundo impacto en la manera en que la sociedad percibe el papel de la ciencia y la tecnología. A lo largo del siglo XX, el ideal de progreso científico comenzó a ser cuestionado, a medida que se evidenciaban las consecuencias negativas de una modernidad tecnificada que prometía bienestar, pero a menudo generaba daño ambiental y sufrimiento humano. Mientras que el siglo XIX estuvo marcado por una visión optimista y confiada en el poder del conocimiento científico –como se refleja, por ejemplo, en la creación de instituciones como la Facultad de Medicina–, el siglo XX trajo consigo una mirada más crítica, influida tanto por el deterioro ambiental como por el uso devastador de la ciencia en el desarrollo armamentístico y en los conflictos bélicos a gran escala.

Este giro histórico-epistemológico ha contribuido a poner en cuestión el paradigma positivista que históricamente sustentó la formación química (nos detendremos sobre este aspecto en el próximo apartado). En consecuencia, la toxicología ambiental ha emergido como un campo que desafía las fronteras disciplinares tradicionales, ubicándose en la intersección entre ciencia, política y sociedad. Desde allí, interpela las formas clásicas de producción de

conocimiento, exige una mayor responsabilidad social de la ciencia y promueve una comprensión más integral y crítica de los problemas contemporáneos.

Así pues, la educación ambiental aparece aquí no solo como un conjunto de contenidos nuevos, sino como un nuevo régimen epistémico: demanda el desarrollo de capacidades críticas, la reflexión ética y la comprensión de la ciencia como práctica social.

Un punto de inflexión a nivel local, en lo que refiere a este aspecto, fue el caso del plomo en La Teja (2001), que actuó como catalizador institucional y social, poniendo en evidencia la necesidad de los abordajes multi, inter y transdisciplinarios. Este evento no solo visibilizó la necesidad de contar con herramientas analíticas para evaluar riesgos tóxicos, sino que también forzó a la Facultad de Química a asumir un rol público en la resolución de conflictos ambientales. Desde entonces, se observa un creciente proceso de institucionalización del enfoque ambiental dentro del Área Toxicología.

Este cambio epistemológico se materializó también en un enriquecimiento de enfoque en la enseñanza de la toxicología en la Facultad de Química, concretamente, a través de la incorporación de asignaturas con un claro enfoque ambiental (como “Toxicología Ambiental y Geología Médica” y “Química Ambiental”) y de la revisión de los programas de cursos tradicionales como “Toxicología Fundamental” –llamado “Química Toxicológica” entre 1980 y 2003–.

De esta manera, concluimos que los diversos cambios experimentados a nivel nacional en el ámbito educativo responden a transformaciones en el campo científico internacional, y que en ese sentido, la incorporación del enfoque ambiental no implica una adición superficial o accesorio a la toxicología (la incorporación meramente de una rama más a su cuerpo de saber), sino una evolución coherente con su trayectoria epistemológica y científica, orientada a responder a las necesidades e inquietudes de la humanidad.

Finalmente, nos adentramos en un análisis pedagógico-didáctico tomando tres fuentes de información, a través de las cuales realizamos una triangulación: los programas de asignaturas del Área Toxicología, las entrevistas efectuadas a docentes y estudiantes del Área, y las respuestas dadas por el alumnado en un parcial obligatorio desde el 2015 hasta el 2023 –

exceptuando los años 2020 y 2021 de pandemia—. Esta triangulación permitió obtener una imagen rica y multifacética del abordaje ambiental en la práctica educativa.

En cuanto a los programas de asignaturas, el análisis de los programas demostró la creciente y gradual incorporación de contenidos y enfoques ambientales en la currícula de los cursos, especialmente, desde la implementación del Plan 2000. Se distingue una presencia de lo ambiental desde un tratamiento transversal y crítico, no meramente puntual o sin integración con otros marcos conceptuales o con la realidad socioambiental local.

En lo que refiere a las entrevistas a docentes y estudiantes, estas permitieron visualizar un serio interés y compromiso –tanto de los primeros como de los segundos– con la dimensión ambiental. En las entrevistas a los profesores, se destaca la presencia de enfoques integradores y significativos, orientados a la incorporación de herramientas didácticas para la reflexión crítica por parte de los estudiantes. Podemos concluir que el cuerpo docente del Área valora y tiene incorporada la importancia del enfoque ambiental en la enseñanza de la toxicología. En cuanto a las entrevistas a los estudiantes, reflejan la presencia de una adecuada percepción de los problemas ambientales como fenómenos no aislados o inevitables, sino resultantes de prácticas sociales, económicas y productivas, frente a las cuales el ser humano debe asumir su responsabilidad.

Por último, con respecto a los ejercicios presentados a los estudiantes en el parcial de “Toxicología Fundamental”, las respuestas analizadas a lo largo de varios años nos permiten concluir que la mayoría de los estudiantes demostró una buena comprensión general de la complejidad de la problemática ambiental y su vínculo con la toxicología. En términos generales, la mayoría de los estudiantes mostraron ser capaces de superar enfoques superficiales o parciales en el abordaje de estas problemáticas, alcanzando una visión relativamente profunda del tema. De sus respuestas –como, por ejemplo, se observa claramente con la pregunta formulada en el año 2024–, se advierte que su análisis de la situación ambiental utiliza las herramientas y los conocimientos adquiridos en el curso de “Toxicología Fundamental”. Consideramos importante, asimismo, puntualizar que el hecho de que aún el curso más básico del Área Toxicología –aquel que introduce la toxicología como disciplina, incluyendo sus diversas áreas– ya proporciona a los estudiantes los insumos

suficientes para identificar y analizar en forma primaria cómo se deben diagnosticar y gestionar los problemas ambientales vinculados a las sustancias químicas.

Luego de estos diversos análisis presentados en el módulo C, concluimos que la incorporación transversal del enfoque ambiental en las asignaturas de toxicología debe ser acompañada por una didáctica activa y participativa que favorezca la apropiación real de los contenidos. En este sentido, la implementación de metodologías activas como la de la clase invertida y el trabajo cooperativo, herramientas que se aplican en varios de los cursos del Área Toxicología, pueden ser clave para apuntar a una formación ambiental integral mayor aún.

En definitiva, a través de los distintos módulos, esta investigación nos ha conducido a la conclusión de que el dictado actual de los cursos del Área Toxicología contribuye a que los estudiantes incorporen las herramientas necesarias para enfrentarse de manera adecuada a los temas ambientales en los diferentes niveles. A su vez, este logro no es fruto de la inercia en el dictado de los cursos o de factores accidentales, sino de una marcada evolución sistemática a nivel histórico-educativo, epistemológica-didáctico y pedagógico-didáctico, protagonizada por la sociedad en el marco de la historia y entre ellos los actores docentes del Área Toxicología a partir de 1985.

5.2 Algunas reflexiones en torno a la ciencia y la cuestión ambiental

A lo largo de este trabajo de investigación, hemos mencionado en varias ocasiones un aspecto clave, sobre el cual nos detendremos ahora con mayor detenimiento: la concepción del modo de proceder de la ciencia. Como comentamos en distintos momentos, esta visión epistemológica estuvo, durante décadas, fuertemente influida por una mirada positivista, que contribuyó decisivamente a consolidar la formación científica en la Universidad de la República. Ahora bien, esta confianza robusta en la ciencia como vía segura de progreso comenzará a ser objeto de críticas a lo largo del siglo XX, especialmente a partir de diversos fenómenos que evidenciaron sus consecuencias negativas a escala global. Así, un autor de renombre como Jean-François Lyotard escribirá en 1979 en su obra *La condición postmoderna. Informe sobre el saber* que, en el ámbito de las ciencias, “lo que ya no tiene

vigencia no es preguntarse lo que es verdadero y lo que es falso, es representarse la ciencia como positivista” (Lyotard, 1987: p. 43).

Dos autores clave que reflejan y fundamentan a nivel filosófico y científico los cambios que se dan en la concepción de la ciencia en el siglo XX son Karl Popper y Thomas Kuhn, cuyas propuestas marcaron un giro respecto del modelo positivista dominante hasta el momento. Ambos autores criticaron la visión de la ciencia como un proceso lineal, acumulativo y puramente inductivo, que progresa inevitablemente hacia una verdad objetiva. Sus aportes permitieron problematizar la supuesta neutralidad del conocimiento científico y destacar la importancia de los contextos históricos, sociales y teóricos en los que dicho conocimiento se produce.

En cuanto a Popper, este pone principalmente en cuestión la idea positivista de que la ciencia se deriva de los hechos, subrayando que el saber científico “la ciencia no es una cosa, sino una forma de conocer construida que comienza siendo una conjetura (una opinión, una corazonada o hipótesis) y termina siendo validada con la crítica mediante la lógica” (Daros, 2007: p. 49). Como explica Chalmers (1999) al describir las tesis centrales del falsacionismo que Popper propone:

“[Para Popper] las teorías se construyen como conjeturas o suposiciones especulativas y provisionales que el intelecto humano crea libremente en un intento de solucionar los problemas con que tropezaron las teorías anteriores y de proporcionar una explicación adecuada del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Una vez propuestas, las teorías especulativas han de ser comprobadas rigurosa e implacablemente por la observación y la experimentación. Las teorías que no superan las pruebas observacionales y experimentales deben ser eliminadas y reemplazadas por otras conjeturas especulativas. La ciencia progresa gracias al ensayo y el error, a las conjeturas y refutaciones. Sólo sobreviven las teorías más aptas” (p. 69).

Popper no subestima el valor de la ciencia: por el contrario, la valora profundamente como una de las empresas más distinguidas de la historia de la humanidad. Popper valoró por sobre todo la ciencia moderna –y en estos aspectos, se distancia claramente de autores posmodernos como Lyotard–. Entiende que la ciencia y la técnica son “dos de los mejores logros de la

modernidad. Por ellas y a través de ellas, hemos enriquecido nuestro conocimiento del mundo y lo seguiremos enriqueciendo en el futuro” (González, 1998: p. 123).

No obstante, Popper rechaza la idea de que la ciencia avance mediante la acumulación de observaciones empíricas que confirmen teorías –mediante la inducción–, como sostenía la tradición positivista. Para Popper, este enfoque incurre en un error fundamental: el problema de la inducción, formulado ya por David Hume, según el cual “lógicamente no están justificadas las inferencias inductivas por elevado que sea el número de casos observados” (Suárez-Iñiguez, 1999: p. 11). A modo de ejemplo, sostiene Popper (1990) que ninguna cantidad de cisnes blancos observados permite afirmar con certeza que todos los cisnes son blancos –es posible que haya cisnes negros, a pesar de quizás no haber dado con ninguno hasta el momento– (p. 27).

Frente a este problema, Popper propone sustituir la inducción por la falsación: las teorías científicas deben formularse de modo tal que puedan ser puestas a prueba y, en caso de ser falsas, refutadas mediante la experiencia. De acuerdo con este modelo, la ciencia progresa no *confirmando* teorías, sino *falseando* aquellas que han demostrado ser erróneas. En contra del modelo positivista, Popper sostiene que, propiamente, “las teorías no son nunca verificables empíricamente” (p. 39) y que el modelo que la ciencia debe “adoptar no es el de la verificabilidad, sino el de la falsabilidad de los sistemas” (p. 40). En ese sentido, afirma el filósofo de la ciencia austríaco:

“no exigiré que un sistema científico pueda ser seleccionado, de una vez para siempre en un sentido positivo; pero sí que sea susceptible de selección en un sentido negativo por medio de contrastes o pruebas empíricas: ha de ser posible refutar por la experiencia un sistema científico empírico” (Popper, 1990: p. 40).

