 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

Índice

2 **LOS NATURALISTAS DEL SIGLO XXI**
por José Giménez y Susana Salvi

6 **DOSSIER**
EL AMBIENTE NOS EDUCA
coordinado por Miriam Gobbi y Marina Arbetman

6 **EL FUTURO LLEGÓ HACE RATO**
por Andrés López

9 **MIRAR AL PASADO PARA PROYECTAR EL FUTURO**
por Federico L. Scartascini y Federico L. R. Biesing

13 **UNA ENSEÑANZA PARA EL CUIDADO DE LA VIDA**
por Laura Margutti, Valeria Koss, Mariana Lozada, Paola D´Adamo, Beatriz Dávila y Adriana Sabrido.

17 **EDUCACIÓN PARA UN NUEVO SENTIDO EXISTENCIAL**
por Juan Cruz Zorzoli

22 **DESDE LA PATAGONIA**
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE, 50 AÑOS DE HISTORIA
por Rocío Belén Martínez y Marcos Arancibia Agüero

31 **RESEÑA DE LIBRO**
MIRAR LA TIERRA DESDE EL ESPACIO. 30 AÑOS DE LA AGENCIA ESPACIAL ARGENTINA
por Miguel Ángel Pesado

32 **DESDE LA PATAGONIA**
ASOMBROSO HALLAZGO DE NIDOS FOSILIZADOS DEL PERÍODO CRETÁCICO
por Juan Porfiri y Domenica dos Santos

36 **DOSSIER**
BIOENERGÍA Y BIORREMEDIACIÓN
coordinado por Hugo Luis Corso

37 **BIOCOMBUSTIBLES: EL CASO DE LAS ALGAS**
por Carolina Bagnato

42 **SISTEMAS BIOELECTROQUIMICOS**
por María Belén Prados

50 **MICROALGAS Y BIORREMEDIACIÓN**
por Gisela Ferraro

56 **REPORTAJE**
DIANA MAFFÍA

64 **MORIR EN EL CAMINO**
por Marina Winter y Sergio Abate

72 **EN LAS LIBRERÍAS**

ARTE: EL ARTE DE NARRAR

DESDE LA PATAGONIA DIFUNDIENDO SABERES - VOL. 19- Nº 33 - 2022 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

AMANTES DE LA NATURALEZA Y RESPETUOSOS DEL AMBIENTE

LOS NATURALISTAS DEL SIGLO XXI

¿Qué es ser naturalista en la actualidad? ¿Cómo se forma un naturalista? ¿Qué hace que una actividad sea "naturalista"? A partir de una investigación educativa, esbozamos una caracterización posible y en construcción que recupera las experiencias del Club de Naturalistas del Instituto de Formación Docente Continua Bariloche.

José Giménez y Susana Salvi

Este artículo se desprende de un proyecto de investigación que recoge la experiencia del Club de Naturalistas, perteneciente al Instituto de Formación Docente Continua de Bariloche (en adelante IFDC Bariloche). Dicha investigación abarcó el periodo 2013-2018. Se propone sistematizar críticamente la experiencia a partir de la narrativa de sus protagonistas para identificar los aspectos que le otorgan valor formativo.

La propuesta central del proyecto, que aún sigue en acción, consiste en salidas o caminatas naturalistas, acompañadas por charlas y talleres profundizando las temáticas del Club. La continuidad y periodicidad dentro de la vida institucional fue conformando y consolidando un grupo de integrantes que se sostuvo en el tiempo.

Los participantes comenzaron a ser reconocidos y a denominarse entre sí como "los naturalistas". Por ello nos preguntamos ¿qué es ser naturalista?, ¿cuáles son sus características?, ¿cómo pasamos de ser docentes y estudiantes a considerarnos naturalistas?, ¿qué hace que una caminata, una charla o un taller sea naturalista?, ¿es posible esbozar principios que orientan las acciones y la vida de un naturalista?

Palabras clave: educación ambiental, formación docente, naturalistas, proyecto de extensión, salida naturalista

José Giménez[1]
Esp. en Educación y TIC
jgimenez@bariloche.com.ar

Susana Salvi[1]
Esp. en la Enseñanza de las Ciencias Sociales en la Escuela Primaria
susana.salvi@gmail.com

[1]Instituto de Formación Docente Continua Bariloche

Recibido: 17/12/2021. Aceptado: 10/02/2022.

El Club de Naturalistas

Con la concepción de "club" recuperamos una forma de agrupamiento que reúne a personas con intereses similares y propósitos afines. Al nuclearnos como club también hacemos referencia a la intención recreativa y formativa del proyecto. Propiciamos una participación abierta y voluntaria que invite al disfrute con otros y a vincularse de una forma diferente a la académica. Las actividades exceden la obligatoriedad propia de una clase formal y proponen trayectorias que amplían y enriquecen la formación docente.

El término "naturalista" caracteriza al proyecto y sus distintas acciones. Describe la propuesta general del club centrada en el caminar para observar, disfrutar y asombrarse frente a la naturaleza. A la vez, los participantes se identifican con las acciones del club y afianzan sus vínculos. Esta identificación generó una apropiación del término "naturalista" no sólo para describir las actividades, sino para nombrar a los participantes. Esta cuestión identitaria permitió, además de afianzar los vínculos y sostener el proyecto, que surgiera la inquietud acerca del significado de este concepto a fin de comprender a qué nos referimos cuando nombramos a una persona o una actividad como "naturalista".

Los naturalistas a lo largo del tiempo

Al realizar un rastreo histórico del concepto encontramos la denominación clásica otorgada desde el siglo XVI en adelante a los investigadores de la Historia Natural, es decir a los estudiosos de la naturaleza. Si bien puede rastrearse el concepto más atrás de la fecha indicada, nos interesó recuperar la tradición de grandes naturalistas europeos como Linneo, Humboldt, Darwin o en nuestro país, Ameghino, Hudson y el Perito Moreno, entre muchos otros.

En su obra Los grandes naturalistas, Robert Huxley presenta un listado histórico de personajes sobresalientes, agrupándolos en grandes períodos a lo largo del tiempo. Nos interesa recuperar especialmente a los personajes del período de la Ilustración (siglo XVI

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

Observar y registrar son acciones que suceden todo el tiempo en las salidas naturalistas.



Imagen: J. Giménez.

al siglo XIX). Allí, el autor presenta a los naturalistas-exploradores, quienes recorren tierras desconocidas para el viejo continente, describiendo plantas, animales y territorios inexplorados. Sus apuntes y descubrimientos permitieron acumular los saberes que dieron forma a la botánica, la zoología, la geología, la geografía y a otras nacientes disciplinas científicas de la época.

Esos exploradores se caracterizaban por recoger muestras, coleccionar ejemplares y llevar diarios de sus viajes, lo que incluía inventarios de las piezas, anotaciones acompañadas en ocasiones por dibujos ilustrativos. Eran audaces, curiosos y sistemáticos; algunos con escasa formación académica, pero con gran conocimiento universal. Pertenecían o estaban vinculados a las sociedades científicas de la época, con las cuales compartían sus hallazgos. Siguiendo a Huxley estos grandes naturalistas fueron personas que se preguntaban acerca del Universo, buscaban describir, identificar y comprender lo que observaban en la naturaleza, se reunían con otros naturalistas, investigaban y utilizaban distintos instrumentos para observar y estudiar el ambiente que los rodeaba. El *corpus* de conocimiento que fueron compendiando se dio en llamar la "Historia Natural".

Otros autores, como Nathaniel Wheelwright, en obras más recientes definen a los naturalistas como aquellas personas que comprenden y disfrutan del mundo natural, tienen un manifiesto interés que aúna un conocimiento directo de la naturaleza y un íntimo afecto por ella, que no se relaciona directamente con el saber académico. Estas personas se caracterizan por una profunda relación entre el conocimiento y afecto, invirtiendo tiempo para una conexión genuina, directa y contemplativa con la naturaleza.

Una escuela de naturalistas

Existe en nuestro país, desde 1989, la Escuela Argentina de Naturalistas (EAN). La misma otorga a sus egresados el título de "Naturalista de campo" y depende de la asociación Aves Argentinas, una organización sin fines de lucro que busca proteger a las aves silvestres y a la naturaleza.

Los graduados de esta escuela pueden caracterizarse como aquellas personas capaces de identificar especies de flora y fauna, realizar muestreos, herbarios, tomar datos de campo, realizar estudios y proyecciones poblacionales. Asimismo, pueden elaborar proyectos de educación ambiental y notas de comunicación y divulgación, llevar adelante visitas guiadas asociadas a la naturaleza y liderar proyectos de conservación. De acuerdo con los objetivos propuestos por la EAN, un naturalista de campo adquirirá conocimientos sobre la geomorfología, suelos, climas y bio-regiones naturales de la Argentina, su flora, fauna y asociaciones, realizará relevamientos de flora y fauna en cualquier área natural del país, reconociendo a campo especies emblemáticas, en peligro, y endemismos. Asimismo, podrá integrar grupos de trabajo para realizar planes de manejo de áreas naturales entendiendo la relación actual de las personas con la naturaleza silvestre.

En el marco de nuestra investigación realizamos una entrevista al doctor Leonardo González Galli, quien se desempeñó como director de la EAN entre 2011 y 2015. En ella, González Galli sostuvo que el concepto de naturalista no es algo que esté formalmente definido, tratándose de una categoría que quedó desdibujada cuando empezó a existir el "biólogo profesional". Hasta ese entonces, cualquier persona que estudiaba la naturaleza era un naturalista. Actualmente los profesionales que estudian la naturaleza son los biólogos, los geólogos, los meteorólogos y especialistas del resto de las disciplinas de las ciencias naturales y/o sociales. Al esbozar una aproximación al concepto de naturalista, nuestro entrevistado sostuvo, desde una concepción amplia, que "naturalista es

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385



Imagen: J. Giménez.

La estepa es un ambiente que invita a la poner en acción todos los sentidos.

cualquier persona que por los motivos que fuere –esto es variable y muy personal– posee un interés por eso que llamamos la Naturaleza". Agrega, además, que ese interés se traduce en alguna acción que puede ser investigativa y que involucra experiencias de campo.

Asimismo, González Galli nos aportó una larga enumeración de características describiendo, justamente, cómo a partir de una experiencia significativa, surgían una serie de acciones que, de acuerdo a variables muy personales, van apareciendo e implicando a las personas en un proceso de crecimiento. En sus palabras, actualmente un naturalista es alguien "muy interesado por la naturaleza, que disfruta del contacto directo con esos ambientes, y que traduce eso en algún tipo de acción, que va desde convertir esas experiencias en una motivación para una indagación personal, que ahí sí lo lleva a ver documentales, leer libros, hablar con amigos, hacer un curso, lo que fuere, hasta casos en los cuales la motivación y el interés lo lleva a comprometerse en el cuidado y preservación de esos ambientes, lo cual implica un montón de posibilidades". El énfasis del entrevistado estuvo puesto, justamente, en las acciones que surgen del compromiso naturalista, de acuerdo a motivaciones variables que pueden ir desde la divulgación hasta la educación ambiental, así como la gestión para crear áreas protegidas, hasta algo más contemplativo y personal como organizar sus vacaciones para conocer los ambientes naturales. En todos los casos se destaca un componente de acción a partir de ese disfrute de la naturaleza.

El día del naturalista

También encontramos que en distintas localidades de la provincia de Buenos Aires existen normativas que instituyen al 4 de agosto como "Día del Naturalista". Se trata de la Ordenanza 12369/14 del partido de Quilmes y la 10927/17 del partido de Almirante Brown. Existe también un proyecto de ley en la Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires (expediente 2972/18-19) con el mismo tenor. En el año 2021 ingresó a la Honorable Cámara de Diputados de la Nación el proyecto de ley para instituir el "Día del Naturalista" en la República Argentina (expediente 4520-D-2021).

Estas normas proponen homenajear a Guillermo Enrique Hudson, nacido en dicha fecha en 1841. Hudson fue un reconocido naturalista y autor de obras como "Allá lejos y hace tiempo" y "Aves del Plata". En ellas evoca y describe con carácter autobiográfico sus vivencias y estudios naturales, difunde las características de la flora y fauna de la región pampeana e invita a interesarse por la tierra y sus condiciones naturales. Además, las normativas reconocen a Hudson como uno de los precursores de la promoción del equilibrio ecológico y la vida silvestre, y pionero en la promoción de la conciencia ambientalista. En concordancia con esta caracterización, se propone que en dicha jornada se desarrollen acciones que propicien el encuentro con naturalistas y promuevan la defensa del ambiente y la protección de la vida.

Particularmente, los proyectos de ley recuperan en sus fundamentos la denominación de "naturalistas" para aquellos investigadores que realizaron estudios sobre ciencias naturales o historia natural entre el siglo XVII y el siglo XIX. Los caracterizan como dedicados a la investigación y estudio de la naturaleza y el medio ambiente, con una formación amplia en botánica, zoología, mineralogía y astronomía y dominio sobre temas culturales. Dicha formación les permitía difundir

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

sus conocimientos en algunos casos en publicaciones científicas y en otros accesibles para el público en general, contribuyendo a que se conociera más sobre los ecosistemas existentes.

Nos interesa destacar que, según indica el proyecto de ley nacional, "a partir del siglo XIX el término comenzó a ser desplazado por otros más específicos de las diferentes disciplinas, pero de cierta manera mantuvo su vigencia, y aún hoy sirve para designar, en general, a un aficionado o especialista en ciencias naturales". Agrega que en la actualidad las personas reconocidas como naturalistas se han convertido de una u otra manera en activistas ambientales que tienen un fuerte compromiso por la conservación de la vida y que esta afición se convierte muchas veces en profesión o en estilo de vida.

Aproximaciones a nuestro concepto de naturalista

Nuestra noción de "naturalista" se comenzó a definir cuando el club fue consolidando sus salidas, fortaleciendo la interacción entre participantes y profundizando temáticas de interés colectivo. Identificarnos como naturalistas nos involucró fuertemente en acciones de difusión y conservación del ambiente, y en revisar nuestras prácticas naturalistas en las salidas.

Tomando las caracterizaciones desarrolladas y recuperando la experiencia propia de los participantes del Club, podemos aproximarnos a una definición del concepto de "naturalista" en el siglo XXI. Entendemos que esta caracterización se desprende del contexto de este proyecto y es factible un desarrollo mayor y más abarcativo.

A nuestro entender, entonces, los naturalistas son aquellas personas que disfrutan y respetan la naturaleza y, a partir de sus vivencias e interacción con ella, desarrollan una sensibilidad particular hacia el ambiente. Realizan salidas a diversos entornos poniendo en acción todos sus sentidos. Recorren, observan y reconocen lugares y especies emblemáticas de la flora y fauna de los entornos donde se desenvuelven. Motivados por responder a las preguntas que se generan a partir de las observaciones realizadas en sus salidas, adquieren saberes que interpelan y enriquecen sus trayectorias formativas. Su percepción del ambiente les permite hacer foco en distintos indicadores y ahondar e indagar, a partir de sus inquietudes, temáticas de interés personal o social, sin que esto implique necesariamente estudios científicos o académicos. Pretenden, por lo general, propiciar espacios de aprendizaje desde el placer de conocer y vincularse a los entornos naturales, escapando a una visión puramente academicista del conocimiento científico e invitando a la construcción de saberes desde una participación colectiva. La curiosidad los impulsa a profundizar sus apreciaciones por iniciativa propia, resignificando las relaciones entre la sociedad y la naturaleza.

La construcción de esta caracterización resultó un aspecto significativo e indispensable para la constitución de una identidad y pertenencia a nuestro proyecto de extensión. En este sentido, nos sorprendió el hallazgo de un concepto nuevo, el del "naturalista del siglo XXI", cuyas características destacadas son el desarrollo de la observación, la curiosidad y el asombro como motores de aprendizaje, a partir de los cuales crece un profundo respeto, valoración y compromiso con la conservación del ambiente.

Resumen

El Club de Naturalistas es un proyecto de extensión del Instituto de Formación Docente Continua de Bariloche. Su desarrollo dio comienzo en 2013 y continúa hasta la fecha. Esta continuidad en el tiempo presentó el desafío de realizar una sistematización de la experiencia a través de una investigación educativa. Una de las tareas principales consistió en profundizar el concepto "naturalista" para definir sus características. Partiendo de los grandes exploradores-viajeros de los siglos XVI-XVII, relevando su uso en otras organizaciones y recuperando nuestra propia construcción identitaria como "Club de Naturalistas", definimos las características de un naturalista del Siglo XXI.

Para ampliar este tema

Escuela Argentina de Naturalistas. Aves Argentinas. En URL: https://bit.ly/ean2021aa

Huxley, R. (2007). *Los grandes naturalistas*. Barcelona: Editorial Ariel.

Wheeltwright, N. y Bernd H. (2018). *El diario del Naturalista para estudiar la naturaleza de tu entorno y sus cambios. Guía de observación* Diario Quinquenal. Madrid: Errata Naturae.

El diseño participativo de un logo permitió afianzar la identidad del proyecto.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

PERSPECTIVAS DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

EL AMBIENTE NOS EDUCA

Coordinado por Miriam E. Gobbi y Marina Arbetman

La educación ambiental desde una perspectiva de conocimiento en construcción, con saberes, hábitos, principios y valores que nos interpelan como ciudadanos y como partes de este mundo

La relación entre los seres humanos y el ambiente ha tomado diversas formas a lo largo de la historia y en la actualidad dista mucho de ser una relación de equilibrio, integrada y armoniosa. Las alarmas suenan desde distintos lugares y surgen voces que alertan, con amplia y variada información, sobre las consecuencias de la inacción. Ante este panorama crítico, este dossier sobre educación ambiental, propone pensar nuestra relación con la naturaleza desde distintas y complementarias miradas. Aunque no logre abarcar las múltiples aristas de la discusión, intenta contribuir con reflexiones y acciones que nos permitan concebirnos como parte de esa naturaleza, desde una perspectiva democrática, socialmente más justa y ecológicamente estable.

EL FUTURO LLEGÓ HACE RATO

Eduardo Andrés López

Hace cincuenta años un grupo de investigadores del Instituto de Tecnología de Massachusetts (conocido como MIT por sus siglas en inglés) presentaba el Informe *Meadows* en el cual advertía que el planeta alcanzaría los límites de su crecimiento en el curso de los próximos cien años si se mantenían las tendencias de crecimiento de la población, industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y agotamiento de los recursos. Tan solo veinte años después, en 1992, el mismo grupo debió admitir que ese límite de carga del planeta ya había sido superado.

Una de las dimensiones que tristemente confirma las conclusiones del Informe Meadows es la "huella ecológica" que mide el impacto de las actividades humanas sobre la naturaleza. Dejando de lado las cuestiones más técnicas, podemos definir a la huella ecológica como la superficie necesaria para producir los recursos que consume la población humana y absorber los impactos de sus actividades.

Lo cierto es que, según el informe Planeta Vivo del año 2020, la demanda de la población humana sobre los recursos de la Tierra excede su propia capacidad regeneradora en aproximadamente un 56%. Dicho de otra manera, los recursos que utiliza la humanidad en un año exceden la capacidad de la Tierra para regenerarlos en ese mismo lapso. Así, podemos decir que cada año llega un día, llamado *overshoot day*, en que los consumos de toda la población mundial superan la capacidad del planeta. Según la organización WWF (*World Wildlife Fund*), durante el año 2021 el *overshoot day* ocurrió el 29 de julio. Para Argentina, en cambio, ocurrió el 26 de junio. Ese día nuestro país agotó los recursos naturales disponibles para todo el año. Otra deuda, en este caso ambiental, difícil de saldar.

Por otro lado, las últimas evaluaciones indican que asistimos a la sexta extinción masiva que vive nuestro planeta, y esta vez la causa somos nosotros. Los mencionados estudios indican que las tasas de extinción de especies son actualmente de diez a

Eduardo Andrés López[1]
Profesor en Ciencias Biológicas.

andreslopezbariloche@gmail.com

[1]Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), Universidad Nacional del Comahue (UNCo), Instituto de Formación Docente Continua (IFDC), Sede Bariloche.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

cientos de veces más altas que los promedios históricos. Un trabajo reciente realizado entre investigadores de universidades de Estados Unidos y Francia, señala que desde el año 1500, la Tierra podría haber perdido ya entre el 7,5 y el 13 % de los dos millones de especies conocidas en el planeta. Sus autores, Cowie, Bouchet y Fontaine, afirman que los humanos somos la única especie capaz de manipular la Tierra a gran escala, y hemos permitido que ocurra esta crisis actual.

El cambio climático es otro de los síntomas (y a la vez causa) de la crisis ambiental global que vivimos. A pesar de los esfuerzos internacionales para reducirlo -enunciados principalmente en el Protocolo de Kioto de 1997 y en el Acuerdo de París firmado en 2015- la situación empeora. La quema de combustibles fósiles para satisfacer las demandas de producción y de consumo humanos genera emisiones de gases (principalmente dióxido de carbono) que resultan en el denominado "efecto invernadero" que actúa como un manto que envuelve a la Tierra, atrapando el calor del sol y elevando la temperatura a valores inéditos para el planeta.

Ante este panorama, que podríamos definir como crisis ambiental global y sistémica, la educación ambiental surge como una de las respuestas prioritarias de la comunidad internacional al tomar conciencia que no bastará con establecer normas legales que regulen el uso de los recursos naturales si no se fomentan valores, actitudes y comportamientos positivos hacia el ambiente.

Sin embargo, el especialista en la materia González Gaudiano nos advierte que "la educación ambiental no es un campo homogéneo y armónico" que sale al encuentro de los problemas ambientales con respuestas unívocas, socialmente justas y ecológicamente estables. Sostiene, en cambio, que "en la educación ambiental concurren diversos discursos con sus correspondientes trasfondos ideológicos y propuestas pedagógicas".

En este sentido, la educación ambiental es un campo de conocimiento en construcción, que no se reduce a una serie de saberes y/o hábitos solidarios con el cuidado de un ambiente sostenible. Más bien, esos conocimientos y hábitos están atravesados y determinados por valores y principios ideológicos que nos interpelan como ciudadanos y como seres/parte de este mundo.

En este *dossier*, las autoras y autores de cada artículo nos aportan ideas, conceptos y reflexiones que enriquecen el análisis necesario para la construcción de una visión de la educación ambiental compleja, crítica a la vez que contextualizada y basada en valores.

En el artículo "Cambio ambiental y dinámicas culturales en Patagonia: Una mirada a largo plazo para la Educación Ambiental", Federico Scartascini y Federico Biesing nos proponen una interesante mirada a gran escala temporal para comprender las interrelaciones sistémicas que se producen dentro de lo que llamamos ambiente. En tal sentido, sostienen que un recorrido histórico por las relaciones entre los grupos humanos y los ecosistemas, aun en contextos muy diferentes, nos permitirían identificar posibles patrones y variaciones presentes en la actualidad. A partir de una escritura muy amena, los autores nos invitan a hacer un vuelo panorámico por la época de los primeros poblamientos de la Patagonia, con ejemplos de las relaciones dialécticas entre nuestra especie y un mundo nuevo y cambiante, para comparar luego con lo que, en términos ecológicos, llaman "un segundo poblamiento" tras la conquista y colonización española. Las conclusiones que proponen Scartascini y Biesing son estimulantes y, al mismo tiempo, provocadoras para pensar y reflexionar en torno a tres ejes, a saber: 1) La falsa dualidad naturaleza-cultura y el carácter de constructo social que tendría la naturaleza diluyendo sus límites y contornos en un nuevo paradigma ecocéntrico; 2) La incorporación de la diversidad cultural como un componente más de la diversidad general, al análisis de la crisis ambiental que signifique, entre otras cosas, una mayor resiliencia ambiental: y 3) La educación ambiental y el enfoque sistémico como medios que permitan incidir en nuestro ser y hacer en el mundo.

En sintonía con el anterior, el artículo "Una enseñanza para el cuidado de la vida", de Laura Margutti, Valeria Koss, Mariana Lozada, Paola D'Adamo, Beatriz Dávila y Adriana Sabrido nos señala la necesidad de dejar atrás la idea de un "mundo controlado y predecible", para aceptar la incertidumbre y la ambigüedad como parte constitutiva de éste. A partir de investigaciones propias y experiencias de educación ambiental con niñas y niños de San Carlos de Bariloche, las autoras plantean algunas

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER



Imagen: gentileza del autor.

Indira Gandhi en la Conferencia sobre el Medioambiente Humano de Estocolmo, en 1972. El 26 de enero se celebra el Día Mundial de la Educación Ambiental y tiene su origen en la Declaración de Estocolmo en la cual se estableció a la educación ambiental como una prioridad.

reflexiones.

La afectividad ambiental emerge como una alternativa metodológica a otros enfoques que ponen de relieve el abordaje de los problemas ambientales como objeto de estudio. Apoyadas en numerosas/os autores abogan por el contacto directo con la naturaleza para educar durante la infancia.

La interdependencia "rizomática" presente en el sistema ambiente, despojada de jerarquías y dualismos, es otra de las ideas fuerza del artículo. Las autoras oponen a una cultura dominada por categorías dicotómicas y el antropocentrismo un enfoque holístico donde quepan las emociones y los afectos. Aseguran que un grado mayor de conciencia interior y empatía sería clave para favorecer, en niñas y niños, una integración con el ambiente social y ecológico.

Por último, en el artículo "Educación para un nuevo sentido existencial", Juan Cruz Zorzoli ofrece, tras describir la crisis ambiental actual como una crisis civilizatoria, un repaso por los inicios y posterior desarrollo de la educación ambiental tanto a nivel internacional, como regional y nacional que culmina, en nuestro país, con la flamante Ley de Educación Ambiental Integral.

Este nuevo marco legal que regula la implementación de la educación ambiental en todos los niveles educativos abre, según el autor, una serie de desafíos e incertidumbres que hay que atender con urgencia. Entre ellos se destaca la necesidad de articulación y transversalización con "otras políticas de adaptación urgentes" y la de pensar a la educación ambiental para el presente más que para un futuro incierto, sumando a este proceso a la educación no formal.

Resultan sumamente interesantes las tensiones que el texto plantea entre los enfoques actuales y otros que pudieran constituir propuestas superadoras. Así, a la perspectiva de analizar los efectos y causas de la crisis y el cambio de hábitos, antepone la posibilidad de explorar proyectos existenciales, individuales y colectivos para repensarnos como sociedad.

Frente a la idea dominante de reducir el daño ambiental propone, en cambio, "generar procesos regenerativos de cuidado con el ambiente y la vida". En definitiva, Zorzoli nos invita, más que a ser ecológicos o sustentables, a "encontrarle la vuelta" a esta crisis que es ambiental y a la vez de la civilización misma, buscando un nuevo sentido existencial que ponga por delante al cuidado de la vida y a una "nueva forma de ser para el mundo."



Conferencia sobre el Medioambiente Humano de Estocolmo, en 1972. El 26 de enero se celebra el Día Mundial de la Educación Ambiental y tiene origen en la Declaración de Estocolmo en la cual se estableció a la educación ambiental como una prioridad

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

LOS PROCESOS DE LARGA ESCALA Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

MIRAR AL PASADO PARA PROYECTAR EL FUTURO

Historizar y repensar las relaciones socio-ecosistémicas y el potencial de la educación ambiental como propuesta transformadora en Patagonia desde una perspectiva amplia de tiempo.

Federico L. Scartascini y Federico L. R. Biesing

El campo de la educación ambiental es muy amplio y diverso, con lo cual no hay una definición unívoca de lo que representa o implica. Lo mismo sucede con la noción de ambiente, tal como analizaremos más adelante. Es así como la educación ambiental puede cargarse de tantos sentidos como personas que la aborden. Eso no quita que existan puntos en común para las diferentes propuestas, los cuales habilitan a categorizarlas en corrientes si seguimos los aportes de la profesora e investigadora canadiense Lucie Sauvé, referente en este campo del conocimiento. Un enfoque que nos parece medular es el sistémico, en tanto analiza las interrelaciones de las partes para la comprensión del todo, en este caso, el ambiente. En general, la mirada que proyectamos sobre los vínculos al interior del sistema ambiental, es decir, entre las dimensiones sociales y ecológicas, es de corto plazo. Esto nos dificulta abarcar la necesaria mirada sistémica de estas relaciones a largo plazo. Identificar y estudiar procesos en diferentes escalas nos permite proyectar preguntas con diferente grado de detalle, e interceptar la variabilidad en la que los hechos se presentan.

En este caso, caracterizar las relaciones entre los grupos humanos y los ecosistemas implica identificar patrones y tendencias sin los condicionamientos impuestos por una u otra coyuntura histórica o temporal. La mirada a largo plazo nos ofrece la posibilidad de vincular diferentes momentos en la historia humana, incluso bajo contextos sin análogos actuales (sociedades preindustriales), y caracterizar la variabilidad en las relaciones entre los grupos humanos y los ecosistemas. Desde nuestra perspectiva, una escala de tiempo prolongada, combinada con una comprensión sofisticada de los diferentes usos de la tierra, puede proporcionarnos una capacidad sin precedentes para modelar las interacciones entre humanos y ambiente como un sistema complejo y dinámico.

Las evidencias arqueológicas y paleoecológicas muestran que, durante al menos los últimos 10.000 años, los grupos humanos generaron transformaciones ecológicas significativas (en diverso grado) de la biosfera terrestre con consecuencias en el largo plazo. Sin embargo, persiste entre el público general y parte de la comunidad científica la idea de que la transformación humana de los ecosistemas terrestres es un fenómeno reciente e inherentemente destructivo. En este trabajo, entonces, nos proponemos explorar la larga y diversa relación entre los grupos humanos y los ecosistemas naturales en Patagonia. Este sector del extremo sur de Sudamérica se presenta como un caso de estudio relevante para un análisis de este tipo, por al menos dos aspectos de gran singularidad. El primero: en la ruta del poblamiento humano de América, Patagonia es sin lugar a duda la última estación. Esto implica que la presencia de nuestra especie en este territorio es posiblemente una de las más tardías del mundo. El segundo: desde el momento de la ocupación inicial, hasta casi la constitución de los Estados nacionales de Chile y Argentina, los grupos humanos que ocuparon este territorio practicaron un modo de vida cazador- recolector. En conjunto, estos aspectos ofrecen lo que creemos es un escenario sumamente relevante para explorar, caracterizar y discutir las relaciones dinámicas entre los ecosistemas y los grupos humanos en una meso/larga escala, pudiendo identificar patrones de cambio y continuidades a lo largo del tiempo, considerando las variaciones en el uso de los espacios y las condiciones sociodemográficas.

Palabras clave: ambiente, construcción de nicho, educación ambiental, humanos, Patagonia.

Federico L. Scartascini[1]
Dr. en Arqueología.
fscartascini@gmail.com

Federico L. R. Biesing[2]
Lic. en Cs. Ambientales, Esp. en Educación Ambiental.
federico.biesing@gmail.com

[1] Instituto de Diversidad Cultural y Procesos de Cambio (IIDyPCa-CONICET- UNRN)
[2] Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), Universidad Nacional del Comahue (UNCo).

11/03/2022. Aceptado: 18/04/2022.

DOSSIER

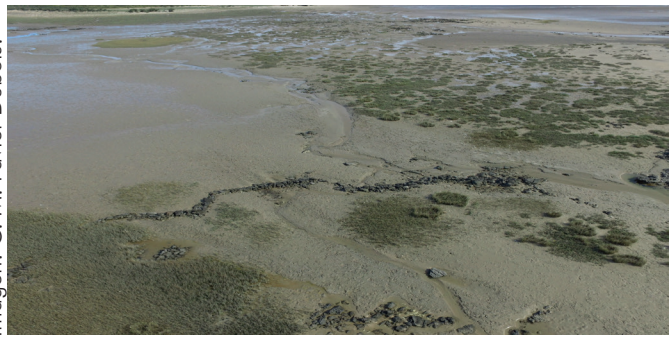


Imagen: C. M. Favier Dubois.

Figura 1. Corrales de pesca arqueológicos localizados en la costa oeste del Golfo San Matías, Río Negro.

Los poblamientos de la Patagonia

La historia del poblamiento inicial de América en general y de Patagonia en particular es la historia de la ocupación de "territorios vacíos", libres de humanos, de encuentros inéditos con especies y paisajes desconocidos. Esto, sin duda, otorga un carácter singular en la escala, intensidad y forma en la que los grupos humanos y los ecosistemas americanos se vincularon, y tiñe incluso esas relaciones actualmente. De hecho, desde el momento del poblamiento humano inicial en Patagonia se observan variaciones significativas en las lógicas y relaciones socio-ecosistémicas y en la conformación de los paisajes. Tal vez una de las más importantes fue la extinción de gran parte de la megafauna pleistocénica, sobre todo en el cono sur de Sudamérica. Si bien la causalidad de estas extinciones aún está en pleno debate científico y respondería a múltiples factores, parece existir cierta correspondencia, al menos temporal, entre la llegada de los primeros grupos humanos y la desaparición masiva de estas especies.

Independientemente del "aporte" humano en la extinción de la megafauna, sin duda la llegada de un nuevo depredador, cosmopolita y flexible al territorio, contribuyó en alguna medida a generar cambios significativos en la constitución de las dinámicas ecosistémicas en diferentes escalas. Incluso, como destacan el biólogo argentino Andrés Novaro y la bióloga estadounidense Susan Walker en un artículo del año 2021 titulado *Lessons of 15,000 Years of Human–Wildlife Interaction for Conservation in Patagonia in the 21st Century*, la densidad y la distribución de ciertas especies, como el guanaco, parecerían estar en algún grado mediadas por el extenso y profundo vínculo que los grupos humanos y esta especie desarrollaron durante más de 14.000 años de coexistencia en este territorio. Luego de este proceso inicial de poblamiento humano, que necesariamente implicó la construcción de nuevas relaciones y tramas interespecíficas, los grupos humanos exploraron y colonizaron gran parte de los ambientes disponibles en Patagonia, desde la costa atlántica hasta la pacífica, pasando por la cordillera y las planicies interiores. Poco sabemos acerca de la demografía y el tamaño de estos grupos, pero sí sabemos que establecían redes de movilidad y contacto en una escala espacial muy amplia, aprovechando recursos diversos y específicos de distintos ambientes.

A lo largo de los 14.000 años de historia en la ocupación humana de la Patagonia, las condiciones fueron de todo tipo menos estables. Sin temor a equivocarnos podríamos decir que en este proceso predominó el cambio como agente modelador. Durante este periodo, la Tierra y sus ecosistemas fueron testigos de algunas de las modificaciones ambientales más significativas de los últimos milenios. Por ejemplo, la transición de la época glacial (Pleistoceno) a la era cálida actual (Holoceno) hace aproximadamente 10.000 años; el calentamiento u óptimo climático del Holoceno medio con temperaturas medias, y el nivel del mar por encima de los actuales; y posteriormente las variaciones climáticas del Holoceno tardío (periodo cálido medieval y la pequeña edad del hielo), entre otros. Este es el contexto en el que nuestra especie explora, coloniza y luego ocupa efectivamente la Patagonia. Es sin dudas una historia de cambios, más que una de permanencia o estabilidad. Aun así, los grupos humanos lograron sobrevivir y adaptarse exitosamente a uno de los ambientes más hostiles y riesgosos de la Tierra. La arqueología de la Patagonia muestra sobrados ejemplos de respuestas culturales exitosas a los contextos de cambio ambiental. Entre ellas se pueden mencionar las estrategias de pesca masivas en las costas del Golfo San Matías (Río Negro), en las que los grupos de cazadores-recolectores-pescadores aprovecharon las ventajas geomorfológicas generadas por el aumento del nivel del mar y la presencia de especies de peces gregarias, para practicar exitosos métodos de pesca con redes hacia los 6.000 a 5.000 años antes del presente, luego abandonados con la estabilización del nivel marino. Asimismo, puede señalarse la aparición de adaptaciones canoeras en los canales fueguinos, que fueron vinculadas a eventos catastróficos (vulcanismo) de gran escala durante el Holoceno medio. Los investigadores proponen que las erupciones volcánicas masivas habrían impactado en la productividad de los ecosistemas terrestres y "favorecido" el uso más asiduo de recursos acuáticos y, con ellas, el desarrollo de estrategias de navegación y explotación sistemática de los ecosistemas marinos.

También es posible observar, incluso desde momentos tempranos, estrategias de mitigación o manejo del riesgo ambiental, es decir, mecanismos sociales tendientes a lidiar con el cambio. Posiblemente, una de las estrategias más exitosas en este punto fue la movilidad. La misma permitió explorar y transitar ambientes disímiles y, a la vez, fortalecer y promover los vínculos sociales en

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

escalas espaciales amplias. Otra estrategia utilizada fue el "acondicionamiento" de los paisajes mediante actividades que redujeran el riesgo intrínseco de ciertos espacios. Existen múltiples ejemplos de estas intervenciones en el paisaje con diferentes características, de diferente escala y magnitud, pero todas están vinculados a volver esos entornos más amigables, más seguros, más "humanos". Desde el acarreo intencional y la depositación de materias primas líticas (rocas) para la confección de herramientas, hasta la construcción de corrales o trampas de pesca en el litoral marino (ver Figura 1), o de estructuras de rocas (parapetos) para la caza de guanacos en las mesetas basálticas, o incluso la señalización de ciertos lugares con motivos rupestres (pinturas y grabados) para transmitir información o simplemente marcar un lugar (ver Figura 2). Todo esto forma parte de un proceso en el que los humanos somos expertos, una suerte de ingeniería ecosistémica en la construcción de un nicho, que no significa sólo un territorio o un espacio para vivir, sino también un tejido de tramas de relaciones. Este proceso en Patagonia tiene aproximadamente 14.000 años de antigüedad, fue relativamente homogéneo, aunque con variaciones, y se modifica profundamente hace aproximadamente 500 años, en el marco de lo que podríamos pensar, desde una lógica puramente ecológica, como un nuevo poblamiento. La llegada de los grupos europeos a Patagonia trae una nueva forma de ocupar el espacio, de marcarlo y de "acondicionarlo". Una lógica no construida en el territorio patagónico, sino importada, impuesta y forzada, generada bajo otras lógicas socio-ecosistémicas, otras tramas de relaciones y otras demandas. Un nuevo nicho ecológico, con nuevas formas de uso de la tierra, con nuevos actores, con nuevas especies, pero sobre todo con nuevas relaciones, con modos de hacer completamente inéditos en el territorio patagónico. Un nicho generado para lidiar con la permanencia, con lo estático, con lo sedentario en un territorio que sólo propone cambio. Lógicamente el alcance de este proceso no fue homogéneo ni lineal, como tampoco lo fueron las respuestas y estrategias socio-ecológicas para lidiar con esta situación. La nueva trama de relaciones socio-ecosistémicas habilitó nuevos parámetros para el desarrollo de ciertas poblaciones e impuso límites territoriales y ecológicos estrictos para otras. Ciertos modos de hacer, incluso modos de ser, quedaron completamente vedados; ciertos saberes, prácticas, relaciones, especies, incluso grupos humanos, simplemente no encajaban en esas nuevas lógicas. El resultado de este proceso histórico es un nicho ecológico homogeneizado, compacto, con menos capas/tramas, pero sobre todo con menos diversidad de respuestas posibles para afrontar lo único que es invariablemente constante en la Tierra; el cambio.



Imagen: M. V. Fernández.

Figura 2. Escenas de caza -Grupo A- en el sitio Cueva de las Manos, Santa Cruz, Argentina.

El ambiente como construccion dinámica

Hasta aquí queda de manifiesto, y con mucha claridad, la capacidad que tiene nuestra especie para construir el mundo que habita, y las relaciones existentes, en función de sus propias necesidades. Sabemos ahora que estos procesos de construcción de nicho no son únicamente actuales, sino que implican en muchas oportunidades, vastas y duraderas transformaciones culturales de los ecosistemas. Incluso el paisaje de Patagonia, uno de los territorios con menor intensidad de uso humano y menor profundidad temporal, resulta de miles de años de complejos y dinámicos entramados de relaciones socio-ecosistémicas. Si bien la escala e intensidad de estas relaciones esta condicionada por múltiples variables, siendo la demografía y la densidad poblacional aspectos clave, sabemos también que esas transformaciones no necesariamente son destructivas, o al menos podrían no serlo y tener el potencial de propiciar lógicas dinámicas y diversas en diferentes escalas. Cuando proyectamos nuestra mirada hacia el pasado, y analizamos esta relación dialéctica entre las dinámicas culturales y los cambios ambientales, algunos aspectos se vuelven evidentes.

En primera instancia, se observa la gama de matices que envuelven al concepto de ambiente. Tradicionalmente se lo suele asociar a la dimensión natural. Pero resulta interesante complejizar la percepción y representación que solemos tener sobre esta noción, más aún, cuando como especie constructora de nicho por excelencia nuestro potencial transformador en las dinámicas socio-ecológicas ha sido creciente; especialmente durante los últimos siglos. El ambiente puede entenderse como un concepto integrador que incluye y emerge de la trama de relaciones socio-ecosistémicas. De esta manera, el uso de esta noción facilita la trascendencia de la falsa dualidad naturaleza-cultura. La profesora y antropóloga argentina Andrea Milesi plantea los límites difusos en esta dicotomía moderna y resalta su interrelación en el mismo concepto del ambiente. Entre otros autores, el investigador uruguayo Eduardo Gudynas sostiene que la

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

naturaleza es una creación social que ha resultado funcional para su separación, objetivación y dominio. Esto remite a la española María Novo, catedrática y referente en educación ambiental, quien señala que la crisis ambiental nos empuja a cuestionar el paradigma mecanicista que ha separado sujeto-objeto-contexto y ha fragmentado el conocimiento, imposibilitando abordar la complejidad ambiental y confundiendo desarrollo con crecimiento ilimitado.