Por su parte, Thomas Kuhn ofrece una crítica aún más radical al positivismo en su obra de 1962 *La estructura de las revoluciones científicas*, al destacar que el desarrollo de la ciencia no sigue una trayectoria continua y racional, sino que está marcado por rupturas, crisis y cambios de paradigma, fuertemente influidos por aspectos históricos y arbitrarios (Chalmers, 1999: p. 113). Según Kuhn, la ciencia opera dentro de un marco compartido por una comunidad científica, pero cuando ese marco se ve desbordado por anomalías o aspectos que

no se pueden explicar desde el paradigma vigente, sobreviene una revolución que transforma profundamente los criterios mismos de verdad, evidencia y racionalidad.

En este sentido, Kuhn pretende “romper con las categorías de la ciencia clásica positivista y al introducir nuevas categorías históricas que obedecen a fuerzas irracionales e ilógicas, relacionadas más con factores sociológicos y psicológicos que con principios racionales empíricos” (Marín Gallego, 2007: p. 81). Sin embargo, a pesar de ser tildado de relativista descreído de la ciencia, Kuhn ni niega simplemente la posibilidad de progreso acumulativo en la ciencia, sino que entiende que “el progreso a través de las revoluciones” (Chalmers, 199: p. 124): “Kuhn utilizó la noción de revolución con el fin de subrayar la naturaleza no acumulativa del avance de la ciencia. El progreso a largo plazo de la ciencia no sólo comprende la acumulación de hechos y leyes confirmados, sino que a veces implica también el abandono de un paradigma y su reemplazo por otro nuevo incompatible” (126).

En suma, el principal aporte de Kuhn a la discusión sobre la filosofía de la ciencia reside en resaltar que los términos, las teorías y las normas de la ciencia están históricamente condicionados. Kuhn denuncia, en sus palabras, la “tendencia pertinaz a hacer que la historia de la ciencia parezca lineal o acumulativa” (Kuhn, 1971: p. 235), y deja en claro que es necesario desestabilizar la idea de la ciencia como empresa puramente racional, objetiva y progresiva, que había dominado gran parte del pensamiento científico del siglo XIX y buena parte del XX.

En definitiva, tanto Popper como Kuhn abren la puerta a una visión más crítica, histórica y filosóficamente matizada, en la que la ciencia se entiende como una práctica humana situada, atravesada por supuestos, disputas y valores.

Ahora bien, ¿dónde reside la relevancia de todos estos planteos para este trabajo de investigación? La aparición de estas nuevas concepciones sobre la ciencia está estrechamente vinculada con la experiencia de la crisis ambiental y es de gran importancia para comprender la preocupación por lo ambiental. Como plantea Rafael Gómez Pardo, la sociedad positivista del siglo pasado, regida por la idea de progreso y estructurada en torno al desarrollo científico y técnico, logró, sin duda, innumerables avances que mejoraron significativamente la calidad de vida y diversos aspectos de la existencia humana: el aumento del ingreso medio en los países desarrollados, la expansión de los sistemas de salud y educación, la disponibilidad de

comodidades modernas, el acceso a nuevas fuentes de energía y notables descubrimientos médicos, entre otros (Gómez Pardo, 2006: p. 68). Sin embargo, junto con estos beneficios, también han emergido graves consecuencias negativas: “El efecto Invernadero, las lluvias ácidas, el agotamiento de las fuentes de energía, la destrucción del ozono, la radiación, el uso de pesticidas, la deforestación (...), la erosión del suelo y la creciente demanda de agua y aire para una población cada día más numerosa” (Gómez Pardo, 2006: p. 68).

En este sentido, los problemas ambientales acentuados en la segunda mitad del siglo pasado contribuyeron fuertemente a un cuestionamiento del modo de proceder de la ciencia y el uso de la tecnología:

“[Con el surgimiento y la acentuación de todas estas problemáticas] se derrumba la idea de progreso incondicional que motivaba a los positivistas a hacer de la naturaleza el objeto de la explotación indiscriminada. Por las anteriores razones se creó, frente al concepto de desarrollo, el de desarrollo sostenible. Digamos, para empezar a explicar este concepto, que la mentalidad positiva persigue algo que hasta cierto punto puede ser considerado un "círculo cuadrado": alcanzar el desarrollo, el bienestar, entendido como consecución de ciencia y tecnología, y al mismo tiempo, no dañar el medio ambiente ni poner en peligro la existencia de los recursos o riquezas naturales. ¿Es esto posible? ¿Cómo? Este es sin duda uno de los grandes desafíos para el pensamiento ambiental contemporáneo (Gómez Pardo, 2006: p. 69).

En esta línea, explica Mansilla (1979) que, dentro de la civilización occidental, la fe en el progreso científico y tecnológico distintiva del siglo XIX, que tiene como consecuencia en el siglo XX la expansión sin precedentes de innovaciones técnicas y avances científicos, empezó a enfrentarse, a medida que se desarrollaba, a “una corriente crítica que impugna la fe generalizada en el progreso y pone en duda la supuesta positividad de sus logros principales” (p. 137). El autor señala que la creencia en el progreso, como principio rector del esfuerzo humano y propósito de casi todos los programas políticos, continúa siendo, central en el pensamiento político contemporáneo, pero, dada esta resistencia, “debe justificar continuamente sus posiciones ante una conciencia crítica que comienza a exponer los aspectos regresivos e irracionales del progreso” (Mansilla, 1979: p. 137).

La actitud crítica contemporánea frente al positivismo científico y sus consecuencias ha cobrado fuerza en distintos ámbitos del pensamiento, especialmente a partir de la constatación de los efectos destructivos que ha tenido su modelo de racionalidad. En ese sentido, señalan, por ejemplo, Carlos Eduardo Massé Narváez y Victorino Barrios Dávalos (2022), que el positivismo fue un “movimiento que veía a la Naturaleza (incluyendo al ser humano), a la que habría que vencer, dominar y servirse de ella”, promoviendo así un modelo de desarrollo basado en la industrialización que, lejos de generar bienestar universal, ha contribuido directamente “a un desastre ecológico” (p. 469). Esta crítica se funda también en la idea de que la ciencia positiva instauró una relación de ruptura entre el ser humano y su entorno natural, al concebirlo exclusivamente como objeto de conocimiento, manipulación y utilidad: “el proceso de extrañamiento o escisión con lo natural emergido desde las ciencias positivas, donde lo natural está para ser conocido, comprendido, explicado, medido y transformado por el hombre para beneficio de este” (De la Cruz Nassar, 2012: p. 119).

A su vez, esta racionalidad técnica y utilitarista ha sido denunciada por algunos por sostener un proyecto “encubierto de progreso técnico, que no garantiza el bienestar general de la humanidad” (Massé Narváez, 2021: p. 3). Según estos autores, “los métodos científicos positivistas, responsables del desastre ecológico, fragmentan la realidad”, y la razón instrumental o utilitarista que emplean “cosifica la naturaleza y aísla el conocimiento en disciplinas inconexas” (Massé Narváez, 2021: p. 3). Así, esta mirada crítica pone en cuestión el supuesto carácter neutral del conocimiento científico moderno y denuncia el uso instrumental de la razón que termina cosificando tanto a la naturaleza como al propio saber.

Más allá del carácter extremo de algunas críticas dirigidas al positivismo –el cual, sin duda, no puede ser considerado como el único responsable de los fenómenos mencionados–, existe un punto de consenso en el ámbito académico: los positivistas, junto con otros científicos e intelectuales de su tiempo, fueron defensores de la idea de una “ciencia libre de valores”, concebida como una actividad neutra y explicativa de la estructura y el funcionamiento del mundo social, desligada de todo juicio moral o metafísico (Matthews, 2017: p. 259). Para los positivistas, abocados al estudio empírico de los hechos, tal como señala Matthews (2017), “había un rompimiento entre los hechos y los valores; la buena ciencia estaba libre de valores” (p. 259). En la misma línea, el autor advierte que:

“De hecho, para los positivistas duros las declaraciones de valor literalmente eran absurdas, por lo que no podían formar parte de la ciencia. Muchos maestros de ciencia comparten, y defienden, esta postura de la “ciencia libre de valores”: creen que la búsqueda del conocimiento no encarna en sí ningún valor” (Matthews, 2017: p. 259).

Dejando de lado la discusión de si esta atribución al positivismo es del todo precisa o no, lo cierto es que, durante décadas, se promovió un modelo de ciencia sustentado en una supuesta objetividad moralmente neutra. Sin embargo, a la luz de las catástrofes y desequilibrios ecológicos que han derivado, en parte, de esta mentalidad, hoy comienza a percibirse un conflicto entre dicha concepción de la ciencia y las exigencias éticas contemporáneas. En lo que respecta específicamente a la cuestión ambiental, puede observarse con claridad una tensión creciente entre el desarrollo económico y tecnológico, tal como ha sido concebido históricamente, y la preservación del medio ambiente (Gómez Pardo, 2006: p. 70). Por un lado, rige a nivel mundial el imperativo de adoptar tecnologías avanzadas para mejorar la productividad y competir en los mercados globales, pero, por otro, no es raro que esas mismas tecnologías –como puede ser el uso intensivo de pesticidas– estén asociadas a procesos destructivos o perjudiciales a nivel ambiental (Gómez Pardo, 2006: p. 70).

En el marco de esta tensión, “se plantea entonces la aporía: desarrollo o defensa del Medio ambiente. Frente a ello, sólo un planteamiento global del problema parece ser una salida viable” (Gómez Pardo, 2006: p. 70). En ese sentido, recogemos la decisiva introducción del concepto de desarrollo sostenible en la Comisión Brundtland, ya mencionado anteriormente en este trabajo de investigación, que se orienta precisamente a atender a las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para atender a sus propias necesidades. Parece ser esta la única manera adecuada de abordar estas problemáticas contemporáneas.

En este sentido, recuperar una mirada crítica y responsable sobre la ciencia se vuelve indispensable en la formación universitaria. No se trata de negar los logros de la racionalidad científica, sino de reconocer que toda actividad científica implica decisiones de acuerdo con valores. La enseñanza de la ciencia, entonces, no puede limitarse a la transmisión de

contenidos técnicos, sino que debe habilitar también espacios de reflexión filosófica, histórica y ética, donde el conocimiento sea pensado en relación con el medio ambiente y su cuidado.

Retomando los planteos del filósofo alemán Hans Jonas, mencionado anteriormente, es necesario advertir que la ciencia y la técnica modernas han introducido una transformación radical en nuestra relación con la naturaleza, que requieren de una concienciación ética. Como él mismo señala, el hombre moderno ha descubierto “la tremenda vulnerabilidad de la naturaleza sometida a la intervención técnica del hombre, una vulnerabilidad que no se sospechaba antes de que se hiciese reconocible en los daños causados” (Jonas, 1995: p. 32). Este descubrimiento, afirma Jonas, modifica profundamente el modo en que nos concebimos como agentes dentro del sistema natural, ya que la acción humana ha adquirido un poder sin precedentes: “se le ha agregado un objeto de orden totalmente nuevo, nada menos que la entera biosfera del planeta, de la que hemos de responder, ya que tenemos poder sobre ella” (Jonas, 1995: p. 32). De esta manera, la naturaleza se presenta como un nuevo objeto de responsabilidad moral, cuyas dimensiones exceden todo precedente histórico.