Consecuentemente, esta crisis nos invita a revisar nuestros enfoques o modelos éticos, científicos, educativos y económicos. Si logramos superar la imperante alienación y nos permitimos abrazar nuestra pertenencia al sistema ambiental, esto habilitará reposicionarnos en un rol y en una actitud de interdependencia, respeto y responsabilidad. De la mano de ello emerge un paradigma ecocéntrico y una representación compleja y dinámica del ambiente en su multidimensionalidad e integralidad. En segunda instancia, claramente el ambiente no es una realidad estática, y el análisis previo da cuenta de ello. El cambio es una constante, y la necesidad de ser flexible y adaptarse, también. Para aumentar esta resiliencia cobra mucha relevancia el valor de la diversidad. Si bien el discurso ambiental y climático contemporáneo se centra en la importancia de la biodiversidad, destacamos también la importancia de la diversidad cultural como fuente de resiliencia. Una trama más densa de relaciones socio-ecosistémicas es más flexible y resiliente a los cambios. En este sentido, además de un imperativo ético y moral, promover la conservación de la diversidad biológica y cultural genera una mayor capacidad de respuesta ante el cambio climático en particular y los cambios ambientales en general.En tercera instancia, estas consideraciones también remiten a la posibilidad y oportunidad de resignificar nuestra vinculación con el ambiente, circunstancia que habilita un muy significativo potencial para la educación ambiental. Retomando los aportes de la profesora e investigadora canadiense Lucie Sauvé, el objeto de la misma, justamente, se enfoca en las relaciones con el ambiente. Por ello, y de la mano con otras políticas estructurales y estructurantes, la Educación Ambiental, tiene la facultad de incidir en nuestro ser y hacer en el mundo. Desde un enfoque sistémico se puede facilitar la comprensión y transformación de la realidad. Entonces, entender al ambiente como una construcción dinámica resulta sumamente esperanzador. Ante la imperante crisis ambiental la educación ambiental toma una urgente relevancia. No sólo en la modificación de prácticas culturales que atentan contra el bienestar de la comunidad de vida, sino también en el reconocimiento de que, en general, los cambios ambientales, como el mismo cambio climático actual, sin lugar a dudas exceden la dimensión natural y se explican analizando la influencia antrópica.

Esto nuevamente expresa la complejidad que caracteriza al ambiente en su entendimiento y aproximación para superar la falsa dicotomía naturaleza-cultura, incluso al analizar la relación dialéctica cambios ambientales-prácticas culturales. Al intentar transformar nuestra realidad ambiental nos transformamos a nosotros mismos y al otro humano y no humano, es decir, a la comunidad de vida, a nuestro ser y a nuestro hacer con el otro, en tanto pertenecemos al ambiente y lo co-construimos. Y ahí es donde radica la esperanza que nos habilita la educación ambiental de poder reorientar nuestro rumbo en el conocimiento, en los vínculos y en el desarrollo cuantitativo y cualitativo desde un paradigma ecocéntrico.

Resumen

Discutimos las relaciones socio-ecosistémicas en Patagonia desde el momento del poblamiento inicial hasta la actualidad. La perspectiva desde una escala temporal amplia pone de manifiesto algunas de las particularidades que rodean al concepto de ambiente. Nuestro análisis permite observar con mucha claridad el rol que los grupos humanos han tenido, incluso desde momentos tempranos, en la formación de aquello que llamamos ambiente. Finalmente, se propone la necesidad de incluir esta clase de acercamientos para nutrir de variabilidad y matices las relaciones y vínculos socio-ecosistémicos, y se destaca el rol de la educación como una propuesta transformadora para la co-construcción de nuevos y perdurables vínculos.

Para ampliar este tema

Gudynas, E. (2010). Imágenes, ideas y conceptos sobre la naturaleza en América Latina. En: L. Montenegro (Ed.), *Cultura y Naturaleza* (pp. 267-292). Bogotá, Colombia: Jardín Botánico J.C. Mutis. [Disponible en internet].

Milesi, A. (2013). Naturaleza y cultura: una dicotomía de límites difusos. En: *De Prácticas y Discursos. Cuadernos de Ciencias Sociales*. 2(2). Universidad Nacional del Nordeste - Centro de Estudios Sociales. [Disponible en internet]

Novo, M. (2003). El desarrollo sostenible: sus implicaciones en los procesos de cambio. Revista On-Line de la Universidad Bolivariana, 5. [Disponible en internet].

Sauvé, L. (2017). Educación Ambiental y Ecociudadanía: un proyecto ontogénico y político. Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient. Rio Grande, Brasil: Edição especial XVI Encontro Paranaense de Educação Ambiental: 261-278. [Disponible en internet].

Scartascini, F. L. (2020). Arqueología de la Pesca en la costa rionegrina. Patagonia Argentina. IIDyPCa- CONICET- UNRN. Bariloche. [Disponible en internet].

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

LA DIMENSIÓN SENSIBLE DEL APRENDIZAJE AMBIENTAL

UNA ENSEÑANZA PARA EL CUIDADO DE LA VIDA

Propuestas para integrar los contenidos conceptuales y sensibles en la práctica de la educación ambiental

Laura Margutti, Valeria Koss, Mariana Lozada, Paola D´Adamo,

Beatriz Dávila y Adriana Sabrido

El término ecología deriva del griego *oikos* y significa casa, hogar. Fue acuñado en 1869 por el naturalista alemán Ernst Haeckel. Podemos decir que la ecología es la ciencia que se ocupa del estudio de los seres vivos y sus conexiones en cuanto habitantes de un mismo hogar, el planeta Tierra. Pero la palabra hogar nos remite mucho más allá del estudio de las relaciones entre los factores bióticos y abióticos de un ecosistema.

Palabras clave: afectividad, cuerpo, cuidado, educación ambiental, experiencia.

Laura Margutti[1]
Lic. en Biología
lmarguti@apn.gob.ar

Valeria Koss[1]
Prof. de Educación Ambiental
vkoss@apn.gob.ar

Mariana Lozada[2]
Dra. en Biología
mariana.lozada@gmail.com

Paola D'Adamo[2]
Dra.en Biología
paodadamo@gmail.com

Beatriz Dávila[1]
Prof. en Ciencias Biológicas
bdavila@apn.gob.ar

Adriana Sabrido[1]
Ing. Agrónoma
asabrido@apn.gob.ar

[1] Departamento de Conservación y Educación Ambiental del Parque Nacional Nahuel Huapi (APN).
[2] Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Recibido: 11/03/2022. Aceptado: 18/04/2022.

Cuando en 1990 el *Voyager* 1 dejó Neptuno y se dispuso a salir del Sistema Solar, giró para tomar la última foto de la Tierra y pudo así enfocar la imagen más lejana de nuestro planeta, a seis millones de kilómetros. A la vista de los astronautas, ese diminuto planeta azul se les figuró como "una mota de polvo suspendida en un rayo de sol". En las palabras del científico estadounidense Carl Sagan, ese punto tan pequeño desde la perspectiva de la inmensidad cósmica, "es aquí, es nuestro hogar, somos nosotros".

Esta imagen tan poderosa de la Tierra como una mota de polvo es muy contrastante con la visión occidental y antropocéntrica desde la cual la especie humana se constituye en el centro del planeta y va componiendo un tipo de relación de dominancia con la naturaleza, de control sobre los otros seres vivos y sobre lo no vivo.

Sin embargo, ¿dominamos? O en realidad, ¿hemos perdido el control que nunca tuvimos que asumir? La crisis ambiental -ya anunciada en 1962 por Rachel Carson en su libro Primavera silenciosa- junto con el cambio climático, las desigualdades sociales, económicas y ambientales, y esta pandemia que estamos atravesando, nos quitan el velo dejándonos vulnerables y poniendo en evidencia cuán grande es nuestro desconocimiento, como humanidad, respecto a la manera de relacionarnos con aquello de lo que somos parte.

Asumiendo la imposibilidad de un mundo controlado y predecible, aprendemos y aceptamos la incertidumbre y la ambigüedad. Desde ese reconocimiento, y con la intención de conectar con nuestra sensibilidad para percatarnos de las múltiples relaciones e interconexiones existentes entre todo lo vivo y lo no vivo, compartimos estas reflexiones y experiencias en el campo de la enseñanza y la investigación con las niñas y los niños, en el ámbito del Parque Nacional Nahuel Huapi y de la ciudad de San Carlos de Bariloche.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER



Imagen: gentileza de las autoras.

Para conservar no alcanza sólo con conocer, sino que es necesario amar aquello que hemos de cuidar.

Afectividad ambiental como enfoque metodológico

Un cielo estrellado, el aroma a la tierra mojada, la caída silenciosa de la nieve, trepar a un árbol… ¿por qué nos maravillamos ante las experiencias que nos brinda la naturaleza?

Los seres humanos somos naturaleza, hemos coevolucionado con ella a lo largo del tiempo. Por lo cual, espontáneamente nuestro cuerpo elige lo que simplemente le hace bien. Lo extraordinario de estas simples y profundas experiencias es que se encuentran al alcance de todos y nos brindan grandes beneficios físicos y mentales, como plenitud y paz.

Sin embargo, como resultado de los condicionamientos de la civilización industrial y la modernidad, hemos sufrido una separación de lo natural, generando una especie de anestesia afectiva que nos convierte en seres desconectados de otros seres y de la vida en toda su diversidad, tal como lo describen en su libro Afectividad ambiental (de 2020), Omar Giraldo e Ingrid Toro. Y así nos fuimos alejando de aquello de lo que somos parte inherente, ubicándonos como especie en el centro del mundo.

Para comprender los efectos que produce este proceso en nuestra humanidad, Richard Louv, escritor y periodista estadounidense, acuñó el término "trastorno por déficit de naturaleza", en su libro El último niño del bosque. Tal como lo expresa, este trastorno "no pretendía ser un término médico, sino una manera de describir la distancia creciente que separa a los niños y las niñas de la naturaleza". En España, este trastorno ya es considerado un tema de la salud pública. Louv ha documentado los efectos negativos de esta carencia en la salud física y psíquica de niños, niñas y personas adultas, como la disminución en la creatividad y de la capacidad de asombro, así como también problemas cardiovasculares y de obesidad, entre otros.

Por otro lado, desde la psicología ambiental, numerosos estudios han demostrado los beneficios del contacto directo con la naturaleza. Katia Hueso, bióloga española, autora del libro Somos naturaleza, menciona los efectos positivos del acercamiento a la naturaleza, como la reducción de los trastornos por déficit de atención, la disminución del estrés y de la depresión; un mayor desarrollo cognitivo y emocional; la prevención de la obesidad y de la miopía y el fortalecimiento del sistema inmune.

Sin embargo, como surge de las investigaciones de Hueso, hay una serie de factores que inciden negativamente en el contacto directo de los niños y las niñas con la naturaleza, como la limitación que muchas veces presentan las salidas escolares a los espacios naturales, el uso de dispositivos electrónicos como forma de ocio, y familias sobreprotectoras que perciben el exterior como peligroso.

Para la autora, una experiencia muy positiva para vincular a niños y niñas con la naturaleza son las llamadas Escuela-Bosque, que promueven en la primera infancia el estudio fuera del aula, y es un sistema educativo que va cobrando fuerza en distintos países europeos. También propone alternativas adaptadas a distintas realidades educativas para pasar más tiempo en los espacios verdes de las escuelas o "acercar" la naturaleza a espacios cerrados, tal como lo propusiera en época de pandemia, cuando no era recomendable acceder al exterior.

En este sentido, y dada la complejidad presente en las instituciones educativas para visitar el área protegida (distancias, transporte, seguros, cantidad de estudiantes), desde la División de Educación Ambiental del Parque Nacional Nahuel Huapi (PNNH) se proponen alternativas metodológicas, con el objetivo principal de reconectar a niños y niñas de la región, con su entorno natural. Desde 1999 se implementan visitas a las escuelas para brindar charlas educativas, donde a través de la curiosidad y preguntas disparadoras se comparte material concreto como plumas, cráneos, cueros, plantas, agallas, de diferentes especies nativas. Los niños y las niñas tienen la oportunidad de estar en presencia del material, promoviendo una afinidad que, con la posterior incorporación de contenidos, colabora con la comprensión de las interrelaciones y de la interdependencia entre todos los seres y lo no vivo.

Al abordar estas charlas de aproximación a los diferentes temas ambientales, se tienen en cuenta las

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

etapas evolutivas de niños y niñas. David Sobel, educador estadounidense, acuñó el término "ecofobia" para referirse a las emociones de miedo y tendencia a la huida que surge en la infancia y en la niñez tras la repetición de problemas y catástrofes ambientales, que abruman a niños y niñas, alejándolos de la naturaleza en lugar de acercarlos.

Sobel así lo expresa: "Si queremos que los niños florezcan, sean verdaderamente capacitados, permitámosle amar la tierra antes de pedirles que la salven". En esa línea y coincidiendo con el autor, desde el grupo del PNNH conformado por Beatriz Dávila, Adriana Sabrido y Valeria Koss, se propician durante la primera infancia y hasta el cuarto grado, actividades que aumentan la empatía por el mundo natural, postergando para etapas evolutivas superiores el trabajo relacionado con los problemas y la crisis ambiental.

A través de experiencias como sentir texturas, aromas, desarrollar la observación e incluso sentir sabores, podemos volver a maravillarnos y a sentirnos parte de la naturaleza.

Como lo afirman los psicólogos españoles, Silvia Collado y José Corraliza, desde la psicología ambiental se ha comprobado que un vínculo directo con la naturaleza es uno de los factores que favorecen el compromiso ambiental. Por ello, consideramos crucial que la educación en esta área, en su enfoque metodológico, sume la dimensión del sentir y lo afectivo a los diferentes aspectos cognitivos.

Según la expresión de Katia Hueso "una infancia al aire libre tiene mayor capacidad y deseo de luchar por mejorar la situación ambiental. Es decir, que ponen en práctica la experiencia para proteger aquello que los acogió en la infancia". La observación de nuestra práctica nos señala que, para conservar ya no alcanza sólo con conocer, sino que es necesario amar aquello que hemos de cuidar.

Experiencia, vínculos y cuidado

Los seres humanos tenemos la capacidad de tomar conciencia de que nuestra vida emerge de la imbricación con el contexto ecológico-social que nos constituye, nos transforma y co-determina. Conocer y cuidar la vida va de la mano con poder reconocer que somos parte de nuestro ambiente. Este modo de pensar contrasta con la concepción de ambiente como telón de fondo o escenario exterior en el que hemos sido arrojados. Como dice el filósofo alemán Martin Heidegger, "no están los seres humanos por un lado y la naturaleza por otro"; existe una relación dialéctica entre naturaleza y cultura.



Imagen: gentileza de las autoras.

Es importante fomentar en la primera infancia actividades que aumenten la empatía por el mundo natural.

En este sentido, la existencia humana ocurre en interdependencia, una cualidad que ha sido ignorada por el antropocentrismo occidental, dada la relación escindida y extractivista que se ha mantenido con la naturaleza. Desde esta ruptura, se concibe a la naturaleza como recurso disponible-manipulable, y se considera al ser humano como centro del universo, en una relación de dominación de todo lo que existe. La escisión se ve reflejada en dicotomías tales como: humanos-naturaleza, mente-cuerpo, genes-ambiente, razón-emoción, masculino-femenino y materia-espíritu entre otras. En el pensamiento dualista patriarcal se ha desvalorizado la corporalidad, la sensibilidad, la receptividad, la femineidad, la inmaterialidad, etc. Los filósofos franceses Gilles Deleuze y Félix Guattari han propuesto la perspectiva rizomática de las multiplicidades, como alternativa a la lógica binaria. La metáfora del rizoma con sus ramificaciones en todas las direcciones pone en

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

valor la horizontalidad intentando sortear las jerarquías sin desconocer las particularidades. Otra mirada afín proviene de la ecología profunda (*deep ecology*) que propone trascender los dualismos, y adoptar un enfoque holístico, donde se prioriza la interdependencia .

En línea con esto, desde las ciencias cognitivas, el científico chileno Francisco Varela afirma que los afectos y las emociones, se encuentran en la base de lo que hacemos cada día en nuestra interacción con el mundo. Sin embargo, estas cualidades han sido menospreciadas frente a la primacía de la razón. En este sentido, las emociones no pueden verse como una mera "coloración" del agente cognitivo, sino que son inmanentes e inextricables de todo acto mental. El afecto es primordial y está enraizado en el cuerpo; la emoción es intrínsecamente cognitiva, y la mente emerge de la tonalidad afectiva.

Una mayor conciencia de interdependencia podría favorecer el registro consciente de nuestra corporalidad, nuestros estados emocionales y atencionales. Recientes investigaciones en el ámbito de las neurociencias dan cuenta de que el desarrollo de la percepción interna propicia procesos cognitivos como la claridad mental, el registro y la regulación de las propias emociones. Es decir, una mayor interocepción (el registro consciente de las sensaciones que provienen de nuestro cuerpo) y propiocepción (el registro consciente de la postura corporal) ayudan a regular nuestras emociones y a ser más reflexivos y atentos de las decisiones que tomamos. Además, se ha demostrado que el desarrollo de la percepción interna no sólo promueve salud y bienestar, sino que también favorece la afectividad y empatía con otros seres vivos, contribuyendo al cuidado sensible de los otros y del ambiente. La atención plena, la interocepción-propiocepción son habilidades cognitivas que propician el acceso consciente a la corporalidad, a los afectos, las emociones y los sentimientos, la empatía y al registro sensible de cómo somos afectados por el ambiente.

Estas cualidades se pueden aprender y fortalecer con la experiencia. En el equipo de investigación que integramos Paola D 'Adamo, Natalia Carro y Mariana Lozada, venimos realizando estudios que analizan cómo intervenciones en contexto que promueven la conciencia interoceptiva y propioceptiva, así como también la escucha empática, ayudan a disminuir parámetros fisiológicos asociados al estrés crónico y a favorecer una integración con el ambiente social y ecológico en niños y niñas de mediana infancia. Estos resultados han sido previamente descriptos en esta revista (ver sección para ampliar este tema). Asimismo, como se mencionó anteriormente, existen numerosos estudios que muestran cómo el contacto con la naturaleza puede reducir el estrés, y colaborar en el restablecimiento psicofísico.

Parafraseando al inspirador Francisco Varela "tenemos el mundo en el que vivimos tan al alcance de la mano que no ponderamos lo que es ni cómo vivimos en él". Cultivar estados de mayor sensibilidad, atención plena y empatía, podría contribuir a la valoración y al cuidado consciente de nosotros mismos y de la vida en nuestro planeta.

Resumen

En un mundo cambiante y complejo se hace imperioso compartir y experimentar la educación ambiental, integrando los conocimientos conceptuales con la dimensión sensible de nuestro estar en el mundo. A través de este artículo, intentamos desplegar algunos diálogos posibles y compartir puntos de vista sobre la experiencia en el campo de la enseñanza y de la investigación con niñas y niños, focalizando en la potencia del cuerpo a la hora de conocer, y poniendo en primer plano la sensibilidad, las emociones y la empatía, ese ámbito que hoy se define como "afectividad ambiental".

Para ampliar este tema

Dabul, C. (2017). Enfoque "Aterrizaje Transformador". Proyecto Ambiental Escuela.

Giraldo, O. F. y Toro, I. (2020). *Afectividad ambiental. Sensibilidad, empatía, estética del habitar*. Coeditado por Ecosur y la Editorial de la Universidad Veracruzana.

Lozada, M., D'Adamo, P. y Carro, N. (2018). Empatía y salud en el ámbito escolar. Ayudar ayuda. Desde la Patagonia Difundiendo Saberes, 15 (25): 2-6.

Sobel, D. (1995). *Más allá de la ecofobia - poniendo el corazón en la educación ambiental. Beyond ecophobia: reclaiming the heart in nature education. Massachusetts* (EEUU), Orion Society.

Varela, F. (2000). El fenómeno de la vida. Santiago de Chile: Editorial Dolmen.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

LEY NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL

EDUCACIÓN PARA UN NUEVO SENTIDO EXISTENCIAL

Tras 50 años de experiencias, tensiones y aprendizajes en la educación ambiental, la sanción de la Ley Nacional 27621 institucionaliza el desafío de recrear nuevos sentidos en nuestra relación socioecológica

Juan Cruz Zorzoli

Nos hallamos en un momento de inflexión en nuestra historia como humanidad. La evidencia del impacto por la forma en que habitamos el planeta nos acerca a un punto de no retorno con los sistemas vivos que nos rodean, amenazándonos con la extinción de la vida tal como la conocemos.

La crisis climática y el colapso ecológico son la expresión de la ceguera epistémica de nuestro sistema de organización social, económica y cultural que degrada el ambiente y prioriza un modelo de producción que desconoce los límites biofísicos del planeta, fomentando la destrucción de las condiciones básicas que permiten nuestra vida. Esta modalidad de desarrollo, lejos de garantizar el bienestar del conjunto de la sociedad, favorece la desigualdad, privilegia la concentración, subvalora la diversidad y hegemoniza una visión de prosperidad y libertad centrada en la producción y el consumismo, materializa el ejercicio de la ciudadanía en el consumo y disocia nuestra existencia de la interdependencia con el ambiente y la naturaleza.

En esta encrucijada socioecológica la suerte no está echada, aunque requiere de transformaciones profundas, urgentes y complejas. El carácter hegemónico de este modo de ser en el mundo no resulta unívoco; por lo tanto es posible advertir que nos encontramos frente a una transición que impulsa el final de una forma vivir y habitar el planeta

Palabras clave: ambiente, crisis climática, educación ambiental, ética del cuidado, política pública ambiental.

Juan Cruz Zorzoli[1]
Lic. en Relaciones Públicas
juan.cruz.zorzoli@gmail.com

[1]Asociación Civil por la Responsabilidad Social Amartya.

Recibido: 14/03/2022. Aceptado: 18/04/2022.

Fijando los inicios

Hasta principio de los ‘70 la cuestión ambiental resultaba marginal en el debate de la política internacional. En América Latina, como sostiene la educadora ambiental peruana Eloísa Tréllez Solís, con las experiencias del campo de la educación popular como camino a la libertad comenzó a manifestarse la necesidad de considerar las relaciones sociedad-naturaleza como un requisito indispensable para construir el futuro sobre bases duraderas de conservación de nuestros recursos naturales, y de preservación de la vida en la tierra.

Como se presentó en el artículo que inicia este dossier, el informe del Club de Roma, “Los límites del crecimiento”, expresó la ceguera epistémica del modelo de desarrollo capitalista. Entre sus conclusiones destacaba: “Si el actual incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales se mantiene sin variación, alcanzará los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años”. Su aporte introdujo los límites biofísicos para absorber los efectos negativos sobre el ambiente, la disponibilidad de recursos para la explotación del modelo económico y el impacto demográfico creciente. Expresó la interdependencia con los sistemas vivos, y la necesidad de emprender acciones globales, destacando la existencia de un solo planeta.

La advertencia esbozada en el informe abrió el camino hacia una nueva crítica al modelo de desarrollo y a la visión mecanicista del mundo de la modernidad, dando lugar a la irrupción de la cuestión ambiental en los desafíos de escala global e impulsando la creación del Programa de Naciones Unidas del Medio Ambiente, así como al desarrollo de la educación ambiental como instrumento para revertir la crisis socioecológica mundial.

Así, en los años ‘70 la educación ambiental con-

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

centró su desarrollo en el reconocimiento del impacto de la actividad humana en la naturaleza, en la necesidad de su cuidado y en la valorización y uso de los recursos naturales con una visión de la educación como instrumento para la concientización y la funcionalización de acciones que redujeran impactos, racionalizaran y volvieran más eficientes esta relación. La mayor preocupación se encontraba en la contaminación, en prevenir la degradación ambiental y del planeta, desde una perspectiva centrada en el uso de los recursos naturales. A pesar de esta impronta, mediante intercambios y debates se esbozaron algunos de los ejes, recomendaciones y valores centrales de la educación ambiental como la conocemos hoy, tales como la transversalidad y su carácter permanente, el compromiso con las generaciones venideras, la relación entre ambiente y justicia social, el valor de la participación en la toma de decisiones y la intervención en la educación formal e informal.

Con el balance de la primera década, en los '80, y sin impactos significativamente positivos, con la evidencia de mayores niveles de degradación y crisis ambiental, se recuperó parte de la crítica al desarrollo introducida con los "Límites del Crecimiento". El desarrollo como motor del bienestar fue cuestionado, tanto en relación a las desigualdades generadas entre países, como al desconocimiento de la sobreexplotación del ambiente y su doctrina de crecimiento económico infinito. Pese a estos acercamientos a una perspectiva socio-política de la educación ambiental, como sostienen los educadores ambientales argentinos Daniela García y Guillermo Priotto (2009), en esta década primó un enfoque conservacionista liderado por organizaciones sociales, fondos internacionales y movimientos de preservación que, muchas veces apoyados en el factor ecológico, resultaban incapaces de articular comunitariamente vinculando la dimensión social de la crisis ambiental. Hacia finales de dicha década, se comenzaron a observar nuevas estrategias agrupadas en el ecodesarrollo y el posterior desarrollo sustentable, acercando la conservación a la articulación comunitaria.

Los '90 se caracterizaron por la ampliación de abordajes multidimensionales y sistémicos y la aproximación a la potencialidad de transformación social de la educación ambiental. En 1992, en la Cumbre de Río, surgió la Agenda 21, como plan de acción para alcanzar el desarrollo sustentable y se potenció el rol de la educación ambiental como vehículo para el cambio y la transmisión de valores para la transformación social, reforzando la participación comunitaria y territorial.

Eloísa Tréllez Solís resumía: "La educación ambiental latinoamericana se fue construyendo, así, a partir de las experiencias de la educación popular, de la educación comunitaria y participativa, y de la educación ecológica o conservacionista, en su paso hacia una educación ambiental comprometida con el cambio social y con la transformación de los modelos económicos de desarrollo".

En Argentina, con la reforma constitucional de 1994, se incluyó en el Artículo 41 de la Carta Magna el derecho de todo habitante a gozar de un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo, siendo responsabilidad de las autoridades la preservación de este derecho, junto con la información y educación ambiental. La Ley General del Ambiente N° 25675 en 2002 incorporó en sus Artículos 8, 14 y 15 la educación ambiental como factor clave para garantizar la gestión y la política ambiental, constituyéndose como "instrumento básico para generar en los ciudadanos, valores, comportamientos y actitudes (…) constituido como un proceso continuo y permanente (…) que deberá facilitar la percepción integral del ambiente y el desarrollo de una conciencia ambiental". A su vez,



Imagen: gentileza de Asociación Civil Amartya

Figura 1. Centro de alfabetización ecológica Quinta Esencia de Amartya. Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER



Imagen: gentileza de Asociación Civil Amartya

Figura 2. Talleres de nivel inicial, Plan de Educación Ambiental Mar Chiquita Amartya, Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires.

la Ley de Educación N° 26206 de 2006 fijó en su Artículo 89 el compromiso de "proveer la educación ambiental en todos los niveles y modalidades del Sistema Educativo Nacional, con la finalidad de promover valores, comportamientos y actitudes que sean acordes con un ambiente equilibrado y la protección de la diversidad biológica; que propendan a la preservación de los recursos naturales y a su utilización sostenible y que mejoren la calidad de vida de la población".

El reconocimiento normativo no resultó suficiente para incorporar plenamente la educación ambiental, tanto en su dimensión formal como informal. Relegada a diseños curriculares puntuales, impulsada por los esfuerzos de organizaciones sociales, docentes y directivos que, comprometidos con la temática desde una perspectiva de sensibilización y transformación de hábitos, asumieron la tarea de promover una conciencia en el área. Asimismo, la evolución de la educación ambiental en Argentina ha sido objeto de presiones y *boicots* por parte del sistema productivo y del modelo de desarrollo, que resisten la posibilidad de abrir espacios, información y educación que contribuyan al abordaje crítico de su funcionamiento. Está situación no es exclusiva de nuestro país, y no se circunscribe únicamente al ámbito de la educación ambiental, sino al conjunto de las decisiones capaces de poner debate el *statu quo* del modelo capitalista. Como reflexionó Fredric Jameson, crítico literario marxista, "es más fácil imaginar el fin del mundo, que el fin del capitalismo". Así, el objetivo de promover una educación ambiental crítica, orientada a contribuir a desarrollar conocimiento para construir alternativas a la crisis socioecológica, no sólo ha resultado marginal en su institucionalización, sino que muchas veces ha sido obturada intencionalmente con el objetivo de evitar la concientización y la crítica sobre el modelo de organización productiva. Basta indagar lo sucedido en 2011 tras la publicación del "Manual de Educación Ambiental. Ideas y propuestas para docentes" de elaboración conjunta entre el Ministerio de Educación, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable que desarrolló contenidos y abordajes para nivel inicial, primario y secundario a distribuirse en todo el territorio nacional, y que resultaron censurados sepultando la distribución de 350.000 ejemplares por las presiones de sectores de la producción extractivista. Como presentan las investigadoras Cabral Victoria y Robledo María (2021), el objeto de la impugnación deja al descubierto que "el manual pone en crisis la legitimidad lograda por el sector minero y sojero, al presentar las consecuencias del modelo extractivo desde una mirada social",

El último capítulo es la Ley Nacional de Educación Ambiental Integral N° 27621 promulgada en 2021, que destaca el carácter permanente, integral y transversal de la educación ambiental, fundamentado su intervención en los siguientes principios: a) abordaje interpretativo y holístico; b) respeto y valor de la biodiversidad; c) equidad; d) igualdad desde el enfoque de género; e) reconocimiento de la diversidad cultural, el rescate y la preservación de las culturas de los pueblos indígenas; f) participación y formación ciudadana; g) cuidado del patrimonio natural y cultural; h) problemática ambiental y los procesos sociohistóricos; i) educación en valores; j) pensamiento crítico e innovador; y k) ejercicio ciudadano del derecho a un ambiente sano. Al mismo tiempo, esta Ley prevé la creación de espacios de articulación para su ejecución y lineamientos derivados de la estrategia nacional, entre otros.

¿Qué esperar? ¿Qué construir?

Aunque esta Ley es motivo de alegría y celebración, ya que era una deuda pendiente y evidencia el largo recorrido que hemos transitado hasta el reconocimiento formal de la educación ambiental, no deja de sembrar cierto escepticismo y ansiedad. La Ley no da cuenta de la urgencia, ni de la necesidad de transversalización con otras políticas de adap-

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER



Imagen: gentileza de Asoc. Civil Amartya

Figura 3. Proyecto Manos de Mujer, Formación en Mobiliario Sostenible, Amartya.

tación urgentes -en su mayoría carentes de acciones- en relación a los problemas de sobreconsumo, residuos, contaminación, desarrollo económico "convencional", cambio climático, biodiversidad, proyectos de vida sostenibles. Como en el pasado, privilegia un abordaje en la educación formal como proceso de construcción futuro antes que del apremiante presente, mientras que en la dimensión no formal -imprescindible para asistir a la sociedad- no establece una estrategia de implementación.

La mayor debilidad de la Ley es la ausencia de estrategias educativas para abordar la crisis socioecológica desde el presente, ya no en relación a los efectos y causas de la crisis y el cambio de hábitos, sino a la exploración de nuevos y renovados proyectos existenciales, individuales y colectivos, en cuyo cambio se encuentra la clave para repensarnos como sociedad.

Necesitamos potenciar una nueva mentalidad, que ya existe en nosotros; e imaginar que nuestro rol y desafío no es reducir el daño a los sistemas vivos que nos albergan, sino generar procesos regenerativos de cuidado con el ambiente y la vida. La crisis exige reconfigurar expectativas, aspiraciones y actividades humanas, reorganizándonos como protagonistas del cuidado y de la salud de todos los sistemas vivos, incluyéndonos en ellos.

La educación ambiental así entendida, a la vez que experiencial, sistémica y holística, comprometida en la interdependencia con la trama de la vida, centrada en la cooperación, reciprocidad y el cuidado; no solo propone ser más ecológicos, sustentables, mejorar hábitos y ser más eficientes y eficaces en nuestros impactos -en la forma de hacer negocios, producir o consumir-. Sino que se inviste como posibilidad a explorar y moldear un nuevo sentido existencial consagrado al cuidado de la vida, promueve estrategias (hacia el interior de cada uno de nosotros) para repensarnos y transformarnos a una nueva forma de ser para el mundo.

Resumen

Este artículo se propone recorrer brevemente el devenir de la educación ambiental y, a la luz de la reciente aprobación de la Ley Nacional de Educación Ambiental Integral, reflexionar sobre los aprendizajes acumulados en el tiempo. Al mismo tiempo, identificar los desafíos de su implementación, especialmente en habilitar estrategias para favorecer una nueva mentalidad y un nuevo sentido existencial

Para ampliar este tema

Cabral, V y Robledo, M. (2021). Discursos en torno a la censura del manual de educación ambiental para docentes, en Argentina (2011), Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales 21:83-97 [Disponible en internet]

García; D y Priotto, G. (2009). Aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la Educación Ambiental. En: *Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación Argentina*, Capítulo. IV. [Disponible en internet]

Kohon, L. (2014). Elogio de la Crisis, Caracas: Ed. Metrópolis,

Leff, E. (2004). Espacio, Lugar y Tiempo, La reapropiación social de la naturaleza y la racionalidad Ambiental, Nueva Sociedad, [Disponible en internet]

Svampa, M y Viale, E. (2020). *El colapso ecológico ya llegó*. Buenos Aires: Ed. S. XXI.

Trellez Solís, E. (2006). Algunos elementos del proceso de construcción de la educación ambiental en América Latina. Revista Iberoamericana de Educación 41:69-81. [Disponible en internet]

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

DIPLOMATURA EN EDUCACIÓN AMBIENTAL

Las diplomaturas de la Universidad Nacional del Comahue constituyen trayectos de educación extracurriculares que dependen de la Secretaría de Extensión y canalizan las necesidades y demandas de la comunidad. En particular, la Diplomatura en Educación Ambiental fue concebida para propiciar la formación, la actualización y el perfeccionamiento en relación a esta área del conocimiento en el ámbito regional. Su creación es el resultado del trabajo articulado entre el Centro Regional Universitario Bariloche, dependiente de la Universidad Nacional del Comahue, y el Parque Nacional Nahuel Huapi bajo la órbita de la Administración de Parques Nacionales. En el diseño y la implementación de esta Diplomatura participa un equipo de profesionales de estas dos instituciones y del Instituto de Formación Docente Continua de San Carlos de Bariloche, el Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente, el Instituto Instituto de Investigaciones en Diversidad Cultural y Procesos del Cambio y la Asociación Civil Amartya.

Esta diplomatura está destinada a docentes de todos los niveles, guías de turismo, personal de Parques Nacionales u otros organismos gubernamentales y Organizaciones no Gubernamentales, que en sus tareas se vinculen con la educación ambiental dentro de la región norandina patagónica. Se estructura en siete trayectos, un taller de integración y un seminario optativo, los cuales transcurren durante ocho meses, mediados por clases virtuales, presenciales y salidas a campo. Los trayectos abordan los fundamentos básicos de la educación ambiental, así como su vinculación con las dimensiones ecológica, geo-física, socio-cultural y político-económica, la alfabetización socio-eco-sistémica y la interpretación ambiental.

Durante el corriente año 35 estudiantes cursan la Diplomatura. Provienen de seis ciudades de la región, de diversas formaciones profesionales y de distintos ámbitos de acción. Con esta propuesta de extensión universitaria se espera potenciar y multiplicar capacidades para comprender la complejidad ambiental y resignificar nuestro vínculo y relación como sociedad con la naturaleza, proceso facilitado desde un enfoque holístico y mediado por un diálogo de saberes y experiencias situadas a nivel local y regional, en pos de la alfabetización socio-eco-sistémica de la comunidad.

Salida de campo al Cerro Otto en el marco de la Diplomatura en Educación Ambiental 2022.



Imagen: gentileza de las coordinadoras

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

EDUCACIÓN UNIVERSITARIA EN LA PATAGONIA
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE, 50 AÑOS DE HISTORIA

por Rocío Belén Martínez y Marcos Arancibia Agüero

La primera universidad pública de la Patagonia cumple medio siglo en la región. Realizamos un recorrido por sus diferentes etapas, su desarrollo y su inserción en la comunidad.

Argentina tiene un sistema educativo público y gratuito en todos sus niveles. Este derecho fue adquirido mediante la lucha y la movilización de la clase media, que derivó en la reforma universitaria de 1918. Luego, bajo el gobierno de Juan Domingo Perón, en 1949 se sancionó la Ley 29337, que garantizó la gratuidad del nivel universitario.

Desde la segunda mitad del siglo XX los gobiernos democráticos y de facto comenzaron a considerar a las universidades como un factor fundamental para el desarrollo y el crecimiento económico, debido a las y los profesionales que aportarían al país. En el marco del desarrollismo de la década de 1960 y en los primeros años de la década de 1970, comenzó a incrementarse la creación de universidades en distintos puntos de la Argentina de la mano del Plan Taquini. El mismo estaba orientado a descentralizar el sistema de educación superior y ampliar la cantidad de instituciones para modificar la distribución geográfica del estudiantado que estaba concentrado en las grandes ciudades. La juventud era considerada como uno de los principales focos de conflicto y se la vinculaba con la subversión por haber protagonizado manifestaciones y tomas de facultades; sobre todo después del Cordobazo, la protesta obrera-estudiantil de 1969.

En este contexto, desde la provincia de Neuquén surgió la iniciativa por parte del gobernador Felipe Sapag de crear la Universidad Provincial del Neuquén, que luego, junto con los Institutos Superiores de Enseñanza de Río Negro, se fundirían en la Universidad Nacional del Comahue (UNCo) en 1972. Como veremos, esta universidad se desarrolló y creció en contextos diversos, pero siempre con una premisa firme: aportar al crecimiento y al desarrollo de la región.

Este trabajo forma parte de un proyecto institucional llevado adelante por el equipo "Mateneo de Historia". El mismo está conformado por estudiantes y graduadas/os del profesorado y licenciatura en Historia, sede Centro Regional Universitario Bariloche.

Los autores son egresados de la carrera de Profesorado de Historia que se dicta en el Centro Regional Universitario Bariloche de la Universidad Nacional del Comahue. Rocío Belén Martínez se desempeña como becaria graduada de iniciación de la UNCo y ambos son, actualmente, docentes de nivel medio.

Los primeros pasitos, nacionales y locales

En 1961, Río Negro y Neuquén comenzaron a gestionar sus propias universidades. En el caso de Río Negro, hubo dos intentos fallidos. El primero llevado adelante por el gobernador Edgardo Castello, quien presentó ese año ante la legislatura provincial un proyecto para crear la Universidad de Río Negro. Su iniciativa no tuvo curso favorable por ser un proyecto prematuro para una provincia que apenas comenzaba a funcionar y que no tenía tantos recursos económicos para desarrollar el nivel superior. En su lugar, se creó el Instituto Superior del Profesorado, localizando en un primer momento la rama de Humanidades en Viedma y la de Ciencias Exactas en Bariloche. El segundo intento fue llevado adelante por la Fundación Bariloche, entre 1963 y 1966. La propuesta buscó crear un *campus* universitario en un terreno cedido por la municipalidad donde los rasgos distintivos fueran la educación de posgrado y el entrecruzamiento de diferentes ciencias (naturales y sociales) en una institución de élite. Este proyecto tendría financiamiento internacional, por ejemplo, de la Fundación Ford pero, ante el golpe de Estado de Onganía en 1966 y la inestabilidad política y económica del país, el proyecto no prosperó. Paralelamente, Neuquén también comenzaba a gestionar su propio nivel superior, con la diferencia de que contaba con un recurso natural que le aseguraría dinero para su proyecto educativo: el petróleo. Tanto el proyecto universitario como el económico estaban en sintonía con las ideas del desarrollismo propias de la década de 1960.

El 29 de septiembre de 1964 el gobernador Felipe Sapag elevó el proyecto para crear la Universidad del Neuquén, tomando como base al Instituto Provincial del

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

Actual sede central de la UNCo en Neuquén.



Imagen: gentileza de los autores

Profesorado Secundario. Los objetivos eran interpretar y promover soluciones a las necesidades y problemas de Neuquén y su zona de influencia, integrar la educación y evitar la emigración de estudiantes y profesionales. El 3 de noviembre de ese mismo año la legislatura neuquina sancionó la Ley 414 que creaba la Universidad del Neuquén, que comenzó a funcionar el 1 de abril de 1965. La Municipalidad de la ciudad había donado 120 hectáreas para su construcción. La institución contó, en principio, con profesorados de la Facultad de Humanidades, ingeniería agronómica, antropología e ingeniería industrial, la cual tenía 4 orientaciones. Las carreras más demandadas fueron los profesorados, constituían el 87,8% de los egresos y eran cursados mayoritariamente por mujeres.