Así como el positivismo decimonónico en el Uruguay incentivó el desarrollo de la ciencia y la investigación como motores de progreso, hoy resulta clave complejizar esa confianza en el saber científico y técnico, no para subestimar su valor, sino para reconocerlo con la conciencia de que, por sí solos, no garantizan el desarrollo o el progreso a nivel moral y requieren de una actitud respetuosa y consciente respecto de la naturaleza. En contextos atravesados por la crisis ambiental, la desigualdad social y la fragmentación cultural, es importante apuntar a una mirada científica crítica e integral, que no deje de lado problemáticas como el cuidado del medio ambiente.

5.3 El valor de la educación ambiental

De las reflexiones realizadas en el apartado anterior se desprende con claridad la necesidad de la educación ambiental. Es importante que los científicos y técnicos –así como, en general, los futuros profesionales de todas las áreas– comprendan que la práctica científica no es neutral y que debe comprometerse con las urgencias ambientales. Quienes tengan en sus manos la responsabilidad de investigar, diseñar o aplicar tecnologías deben formarse no solo

en saberes técnicos o disciplinares, sino también en una conciencia crítica y comprometida con el entorno en el que viven y actúan.

En este sentido, y en continuidad con los planteos desarrollados en el apartado anterior, resulta indispensable superar aquella visión que, como advierte David W. Orr (2004), referente en el campo de la educación ambiental, impregna gran parte de la formación actual: “La fe en la tecnología está presente en casi cada parte del curriculum como una aceptación ciega de la noción de progreso. (...) Acrecentadamente, tales suposiciones están siendo incorporadas en nuestros métodos pedagógicos sin mucho cuestionamiento serio” (85). Se vuelve imprescindible promover una formación crítica que interroge los supuestos que subyacen a nuestras prácticas educativas y habilite otras formas de pensar el vínculo entre conocimiento, tecnología y sostenibilidad.

Frente a los desafíos que impone la crisis ambiental contemporánea, la educación ambiental se presenta como una herramienta clave para cultivar una actitud de respeto, responsabilidad y sostenibilidad. En este sentido, resulta pertinente cerrar con una reflexión final en torno a un aspecto esencial de esta problemática que, aunque ha estado implícito a lo largo del trabajo, fue explicitado con claridad en el apartado anterior: la dimensión ética inherente a la formación ambiental.

Retomamos, en el marco de esta reflexión, los planteos de la autora española María Novo, ya mencionada en el Módulo B, cuyas reflexiones resultan especialmente pertinentes. En su obra *La educación ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas*, la autora subraya la necesidad de recuperar explícitamente el fundamento ético de toda educación ambiental. Novo (1995) explica que, a lo largo de la historia, la humanidad fue adquiriendo diversos medios para la transformación del espacio natural, que en el siglo XX condujeron a una auténtica explotación desmesurada de los bienes naturales (p. 87). Este fenómeno, no pocas veces impulsado por una visión consumista y cortoplacista, ha tenido como consecuencia graves desequilibrios ambientales, lo que vuelve imprescindible, en palabras de la autora, “un ejercicio colectivo de replanteamiento ético, sobre la forma en que los seres humanos nos comprendemos a nosotros mismos en relación con el mundo que nos rodea” (p. 88). A veces, deslumbrados por la tecnología y los avances científicos, “olvidamos nuestra condición de

seres interdependientes, seres que carecemos de autosuficiencia para mantener nuestra vida sobre el planeta y dependemos de otras formas de vida más elementales” (p. 88-89).

Así pues, la educación ambiental se erige frente a estas problemáticas como un espacio para replantearnos qué actitud debemos adoptar frente al medio ambiente y reflexionar sobre interrogantes como las siguientes: ¿Cómo nos vinculamos con el entorno natural? ¿Lo consideramos un mero medio para explotar y alcanzar nuestros deseos? ¿Reconocemos que somos seres completamente autónomos, sino que estamos en interacción constante con otros elementos vivos y no vivos del entorno natural? ¿Entendemos el cuidado que nos exige el medio ambiente para su preservación?

De esta manera, como concluye Novo, “la ética se constituye así en el pilar básico de la educación ambiental”, ya que “ningún cambio conceptual o metodológico será verdaderamente efectivo si no va acompañado de un profundo ejercicio crítico acerca de los valores que sustentan la acción” (Novo, 1995: p. 89-90).

En línea con los planteos de Novo, entendemos que la enseñanza de toxicología, al incorporar un enfoque ambiental, además de brindar una sólida formación a nivel técnico, debe orientarse al incentivo de una actitud ética de cuidado y responsabilidad frente al ambiente. Solo de esta manera alcanzaremos una educación significativa y realmente transformadora, que permita a los estudiantes –futuros profesionales e investigadores– comprender y gestionar los problemas ambientales de manera adecuada en relación con el estado actual y futuro del conocimiento.

En ese sentido, como sostiene Matthews, el abordaje de la dimensión ética de la ciencia debe ser profundo y serio. El autor explica que “con una frecuencia cada vez mayor, en las aulas de ciencia se presentan problemas éticos”, referidos a temas como el efecto invernadero, el calentamiento global, la contaminación, la extinción de especies, la ingeniería genética, la guerra nuclear, y otros (Matthews, 2017: p. 255). En el abordaje de estas problemáticas, se espera que el estudiante aprenda a realizar una reflexión crítica y moral: “El desarrollo del “juicio ético” es un objetivo consensado de los “criterios de evaluación de Dublín”, ampliamente adoptados por las universidades europeas dentro de todos sus programas” (Matthews, 2017: p. 255). Sin embargo, advierte el autor, la incorporación de estas problemáticas en la currícula no debería limitarse a un simple cumplimiento formal de las

expectativas y tendencias globales, sino que se requiere la integración de una reflexión genuina, que implique un compromiso formativo más profundo:

“Es importante que los maestros se esfuercen por hacer que las discusiones éticas resulten tan sofisticadas como la discusión científica en el aula. Una vez más, esto requiere que estén familiarizados con la historia y la filosofía de la disciplina, y en menor medida con el razonamiento ético informado. Refritear o repetir fórmulas populares puede servir, pero no mucho” (Matthews, 2017: p. 255).

Entendemos que esta clase de reflexión comprometida, precisamente, es lo que se está logrando entre los estudiantes de toxicología de la Facultad de Química. A su vez, sostenemos que este compromiso ético con lo ambiental se ve sólidamente reforzado y justificado, precisamente, a través de una formación científica como la que pueden recibir los estudiantes de toxicología. La experiencia docente transitada en las asignaturas del Área a lo largo de los años nos muestra el valor del abordaje de la problemática ambiental desde una perspectiva científicamente fundamentada, correspondiente a la formación de los estudiantes como profesionales de las Ciencias Químicas.

En ese sentido, sostenemos que, ejercida de forma crítica y responsable, la ciencia es, realmente, una fuente de progreso y transformación. Por ello, aseveramos que no resulta justificable adoptar una postura escéptica frente a la ciencia sin más, únicamente en función de las consecuencias negativas que han derivado, en ciertos casos, de un uso inadecuado o descontextualizado de sus desarrollos a lo largo de la historia. Muy por el contrario, es precisamente desde una ciencia consciente de sus límites y de su responsabilidad social que pueden surgir respuestas eficaces a los desafíos contemporáneos, como los que plantea la crisis ambiental.

De esta manera, afirmamos junto con Arreche, Igal y Vázquez (2015) que:

“La química ha sido y es una fuente de bienestar y comodidad para el ser humano. De alguna manera, al dar origen a los diversos productos que cada día nos simplifican y hacen más agradable la vida, se ha ganado buena parte del crédito por el mejoramiento del nivel de vida que actualmente disfrutamos” (p. 2).

Este reconocimiento no debe, sin duda, disociarse de una actitud reflexiva y responsable en relación con las consecuencias de dicha actividad sobre los ecosistemas y la salud humana. Por eso, insistimos en la necesidad de integrar en la enseñanza universitaria de la química una conciencia ética que promueva el juicio crítico y el compromiso con el bien común y la sostenibilidad ambiental. Pero, a la vez, recalcamos que es precisamente la ciencia una de las herramientas decisivas para el abordaje de estos problemas. Como la propia declaración de Estocolmo proclama: “Con el progreso social y los adelantos de la producción, la ciencia y la tecnología, la capacidad del hombre para mejorar el medio ambiente se acrece a cada día que pasa” (Organización de las Naciones Unidas, 1973: p. 1). Y más específicamente, es clave lo que la química como ciencia puede aportar aquí: “No hay duda de que el conocimiento químico va a ser crucial para prevenir, detener y controlar los daños a la ecología, a mejorar la calidad de los productos que consumimos, a mirar por el no agotamiento de los recursos naturales; en suma, para lograr un desarrollo sustentable” (Garritz, 2011: p.5).

En este contexto, es importante que la creciente preocupación ambiental no conduzca a percibir a la química como una villana en esta historia, es decir, como una ciencia necesariamente dañina o perjudicial a nivel ambiental. Adherimos, en ese sentido, a los planteos de Andoni Garritz (2011), quien subraya la necesidad de combatir la imagen negativa y reduccionista que el público suele tener de la química en la actualidad (p. 3). Tal percepción, advierte el autor, no se corresponde en absoluto con la realidad de una ciencia que “busca objetivamente responder preguntas sobre la naturaleza de la materia y proporcionar con ello bienestar a la humanidad” (Garritz, 2011: p. 2). Explica el autor que cuando se menciona la palabra “química”, todavía es común que las personas piensen en productos artificiales peligrosos, en la industria pesada del siglo XIX o en los desastres vinculados a la contaminación industrial. No suelen evocar, en cambio, los avances en microquímica, biología molecular, ni los aportes fundamentales de la química a la industria farmacéutica o alimentaria (Garritz, 2011: p. 2). Persiste en la memoria colectiva la asociación con catástrofes como la de Minamata, opacando los beneficios reales y cotidianos que esta ciencia ha aportado. Por eso, señala Garritz (2011), es clave ofrecer “una visión que equilibre la percepción negativa de la química, ciencia que nos ha dado una multitud de satisfacciones” (p. 3).

Es importante, en ese sentido, mostrar que la química es, efectivamente, fuente de progreso y que no está condenada a encontrarse en continua tensión con la cuestión ambiental.

Precisamente, como ciencia, se cimenta hoy más que nunca en principios ambientales como es el principio de evaluación de riesgos, mencionado anteriormente, eje central en la formación química y toxicológica contemporánea. Lejos de justificar prácticas irresponsables, la ciencia actual pone el acento en la anticipación y la prevención. Como afirman Bravo-Calle, Osorio-Rivera y Lóor-Lalvay (2021), para combatir la contaminación industrial resulta imprescindible “la prevención de riesgos, mediante el reconocimiento de impactos negativos, mediante una estrategia eficaz del desarrollo sostenible, donde esta incluya los objetivos tanto económicos como sociales para la protección del medio ambiente” (p. 13). Mientras que antes se constataba la presencia del tóxico una vez ya generada la intoxicación, el principio precautorio actualmente nos lleva a tener que demostrar la inocuidad de una sustancia o producto químico para el uso pretendido y/o conocer su potencial peligrosidad y condiciones de uso. En el caso del ambiente y los ecosistemas, no se puede olvidar que los efectos adversos originados por el uso de productos tóxicos o peligrosos no se limitan a un organismo en particular solamente.