En 1968 se iniciaron las gestiones para que los títulos tuvieran validez nacional y durante 1969 y 1970 se evaluó el nivel académico de la institución. El dictamen indicó que estaban dadas las condiciones para el crecimiento y la expansión de un centro de altos estudios. La evaluación positiva permitió que se inicien los trámites para nacionalizar la universidad y así potenciar el polo tecnológico que se estaba creando en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, llamada entonces "la zona del Comahue".

El visto bueno para la nacionalización

En enero de 1971 el Consejo Federal de Inversiones elevó al Ministerio de Cultura y Educación de la Nación un informe que recomendaba la creación de la UNCo en base a la Universidad del Neuquén y los institutos superiores de Río Negro. Según el Plan Taquini, la fundación de las nuevas casas de estudio se daría de acuerdo a la concentración poblacional en las ciudades medianas del interior y la necesidad identificada por el gobierno de impulsar el desarrollo de las economías regionales; la UNCo cumplía con esos requisitos.

El proyecto cobró fuerza a partir de sucesos como el Cordobazo y el Cipolletazo, que llevaron a un replanteo de la participación de los movimientos políticos y estudiantiles dentro de las universidades. Se dio inicio entonces a la Asociación de Docentes de la Universidad de Neuquén (ADUN) y al Centro de Estudiantes, que, en conjunto, reclamaron la igualdad de acceso a los estudios, la libertad académica y la nacionalización de la universidad. El 15 de junio de 1971 se sancionó la Ley de creación de la UNCo. Dos días después, se realizó un acto en donde Río Negro le transfirió a la universidad sus cinco institutos de enseñanza superior.

El 15 de marzo de 1972, comenzó el primer ciclo lectivo de la UNCo en el edificio de la calle Buenos Aires al 1400, el cual se constituyó como sede central, con Marcelo Zapiola como el primer Rector Organizador. La unión de las dos instituciones permitió garantizar un derecho educativo para la población de estos dos ex territorios nacionales, al que posiblemente, de otra forma no hubieran podido acceder.

El 9 de agosto de 1972 se realizó en Bariloche el acto de traspaso a la UNCo del Departamento de Ciencias Exactas del Instituto Superior del Profesorado de Río

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385



Imagen: Archivo Diario río Negro.

Edificio de la Universidad Provincial, en las calles Belgrano y Salta de la ciudad de Neuquén.

Negro. La provincia donó tierras y se comprometió a entregar edificios listos para que funcionen los Centros Regionales ubicados en su territorio (el Centro Universitario Regional Zona Atlántica, -CURZA- en Viedma y el Centro Regional Universitario Bariloche -CRUB- en esta localidad) y las Facultades de Ciencias de la Educación (en Cipolletti) y de Ciencias Sociales (en General Roca). Una misma universidad distribuía sus facultades, sedes y asentamientos entre dos provincias.

Manos a la obra

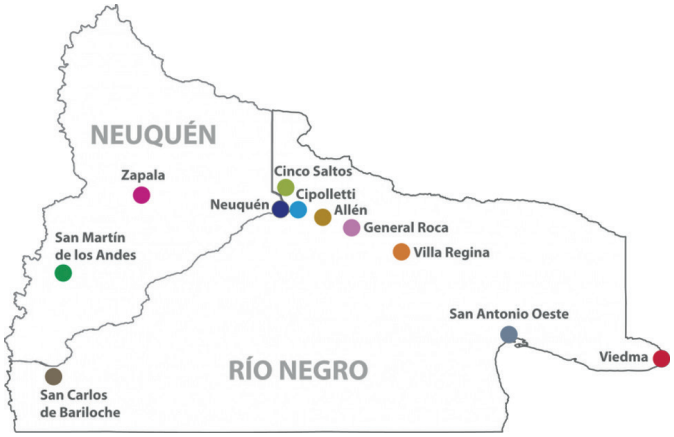
La gestión del rector Zapiola estuvo orientada a organizar la estructura administrativa. Para ello, se conformaron dos grandes áreas: administración y apoyo académico.

En estos primeros años, la investigación no apareció como un área con jerarquía, como sí lo era la extensión, pero si recordamos la impronta con la cual se fundó la universidad, comprendemos el por qué. Vincularse con la comunidad, formar profesionales, estudiar y pensar soluciones para las problemáticas y el desarrollo de la región fueron las actividades principales. Para ello, la UNCo comenzó a establecer convenios con distintos estamentos, organismos y organizaciones. El Banco Nación, la Universidad de Buenos Aires, los Consejos Provinciales de Educación de Río Negro y Neuquén, entre otros, fueron algunos de los primeros lazos que establecieron para afianzar su presencia en la región. Producto de ello, se obtuvieron fondos para financiar un proyecto de investigación destinado a estudiar los factores que limitaban o inducían al desarrollo regional.

En cada acción vinculada a la extensión o la investigación, era notorio que la idea del desarrollo de la región no solo implicó cuestiones científicas, tecnológicas y/o económicas, sino también aspectos sociales. Por ejemplo, la Resolución rectoral 1235/75 planteaba la necesidad de "armonía entre las distintas partes, factores y aspectos que componen la región del Comahue, atendiendo a su importancia geopolítica en el desarrollo nacional". Se hacía especial hincapié en la población indígena, la cual, según la universidad, constituía "una alta densidad poblacional y era necesario convertir en potencial humano en miras al objetivo desarrollista". Ello implicaba la urgencia de rescatar valores nativos y regionales. Fue así que se creó el Instituto de Investigación y Planificación para la integración del aborigen, para investigar sus problemáticas e integrar a la población nativa plenamente a la región y la Nación. El que firmó esta Resolución fue el rector interventor Remus Tetu, quien con sus gestiones, fue el encargado de oprimir al sector estudiantil y abrir paso para las intervenciones militares a partir de 1976.

Aires autoritarios

Los años entre 1972 y 1976 fueron turbulentos no solo para la universidad, sino para el país. El retorno de Juan Domingo Perón a la Argentina, el fin de la proscripción del peronismo, la elección de Héctor Cámpora primero y luego de Perón como presidente, así como



Distribución geográfica entre las provincias de Neuquén y Río Negro de las sedes de la UNCo

también su muerte, marcaron altos y bajos en la política universitaria. Mientras que Jorge Alberto Taiana, el ministro de educación de la Nación de Cámpora y Perón, intervino las universidades hasta la elección de autoridades legítimas y alentó a poner a la universidad al servicio de la comunidad, el rector Zapiola no estaba de acuerdo con sus políticas y fue por ello que renunció. Fue allí cuando las agrupaciones universitarias peronistas decidieron hacerse cargo de la gestión universitaria hasta que designaran a otra persona. Comenzó a generarse una interna política entre el peronismo nacional y el Movimiento Peronista Neuquino (MPN), la cual era evidente en todos los claustros. Esta lucha entre distintos sectores políticos de la universidad fue una lucha ideológica entre la izquierda peronista, que creía en un proyecto liberador para la construcción de una universidad regional y la derecha peronista. Dicho pleito concluyó con la intervención de las Fuerzas Armadas como árbitro, en 1976.

Hacia fines de 1973 la UNCo tenía dos gobiernos, el que había elegido Taiana, que no era reconocido por las bases, y el que eligió la asamblea universitaria. La UNCo estuvo tomada por varios meses y funcionaba de forma autogestionada. Durante ese año, se sucedieron cinco rectores y fue el Dr. Roberto Noel Domencq quien pudo lograr cierta estabilidad. El contexto nacional volvió a trastocar el rumbo de la UNCo y la transformación académica y social que la universidad había emprendido. En el marco del gobierno de Isabel Perón, asumió el nuevo ministro de educación, Oscar Ivanissevich. Su política fue totalmente opuesta a la de Taiana y sumamente represiva. Con él se alinearon grupos peronistas de derecha y elementos declaradamente fascistas como Remus Tetu, quien fue nombrado rector interventor de la UNCo desde el 4 de enero de 1975.

Con la intervención de Tetu se inició la etapa de declive del movimiento estudiantil, el cual había participado activamente tanto de la nacionalización como de la organización interna de la institución. La persecución contra la izquierda universitaria había comenzado y todos los claustros padecieron las políticas del nuevo rector interventor. Fueron cesanteados 86 docentes y 47 no docentes sin otras razones que "asegurar el clima de paz, orden, austeridad y trabajo". En cuanto al sector estudiantil, se prohibió todo tipo de actividad política y el solo hecho de practicarla tenía sus consecuencias. El estudiantado del Comahue se había caracterizado por su constante participación política tanto en cuestiones de la universidad como de la región, por eso resultó un foco de conflicto que había que controlar. Desde marzo de 1976 se había establecido como requisito para inscribirse, mediante la Ordenanza N° 3, la presentación de un "certificado de antecedentes o buena conducta extendido por la autoridad policial correspondiente al lugar del domicilio o residencia del alumno". También se consideraban los promedios de los últimos años de secundaria y para ingresar al establecimiento había que presentar el DNI, "tener un aspecto personal decoroso, sobrio y aseado".

La política universitaria y el terrorismo de Estado

El proceso militar tuvo dos etapas en la política universitaria. Una de control y depuración, que en el caso Comahue había empezado antes de 1976; la otra, de normalización, que coincidió con la Ley Universitaria 22207, que establecía "erradicar totalmente del régimen universitario la subversión y producir la definitiva 'normalización' del sistema" a la vez que disponía que "la designación de rectores y decanos iba a ser realizada por el Poder Ejecutivo a propuesta del Ministerio de Educación" y establecía la posibilidad de fijar aranceles a la enseñanza. Uno de los efectos de dicho arancelamiento fue que la matricula total de la UNCo pasó a ser de 1.127 estudiantes en 1976 a 422 en 1978.

La política de "ordenamiento administrativo y académico en pos de una mayor racionalidad de los recursos", sumado a la baja matricula y a la deserción, llevó a establecer no abrir los primeros años de aquellas carreras que no llegaran a quince aspirantes. Asimismo, se ordenó que las personas encargadas de la biblioteca debían separar la bibliografía cuyos autores o características se encontraran encuadrados dentro de las prohibiciones. Además, se privilegiaron las áreas de investigación y extensión que estuvieran vinculadas a estudios técnicos de factibilidad para la economía de la región, los estudios médicos y la psico-matemática. Poco o nulo era el desarrollo de las ciencias sociales.

En 1979 se fijaron normas y pautas de ingreso y se

aprobó un sistema de selección y admisión de estudiantes, además de la obligatoriedad de aprobar las evaluaciones finales después de cada cursada. El arancelamiento se estableció por la Ley Universitaria 22207 y por el decreto del Poder Ejecutivo Nacional N° 279. Paralelamente se buscaba fortalecer y desarrollar un sistema de subsidios, becas y créditos educativos tendientes a asegurar la igualdad de oportunidades para estudiantes que, "teniendo capacidad probada para el estudio" se encontraban con obstáculos para realizarlos por falta o insuficiencia de recursos económicos. En la UNCo son pocas las fuentes con las que se cuenta para determinar en qué medida funcionó este "plan de subsidios". La insuficiencia presupuestaria era una problemática ya presente en este periodo y las autoridades la percibían como una limitación. Por eso se arancelaron también las actividades vinculadas a la extensión que la propia universidad promovía y desarrollaba.

En cuanto a lo administrativo, desde Nación le propusieron a la UNCo cambios en la estructura administrativa con un organigrama que tendiera a una mayor eficiencia y a una política económica de contención del gasto público, parámetros y aspectos que se incrementaron luego, a finales de la década del 90 y en el marco de la crisis neoliberal.

Si bien la dictadura afectó al funcionamiento de la UNCo, no lo hizo en todas sus sedes por igual. Las situaciones y características que se dieron en la sede central, al estar ubicada en un lugar con población que tendía a la movilización política y a la concentración de estudiantes, no fue la misma que, por ejemplo, en los centros regionales, alejados de los focos de conflicto. De hecho, la distribución de sedes en distintos puntos geográficos fue una planificación estratégica para desarticular la posible organización al interior de la universidad. Pero, la descentralización implicó también la autonomía académica de cada uno de esos centros regionales, que tornó caótico, a ojos de los interventores, el normal cumplimiento de las mínimas normas de administración académica.

Así, mientras había estudiantes y personal desaparecido en las inmediaciones de la sede central o un seguimiento sistemático del quehacer estudiantil, también se sucedieron otras o similares situaciones en las sedes más alejadas. Por ejemplo, en el CRUB, era recurrente el pedido anual de la conformación de los claustros de todo el Centro Regional por parte del Escuadrón 34 de Bariloche, que solicitaba nombres, apellidos, cantidad de estudiantes, de docentes o el pedido de destitución de su primer director, Francisco De Haro, y todo su equipo de gestión.

Ordenando la casa

Durante la presidencia de Raúl Alfonsín, al igual que en otros aspectos e instituciones del país, se decidió volver a darle un carácter democrático al sistema uni-



Elecciones del Centro de Estudiantes en el CRUB, año 1985 aproximadamente.

Imagen: gentileza de los autores

versitario público argentino. Se buscó recuperar los principios de la reforma universitaria de 1918, lograr que el sistema creciera y que recuperara su autonomía. El Poder Ejecutivo designó interventores para las casas de estudio, en su mayoría pertenecientes a la Unión Cívica Radical (UCR). Su objetivo fue establecer las bases sobre las cuales se darían las elecciones dentro de las instituciones. Asimismo, se quitó el arancelamiento y se eliminaron los exámenes de ingreso, aumentando rápidamente la población estudiantil. Esto dejó en evidencia un problema clave, que tal vez persiste hasta hoy: las condiciones edilicias y los recursos humanos disponibles no eran suficientes para recibir tal cantidad de ingresantes.

En el caso de la UNCo, una de las primeras medidas que daba cuenta de la democratización fue el decreto 3039/83. En él se aprobó el estatuto que fue puesto en práctica cuando asumieron las primeras autoridades constitucionales, luego de la intervención. Paralelamente, mediante la Ley 23068 se comenzó con las reincorporaciones de aquellas personas que habían sido desafectadas de sus puestos de trabajo entre el 24/3/1976 y el 9/12/1983, respetándoles su categoría y la antigüedad. Quienes desearan volver debían demostrar que su exclusión había sido por motivos políticos, gremiales o conexos.

La apertura democrática trajo consigo el intento de consolidación de las principales áreas de la universidad: extensión, enseñanza e investigación. Los llamados a concursos se tornaron constantes ya que se consideraba que la UNCo estaba en proceso de formación de su planta docente. Para ello fue necesario reformular el reglamento del claustro y por eso desde 1986 se estableció el régimen/figura de "docente interino". Se consideraba que también era necesario formar recursos humanos para el desarrollo científico tecnológico; por eso, mediante la Ordenanza 164/86 se estableció el reglamento de becas internas de investigación de la UNCo. Hacia 1987 se aprobó el otorgamiento de las primeras becas para estudiantes y personas graduadas, siendo el CRUB y la Facultad de Humanidades las sedes que más becarias y becarios tenían.

Las propuestas innovadoras y democratizadoras rápidamente encontraron sus límites en un contexto que comenzó a ser inestable, principalmente por la economía, dada la situación de hiperinflación. Frente a esta inestabilidad, los distintos claustros comenzaron a organizarse. El claustro estudiantil volvió a ganar peso en las universidades. La Franja Morada, identificada con el radicalismo, fue la principal coalición estudiantil. Por su parte, el claustro docente también buscó su espacio para plantear sus demandas. En 1987 se creó la Confederación Nacional de Docentes Universitarios (CONADU) desde donde se hicieron sentir los reclamos salariales y de falta de presupuesto en el sistema. El gremio ganó fuerza y de hecho, una de las seccionales más combativas fue la de la UNCo. Si bien hubo propuestas salariales de Nación que fueron aprobadas por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN), la UNCo las rechazaba por unanimidad y continuaba peleando por el 100% de aumento sobre los básicos de los salarios de aquel entonces. La crisis se incrementaba a tal punto que fue declarada la emergencia institucional, y desde la UNCo se solicitó a todos los estamentos legislativos provinciales de Neuquén y de Río Negro su intervención para la urgente solución del conflicto docente, la recomposición salarial, el aumento del presupuesto educativo nacional, la defensa de la universidad pública, gratuita, autónoma cogobernada y popular. Asimismo, se reclamaba la derogación del decreto 2139/87 de retiro voluntario en el ámbito universitario, la convocatoria inmediata al parlamento para que vote una partida de emergencia presupuestaria, que no sea a expensas del presupuesto del año 1988 y la urgente sanción de la Ley Universitaria que contemple el cogobierno cuatripartito, y de la Ley de Autarquía.

Las ordenanzas y resoluciones de 1987 en adelante dan cuenta del agotamiento presupuestario y la imposibilidad de imputar gastos que no contaran con crédito. Sumado a ello, desde Nación se solicitaba que se hiciera una "racionalización administrativa" apuntando a reducir los cargos para "mejorar la eficiencia operativa y de gestión" y se planteaba un programa de reducción. La UNCo decidió mantener como prioridad los gastos destinados a educación e investigación. El ahogamiento financiero sumado a la conflictividad docente y de la sociedad hizo que, a fines del gobierno de Alfonsín, las universidades se encontraran iniciando un proceso de democratización en su interior, pero ahogadas presupuestariamente.

La crisis de los noventa

En 1991, el gobierno de Carlos Saúl Menem aplicó el Plan de Convertibilidad que establecía una relación cambiaria fija de un dólar igual a un peso. Ésta y otras medidas permitieron, inicialmente, controlar la inflación, pero más adelante comenzaron a manifestarse los efectos de su política neoliberal. Como consecuencia, comenzaron las privatizaciones, la reducción del empleo público y la desregulación económica que a su vez motivó un incremento de la desocupación, la precarización laboral y el aumento de la pobreza. En estos primeros años de gobierno de Menem, al igual que en el país, el conflicto en la UNCo parecería haberse apla-



Datos estadísticos de la UNCo, extraídos de su página *web*.

cado, se lograron concretar ampliaciones edilicias y se ampliaron los beneficios estudiantiles, por ejemplo, con residencias entregadas por la provincia de Río Negro, tendiendo a la contención de la matrícula estudiantil.

Hacia 1995 la crisis volvió a hacerse patente y a raíz de la situación económica comenzaron a trastocarse los principios básicos y fundantes de las universidades. Se sancionó la Ley de Educación Superior (LES) Nº 24521, la cual planteaba una reestructuración presupuestaria y curricular. Además, se crearon los Consejos Regionales de Planificación de Educación Superior (CRPES) y la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU), los cuales funcionaban como aparatos de control, regulación y evaluación del sistema. Estos organismos contaron legalmente con funciones y atribuciones que iban en contra de la autonomía de las universidades nacionales. La UNCo fue una de las instituciones que más resistió su avance.

El recorte presupuestario implementado a fines de la década de 1990 y la deuda que el Estado nacional mantenía con las universidades llevó a jornadas de protesta por parte de la Federación Universitaria del Comahue (FUC), y los gremios APUNC (que agrupa al personal no docente) y ADUNC (del personal docente), con suspensión de actividades académicas y administrativas, cortes de calles y convocando a toda la comunidad a concentrarse en la sede central de la universidad. El estado de alerta y movilización se tornó permanente. Mediante la Ordenanza 66/98 se declaró el estado de emergencia económica de la UNCo y se sostenía que las propuestas de presupuestos que emanaban desde Nación afectaban principalmente a las universidades chicas del interior del país. Para sostener al estudiantado, entre otras cosas, mediante la Ordenanza 61/98 se creó el Fondo Solidario de Emergencia Presupuestaria, que se constituía con el aporte voluntario equivalente al 15% del salario básico de las autoridades y de otros miembros de la comunidad universitaria.

En 1999 cambió el gobierno nacional pero no la situación del país. En el 2002 se inscribieron 1118 estudiantes para las becas de ayuda económica, un número nunca antes visto. Sedes como el CRUB, que tenía un promedio de 10 solicitudes en años anteriores, en el 2002 tuvo 45. A pesar de las limitaciones presupuestarias y con severas dificultades, la UNCo continuó desarrollando todos sus programas (docencia, investigación, extensión y gestión), incrementó la oferta académica de grado y posgrado, como así también la inscripción de aspirantes al ingreso, entre otros.

El Consejo Superior, máximo órgano de gobierno de la Universidad, rechazó las medidas de ajuste anunciadas por el presidente De la Rúa en 2001 y tomó la decisión de abonar los salarios y las becas en su totalidad, sin descuentos y autorizando la reasignación de las partidas presupuestarias. El Estado le debía a la UNCo también las partidas desde 1998 al 2000, situación que afectaba el desarrollo de todas las áreas.

Sumado a esta situación de conflicto, en el 2002 sucedió la tragedia del cerro Ventana donde un alud de nieve alcanzó a docentes y estudiantes de la Carrera de Profesorado de Educación Física del CRUB mientras realizaban una práctica de la asignatura "Caminatas de Montaña", situación que enlutó a toda la comunidad.

Un nuevo siglo

Según el Dr. en Ciencias Sociales, Claudio Suasnábar, en el marco de los gobiernos kirchneristas, hubo un aumento sostenido del presupuesto, se continuó con los incentivos de investigación, crecieron los recursos en el área de Ciencia y Técnica y se conformó el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. Hubo un cambio en los paradigmas de la universidad pasando de una lógica de mercado al acercamiento con el pueblo. Una política clara en ese sentido fue el Programa de Voluntariado Universitario en el marco del Bicentenario, desarrollado por las áreas de extensión. Esto coincidió con los principios rectores del proyecto nacional, la ampliación de derechos y el desarrollo productivo enfocado en la reindustrialización. Desde 2011 también se comenzó a implementar la carrera docente

DESDE LA PATAGONIA

con recursos del Ministerio de Educación aportándole estabilidad y reconocimiento al plantel, aunque las reglas de implementación no fueron del todo claras y se generaron disputas al interior de cada sede.

El aumento del presupuesto educativo, que pasó a ser del 6% del PBI en el 2012, también significó un cambio importante para el desarrollo universitario. La UNCo recibió ese año casi el doble de presupuesto que en años anteriores, permitiendo el desahogo financiero y distribuyendo créditos para su normal funcionamiento. Se hizo fuerte hincapié en la obra pública, construyendo edificios e iniciando obras nuevas para hacer frente a la demanda de espacio físico.

Sin embargo, una deuda quedó pendiente: la modificación de la LES. Los resabios de esta Ley y la CONEAU llevaron entre 2004 y 2006 a la toma por parte del estudiantado de todas las sedes de la UNCo, menos la Facultad de Medicina. Con la Ordenanza 738 la UNCo se convirtió en ese entonces en la única universidad del país que no entraría en el proceso de acreditación de sus carreras. Dicha Ordenanza planteaba el inicio de acciones concretas para cambiar la LES, situación que no ocurrió porque dentro de la UNCo no se logró un consenso al respecto. El doctorado, la licenciatura y el profesorado en Ciencias Biológicas del CRUB estuvieron en el centro de la escena entre el 2014 y el 2015 porque querían acreditar ante la CONEAU, situación que reavivó la discusión en todos los claustros. Un grupo de estudiantes y docentes se manifestaron en contra del tratamiento de las acreditaciones de estas carreras, haciéndolo de forma violenta, con petardos y bengalas de humo.



Imagen: F. Viegas Barriga.

Movilización en Bariloche en defensa de la Universidad Pública, septiembre de 2018.

Hacia finales del 2015 y ante los resultados eleccionarios, la universidad se encontraba nuevamente sin un destino claro y si bien el presupuesto había aumentado y permitía el funcionamiento de la UNCo, no habilitaba posibilidades de crecimiento. Con el gobierno de Mauricio Macri la situación se mantuvo e incluso empeoró. Todos los claustros se vieron en estado de alerta y movilización; el paro, las marchas, las asambleas, las clases públicas en defensa de la educación superior, volvieron a ser habituales en las universidades. El retraso en el pago de las partidas presupuestarias generó deudas y problemas en la acreditación y aumento de los salarios, que repercutieron en el normal desarrollo de todas las actividades de la universidad.



Imagen: F. Viegas Barriga.

Reclamos por la acreditación de la carrera de biología en el CRUB, abril de 2018.

CARRERAS DE GRADO- PROVINCIA DE NEUQUEN		
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD Enfermera/o y Lic. en Enfermería, Lic. en Saneamiento y Protección Ambiental, Tec y Lic. en Higiene y Seguridad en el Trabajo	**FACULTAD DE INGENERIA** Ingeniería Civil, Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Petróleo, Química y Mecánica Profesorado en física, Profesorado en química, Lic. en Ciencias Geológicas, Lic. en Tecnología Minera, Tec. en Topografía, Tec. en plantas y análisis de Menas	**FACULTAD DE ECONOMIA Y ADMINISTRACIÓN** Lic. en Administración, Profesorado en Ciencias Económicas, Profesorado y Lic. en Matemática, Contador Público Nacional, Lic. en Gestión y Administración Universitaria Lic. en Economía
FACULTAD DE HUMANIDADES Profesorado y Lic. en Filosofía, Profesorado y Lic. en Geografía, Profesorado y Lic. en Historia, Profesorado y Lic. en Letras, Tec. en Planificación Ambiental	**FACULTAD DE INFORMATICA** Profesorado en Informática, Lic. en Ciencias de la Computación, Lic. en Sistemas de Información, Tec. en Desarrollo WEB, Tec. en Administración de Sistemas y Software libre	**ASENTAMIENTO UNIVERSITARIO SAN MARTIN DE LOS ANDES** Tec. Forestal, Tec. en Espacios Verdes, Guía de Turismo
FACULTAD DE TURISMO Lic. en Turismo, Tec. en Empresas de Servicios Turísticos, Guía de Turismo		**ASENTAMIENTO UNIVERSITARIO ZAPALA** Lic. en Tecnología Minera, Tec. en Topografía, Tec. en Plantas y Análisis de Menas
CARRERAS DE GRADO- PROVINCIA DE RIO NEGRO		
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL ZONA ATLANTICA (Viedma) Profesorado y Lic. de Ciencia Política, Profesorado y Lic. en Psicopedagogía, Profesorado en Lengua y Comunicación Oral y Escrita, Profesorado en Ciencias Agropecuarias, Lic. en Gestión de Recursos Humanos, Lic. en Gestión de Empresas Agropecuarias, Tec. Superior en Producción Agropecuaria, Enfermera/o y Lic. en Enfermería, Lic. en Arte y Sociedad, Tec. y Lic. en Administración Pública, Tec. en Administración de Sistemas y Software Libre Tec. en Desarrollo Web	**CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO BARILOCHE** Profesorado y Lic. en Ciencias Biológicas, Enfermera/o y Lic. en Enfermería, Profesorado y Lic. en Historia, Profesorado y Lic. en Matemáticas, Profesorado en Ed. Física, Tecnicatura en Acuicultura, Ingeniería Civil, Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Petróleo, Química (primeros 3 años).	**FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES (General Roca)** Abogacía, Profesorado y Lic. en Comunicación Social Lic. en Servicio Social, Lic. en Sociología **FACULTAD DE LENGUAS (General Roca)** Profesorado y Traductorado en Inglés
	ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS (San Antonio Oeste) Lic. en Biología Marina, Tec. en Producción Pesquera y Maricultura	**FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS (Cipoletti)** Medicina Lic. en Nutrición
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS (Cinco Saltos) Ing. Agronómica Tec. en Desarrollo Agropecuario para Pequeños y Medianos Productores Tec. en Espacios Verdes	**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN (Cipolletti)** Profesorado en Nivel Inicial, Profesorado de enseñanza en Ed. Primaria, Profesorado y Lic. en Ciencias de la Ed., Psicología	**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (Villa Regina)** Lic. en Gerenciamiento Gastronómico, Lic. en Tecnología de los Alimentos, Tec. en Control e Higiene de los Alimentos, Tec. Auxiliar en Nutrición

Carreras universitarias de grado de todas las sedes de la UNCo.

La virtualidad

Si bien la UNCo había tenido proyectos para implementar la educación a distancia en algunas áreas, no fue algo que se concretara de forma homogénea en toda la institución. Por eso, ante la pandemia del COVID 19, en la mayoría de los casos hubo que volcarse a la virtualidad sin las herramientas necesarias y sin precisiones de cómo hacerlo. Si bien esta modalidad pudo tener sus ventajas para quienes se encontraban lejos de las sedes donde cursaban sus carreras o para quienes pudieron combinar su trabajo con el estudio, sería apropiado debatir también sobre la calidad de la educación a distancia, hacer un balance de lo acontecido y pensar qué herramientas y metodologías continuaremos usando o no.

Medio siglo recorrido

El trabajo colectivo de docentes e investigadores sostenido a lo largo de estos 50 años de trayectoria le ha valido a la UNCo diferentes distinciones que dan cuenta de la calidad de la institución. De esta forma, nuestra universidad se erige como referente en determinadas áreas de conocimiento y/o formación. Ejemplo de ello son dos distinciones que ha recibido recientemente. Una, vinculada al CRUB y la producción científica de ecología y evolución que en esta sede se desarrolla, gracias a la cual la UNCo esta ranqueada primera a nivel nacional y quinta a nivel latinoamericano como referente de investigación en dicha área. La otra, es estar ranqueada entre las diez mejores universidades del país, un logro notable para una universidad que se encuentra en la periferia de los grandes centros urbanos y ha transitado sus 50 años en diversos contextos políticos, económicos y sociales pero siempre con una premisa firme: apostar por una educación pública, gratuita y de calidad sin perder de vista la impronta regional.

Para ampliar este tema

Bandieri, S. (1998). *Universidad Nacional del Comahue 1972-1997. Una Historia de 25 años*. Neuquén, Argentina: EDUCO.

Echenique, J. (2005). El movimiento estudiantil universitario del Comahue (1970-1976). En: O. Favaro (Coord.), *Sujetos sociales y políticas: historia reciente de la Norpatagonia argentina*. Buenos Aires, Argentina: La Colmena.

Suasnábar, C. (2001). Resistencia, cambio y adaptación en las Universidades argentinas: problemas conceptuales y tendencias emergentes en el gobierno y la gestión académica. Revista Brasileira de Educaçao, 17: 50-62.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

RESEÑA DE LIBRO

Mirar la Tierra desde el espacio. 30 años de la Agencia Espacial Argentina



Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)
2021.
ISBN 978-987-96864-2-3
Publicación de CONAE, Libro digital, Buenos Aires, Argentina. 152 pp.
En castellano.

Reseña realizada por Miguel Ángel Pesado.
Presidente del Consejo Profesional de la Ingeniería en Telecomunicaciones, Electrónica y Computación de la República Argentina (COPITEC). Director de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones – Universidad Nacional de Lanús (UNLA). Ex Director de Arsat.
mpesado@gmail.com

Esta obra representa una brillante síntesis de la historia aeroespacial argentina, desde las primeras experiencias en lanzadores y satélites. Es una prueba cabal de la capacidad de la ciencia y la tecnología argentinas, que destaca tanto valores humanos como materiales. Se ve reflejada la evolución desde las primeras experiencias con satélites de radioaficionados (Pehuensat), hasta los Saocom, pasando por los SAC, y siguiendo este proceso, el desarrollo de constelaciones futuras, como Saviamar. En materia de lanzadores, y como emblema de la tecnología nacional en este rubro, sobresale la historia del misil Cóndor, llegando a nuestros días con el Tronador, sin olvidar los ensayos pioneros previos al Cóndor, realizados por la Fuerza Aérea Argentina. Un proceso evolutivo que no saltea etapas. Aportes a este desarrollo lo constituyen figuras de la talla del Dr. Conrado Varotto y del inolvidable Cacho Otheguy, que no pueden dejar de mencionarse; a ellos mi homenaje. La industria satelital es mostrada con sus máximas luminarias: FAA, CNIE, CONAE, INVAP, VENG, UNLP, múltiples instituciones públicas y privadas que contribuyeron al desarrollo aeroespacial. El libro muestra todos los perfiles de dicho proceso y todos sus actores; los éxitos y los fracasos en materia de lanzadores y de satélites no geoestacionarios. Un relato apasionante desde los primeros ensayos de lanzamiento hasta el objetivo próximo para alcanzar la órbita. Este documento histórico demuestra el rol del Estado Nacional encabezado por CONAE, sin dejar de lado ninguna de las entidades contributivas, tanto públicas como privadas, en materia de lanzadores y satélites. No merece críticas, sino comentarios positivos. Resultaría coherente resaltar el rol de Arsat en el contexto aeroespacial nacional, lo cual podría plasmarse en una futura obra. Cabe destacar a Arsat como empresa emblemática del Estado Nacional, pionera y líder en el desarrollo de los servicios de telecomunicaciones mediante satélites geoestacionarios. Vaya mi reconocimiento en estos párrafos a los Arsat 1 y 2 y a la Gestión de las Posiciones Orbitales Argentinas de 72W y 81W, conquistando -de esta forma- una parte esencial de la soberanía aeroespacial del país mediante los logros conseguidos ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), logros que muestran un país que trabaja en la integridad y continuidad de su política satelital. Un libro sin desperdicio; su lectura promueve la conciencia nacional y el valor de su industria aeroespacial, y fundamentalmente la calidad intelectual de sus técnicos y científicos. El libro se encuentra disponible en Internet.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

ASOMBROSO HALLAZGO DE NIDOS FOSILIZADOS DEL PERÍODO CRETÁCICO

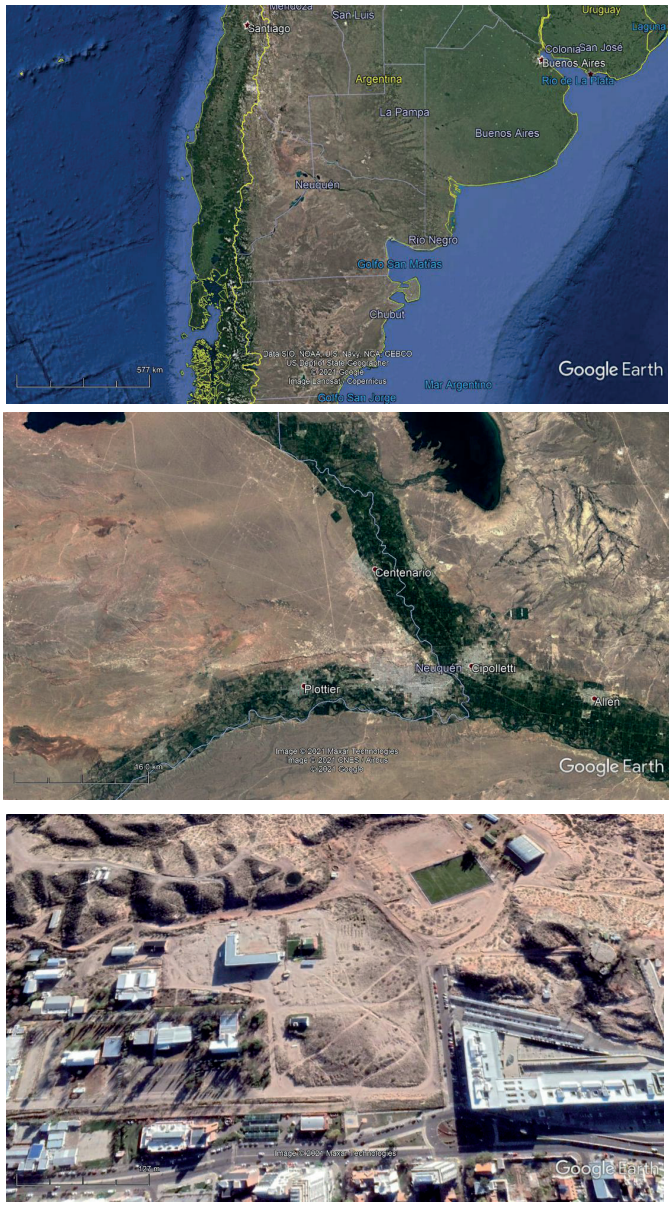
por Juan Porfiri y Domenica dos Santos

Los hallazgos paleontológicos en la ciudad de Neuquén son sorprendentes. El registro fosilífero del *campus* de la Universidad Nacional del Comahue es cada vez más relevante.

La paleontología neuquina ha sido muy importante para la región desde tiempos remotos. En 1882, el capitán Buratovich -un expedicionario croata- junto al paleontólogo inglés Lydekker, encontraron restos fósiles en la ciudad de Neuquén, que constaban de una vértebra caudal y un fragmento de costilla. Estos restos, desconocidos hasta ese momento, fueron llevados a Buenos Aires al presidente Julio A. Roca, que convocó al científico y naturalista Florentino Ameghino y al Dr. Doering para su análisis quienes reconocieron que se trataban de los primeros restos de un dinosaurio hallados en América del Sur, provenientes de rocas del período Cretácico. Fue así que el día 23 de marzo de 1883 en el diario La Nación, dieron a conocer los datos de aquel increíble descubrimiento realizado en la lejana Patagonia. Los restos provendrían de la zona conocida como la Boca del Sapo, donde actualmente se encuentra emplazada la legislatura de la provincia de Neuquén, lindante con el campus de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo).

Antecedentes paleontológicos del *campus* universitario

La UNCo fue creada en 1972 y, un año después se crearía su museo, el Museo de Ciencias Naturales y Regional el cual, con el transcurso de los años, se transformaría en un referente paleontológico de la Patagonia Norte. La UNCo, ubicada en la zona de bardas de la ciudad de Neuquén, está emplazada sobre terrenos de rocas sedimentarias del período Cretácico. En el campus de la Universidad predominan dos formaciones geológicas que corresponden al Grupo



Imágenes de la ubicación del hallazgo. Abajo, el *campus* de la Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.

Imágenes: gentileza de los autores

Juan Porfiri[1]
Lic. en Ciencias Biológicas
jporfiri@gmail.com

Domenica dos Santos[1]
Lic. en Ciencias Biológicas
domenicasantos@gmail.com

[1]Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería (FAIN-UNCo), Neuquén, Argentina.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

Neuquén: la Formación Bajo de la Carpa y la Formación Anacleto -que la suprayace-, ambas conocidas por sus contenidos fosilíferos.

La Formación Bajo de la Carpa presenta la mayor cantidad de hallazgos de este sector, aportando valiosos restos fósiles de especies conocidas mundialmente como el crocodiliforme *Neuquensuchus universitas* y los notosuquianos *Notosuchus terrestris* y *Comahuesuchus brachibuccalis*. También conformaban parte de la biota fósil del *campus* dos grupos de aves, las ornituromorfas basales como *Patagopteryx deferrariisi* y las enantiornitinas como *Neuquenornis volans*. Por otro lado, las especies de dinosaurios halladas en el *campus* están representadas por dos terópodos de pequeño tamaño, como *Velocisaurus unicus* y el alvarezsáurido *Alvarezsaurus calvoi*. Finalmente, también son bien conocidos los restos de serpientes basales como *Dinilysia patagonica* y de un pequeño lagarto llamado *Paleochelco occultato*. Además de los grupos mencionados, el *campus* también se destaca por su amplio registro de huevos fosilizados, los cuales fueron interpretados inicialmente como pertenecientes a cocodrilos, aunque se estima que podrían corresponder a un grupo de aves denominadas Enanthiornithes en cuyo interior, algunos han registrado restos de embriones fosilizados.

Recientes hallazgos de nuevas nidadas de aves cretácicas

El descubrimiento de estas nidadas fue producto de numerosas investigaciones, siendo las más recientes las efectuadas por Schweitzer y colaboradores en 2002 y por Fernández y colaboradores en 2013. Estos trabajos destacaron la importancia del sitio y su componente paleontológico, ya que han representado las primeras colonias de nidificación de aves mesozoicas (que incluye al Triásico, Jurásico y Cretácico), del supercontinente Gondwana. El Museo de Ciencias Naturales de la UNCo, lleva adelante desde 2013 tareas de investigación y educativas, poniendo en valor el *campus* universitario, intensificando las tareas de resguardo patrimonial y divulgando la riqueza paleontológica única que posee dicho predio.

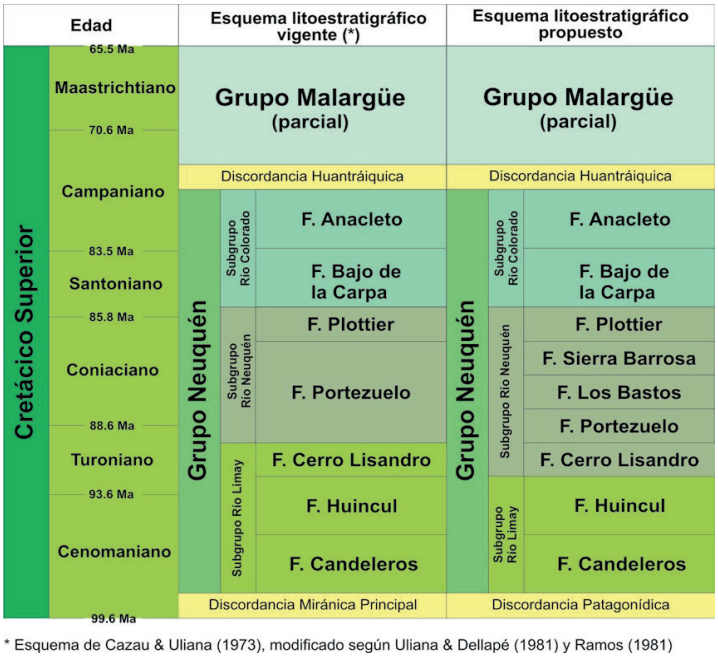


Imagen: gentileza de los autores

Monitoreo de máquinas durante remoción de sedimentos.