En conclusión, a partir del análisis efectuado en este trabajo de investigación, entendemos que la formación en toxicología puede contribuir significativamente al desarrollo de una conciencia ambiental comprometida con los desafíos contemporáneos, aportando herramientas concretas en el abordaje de estas problemáticas. Concluimos, a su vez, más específicamente, que la formación universitaria de los estudiantes de toxicología de la Facultad de Química contribuye de forma clara a este objetivo. Resulta evidente que el Área Toxicología debe seguir recorriendo el camino iniciado a partir de 1990, consolidando su rol como agente clave en la formación científica ambiental, y prosiguiendo con la incorporación de nuevas herramientas y estrategias tanto a nivel didáctico como a nivel académico o de investigación. Su aporte es especialmente relevante en lo que respecta al uso y manejo responsable de sustancias químicas, abordado desde múltiples dimensiones –técnica, ética, preventiva y social–, fundamentales para promover una ciencia al servicio del bienestar colectivo y la sostenibilidad.

Por último, cerramos esta reflexión recalcando la centralidad de la educación como motor indispensable para promover transformaciones profundas en relación con los desafíos ambientales. Como señala Stephen Sterling (2021), uno de los referentes a nivel mundial en el ámbito de la educación ambiental:

“Existe una concepción limitada del papel que puede desempeñar la educación. Los esfuerzos por el desarrollo sostenible han restado importancia al potencial de la educación para contribuir a la consecución de un futuro más equitativo y ecológicamente sano, o la han considerado aislada de otros instrumentos de cambio social” (p. 2).

En este sentido, la advertencia de Sterling nos incita a repensar el papel transformador de la educación, reconociéndola como una herramienta estratégica para la construcción de sociedades más justas, conscientes y sostenibles. La urgencia de esta tarea no es menor: “Tenemos que movernos rápidamente y con una aspiración audaz, al tiempo que mantenemos una reflexividad crítica, mientras creamos un nuevo capítulo en la evolución de nuestras formas de educar en este -todavía- hermoso planeta” (Sterling, 2021: p. 8).

Desde esta perspectiva, la Facultad de Química, y en particular el Área Toxicología, se encuentra en una posición privilegiada al asumir ese desafío. La formación científica que brinda integra la dimensión ambiental y ética, superando una visión meramente técnica del conocimiento, y apostando por una educación científica crítica, con conciencia social y ecológica, orientada a la construcción de un futuro más sostenible.

6. Apéndices

6.1 Cronología de la historia de la Química, la Farmacia y la Toxicología en Uruguay

1768	Se instala la primera botica en el Montevideo colonial.
1779	Se crea el Protomedicato del Río de la Plata.
1805	Se crea la Junta de Sanidad Marítima.
1822	Se disuelve el Protomedicato del Río de la Plata.
1830	Se crea el Consejo de Higiene Pública.
1838	El Consejo de Higiene es reorganizado como Junta de Higiene Pública.
1833	Se funda la Casa de Estudios Generales (futura Universidad de la República), con la creación de nueve cátedras.
1838	Se concreta la creación de la Universidad de la República.
1849	Se decreta la inauguración formal de la Universidad de la República.
1868	Se eleva un proyecto de creación de una Escuela de Farmacia, pero fracasa.
1875	Se crea la Facultad de Medicina (UdelaR).
1895	Se crea el Instituto de Higiene Experimental.
1898	El Dr. José Scoseria asume como decano de la Facultad de Medicina (UdelaR).
1906	Se crea la Facultad de Agronomía y Veterinaria.
1908	Se crea el Instituto de Química.
1912	Se crea el Instituto de Química Industrial.
1929	Se crea la Facultad de Química y Farmacia.
1933	La autonomía universitaria entra en un período de vulnerabilidad, en el marco de la dictadura terrista (1933-1942).
1934	Se promulga la Ley 9.292, atentando contra la autonomía universitaria.
1958	Se promulga la Ley 12.549, consolidando la Universidad como un ente autónomo.
1959	La Facultad de Química y Farmacia pasa a llamarse Facultad de Química.
1973	La autonomía universitaria se ve nuevamente vulnerada con la dictadura cívico-militar (1973-1985).

6.2 Entrevistas realizadas a docentes

Persona A

Pregunta n°1: En cuanto a las temáticas: Toxicología-Química; ambiente/Ecosalud/Toxicología ambiental/Geología médica. En cuanto a las habilidades: Pensamiento crítico /argumentación.

Pregunta n°2: Para la concientización sobre el ambiente, lugar donde vivimos y de donde proviene nuestro sustento.

Pregunta n°3: La educación ambiental.

Persona B

Pregunta n°1: Considero que todos los temas dictados por nuestra área tienen directa o indirectamente un enfoque ambiental. El hecho de darle a los estudiantes la posibilidad de acceder a diversos artículos científicos, escuchar a especialistas en diferentes temáticas, exponer sus trabajos, etc. favorece en ellos la comprensión de la multidisciplinariedad en lo que respecta a aspectos ambientales.

En lo que respecta al tema “Plaguicidas” que dicto en el curso de Toxicología Fundamental, el abordaje va desde la definición de plaga, uso de plaguicidas, efectos en el ser humano, análisis de biomarcadores, etc. acompañado de información proporcionada por la OMS, el MGAP y CIAT. Todo ello conlleva a que la problemática sea abordada desde varias disciplinas.

Pregunta n°2: La Toxicología tiene una relación directa con el medio ambiente. Considero que concientizar a los estudiantes sobre la importancia de una buena gestión de los productos químicos, un eficiente control de la población en general y de los trabajadores, etc. aporta un granito de arena a la mejora de las condiciones laborales, ambientales y al cuidado de nuestro planeta.

Pregunta n°3: En lo que respecta al tema “Plaguicidas” considero que los aprendizajes mas significativos tienen que ver con saber interpretar la información toxicológica y realizar un correcto uso de estos. Así como llevar a cabo una buena práctica agrícola, y un correcto control de exposición de la población en general y los trabajadores expuestos.

Persona C

Pregunta n°1: Con respecto a las temáticas y habilidades que se enseñan en los cursos de nuestra área, que favorecen la perspectiva integral o ambiental, y específicamente la Toxicología ambiental, me parece que es central todo lo que es el área laboral en donde nos preocupamos por la salud y la integridad física. Es una forma de que se integren estos temas. Dan mucho que hablar. En Toxicología yo doy toda la primera parte de seguridad general y después hablo de Toxicología general con respecto a la salud de los trabajadores.

Cuando hablamos en seguridad laboral o ingeniería industrial, y hacemos las evaluaciones de los puestos de trabajo, allí la relación de las máquinas, el entorno, los aspectos de protección personal, de protección general del área, todo eso favorece que haya una integración, no solo de los individuos con sus pares o sus jefes, o quienes están por debajo, sino también de lo que son los productos químicos, toda la maquinaria, todo con lo que se trabaja. Estamos hablando de la parte ambiental dentro de las fábricas, que de alguna forma también influye afuera, porque se tiene en cuenta todo lo que son los residuos, los desagües. Creo que los estudiantes salen con una formación, digamos, general de la Toxicología, pero considerando también las relaciones interpersonales y en el ambiente de trabajo.

Pregunta n°2: ¿Por qué me parece importante el enfoque ambiental en las asignaturas? Porque creo que está todo relacionado. Existen muchísimas disciplinas que no solo hablan de Toxicología, sino de distintos encares para mejorar o para evitar el desgaste o el problema ambiental. Creo que en todas las asignaturas de Toxicología siempre se está haciendo mención al daño que se puede provocar en el ambiente en general, o en las personas dentro de sus ambientes. Nosotros, desde el enfoque ecosistémico, integramos y hablamos de los enfoques sistemáticos, donde, teniendo el hombre como centro, todo su entorno influye no solamente en sus acciones directas, sino también en las acciones indirectas, en la salud.

Pregunta n°3: Me parece que la formación de los estudiantes, en donde en Toxicología estudian el efecto adverso de los productos químicos cuando tienen contacto con el organismo, estudian el efecto del manejo de sustancias químicas para el ambiente, donde se considera toda la parte, no solo laboral, sino la parte de después qué hacer con los productos terminados, con los desechos o lo que sobra. Es muy importante, porque forma parte de su formación en general. En Toxicología hablamos de los tóxicos, tanto en lo laboral como en lo general, en

usos domésticos también. Creo que toda esa área se ve considerada y se le da la importancia que corresponde. No he mencionado la importancia de los análisis, de todo lo que es la parte analítica, la metodología, la importancia de un resultado que sea el correcto, con todos los sistemas de controles que existen en nuestro país y de forma internacional.

6.3 Entrevistas realizadas a estudiantes

Persona A

Pregunta n°1: En estos tiempos los temas ambientales que serían más significativos para tratar en clases, desde la perspectiva que permita la clase, serían Agua, Pesticidas y Tratamiento de residuos. Dentro de tratamiento de residuos estaría interesante el tema particular de plásticos y compost.

Pregunta n°2: En estos días la contaminación del agua, los tratamientos que se le hacen y la parte de uso y descarte son de vital importancia para la sustentabilidad de los ambientes. Actualmente y a pesar de que el tema es mucho más conocido y controlado, los pesticidas siguen siendo una gran fuente de contaminación de ambientes, pero además me parece que existe gran cantidad de desinformación al respecto. En una época en la que la mayoría de las cosas son básicamente descartables, el saber qué ocurre con los residuos que generamos, entre ellos plásticos, ropa y elementos tecnológicos o electrónicos, ya que las personas no tienen conciencia de las cantidades y lo complicado que es a veces encargarse de dichos residuos.

Pregunta n°3: Particularmente en esta época en que circulan las bolsas compostables el cómo hacer compost y cómo funciona son datos importantes para saber. Además de todo lo relacionado a los problemas que trae el plástico en todos los niveles de todas las cadenas tróficas. Personalmente el poder “hacer” siempre ayuda a aprender y a integrar conocimientos. Aunque no se puedan realizar prácticos, el poder visitar plantas o poder ver videos en los que se muestre el proceso de compostaje ayudaría a comprender mejor el proceso. Desde que llegan las materias primas hasta el uso final del compost. En el caso del agua o pesticidas se pueden estudiar los distintos métodos analíticos relacionados a ellos y los números reales de las concentraciones encontradas en muestras reales. El poder ir a plantas o laboratorios donde

se traten los temas siempre son una buena forma de entender mejor los procesos y para hacer que los estudiantes tomen más interés en los temas.

Persona B

Pregunta n°1: Es importante destacar la actividad humana (en todos los ámbitos) como causante del deterioro ambiental. La enseñanza debería estar enfocada en nuevas técnicas de cuidado ambiental, química verde, biocombustibles, y la búsqueda de opciones “mas limpias” para satisfacer las necesidades humanas.

Pregunta n°2: Porque todos somos parte del problema y lo ideal es educar a los estudiantes, y éstos a las futuras generaciones, en cuanto a los problemas ambientales y como mermarlos.

Pregunta n°3: Los trabajos de campo y las tareas con la comunidad, como estudiantes de nuestra Institución, son fundamentales para comprender la situación ambiental en la que nos encontramos. Muchas veces desconocemos la realidad a la que pueden estar enfrentándose distintos grupos de personas dentro de la sociedad, y trabajar desde Facultad con la comunidad es una experiencia enriquecedora para ambas partes.

Persona C

Pregunta n°1: Considero que la educación ambiental debe basarse a partir de 3 enfoques significativos: COMUNITARIO, SISTÉMICO E INTERDISCIPLINARIO.

Pregunta n°2: El enfoque comunitario, un enfoque muy trabajado en estos últimos tiempos, producto a la necesidad de incidir en nuestros estudiantes con el objetivo de formar actitudes y valores medioambientales para apaciguar la crisis y lograr transformar la actitud depredadora del hombre, por los problemas ecológicos existente en nuestro planeta. También el Medio Ambiente manifiesta una visión sistémica, donde los componentes de dicho sistema están integrados en el medio físico, biótico, económico y sociocultural. El enfoque interdisciplinario, representa un conjunto de disciplinas conexas entre sí y con relaciones definidas, a fin de que sus actividades no se produzcan en forma aislada, dispersas y fraccionadas.

Pregunta n°3: Si bien no conozco en profundidad las Ciencias Químicas desde mi experiencia podría aportar que se deben utilizar los contenidos curriculares de la asignatura

Química en la salida a la educación ambiental, concebidos sobre el propósito de preparar a los graduados del nivel universitario para responder a las transformaciones que experimenta el modelo económico uruguayo, dirigidas a acentuar la conservación y protección del medio ambiente.

6.4 Porcentaje de coincidencia en la evaluación de las respuestas de los estudiantes

	Porcentajes de coincidencia en asignación de categorías
2015	70
2016	80
2017	100
2018	95
2019	88
2022	90
2023	80
Promedio de coincidencia	86

7. Anexos

7.1 Cumbre de Estocolmo

A continuación, transcribimos la declaración de Estocolmo.⁴⁵

DECLARACIÓN DE ESTOCOLMO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE HUMANO

Adopción: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el
Medio Ambiente Humano, 16 de junio de 1972

I

PROCLAMA QUE

1. El hombre es a la vez obra y artífice del medio ambiente que lo rodea, el cual le da el sustento material y le brinda la oportunidad de desarrollarse intelectual, moral social y espiritualmente. En la larga y tortuosa evolución de la raza humana en este planeta se ha llegado a una etapa en que, gracias a la rápida aceleración de la ciencia y la tecnología, el hombre ha adquirido el poder de transformar, de innumerables maneras y en una escala sin precedentes, cuanto lo rodea. Los dos aspectos del medio ambiente humano, el natural y el artificial, son esenciales para el bienestar del hombre y para el goce de los derechos humanos fundamentales, incluso el derecho a la vida misma.
2. La protección y mejoramiento del medio ambiente humano es una cuestión fundamental que afecta al bienestar de los pueblos y al desarrollo económico del mundo entero, un deseo urgente de los pueblos de todo el mundo y un deber de todos los gobiernos.
3. El hombre debe hacer constante recapitulación de su experiencia y continuar descubriendo, inventando, creando y progresando. Hoy en día, la capacidad del hombre de transformar lo que lo rodea, utilizada con discernimiento, puede llevar a todos los pueblos los beneficios del desarrollo y ofrecerles la oportunidad de ennoblecer su existencia. Aplicado errónea o imprudentemente, el mismo poder puede causar daños incalculables al ser humano y a su medio ambiente. A nuestro alrededor vemos multiplicarse las pruebas del

⁴⁵ Recuperado de: <https://www.ordenjuridico.gob.mx/TratInt/Derechos%20Humanos/INST%2005.pdf>.

daño causado por el hombre en muchas regiones de la tierra, niveles peligrosos de contaminación del agua, del aire, de la tierra y de los seres vivos; grandes trastornos del equilibrio ecológico de la biosfera; destrucción y agotamiento de recursos insustituibles y graves deficiencias, nocivas para la salud física, mental y social del hombre, en el medio ambiente por él creado. Especialmente en aquel en que vive y trabaja.

4. En los países en desarrollo, la mayoría de los problemas ambientales están motivados por el subdesarrollo. Millones de personas siguen viviendo muy por debajo de los niveles mínimos necesarios para una existencia humana decorosa, privadas de alimentación y vestido, de vivienda y educación, de sanidad e higiene adecuadas. Por ello, los países en desarrollo deben dirigir sus esfuerzos hacia el desarrollo, teniendo presente sus prioridades y la necesidad de salvaguardar y mejorar el medio ambiente. Con el mismo fin, los países industrializados deben esforzarse por reducir la distancia que los separa de los países en desarrollo. En los países industrializados, los problemas ambientales están generalmente relacionados con la industrialización y el desarrollo tecnológico.

5. El crecimiento natural de la población plantea continuamente problemas relativos a la preservación del medio ambiente, y se deben adoptar las normas y medidas apropiadas, según proceda, para hacer frente a esos problemas. De todas las cosas del mundo, los seres humanos son lo más valioso. Ellos son quienes promueven el progreso social, crean riqueza social, desarrollan la ciencia y la tecnología y, con su duro trabajo transforman continuamente el medio ambiente humano. Con el progreso social y los adelantos de la producción, la ciencia y la tecnología, la capacidad del hombre para mejorar el medio ambiente se acrece a cada día que pasa.

6. Hemos llegado a un momento de la historia en que debemos orientar nuestros actos en todo el mundo atendiendo con mayor solicitud a las consecuencias que puedan tener para el medio ambiente. Por ignorancia o indiferencia, podemos causar daños inmensos e irreparables al medio ambiente terráqueo del que dependen nuestra vida y nuestro bienestar. Por el contrario, con un conocimiento más profundo y una acción más prudente, podemos conseguir para nosotros y para nuestra posteridad unas condiciones de vida mejores en un medio ambiente más en consonancia con las necesidades y aspiraciones del hombre. Las

perspectivas de elevar la calidad del medio ambiente y de crear una vida satisfactoria son grandes. Lo que se necesita es entusiasmo, pero, a la vez, serenidad de ánimo, trabajo afanoso, pero sistemático. Para llegar a la plenitud de su libertad dentro de la naturaleza, el hombre debe aplicar sus conocimientos a forjar, en armonía con ella, un medio ambiente mejor. La defensa y el mejoramiento del medio ambiente humano para las generaciones presentes y futuras se ha convertido en meta imperiosa de la humanidad, que ha de perseguirse al mismo tiempo que las metas fundamentales ya establecidas de la paz y el desarrollo económico y social en todo el mundo, y de conformidad con ellas.

7. Para llegar a esta meta será menester que ciudadanos y comunidades, empresas e instituciones, en todos los planos, acepten las responsabilidades que les incumben y que todos ellos participen equitativamente en la labor común. Hombres de toda condición y organizaciones de diferente índole plasmarán, con la aportación de sus propios valores y la suma de sus actividades, el medio ambiente del futuro. Corresponderá a las administraciones locales y nacionales, dentro de sus respectivas jurisdicciones, la mayor parte de la carga en cuanto al establecimiento de normas y la aplicación de medidas de gran escala sobre el medio ambiente, también se requiere la cooperación internacional con objeto de allegar recursos que ayuden a los países en desarrollo a cumplir su cometido en esta esfera. Y hay un número cada vez mayor de problemas relativos al medio ambiente que, por ser de alcance regional o mundial o por repercutir en el ámbito internacional común, requerirán una amplia colaboración entre las naciones y la adopción de medidas para las organizaciones internacionales en interés de todos. La Conferencia encarece a los gobiernos y a los pueblos que unen esfuerzos para preservar y mejorar el medio ambiente humano en beneficio del hombre y de su posteridad.

II

PRINCIPIOS

Expresa la convicción común de que:

PRINCIPIO 1. El hombre tiene derecho fundamental a la libertad, la igualdad y el disfrute de condiciones de vida adecuadas en un medio ambiente de calidad tal que le permita llevar

una vida digna y gozar de bienestar, y tiene la solemne obligación de proteger y mejorar el medio ambiente para las generaciones presentes y futuras. A este respecto, las políticas que promueven o perpetúan el apartheid, la segregación racial, la discriminación, la opresión colonial y otras formas de opresión y de dominación extranjera quedan condenadas y deben eliminarse.

PRINCIPIO 2. Los recursos naturales de la tierra incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna y especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras, mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga.

PRINCIPIO 3. Debe mantenerse y, siempre que sea posible, restaurarse o mejorarse la capacidad de la tierra para producir recursos vitales renovables.

PRINCIPIO 4. El hombre tiene la responsabilidad especial de preservar y administrar juiciosamente el patrimonio de la flora y la fauna silvestres y su hábitat, que se encuentran actualmente en grave peligro por una combinación de factores adversos. En consecuencia, al planificar el desarrollo económico debe atribuirse importancia a la conservación de la naturaleza, incluidas la flora y la fauna silvestres.

PRINCIPIO 5. Los recursos no renovables de la tierra deben emplearse de forma que se evite el peligro de su futuro agotamiento y se asegure que toda la humanidad comparte los beneficios de tal empleo.

PRINCIPIO 6. Debe ponerse fin a la descarga de sustancias tóxicas o de otras materias a la liberación de calor, en cantidades o concentraciones tales que el medio ambiente no puede neutralizarlas, para que no se causen daños graves o irreparables a los ecosistemas. Debe apoyarse la justa lucha de los pueblos de todos los países contra la contaminación.

PRINCIPIO 7. Los Estados deberán tomar todas las medidas posibles para impedir la contaminación de los mares por sustancias que puedan poner en peligro la salud del hombre, dañar los recursos vivos y la vida marina, menoscabar las posibilidades de esparcimiento o entorpecer otras utilidades legítimas del mar.

PRINCIPIO 8. El desarrollo económico y social es indispensable para asegurar al hombre un ambiente de vida y de trabajo favorable y para crear en la tierra las condiciones necesarias de mejora de la calidad de vida.

PRINCIPIO 9. Las deficiencias del medio ambiente originadas por las condiciones del subdesarrollo y los desastres naturales plantean graves problemas, y la mejor manera de subsanarlas es el desarrollo acelerado mediante la transferencia de cantidades considerables de asistencia financiera y tecnológica que completamente los esfuerzos internos de los países en desarrollo y la ayuda oportuna que pueda requerirse.

PRINCIPIO 10. Para los países en desarrollo, la estabilidad de los precios y la obtención de ingresos adecuados de los productos básicos y las materias primas son elementos esenciales para la ordenación del medio ambiente, ya que han de tenerse en cuenta tanto los factores económicos como los procesos ecológicos.

PRINCIPIO 11. Las políticas ambientales de todos los Estados deberían estar encaminadas a aumentar el potencial de crecimiento actual o futuro de los países en desarrollo y no deberían coartar ese potencial ni obstaculizar el logro de mejores condiciones de vida para todos, y los Estados y las organizaciones internacionales deberían tomar las disposiciones pertinentes con miras a llegar a un acuerdo para hacer frente a las consecuencias económicas que pudieran resultar, en los planos nacional e internacional, de la aplicación de medidas ambientales.

PRINCIPIO 12. Deberían destinarse recursos a la conservación y mejoramiento del medio ambiente teniendo en cuenta las circunstancias y las necesidades especiales de los países en desarrollo y cualesquiera gastos que pudieran originar a estos países la inclusión de medidas de conservación del medio ambiente en sus planes de desarrollo, así como la necesidad de prestarles, cuando lo soliciten, más asistencia técnica y financiera internacional con ese fin.

PRINCIPIO 13. A fin de lograr una más racional ordenación de los recursos y mejorar así las condiciones ambientales, los Estados deberían adoptar un enfoque integrado y coordinado de la planificación de su desarrollo, de modo que quede asegurada la compatibilidad del desarrollo con la necesidad de proteger y mejorar el medio ambiente

humano en beneficio de su población.