Debido a la construcción de nuevos edificios, como el de la Facultad de Ciencias del Ambiente y Salud (FACIAS), se activaron protocolos de resguardo pa-

Esquema litoestratigráfico del Grupo Neuquén (tomado de Garrido, 2010). Hallazgos producidos en la Formación Bajo de la Carpa.



* Esquema de Cazau & Uliana (1973), modificado según Uliana & Dellapé (1981) y Ramos (1981)

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DESDE LA PATAGONIA

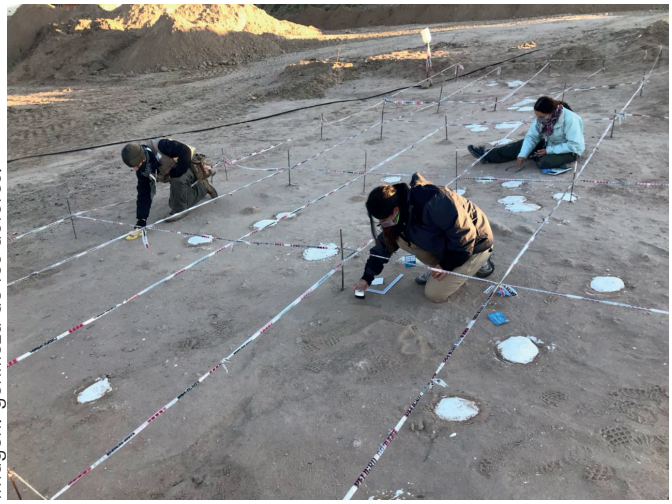


Imagen: gentileza de los autores.

Cuadrícula utilizada para análisis tafonómicos.

leontológico. Esta nueva obra, que se emplaza entre la Facultad de Turismo y el nuevo edificio de la Facultad de Informática se encuentra en un área paleontológica sensible, por lo que se realizaron prospecciones paleontológicas previas a los movimientos de suelo, seguidas de tareas de monitoreo de máquinas durante la remoción de sedimentos. Debido a este trabajo coordinado se han logrado identificar y rescatar nuevas nidadas de huevos de unos 85 a 83 millones de años. La disposición de dichos sitios de nidificación es en sentido noroeste-sudeste; se hallaron alrededor de 200 huevos, algunos de los cuales estaban aislados, y otros agrupados en nidos de dos a cuatro. Los materiales colectados fueron depositados en el repositorio del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad. También se dejaron materiales *in situ* que fueron protegidos con una tapa de yeso para su posterior aprovechamiento como material turístico, educativo y patrimonial.

Se obtuvieron datos tafonómicos (procesos que analizan al organismo desde que muere hasta que son descubiertos) mediante cuadrículas que posibilitan georreferenciar cada uno de los hallazgos y documentar la depositación de los huevos, es decir si estaban en posición vertical u horizontal.



Imágenes: gentileza de los autores.

Imagen panorámica del sitio de nidificación.





Arriba: Corte transversal de un huevo al momento de hallazgo. Abajo: Huevos *in situ* antes de ser retirados del campo.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385



Imagen: gentileza de los autores

Preparación de materiales fósiles *in situ*.

Los huevos se caracterizan por poseer una cáscara muy fina, de menos de un milímetro de espesor, sin ornamentación y su forma es elíptica con un tamaño entre polos de unos 5 centímetros y un diámetro ecuatorial de unos 2,5 centímetros. Este hallazgo representa una de las mayores concentraciones de nidadas de huevos de aves cretácicas del mundo y el mayor rescate de restos fósiles del *campus* universitario

Geología e interpretación paleoambiental

El Grupo Neuquén se destaca por ser una sucesión de rocas de origen continental que afloran en varias regiones de las provincias de La Pampa, Neuquén, Río Negro y Mendoza. Su antigüedad va desde el Cenomaniano hasta el Campaniano (aproximadamente desde los 98 a los 74 millones de años), durante el período Cretácico Superior. Los estudios geológicos de la zona del *campus* han permitido identificar a estos niveles de la Formación Bajo de la Carpa (Grupo Neuquén) como depósitos eólicos de un ambiente árido dominado por dunas y por pequeños cuerpos de agua efímeros. En la actualidad, una zona con características semejantes a estos depósitos cretácicos se puede observar en la zona de Valle Argentino y El Meauco, en la provincia de La Pampa.

Legislación

Los fósiles son protegidos por la Ley Nacional N° 25743 de Protección del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico y la Ley Provincial N° 2184/96 de Protección de Patrimonio Histórico, Arqueológico y Paleontológico. En caso de hallazgo de restos fósiles se debe dar aviso a las direcciones de patrimonio de las provincias, universidades, gendarmería, policía, etc., quienes comunicarán a los profesionales correspondientes para la realización de las tareas de rescates y resguardo patrimonial.

Especialistas a cargo de las tareas de resguardo

Los trabajos de resguardo patrimonial realizados en el *campus* de la UNCo fueron coordinados por los paleontólogos de la misma Universidad, Juan Porfiri y Domenica dos Santos, junto a los estudiantes avanzados de geología de esta casa de altos estudios, Darío López, Macarena Martínez, Santiago Sánchez y Martín Gasparini.



Imagen:G. Lío.

Los huevos podrían pertenecer a *Neuquenornis volans*, una pequeña ave colectada en el *campus* de la universidad. Ilustración Gabriel Lío.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

ENERGÍA Y AMBIENTE

BIOENERGÍA Y BIORREMEDIACIÓN

Coordinado por Hugo Luis Corso

Nuestro planeta enfrenta dos grandes desafíos: la demanda energética de una población creciente y la contaminación ambiental como amenaza a un modo de vida sustentable y en armonía con el ambiente. A pesar de la declinación de las existencias de hidrocarburos, la energía térmica producida por su combustión sigue siendo un componente importante de la matriz de generación energética, y el mayor aportante de gases de efecto invernadero.

En nuestro país, de los 41.951 MW de potencia instalada en 2020, el 60,5% correspondió a energía térmica, el 25,8% a hidráulica, 4,2% a nuclear y el 9,5% a energías renovables. La participación de las renovables, que abarcan biomasa, eólica, solar y biogás, llegó al 13% durante 2021, lo cual puede considerarse auspicioso desde el punto de vista de la diversidad en relación a fuentes de generación eléctrica.

Por otra parte, la contaminación ambiental es una consecuencia tanto de la generación energética como de la eliminación de efluentes domésticos e industriales. Un estudio reciente de la Comisión sobre Contaminación y Salud de la publicación The Lancet, señala que la contaminación fue la responsable de nueve millones de muertes en el mundo durante 2019. La contaminación del aire sigue siendo la mayor causa de mortalidad, con más del 70% del total de víctimas, mientras que a la contaminación del agua le correspondió el 15%. El plomo contribuyó aproximadamente con un 10%, y los riesgos laborales por exposición a sustancias tóxicas aportaron un porcentaje similar. Los autores del estudio concluyeron con un conjunto de recomendaciones, donde indican que "la contaminación, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad están estrechamente relacionados. El control exitoso de estas amenazas conjuntas requiere una interfaz científico-política formal con apoyo global para informar la intervención, influir en la investigación y orientar la financiación". Por su parte, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC) acaba de asegurar que el calentamiento global va a producir de manera inevitable consecuencias devastadoras, a las cuales las personas deberán adaptarse. En suma, todo el esfuerzo que se haga desde el sistema científico-tecnológico para desarrollar fuentes de energía limpias, reducir la contaminación ambiental y disminuir el calentamiento global limitando la emisión de gases de efecto invernadero, contribuirá a un mejoramiento del planeta.

Para contribuir a pensar en estas problemáticas, Desde la Patagonia organizó este dossier, invitando a tres profesionales, investigadoras del Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Comisión Nacional de Energía Atómica, a que nos den un panorama de sus trabajos, orientados a desarrollar formas novedosas de generación de energía, aprovechamiento de efluentes, captación de contaminantes y producción de nuevos combustibles, a través de métodos biológicos. El primer artículo, se refiere a la producción de biocombustibles a partir de la biomasa de algas. Particularmente, enfoca la producción de biodiesel a partir de aceites generados por las algas, el mejoramiento de esta capacidad y el aprovechamiento de la biomasa residual. El segundo, trata sobre sistemas bioelectroquímicos y la utilización de agentes biológicos para producir energía a partir de efluentes; nos ilustra sobre las celdas de combustible y las celdas electrolíticas microbianas, aplicables, por ejemplo, a la generación de hidrógeno. El dossier cierra con un artículo que nos introduce en la utilización de microalgas para la remediación de la contaminación por metales, la selección de cepas que se adaptan a ambientes contaminados, y los ensayos que se están realizando sobre remoción de diferentes metales en efluentes y reservorios acuáticos. Esperamos que este dossier sea un buen aporte para repensar a los residuos no como residuos o basura, sino como materias primas de otros procesos novedosos para la producción de nuevos bienes, la generación de energía, y la reducción de la contaminación mediante la extracción de sustancias peligrosas o no biodegradables del ambiente.

Palabras clave: Biocombustibles, bioenergía, captación de metales.

Hugo Luis Corso[1]
Ingeniero Químico
hugocorso@gmail.com

[1] Ex Investigador del Centro Atómico Bariloche y ex Docente del Centro regional Universitario Bariloche (CRUB), Universidad Nacional del Comahue (UNCo).

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

ENERGÍAS ALTERNATIVAS

BIOCOMBUSTIBLES: EL CASO DE LAS ALGAS

Las algas como una opción alternativa y sustentable en la provisión de una forma de energía esencial: Biocombustibles de tercera generación.

Carolina Bagnato

El consumo de energía aumenta conforme crecen las sociedades modernas y la demanda de industrialización de los países en vías de desarrollo. Esta situación lleva a la búsqueda de más y nuevas fuentes de energía para alimentar distintas necesidades, desde el consumo energético de un hogar, el de procesos industriales con consumos de distinto tipo, hasta combustibles líquidos en sus distintas variantes para abastecer el transporte. Una de las principales fuentes de energía comúnmente utilizada para suplir los distintos requerimientos energéticos es el petróleo. Esta mezcla singular de compuestos hidrocarbonados deriva de procesos de fosilización y larga acumulación de restos de microorganismos, animales y vegetales. Si bien la industria del petróleo resultó ser sumamente exitosa, desde un tiempo a esta parte se han identificado una serie de problemas con este material y la tecnología asociada a su explotación. El principal inconveniente es que se trata de un recurso no renovable, por lo que, llegado un punto, los depósitos de petróleo no alcanzarán para suplir la demanda mundial. Por otra parte, tanto las actividades de explotación como la combustión de este combustible son altamente contaminantes. En este contexto surge la búsqueda de formas de energía denominadas renovables y alternativas. Además, a esta búsqueda se suma la dimensión de sustentables, lo que significa que las alternativas no solo deben poder suplantar las distintas formas requeridas y necesidades actuales, sino que además deben impactar lo menos posible en nuestro entorno y en el ambiente. Dentro de esta búsqueda quienes han tenido un desarrollo y crecimiento destacable son los biocombustibles.

Palabras clave: Biodiésel, biomasa algal, desechos, energías renovables, sustentabilidad.

Carolina Bagnato[1]
Dra. en ciencias básicas y aplicadas
carolina.bagnato@cab.cnea.gov.ar

[1] Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Centro Atómico Bariloche (CAB), Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable.

Recibido: 08/04/2022. Aceptado: 30/05/2022.

Biocombustibles

Los biocombustibles son combustibles de origen biológico, derivados de biomasa, y representan una alternativa a los combustibles fósiles provenientes del petróleo. Según su origen se clasifican en biocombustibles de primera, segunda y tercera generación. Los de primera generación son los derivados de especies vegetales, o sea de plantas. Este es el caso del biodiesel en donde los aceites extraídos de cultivos más o menos oleaginosos - tales como la soja- se transforman en ésteres de metanol, la forma química de este combustible. Otro ejemplo de este tipo lo constituye el bioetanol, donde a partir de los azúcares de plantas como el maíz o la caña de azúcar se produce el biocombustible. Es importante destacar que la producción de este tipo de biocombustibles requiere del uso de tierras cultivables, para sostener los cultivos, y que varias de las especies comúnmente utilizadas compiten con la producción y demanda del mercado alimenticio. Los biocombustibles de segunda generación apuntan a generar una alternativa a esta situación, proponiendo la utilización de desechos de la industria alimenticia, como por ejemplo el bagazo de la caña de azúcar o la grasa animal, para producir bioetanol y biodiésel, respectivamente. En la búsqueda de más y nuevas alternativas surgen los biocombustibles de tercera generación, que recomiendan el uso de biomasa, proveniente de microorganismos, para la producción de este tipo de combustibles. En este contexto, desde hace ya varias décadas, las algas han sido propuestas como excelentes candidatas para tal fin. Entre las características que las hacen especialmente atractivas, las que más destacan son que se trata de organismos fotosintéticos que pueden crecer usando la luz solar y dióxido de carbono como fuentes de energía y carbono. Además, pueden crecer en aguas salobre y marina, no aptas para consumo, así como en aguas residuales tales como los

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

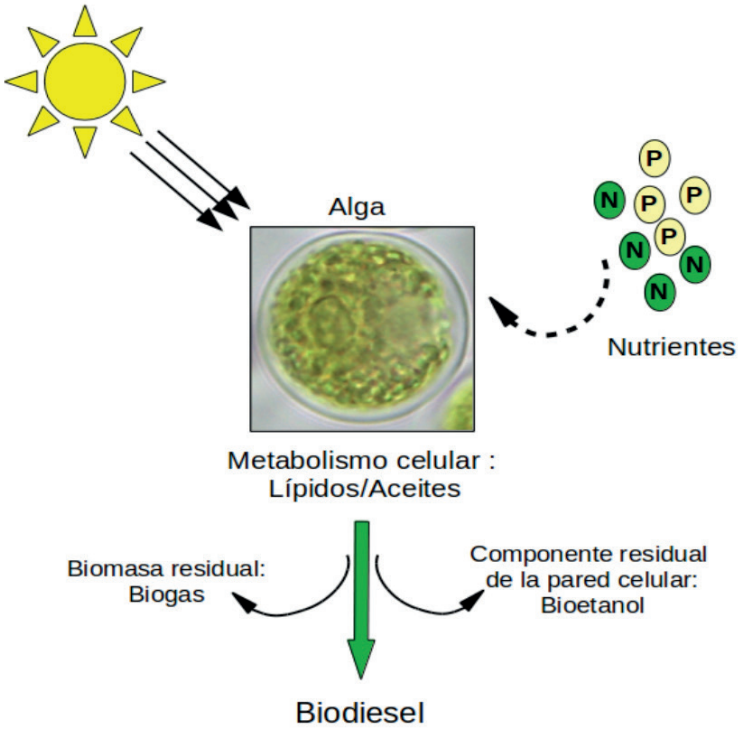


Figura 1. Las algas como fábricas celulares de biomasa en un proceso impulsado por energía solar y nutrientes. El esquema muestra una síntesis del proceso por el cual las células de algas (foto central), pueden mediante el metabolismo celular (fotosíntesis y otras vías metabólicas) transformar la energía solar, el dióxido de carbono y los nutrientes en biomasa. Luego esta puede ser utilizada en la producción de biocombustibles: biodiésel, bioetanol, biogás. N: nitrógeno; P: fósforo..

efluentes domésticos. Por otra parte sus cultivos pueden establecerse en zonas áridas de tierras poco fértiles, evitando su superposición con cultivos de la industria alimenticia y de esta manera la competencia con los mismos. A diferencia de las plantas, las algas poseen ciclos de vida cortos con tiempos de duplicación de su biomasa que, dependiendo de la fase del cultivo, puede ser de unas pocas horas. En relación con el tipo de biocombustible que de la biomasa de estos organismos se puede obtener, resulta interesante que distintos componentes de la biomasa algal podrían utilizarse para la producción de bioetanol y biodiésel. Más aún, la biomasa de algas puede usarse también en la generación de biogás. La Figura 1 presenta una síntesis del proceso y producción de distintas corrientes de biocombustibles representada sobre la estructura de un alga. El esquema grafica el potencial de la biomasa de algas y los principales insumos que se requieren para su desarrollo.

Biocombustibles de tercera generación: las algas

Como mencionamos anteriormente, las algas representan un grupo diverso de organismos cuya característica común es la de ser capaces de realizar fotosíntesis. Las hay de diferentes tamaños, microscópicas -denominadas microalgas-, y otras observables a simple vista, cuyos tamaños van desde unos pocos centímetros hasta varios metros, denominadas macroalgas. Son organismos acuáticos que habitan en agua dulce, salobre y marina. También pueden vivir en ambientes extremos como puede ser el Río Agrio en la provincia de Neuquén, donde el agua es muy ácida, así como en estanques o piletas de desechos industriales donde están sometidas a distintos compuestos tóxicos. Esto muestra la versatilidad de estos organismos y su capacidad de resistir y adaptarse a diferentes condiciones ambientales. En la Figura 2A, se muestran distintas especies de algas, algunas aisladas de ambientes naturales y de ceparios (ver Glosario). Las fotos fueron tomadas en microscopio de campo claro, a partir de cultivos vivos, sin fijación ni tinción. La coloración que se observa, en tonos de verde, corresponde a los pigmentos fotosintéticos presentes en las algas. En las fotos se puede apreciar la diversidad de estos organismos en cuanto a su morfología y hábitos de vida. Por ejemplo: algunas crecen separadas, otras agrupadas en cenobios, algunas presentan ornamentaciones como espinas en tanto que otras poseen superficies lisas.

En relación con los biocombustibles, las microalgas han sido consideradas para la producción de biodiésel de tercera generación. Actualmente, el biodiésel está pensado para cortar y/o suplementar el diesel derivado de petróleo. Tal es así que los países establecen y requieren de diferentes cantidades de corte. En un proceso de transición aún, el porcentaje de corte es bajo, pero se prevé que vaya aumentando con el tiempo, por lo que se espera que la demanda de biodiésel crezca. El biodiésel se produce a partir de los lípidos de las algas (ver Glosario), específicamente con los triglicéridos (ver Glo-

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

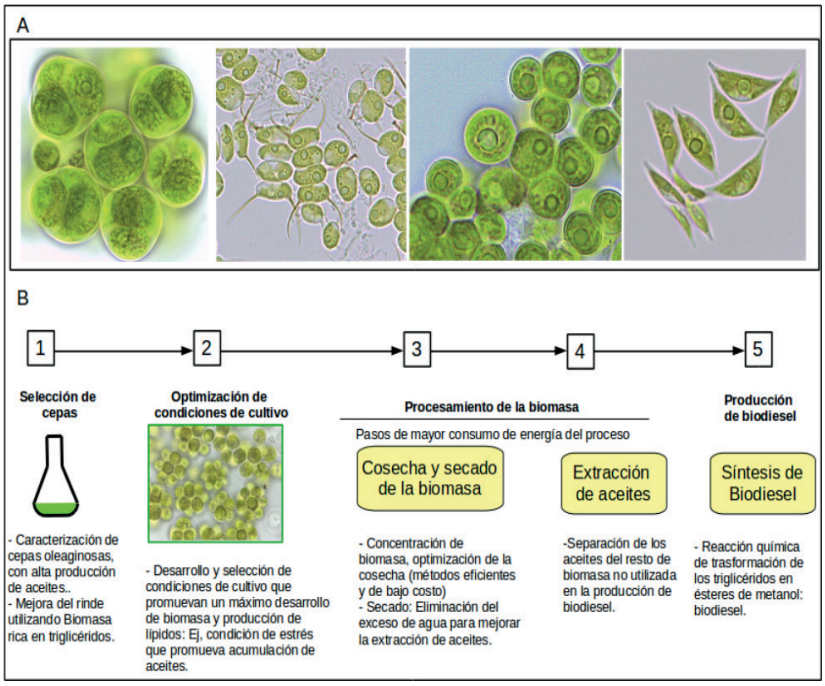


Figura 2. Diversidad de algas y pasos en la producción de biodiésel de algas. En el panel A, se pueden ver fotos de distintas especies/cepas de algas tomadas por microscopía óptica de campo claro (magnificación 100X). Todas las cepas forman parte del ceparío del Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica. Las fotos fueron tomadas en el laboratorio del Instituto a partir de cultivos en crecimiento, sin fijar ni teñir. La coloración que se observa es la característica debido a los pigmentos fotosintéticos. En el panel B, se resume el proceso de producción de biodiésel en cinco pasos, el esquema permite ver la secuencia de las etapas, en qué consisten y los potenciales puntos de optimización del proceso.

sario) comúnmente llamados aceites. El proceso implica una reacción química que transforma a los mismos en largas cadenas carbonadas, libres, que pueden entrar en combustión o ser quemados entregando energía. En términos químicos, las cadenas de carbono del biodiésel se parecen mucho a las del diesel derivado de petróleo y es por eso que funcionan como tal.