PRINCIPIO 14. La planificación racional constituye un instrumento indispensable para conciliar las diferencias que puedan surgir entre las exigencias del desarrollo y la necesidad de proteger y mejorar el medio ambiente.

PRINCIPIO 15. Debe aplicarse la planificación a los asentamientos humanos y a la urbanización con miras a evitar repercusiones perjudiciales sobre el medio ambiente y a obtener los máximos beneficios sociales, económicos y ambientales para todos. A este respecto deben abandonarse los proyectos destinados a la dominación colonialista y racista.

PRINCIPIO 16. En las regiones en que exista el riesgo de que la tasa de crecimiento demográfico o las concentraciones excesivas de población perjudiquen al medio ambiente o desarrollo, o en que la baja densidad de población pueda impedir el mejoramiento del medio ambiente humano y obstaculizar el desarrollo, deberían aplicarse políticas demográficas que respetasen los derechos humanos fundamentales y contasen con la aprobación de los gobiernos interesados.

PRINCIPIO 17. Debe confiarse a las instituciones nacionales competentes la tarea de planificar, administrar o controlar la utilización de los recursos ambientales de los Estados con el fin de mejorar la calidad del medio ambiente.

PRINCIPIO 18. Como parte de su contribución al desarrollo económico y social se debe utilizar la ciencia y la tecnología para descubrir, evitar y combatir los riesgos que amenazan al medio ambiente, para solucionar los problemas ambientales y para el bien común de la humanidad.

PRINCIPIO 19. Es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos y que preste la debida atención al sector de población menos privilegiado, para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada, y de una conducta de los individuos, de las empresas y de las colectividades inspirada en el sentido de su responsabilidad en cuanto a la protección y mejoramiento del medio ambiente en toda su dimensión humana. Es también esencial que los medios de comunicación de masas eviten contribuir al deterioro del medio ambiente humano y

difundan, por el contrario, información de carácter educativo sobre la necesidad de protegerlo y mejorarlo, a fin de que el hombre pueda desarrollarse en todos los aspectos.

PRINCIPIO 20. Se deben fomentar en todos los países, especialmente en los países en desarrollo, la investigación y el desarrollo científicos referentes a los problemas ambientales, tanto nacionales como multinacionales. A este respecto, el libre intercambio de información científica actualizada y de experiencia sobre la transferencia debe ser objeto de apoyo y asistencia, a fin de facilitar la solución de los problemas ambientales; las tecnologías ambientales deben ponerse a disposición de los países en desarrollo en unas condiciones que favorezcan su amplia difusión sin que constituyan una carga económica para esos países.

PRINCIPIO 21. De conformidad con la carta de las Naciones Unidas y con los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental, y la obligación de asegurarse de que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción o bajo su control no perjudiquen al medio ambiente de otros Estados o de zonas situadas fuera de toda jurisdicción nacional.

PRINCIPIO 22. Los Estados deben cooperar para continuar desarrollando el derecho internacional en lo que se refiere a la responsabilidad y a la indemnización a las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales que las actividades realizadas dentro de la jurisdicción o bajo el control de tales Estados causen a zonas situadas fuera de su jurisdicción.

PRINCIPIO 23. Sin perjuicio de los criterios que puedan acordarse por la comunidad internacional y de las normas que deberán ser definidas a nivel nacional, en todos los casos será indispensable considerar los sistemas de valores prevalecientes en cada país y la aplicabilidad de unas normas que, si bien son válidas para los países más avanzados, pueden ser inadecuadas y de alto costo social para los países en desarrollo.

PRINCIPIO 24. Todos los países, grandes o pequeños, deben ocuparse con espíritu de cooperación y en pie de igualdad de las cuestiones internacionales relativas a la protección

y mejoramiento del medio ambiente. Es indispensable cooperar, mediante acuerdos multilaterales o bilaterales o por otros medios apropiados, para controlar, evitar, reducir y eliminar eficazmente los efectos perjudiciales que las actividades que se realicen en cualquier esfera puedan tener para el medio ambiente, teniendo en cuenta debidamente la soberanía y los intereses de todos los Estados.

PRINCIPIO 25. Los Estados se asegurarán que las organizaciones internacionales realicen una labor coordinada, eficaz y dinámica en la conservación y mejoramiento del medio ambiente.

PRINCIPIO 26. Es preciso librar el hombre y a su medio ambiente de los efectos de las armas nucleares y de todos los demás medios de destrucción en masa. Los Estados deben esforzarse por llegar pronto a un acuerdo, en los órganos internacionales pertinentes, sobre la eliminación y destrucción completa de tales armas.

7.2 Principios de la Química Verde

A continuación, presentamos una síntesis de los 12 principios de la Química Verde.

“1. Es mejor prevenir la generación de residuos que tratarlos o limpiarlos una vez que se han producido.

2. Los métodos de síntesis deben diseñarse para maximizar la incorporación de todos los materiales utilizados en el proceso en el producto final.

3. Siempre que sea posible, las metodologías de síntesis deben diseñarse para utilizar y generar sustancias que presenten poca o ninguna toxicidad para la salud humana y el medio ambiente.

4. Los productos químicos deben diseñarse para conservar su eficacia funcional, al tiempo que se reduce su toxicidad.

5. El uso de sustancias auxiliares (por ejemplo, disolventes, agentes de separación, etc.) debe evitarse siempre que sea posible y, cuando se utilicen, deben ser inocuas.

6. Los requerimientos energéticos deben reconocerse por su impacto ambiental y económico, y deben minimizarse. Los métodos de síntesis deben realizarse a temperatura y presión ambiente.

7. Las materias primas o insumos deben ser renovables en lugar de agotables, siempre que

sea técnica y económicamente viable.

8. Debe evitarse toda modificación innecesaria (como grupos bloqueadores, protección/desprotección, modificaciones físicas o químicas temporales) siempre que sea posible.

9. Los reactivos catalíticos (lo más selectivos posible) son preferibles a los reactivos estequiométricos.

10. Los productos químicos deben diseñarse de modo que, al finalizar su función, no persistan en el ambiente y se descompongan en productos de degradación inocuos.

11. Las metodologías analíticas deben desarrollarse aún más para permitir el monitoreo y control en tiempo real durante el proceso, antes de que se formen sustancias peligrosas.

12. Las sustancias y la forma en que se utilizan en un proceso químico deben seleccionarse para minimizar el potencial de accidentes químicos, incluyendo emisiones, explosiones e incendios” (Anastas y Warner, 2000: p. 30).

8. Bibliografía

- Adúriz-Bravo, Agustín (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Albert, Lilia A. (1995). “Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos”. En Albert, Lilia A.; Flores, Julio y López-Moreno, Sergio, *La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente*. Centro de Ecología y Desarrollo, Ciudad de México, pp. 37-52.
- Anastas, Paul T.; y Warner, John C. (2000). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Ansin, André; Botasini, Santiago; y Méndez, Eduardo (2022). *Convivir con el plomo. Un aprendizaje necesario*. Montevideo: Universidad de la República.
- Ardao, Arturo (1950). *La Universidad de Montevideo: Su evolución histórica*. Montevideo: Universidad de la República.
- Ardao, Arturo (1978). “Asimilación y transformación del positivismo en América Latina”. *Estudios latinoamericanos de Historia de las ideas*, Núm. 24, pp. 515-522
- Ardao, Arturo (1998). “Universidad Mayor, Universidad de Montevideo”. *Tercera parte*, Núm. 141, pp. 25-28.
- Arias Valencia, María Mercedes (2000). “La triangulación metodológica: sus principios, alcances y limitaciones”. *Investigación y educación en enfermería*, Vol. 18, Núm. 1, pp. 13-26.
- Armstrong, David; Gosling, Ann; Weinman, John; y Marteau, Theresa (1997). “The Place of Inter-Rater Reliability in Qualitative Research: An Empirical Study”. *Sociology*, Vol. 31, Núm. 3, pp. 597-606.
- Arreche, Romina A.; Igal, Katerine; y Vázquez Patricia (2015). “La Química Verde, su origen, sus principios y aplicaciones”. XIX Congreso Argentino de Catálisis y VIII Congreso de Catálisis del Mercosur, Bahía Blanca, Argentina.

- Asunción, Suniaga (2019). “Metodologías Activas: Herramientas para el empoderamiento docente”. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, Vol. 7, Núm. 6, pp. 349-369.
- Azevedo Brasileiro, Tania Sueli (2009). “Los métodos cuantitativos y cualitativos. Una perspectiva integradora”. *Revista Amazónica*, Núm. 3, Vol. 2, pp. 168-177.
- Bautista-Cerro Ruiz, María José Logo; Murga-Menoyo, María Ángeles y Novo, María (2019). “La Educación Ambiental en el S. XXI”. *Revista Educación Ambiental y Sostenibilidad*, Vol. 1, Núm. 1, p. 1103.
- Beauchamp, Tom (2013). “Hooker Chemical and Love Canal”. Recuperado de <https://www.stephenhicks.org/wp-content/uploads/2013/03/Love-Canal-Hooker-Chemical.pdf>
- Belloso Chacín, Rafael (2009). “El desarrollo sostenible y la agenda 21”. *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, Vol. 11, Núm. 2, pp. 164-181.
- Beltrán, Juan Ramón (1937). *Historia del Protomedicato de Buenos Aires*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Blasco Estellés, Josep Lluís (1998). “El positivismo lógico”. *Concepciones de la metafísica*, Jorge J. E. Gracia (ed.). Madrid: Trotta.
- Bravo Calle, Orlando Efraín; Osorio Rivera, Miguel Angel; y Llor Lavay, Xavier Antonio (2021). “La calidad del desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente”. *Polo del Conocimiento*, Vol. 6, Núm. 9, pp. 153-166.
- Bunnell, J.E.; Finkelman, R. B.; Centeno, J.A.; Selinus, O. (2007). “Medical Geology: a globally emerging discipline”. *Geologica Acta*, Vol. 5, Núm. 3, pp. 273-281.
- Burger, M. y Pose Román, D. (2010). *Plomo, salud y ambiente. Experiencia en Uruguay*. Montevideo: Universidad de la República.
- Cabral, Antonio (1915). “Discurso del Ministro de Industrias, Trabajo e Instrucción Pública, Doctor Antonio Cabral”. En la Universidad de la República Oriental del Uruguay, *Instituto de Química de la Facultad de Medicina*. Montevideo, pp. 3-8.
- Caride Gómez, José Antonio (1991). *Educación ambiental: realidad y perspectivas*. Santiago de Chile: Torculo.

- Carr, Wilfred (2002). *Una teoría para la educación. Hacia una investigación educativa crítica*. Madrid: Morata.
- Carson, Rachel L. (2005). *Primavera silenciosa*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Centeno, J. A.; Giménez Forcada, E.; y Pena Búa, P. (2016). “La Geología Médica: una disciplina emergente”. *Revista Salud Ambiental*, Vol. 16, Núm. 2, pp. 164-168.
- Chalmers, Alan F. (1999). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo Veintiuno Editores.
- Charron, Dominique F. (Ed.). (2013). *La investigación de ecosalud en la práctica: Aplicaciones innovadoras de un enfoque ecosistémico para la salud*. Ottawa: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- Cisterna Cabrera, Francisco (2005). “Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa”. *Theoria*, Vol. 14, Núm. 1, pp. 61-71 Universidad del Bío Bío Chillán, Chile.
- Cook, Thomas D. y Reichardt, Charles S. *Métodos cualitativos y cuantitativos en invención evaluativa*. Madrid: Morata.
- Colina Escalante, Alicia (2015). “Capítulo IX. El estudio de caso, una estrategia para la investigación educativa”, en Díaz Barriga, Ángel y Luna Miranda, Ana Martha (2014). *Metodología de la Investigación Educativa*, Ediciones Díaz de Santos, pp. 243-270.
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1987). *Our common future. The Brundtland Report*. Oxford: Oxford University Press.
- Cousillas, Marcelo J. (2003). “Régimen jurídico de las aguas y de los servicios de agua potable y saneamiento”. *Revista de Derecho*, Vol. 2, Núm. 3, pp. 23-35.
- Daros, William R. (2007). “Los condicionamientos sociales en los paradigmas científicos. Popper y Kuhn”. *Invenio*, Núm. 18, pp. 47-74.
- Dewey, John (1920). *Democracia y educación. Una introducción a la filosofía de la educación*. Madrid: Morata.

- De Cózar Escalante, José Manuel (2005). “Principio de precaución y medio ambiente”. *Revista Española de Salud Pública*, Vol. 79, Núm. 2, pp. 133-144.
- De Oddone, M. Blanca París (1998). *Historia de la universidad latinoamericana. La Universidad de Ta República Oriental del Uruguay, Montevideo*. Ciudad de México: UDUAL.
- De la Cruz Nassar, Pablo (2012). “Reflexiones en torno al pensamiento ambiental y a la crisis del racionalismo científico”. *Revista Colombiana de Sociología*, Vol. 35, Núm. 1, pp. 115-125.
- Doria Serrano, Ma. del Carmen (2009). “Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente”. *Educación Química*, Vol. 20, Núm. 4, pp. 412-420.
- Garritz, Andoni (2011). “La celebración del Año Internacional de la Química. Las contribuciones de la química al bienestar de la humanidad”. *Educación química*, Vol. 22, Núm. 1, pp. 2-7.
- Mansilla, H. C. F. (2007). “El progreso como posibilidad de regresión e irracionalismo”. *Revista de Estudios Políticos*, Núm. 9, pp. 137-152.
- Massé Narváez, Carlos Eduardo (2021). “Sobre el ambiente y el sentido de la investigación social antes y después de la pandemia. De la razón instrumental a la razón crítica”. *Revista de antropología experimental*, Núm. 21, pp. 3-10.
- Massé Narváez, Carlos Eduardo y Barrios Dávalos, Victorino (2022). “Positivismo, industrialismo y catástrofe ambiental”. *Educere*, Núm. 84, pp. 469-479.
- De Siqueira, José Eduardo (2001). “El principio de Responsabilidad de Hans Jonas”. *Acta bioethica*, Vol. 7, Núm. 2, pp. 277-285.
- De Rojas Martínez-Parets, Fernando (1994). “Desde la globalización hasta la Conferencia de Estocolmo”. *Anales de la Universidad de Alicante*, Facultad de Derecho, Núm. 9, pp. 245-273.

- Declaración de Wingspread (1998). Tomado de “El principio de precaución ante la incertidumbre científica”, *Daphnia*, Vol. 13, Madrid, p. 16.
- Di Giulio, Richard T. y Newman, Michael C. (2008). “Capítulo 29: Ecotoxicología”. En *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons* (ed. Curtis D. Klaassen). McGraw-Hill, pp. 1157-1187.
- Díaz, Esther (2000). *Posmodernidad*. Buenos Aires: Biblos.
- Fabre, René (1976). *Toxicología. Tomo I*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Faustman, Elaine M. y Omenn, Gilbert S. (2008). “Capítulo 4: Evaluación de riesgo”. En *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons* (ed. Curtis D. Klaassen). McGraw-Hill, pp. 107-128.
- Fernández, Gonzalo (1976). *Breve historia de la Toxicología*. Montevideo: Universidad de la República.
- Finkelman, R. B.; Centeno, J. A.; y Selinus, O. (2007). *Medical Geology: a globally emerging discipline. Geologica Acta*, Vol. 5, Núm. 3, pp. 273-281.
- Gallo, Michael A. (2008). “Capítulo 1: Historia y alcance de la Toxicología”. En *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons* (ed. Curtis D. Klaassen). McGraw-Hill, pp. 3-10.
- Gómez Pardo, Rafael (2006). “El positivismo en América Latina en la era de la globalización”. *Franciscanum*, Núm. 142, pp. 55-78.
- González, L. A. (1998). “Política y postmodernidad (Lyotard, Popper, Luhmann y Habermas)”. *Estudios centroamericanos*, 591-592, pp. 120-124.
- González Rivera, Guillermo (2015). “Capítulo I. Influjo de la teoría en el proceso de investigación”, en Díaz Barriga, Ángel y Luna Miranda, Ana Martha (2014). *Metodología de la Investigación Educativa*, Ediciones Díaz de Santos, pp. 19-42.
- Grünwaldt Ramasso, Jorge (1966). *Historia de la Química en el Uruguay (1830-1930)*. Montevideo: Editorial Montevideo.

- Grünwaldt Ramasso, Jorge (1981). “Historia de la Química en Uruguay”. *La Farmacia*, Vol. 2, Núm. 5, pp. 23-28. Recuperado de <https://riquim.fq.edu.uy/items/show/131> (Repositorio Institucional de la Facultad de Química, Udelar).
- Habermas, Jürgen (1988). “La modernidad, un proyecto incompleto”. En H. Foster (Ed.), *La posmodernidad*. México: Kairós.
- Henry, Glynn y Heinke, Gary W. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Ciudad de México: Prentice Hall.
- Hernández Jerez, Antonio F. (2002). “La enseñanza de la Toxicología en las ciencias biosanitarias del siglo XXI”. *Revista de Toxicología*, Núm. 19, pp. 23-28.
- Herrera Ramos, Fernando, y Gorlero Bacigalupi, Rubén (1976). *Historia de la Facultad de Medicina. Tomo II*. Montevideo: no editado.⁴⁶
- Herrera Ramos, Fernando, y Gorlero Bacigalupi, Rubén (1988). “Scoseria, José, 1861-1946” en Gutiérrez Blanco, Horacio (Ed.), *Médicos uruguayos ejemplares: Homenaje al Hospital Maciel en su bicentenario (1788-1988)* (p. 14-17). Hospital Maciel.
- Hillman, Gerardo (2003). “La construcción social de un desastre”. *Problemas del Conocimiento en Ingeniería y Geología*, Vol. I, Editorial Universitat, Córdoba, pp. 77-98.
- Jarabo Sastre, Andrés (2018). *El principio de precaución: Análisis crítico de su naturaleza y eficacia en el ámbito concreto de la biotecnología*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.
- Jiménez Moreno, Dr. José Alfonso; Contreras Espinoza, Mstr. Iván de Jesús; López Ornelas, Dra. Maricela (2022). “Lo cuantitativo y cualitativo como sustento metodológico en

⁴⁶ El libro referido no había sido editado al momento de la redacción de este trabajo de investigación. Se trata de una obra compuesta por cuatro volúmenes mecanografiados, obtenida de la Biblioteca de la Facultad de Medicina. Estos volúmenes fueron donados en 1991 a la Sociedad Uruguaya de Historia de la Medicina por el Dr. Héctor Brazeiro Diez, Miembro Titular de la institución, y posteriormente entregados a la biblioteca. La obra fue escrita en 1976 con motivo del Centenario fundacional de la Facultad de Medicina.

- la investigación educativa: un análisis epistemológico”. *Revista Humanidades*, Vol. 12, Núm. 2, Universidad de Costa Rica.
- Johansson, Lars-Göran (2016). *Philosophy of Science for Scientists*. Cham: Springer.
- Jonas, Hans (1995). *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona: Herder.
- Kuhn, Thomas (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- “La Facultad de Química” (1981). *La Farmacia*, Vol. 2, pp. 4-8. Recuperado de <https://riquim.fq.edu.uy/items/show/139> (Repositorio Institucional de la Facultad de Química, UdelaR).
- “La Universidad y la Facultad ayer” (1981). *La Farmacia*, Vol. 2, Núm. 5, pp. 16-20. Recuperado de <http://riquim.fq.edu.uy/items/show/130> (Repositorio Institucional de la Facultad de Química, UdelaR).
- Laborda, E. y Laborda P. (1988). “Toxicología ambiental y contaminación”. *Boletín del Instituto de Estudios Almerienses*, Núm. Extra 6, 1988, pp. 321-341.
- Larrouyet, María Cristina (2015). *Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes (Repositorio Institucional de la Universidad).
- López Pardo, Iván (2015). “Sobre el desarrollo sostenible y la sostenibilidad: conceptualización y crítica”. *Barataria. Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, Vol. 20, pp. 111-128.
- Madroñero-Palacios, Sandra y Guzmán-Hernández, Tomás (2018). “Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias”. *Tecnología en Marcha*, Vol. 31, Núm. 3, pp. 122-130.
- Manahan, Stanley E. (2003). *Toxicological chemistry and biochemistry*. Nueva York: CRC Press.

- Manahan, Stanley E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. Barcelona: Reverté.
- Martín Lou, María Asunción; y Martínez Vega, Francisco Javier (2002). “Agenda 21, motor de desarrollo sostenible”. En Marrón Gaite, Jesús; y García Fernández, Gerardo, *Agricultura, Medio Ambiente y Sociedad*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, pp. 183-191.
- Mañay, N.; Cousillas, Z.; Álvarez, C.; Heller, T. (2008). “Lead Contamination in Uruguay. The La Teja Neighborhood Case”. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 159, pp. 93-115.
- Marín Gallego, José Duván (2007). “Del concepto de paradigma en Thomas S. Kuhn, a los paradigmas de las Ciencias de la cultura”. *Magistro*, Vol. 1, Núm. 1, pp. 73-88.
- Martínez Larrarte, José Pedro y Reyes Pineda, Yusimí (2000). “El Protomedicato. Los inicios de la docencia médica superior en Cuba”. *Educ Med Super*, Vol. 14, Núm. 1, pp. 83-85.
- Martínez Rivera, Carmen Alicia *et al.* (2005). “Educación, pedagogía y didáctica en la escuela: encuentros y desencuentros”. *Lúdica pedagógica*, Vol. 2, Núm. 10, pp. 113-120.
- Matthews, Michael R. (2017). *La enseñanza de la ciencia. Un enfoque desde la historia de la filosofía de la ciencia*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- McHugh, Mary L. (2012). “Interrater reliability: the kappa statistic”. *Biochemia Medica*, Vol. 22, Núm. 3, pp. 276-282.
- McDonald, Nora; Schoenebeck, Sarita; y Forte, Andrea (2019). “Reliability and Inter-rater Reliability in Qualitative Research: Norms and Guidelines for CSCW and HCI Practice”. *Trans. Graph.*, Vol. 10, Núm. 10, pp. 39-61.
- Ministerio de Ambiente (2024). *Informe del Estado del Ambiente (2020-2022)*, cuarta edición. Recuperado de: <https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DIGITAL-INFORME-DEL-ESTADO-DEL-AMBIENTE-2024-1.5.pdf>
- Ministerio de Ambiente de Uruguay. (2020). “Convenciones de Río El Convenio de Diversidad Biológica”. *Serie de divulgación*, Núm. 3.

- Ministerio de Instrucción Pública (1934). *Ley Orgánica de la Universidad de 2 de Marzo de 1934. Ley Número 9292 (Documentos oficiales y oficiosos que acompañaron el proceso de su sanción y ejecución)*. Montevideo: Imprenta Nacional.
- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (2019). *Plan Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible*. Montevideo.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (España). *Protocolo de Cartagena*. Recuperado de: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/protocolo-cartagena.html>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (1977). *Declaración de Salónica*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/documentos/salonica.html>.
- Montoya Vásquez, Paul Juan (2019). “El Positivismo como problema: autores, contenidos y difusión de una ‘corriente’ europea”, *Intellectus*, Vol. 18, Núm. 2, pp. 235-265.
- Nieto, Alberto (2015). *La ciencia no puede ser sin pecado un adorno*. Montevideo: Parque Científico y Tecnológico de Pando.
- Novo, María (1995). *La educación ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas*. Madrid: Universitas.
- Novo, María (1996). “La educación ambiental formal y no formal: Dos sistemas complementarios”. *Revista Iberoamericana de Educación*, Vo. 11, pp. 75-102.
- Núñez Rojas, Ariel Cesar; y Tobón, Sergio (2006). “Pedagogía y didáctica de las ciencias. El problema de los escenarios de aprendizaje”. *Revista académica e institucional de la UCPR*, Núm. 75, pp. 21-30.
- Oliveros, Jaime *et al.* (2021). “Revolución industrial y su impacto en el medio ambiente”. *Lumen Gentium*, Vol. 6 Núm. 2, pp. 9-20.
- Oliveros, Gabriel (2004). “Epistemological contributions to overcome the qualitative/quantitative antagonistic polarity”. *Gazeta de Antropología*, 20, artículo 30.
- Orr, David (2004). “Repensando la educación”. *Uni-pluriversidad*, Vol. 4, Núm. 1, pp. 83-86.

Organización de las Naciones Unidas (1973). *Informe de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano. Estocolmo, 5 a 16 de junio de 1972*. Nueva York: Naciones Unidas.

Organización de las Naciones Unidas (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Recuperado de:
<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Agenda 21: Capítulo 36 – Promover la educación, la toma de conciencia pública y la capacitación*. Disponible en:
<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter36.htm>.

Organización de las Naciones Unidas (2008). *Año Internacional de la Química, 2011*. Disponible en: <https://www.un.org/es/events/chemistry2011/>.

Organización de las Naciones Unidas (2011). *Celebrando el Año Internacional de la Química*. Recuperado de:
<https://www.un.org/es/events/chemistry2011/#:~:text=La%20Asamblea%20General%20de%20las,coordinaci%C3%B3n%20del%20A%C3%B1o%20en%20colaboraci%C3%B3n>

Organización de las Naciones Unidas (2012). *The Future we want. Outcome document of the United Nations Conference on Sustainable Development*. Río de Janeiro: Organización de las Naciones Unidas.

Organización de las Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>.

Organización de las Naciones Unidas (2016). “Agenda 2030”. *Cultura & Desarrollo*, Núm. 14.

Organización de los Estados Americanos (1992). *Desarrollo sostenible en las Américas: fundamentos y perspectivas*. Disponible en:
<https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea10s/begin.htm#Contents>.

- Órgano Oficial de la Asociación de Estudiantes de Química (1954). “Nuestra Facultad recuerda los 25 años de Estructuración como Órgano de la Universidad”, Vol. IV, Núms. 1-6, pp. 1-2.
- Pérez Barly, Liudmila *et al.* (2014). “Historia y origen de la Toxicología”. *Revista Cubana de Medicina Militar*, Vol. 4, Núm. 43, pp. 499-514.
- Pérez Fontana, Velarde (1967). *Historia de la Medicina en el Uruguay. Tomo III*. Montevideo: Ministerio de Salud Pública.
- PNUMA (2014). *Informe. El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe*, Centro Coordinador Convenio Basilea, Centro Regional Convenio de Estocolmo para América Latina y el Caribe. Recuperado de: https://www.sudestada.com.uy/Content/Articles/0b013061-8d6a-4f15-980e-f2975d816885/informe_Minamata_LAC_ES_FINAL.pdf
- Portillo, José (1995). “Historia de la medicina estatal en Uruguay (1724 - 1930)”. *Revista Médica del Uruguay*, Núm. 11, pp. 5-18.
- Purvis, Ben; Yong, Mao; y Robinson, Darren (2018). “Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins”. *Sustainability Science*, Vol. 14, Núm. 3, pp. 681-695.
- Quintela, Manuel (1915a). “Breve reseña descriptiva y estadística”. En la Universidad de la República Oriental del Uruguay, *Instituto de Química de la Facultad de Medicina*. Montevideo, pp. 21-48.
- Quintela, Manuel (1915b). *La Facultad de Medicina de Montevideo. 1875-1915*. Montevideo: Universidad de la República Oriental del Uruguay.
- Real Academia Española. “Ambiente”. En el *Diccionario de la lengua española* (23.^a ed., [versión 23.8 en línea]. <<https://dle.rae.es>>).
- Red Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Humano Sustentable (2014). *Plan Nacional de Educación Ambiental (PlaNEA) Documento Marco*. Montevideo.
- Renfrew, Daniel (2011). “Uruguay: el plomo y la justicia ambiental”. *Ecología Política*, Núm. 41, pp. 82-89.

- Registro Nacional de Leyes y Decretos (1972). *Ley N° 14053. Creación del Instituto para la Preservación del Medio Ambiente*. Montevideo: Centro de información oficial. Recuperado de: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/14053-1971>
- Registro Nacional de Leyes y Decretos (1990). *Ley N° 161112. Creación del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial, y Medio Ambiente. Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial*. Montevideo: Centro de información oficial. Recuperado de: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16112-1990>
- Registro Nacional de Leyes y Decretos (1994). *Ley N° 16466. Ley De Evaluación del Impacto Ambiental*. Montevideo: Centro de información oficial. Recuperado de: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16466-1994>
- Registro Nacional de Leyes y Decretos (1999). *Ley N° 17220. Medio Ambiente. Desechos Peligrosos*. Montevideo: Centro de información oficial. Recuperado de: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17220-1999>
- Registro Nacional de Leyes y Decretos (2000). *Ley N° 17234. Declaración de Interés General. Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Montevideo: Centro de información oficial. Recuperado de: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17234-2000>
- Registro Nacional de Leyes y Decretos (2000). *Ley N° 17283. Ley de Protección del Medio Ambiente*. Montevideo: Centro de información oficial. Recuperado de: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17283-2000>
- Registro Nacional de Leyes y Decretos (2020). *Ley N° 19889. Aprobación de la Ley de Urgente Consideración. Luc. Ley De Urgencia*. Montevideo: Centro de información oficial. Recuperado de: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16112-1990>
- Repetto, Manuel (1995). “Perspectivas y tendencias de la Toxicología hacia el siglo XXI”. *Revista de Toxicología*, Núm. 12, pp. 47-55.
- Rey, Juan (2022). “Observatorio de Extremo Oriente y Pacífico. Impunidad naranja: el caso de Vietnam”. *Centro de Estudios Internacionales de la Universidad de Belgrano*, Universidad de Belgrano.
- Ribas Ozonas, Bartolomé. (2005). “Desfoliantes. Agente Naranja. Otros agresivos químicos y su control”. En M. Domínguez Carmona (Coord.), *Agresivos químicos y microbiológicos en la guerra y en el terrorismo* (pp. 431–450).

- Rodgers, Kirk (1992). “Prefacio”. En Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Organización de los Estados Americanos, y Banco Interamericano de Desarrollo, *Uruguay. Estudio Ambiental Nacional*. Washington D.C.: Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales. Recuperado de:
<https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea10s/ch001.htm#prefacio>
- Rodríguez, Gloria Amparo (2007). “Conflictos ambientales amenazan la salud de la población y la biodiversidad del planeta”. *Revista de Derecho*, Núm. 28, pp. 329-347, Universidad del Norte Barranquilla, Colombia.
- Rojas Beltrán, Ramón (1989). *Historia del Gremialismo Médico del Uruguay*. Montevideo: Sindicato Médico del Uruguay.
- Ruiz, Guillermo (2013). “La teoría de la experiencia de John Dewey: significación histórica y vigencia en el debate teórico contemporáneo”. *Foro de Educación*, Vol. 11, Núm. 15, pp. 103-124.
- Samuelle, Juan (30 de septiembre de 2016). “Facultad de Medicina: un conjunto de metas alcanzadas en tres siglos”. *El observador*, p. 2-3.
- Schiaffino, Rafael (1937). *Historia de la Medicina en el Uruguay. Tomo II*. Montevideo: El Siglo Ilustrado.
- Scoseria, José (1915). “Discurso del Doctor José Scoseria”. En la Universidad de la República Oriental del Uruguay, *Instituto de Química de la Facultad de Medicina*. Montevideo, pp. 12-20.
- Scoseria, José (1976). “Discurso del Decano Doctor José Scoseria”. En Herrera Ramos, Fernando, y Gorlero Bacigalupi, Rubén, *Historia de la Facultad de Medicina. Tomo II*. Montevideo, pp. 315-319.
- Seminario Internacional de Educación Ambiental (1975). *Carta de Belgrado*.
- Severiche-Sierra, Carlos; Gómez-Bustamante, Edna; Jaimes-Morales, José (2016). “La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible”. *Telos*, Vol. 18, Núm. 2, pp. 266-281.
- Sparling, Donald W. (2017). *Basics of Ecotoxicology*. Boca Raton: CRC Press.

- Sterling, Stephen (2021). Educando para el futuro que queremos. *La Alianza Global Jus Semper*, pp. 1-9.
- Strange, Tracey y Bayley, Anne (2008). *Sustainable Development. Linking economy, society, environment*. París: OECD.
- Suárez-Iñiguez, E. (2015). “La filosofía de la ciencia de Karl Popper”. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, Vol. 40, Núm. 159, pp. 9-32.
- Surroca, Carlos (2013). “Educación ambiental”. *Hablando de derechos | DESC+A*, Núm. 18, pp. 5-39, Ministerio de Desarrollo Social.
- Tratado sobre educación ambiental para sociedades sustentables y responsabilidad global*. (1992). Disponible en: <https://ututo.org/sma/digesto/inter/node190.htm> (recuperado el 18 de febrero de 2025).
- UNESCO (2007). *Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible, 2005–2014*. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141629_spa.
- Universidad Alfonso X el Sabio (4 de febrero de 2025). “La diferencia entre pedagogía y didáctica”. Recuperado de: https://www.uax.com/blog/educacion/diferencia-entre-pedagogia-y-didactica?utm_source=chatgpt.com
- Universidad de la República (1998). *Breve Historia de la Universidad de la República*. Montevideo: Colección del Rectorado.
- Vargas-Hernández, José G. (2008). “Perspectivas de la postmodernidad institucional”. *Negotium*, Vol 10, Núm. 4, pp. 5-16.
- Yacuzzi, Enrique (2008). “Chisso Corporation y la enfermedad de Minamata”. *Documentos de Trabajo*, Núm. 391, Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina.
- Zambrano-Álava, Axel Paul *et al.* (2020). “La Gamificación: herramientas innovadoras para promover el aprendizaje autorregulado”. *Dominio de las ciencias*, Vol. 6, Núm. 3, pp. 349-369.
- Zapata Lascano, William Alfonso *et al.* (2024). “Metodologías Activas para Impulsar el Proceso Enseñanza-Aprendizaje. Otros Horizontes, Otros Desafíos”. *Ciencia Latina*, Vol. 8, Núm. 3, pp. 2433-2456.
- Zelalem, Mengistu (2022). “Love Canal: Health Effects and Clean Up Costs”. *Research Square*, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2360458/v1>.