¿Qué es lo que las hace tan interesantes?

Algunas especies de algas tienen la capacidad de generar y almacenar una cantidad considerable de aceites, al punto tal de que un alto porcentaje de su biomasa -entre un 30% y un 60%- puede estar constituida por este tipo de sustancias. A la capacidad intrínseca de las algas de producir aceites, se suma el hecho de que hay ciertas condiciones en las que pueden aumentar el contenido de aceites a nivel celular y por ende de los cultivos. La forma de inducir u "obligarlas" a sintetizar y almacenar más aceites es estresándolas. Por algún motivo, no muy claro aún, cuando se ejercen distintos tipos de estrés sobre los cultivos, se tiende a frenar su crecimiento y a acumular aceites. Originalmente, se observó que cuando las algas eran privadas de nitrógeno en sus medios de crecimiento, esto promovía el aumento de aceites en los cultivos. Luego se comprobó que otros tipos de estrés como la privación de otros nutrientes, el aumento del contenido de sales en el medio, o la alta intensidad lumínica, también tenían este efecto. Esto constituyó una estrategia para aumentar el rendimiento de los cultivos y de esta manera hacer más atractivo el proceso de producción de biodiésel a partir de este tipo de biomasa. La posibilidad de aumentar el rendimiento de los cultivos hace que la biomasa que ciertas algas puedan generar sea una materia prima ideal para la producción de este combustible alternativo. En el interior celular los aceites forman estructuras esféricas que, en ocasiones, pueden ocupar gran parte del volumen celular. Durante el proceso de producción de biodiesel, este aceite deber ser extraído y modificado químicamente para su transformación en biocombustible. Para esto, la biomasa de algas que crece en suspensión en un medio acuoso, debe ser cosechada y el exceso de agua eliminado a través de un proceso de secado, para mejorar la eficiencia y los rendimientos de la transformación de aceites a biodiésel. La Figura 2 B, muestra la secuencia de pasos en el proceso de producción de biodiésel a partir de biomasa de algas. La Figura 3 muestra algunos ejemplos de algas oleaginosas, productoras de aceites, en condición de estrés, donde se puede apreciar la acumulación de los lípidos (aceites) en el interior celular.

Las algas: una alternativa sustentable

Como se mencionó anteriormente, para las nuevas tecnologías no alcanza con ser renovables, sino que además deben mostrar buenos rendimientos en términos energéticos y económicos, y ser sustentables, lo que implica, entre otras cosas, que el proceso de producción propuesto no debe generar mayores impactos en el ambiente que los que producen las tecnologías vigentes. En este contexto, el trabajo con microalgas se encuentra en un continuo proceso de mejora, tanto en los rendimientos de aceites de la biomasa, como de los pasos asociados a la cosecha, extracción de aceites y transformación de éstos a biodiésel. Por otra parte, en relación con la

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

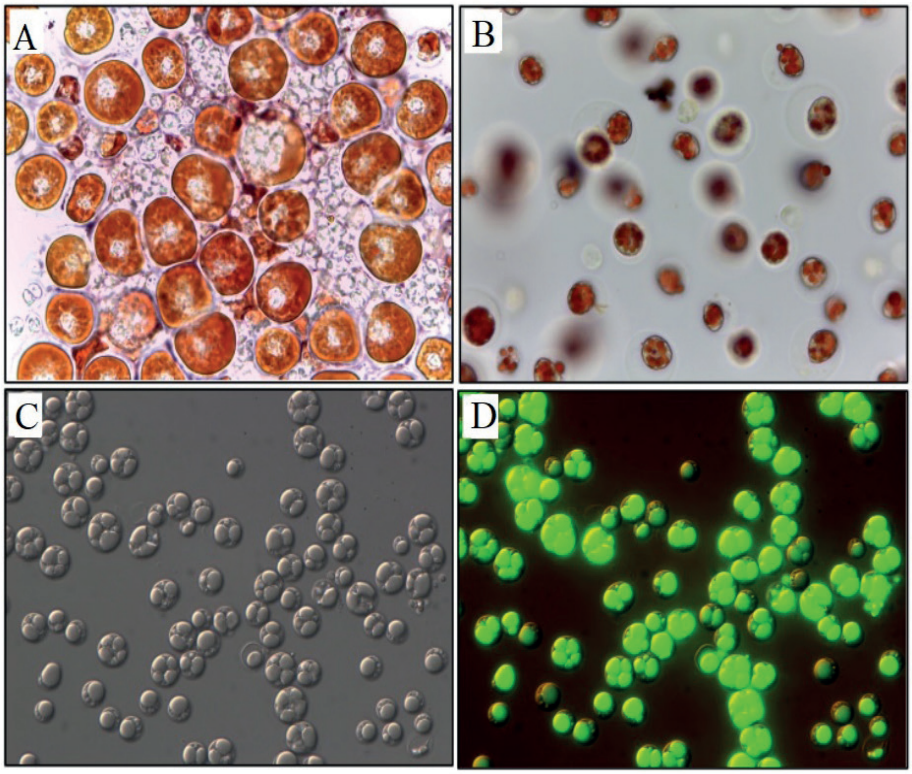


Imagen: gentileza de la autora.

Figura 3. Cepas de algas con alto contenido lipídico. Las fotografías corresponden a distintas especies de algas que fueron inducidas, por privación de nitrógeno, a producir aceites. En el panel (A), se muestran cultivos de la cepa C1, aislada de un humedal de la estepa rionegrina, en tanto que en (B) se muestra un cultivo de la especie *Chlammydomonas reinhardtii*, proveniente de la colección *Chlamy center* (USA). En ambos casos las células fueron fijadas y teñidas con el colorante específico para lípidos Oil Red O. En los paneles (C) y (D) se muestran fotos del género *Prototheca* sp., una cepa super-productora de aceites. Las fotos fueron tomadas de cultivos vivos, sin fijar, representan el mismo campo fotografiado con microscopía nomarski y de fluorescencia. La coloración verde fluorescente en (d) evidencia los lípidos en el interior celular teñidos con el colorante específico *bodipy*.

sustentabilidad, se trabaja en la posibilidad de utilizar diferentes desechos y/o corrientes de residuos para llevar adelante el crecimiento de los cultivos. En este marco, el objetivo de estos trabajos es evaluar la posibilidad de, con los cultivos de algas, mitigar la generación de ciertos desechos y al mismo tiempo abaratar los costos de producción de biomasa usándolos como insumos del proceso. Entre las propuestas más comunes se encuentra la de usar el dióxido de carbono producido por procesos industriales. Recordemos que el dióxido de carbono es uno de los insumos básicos para la fotosíntesis. Lo que se hace es canalizar el gas dióxido producido por alguna industria e inyectarlo directamente en los cultivos. De esta manera no solo se logra promover el crecimiento de los cultivos a una mayor tasa, sino que también se consume, por transformación a biomasa, uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global. En esta línea también se propone el uso de efluentes domésticos como "medio" de cultivo para las algas. El efluente no solamente da el sustento y medio líquido a los cultivos, sino que también ofrece nutrientes básicos como fósforo y nitrógeno, esenciales para su desarrollo. Ambos elementos se encuentran en grandes cantidades en los efluentes domésticos y deben ser removidos previo a su vuelco en cuerpos de agua. Desechos tales como el dióxido de carbono y los efluentes domésticos, pueden usarse como insumos del proceso de producción de biomasa de algas para la producción de biocombustibles. De esta manera el proceso de desarrollo de biomasa contribuye al tratamiento y mitigación de ciertas corrientes de residuos o desechos. Esto permite pensar en la posibilidad de acoplar procesos de remediación o saneamiento ambiental al de producción de energías alternativas a gran escala.

Otra de las formas en la que la tecnología de algas para producción de biocombustibles propone ganar en sustentabilidad, es mediante el aprovechamiento de toda la biomasa producida. Como dijimos, para producción de biodiésel esencialmente se procede a extraer los aceites y utilizarlos en la conversión a biocombustible. Sin embargo, en la biomasa residual queda una cantidad de materia y energía que puede recibir otros usos. Por ejemplo, los nutrientes como fósforo y nitrógeno y la biomasa residual podrían utilizarse en la preparación de enmiendas orgánicas, para el mejoramiento de tierras, o como suplemento dietario animal. La misma biomasa residual podría alimentar un sistema de producción de biogás por procesos fermentativos, contribuyendo a la generación de energía. También podría usarse como biosorbente en la biorremediación de metales en efluentes industriales.

Entonces, podemos resumir la sustentabilidad del proceso de producción de biocombustibles utilizando biomasa de algas en una serie de cuestiones. En primer lugar, las algas pueden crecer a base de usar desechos, transformando estos en un material útil. En este contexto hay que considerar que los cultivos de algas, serán

DOSSIER

ya parte de los organismos que consumirán el dióxido de carbono que se genera durante la combustión de los biocombustibles que a partir de los mismos se produzca, contribuyendo de esta manera a reducir su propia huella de carbono (ver Glosario). Además, los cultivos y el desarrollo de biomasa de algas pueden usarse para mitigar el contenido de contaminantes como fósforo y nitrógeno, los cuales quedan contenidos en la biomasa residual del proceso de producción de biodiésel, desde donde pueden ser reutilizados. En este sentido, los cultivos de algas permitirían reciclar ambos nutrientes. Por último, el poder hacer un aprovechamiento de la biomasa residual aumenta la sustentabilidad del proceso porque podría mejorar el rendimiento económico del mismo y minimizar la generación de nuevos residuos.

Estado actual de la tecnología

Los primeros trabajos en los que se propuso utilizar a las algas en aplicaciones biotecnológicas datan de la década del '50. Sin embargo, si bien los cultivos de algas a gran escala han resultado muy exitosos para aplicaciones, por ejemplo en la industria alimenticia, en la actualidad no se registran emprendimientos comerciales en escala industrial para la producción de biodiésel. Esto se debe esencialmente a que aún la tecnología encuentra una serie de cuellos de botella en términos energéticos. Hay partes del proceso como la cosecha y el secado de la biomasa que, al día de hoy, insumen más energía que la que el actual rendimiento de aceites puede solventar. Pese a esto, y dadas las múltiples ventajas mencionadas, junto a la necesidad de obtener una fuente renovable de combustibles líquidos, las investigaciones en el área continúan. En este contexto se trabaja en la obtención de cepas de algas que produzcan grandes cantidades de aceites, utilizando desechos como insumos del proceso de producción, con pasos de procesamiento de la biomasa optimizados. Dada la necesidad de combustibles líquidos renovables y alternativos, la expectativa en esta tecnología es alta.

Resumen

La demanda de energía actual, sumado a que el petróleo es un recurso no renovable y altamente contaminante, requiere de la búsqueda de nuevas formas de energía renovables y sustentables. Dentro de esta problemática se enmarca la necesidad de generar opciones que puedan suplir, al menos en parte, la demanda de combustibles alternativos para el transporte. En el presente trabajo se introduce el concepto de biocombustibles, con énfasis en los llamados de tercera generación, y la opción que las algas constituyen para la producción de los mismos.

Glosario

Cepario: colección de microorganismos que se utiliza para preservar la diversidad biológica y poner a los mismos a disposición de la comunidad.

Efluentes domésticos: aguas residuales que se originan en actividades del hogar. Se trata de aguas provenientes del uso sanitario, cocina y lavado en general.

Huella de carbono: indicador ambiental que contempla la totalidad de gases de efecto invernadero que genera un individuo, una organización, un evento o un proceso.

Lípidos: conjunto de sustancias orgánicas cuyo rasgo común es ser poco o nada solubles en agua y ser solubles en solventes orgánicos como por ejemplo cloroformo.

Triglicéridos: lípidos simples derivados de glicerol y ácidos grasos. Son el principal componente de la grasa animal y los aceites vegetales.

Para ampliar este tema

Acién Fernández, F. G., Fernández Sevilla, J. M. y Molina Grima, E. (2018). Contribución de las microalgas al desarrollo de la bioeconomía. Universidad de Almería. Mediterráneo Económico 31, [Disponible en Internet].

Behera, S., Singh, R., Arora, R., Sharma, N. K., Shukla, M. and Kumar, K. (2015). Scope of algae as third generation biofuels. Biochemical Conversion Division, Sardar Swaran Singh National Institute of Renewable Energy, Kapurthala, Punjab, India. Frontiers in Bioengineering and biotechnology.

Khan, M. I.,, Shin, J. H. and Kim, J. D. (2018) The promising future of microalgae: current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products.. Microbial Cell Factories, 17: 36.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

CONVIRTIENDO AGUAS RESIDUALES EN UN RECURSO RENOVABLE

SISTEMAS BIOELECTROQUÍMICOS

Poco tiempo atrás, se describieron microorganismos con la asombrosa capacidad de crecer respirando electrodos. Esta aptitud los convirtió en una prometedora plataforma biotecnológica para convertir, de manera eficiente y autosostenible, contaminantes en electricidad.

María Belén Prados

Crisis energética. Esta es una frase que, hoy en día, a nadie sorprende. Hace años escuchamos sobre los altos requerimientos energéticos de la sociedad moderna, consecuencia de la industrialización y el incremento en la densidad poblacional. Este escenario trae aparejado diversos efectos nocivos sobre el medio ambiente, como las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas principalmente por el uso de combustibles fósiles. Se acuñan entonces nuevos términos e índices, como la huella de carbono, la cual busca dimensionar el impacto que genera un proceso productivo en el ambiente. Así pues, crisis ambiental. Crisis a la que llegamos no solamente por la acumulación de gases de efecto invernadero, sino también por la sobreexplotación de los recursos naturales y por la acumulación de los pasivos ambientales (ver Glosario) generados por esta explotación.

Son numerosos los recursos naturales siendo sobreexplotados. Metales, bosques, agua. ¡Sí, agua! El agua es empleada en muchos procesos industriales, tanto como materia prima para, por ejemplo, la producción de cerveza, como para los procesos en sí (enfriamiento y lavado de equipos). También es utilizada por cada uno de nosotros en la vida cotidiana, como recurso vital y, paradójicamente, para llevarse nuestros desechos fisiológicos lejos del hogar.

De esta forma, generamos aguas residuales domésticas e industriales (efluentes). Las mismas incluyen compuestos químicos con diversos tipos y grados de toxicidad, que van desde compuestos orgánicos simples o más complejos que pueden ser biodegradables, como las aguas cloacales, hasta compuestos inorgánicos y recalcitrantes, incluidos los metales pesados. Las aguas residuales, de una u otra manera, vuelven a los cuerpos de agua naturales. Sí, leyó bien: "vuelven a los cuerpos de agua naturales".

Idealmente, los efluentes son tratados previamente, antes de ser vertidos al ambiente natural. Sin embargo, según cifras publicadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Argentina, se estima que el 80% de las aguas residuales son vertidas sin un tratamiento adecuado. Como ejemplo cercano, podemos mencionar la famosa "mancha del lago", que seguramente la mayoría de los vecinos de la ciudad de Bariloche recordarán. La existencia de cuerpos de agua altamente degradados y contaminados, es uno de los problemas ambientales más graves que padece la Argentina.

Este alto porcentaje de déficit de tratamiento se debe a varios motivos. Por un lado, los tratamientos convencionales de aguas cloacales son costosos: su instalación es compleja y la operación de las plantas consume grandes cantidades de energía para el bombeo y aireación de los efluentes, entre otros. Por otro lado, no se dispone en la actualidad de sistemas de tratamiento eficientes para muchos contaminantes industriales. En este grupo, podemos incluir también compuestos presentes en los efluentes cloacales, como diferentes medicamentos (principalmente antibióticos y antiinflamatorios) que consumimos y eliminamos a través de la orina y/o materia fecal, y que no son removidos mediante los sistemas actuales. Hoy, más del 40% de la población mundial se ve afectada por escasez de agua. Entonces, al escenario de crisis energética y

Palabras clave: biocombustibles, celdas de combustible microbianas, electromicrobiología, hidrógeno verde, metales pesados.

María Belén Prados[1]
Dra. de la Universidad de Buenos Aires
mbprados@cab.cnea.gov.ar

[1]Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Centro Atómico Bariloche (CAB)-Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Recibido: 31/03/2022. Aceptado: 23/05/2022.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

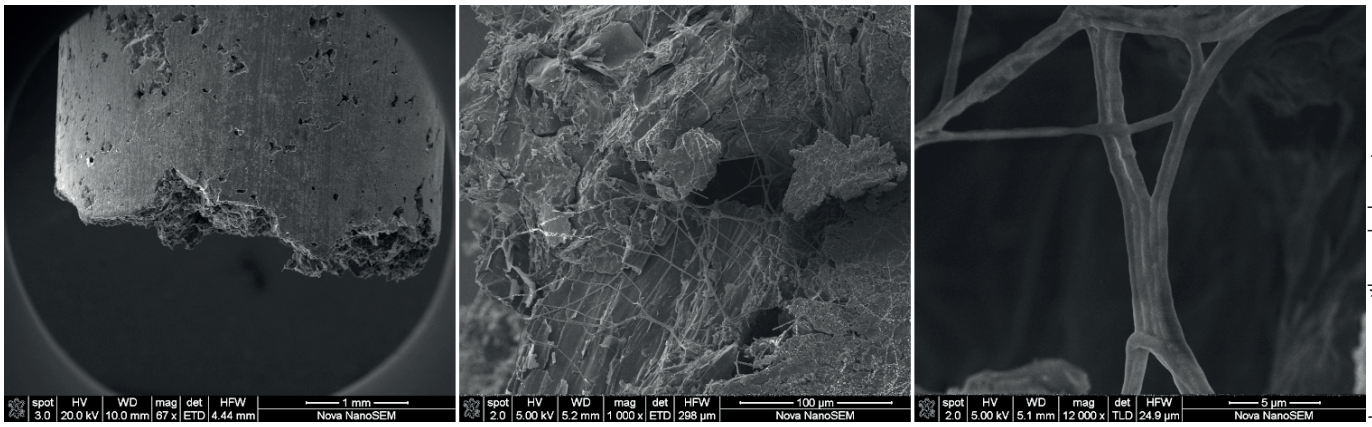


Imagen:gentileza de la autora.

Figura 1. *Biofilm* de bacterias electroactivas, tipo cable, aisladas de sedimentos contaminados del río Reconquista. Las bacterias se aislaron empleando un BES con una barra de grafito a modo de electrodo. La estructura del biofilm se observó mediante microscopía electrónica de barrido. De izquierda a derecha se ven imágenes de la superficie del electrodo, desde menor a mayor magnificación, lo que permite identificar la sucesión de bacterias que forman los cables.

ambiental le sumamos la crisis del agua, un recurso natural del cual ningún ser vivo puede prescindir.

No obstante, este escenario altamente preocupante constituye la fuerza impulsora para el desarrollo de nuevas tecnologías, donde se propone repensar los procesos productivos a fin de reducir la explotación de los recursos naturales y la generación de desechos. Esto se logra no solamente a través del reciclaje, sino también de la reutilización y revalorización de los "residuos". Este replanteo constituye las bases de lo que se conoce como economía circular, y para alcanzar estos objetivos es fundamental comenzar por cambiar algunos paradigmas.

Cambiando paradigmas

¿Residuos o recursos?

Numerosos estudios demuestran que los compuestos orgánicos presentes en el conjunto de las aguas residuales contienen más energía interna que la cantidad de energía necesaria para tratar las mismas (empleando métodos convencionales). Por lo tanto, si esa energía pudiera aprovecharse, no se requeriría energía adicional para el tratamiento. Esto lo convertiría, como mínimo, en un proceso autosustentable y, como máximo, en un proceso de producción de energía asociada al tratamiento de efluentes.

Entonces, considerando que el ser humano genera inevitablemente efluentes domésticos o cloacales, podríamos ver a los mismos como un recurso renovable para la producción de energía. Esto se logra desarrollando sistemas de tratamiento capaces de convertir la energía química contenida en los efluentes en formas de energía utilizables, como el hidrógeno (H_2).

El hidrógeno es considerado el combustible ideal dado que presenta un alto contenido energético y una combustión hacia agua, sin emisiones de dióxido de carbono. Por lo tanto, siempre y cuando su producción sea por métodos conocidos actualmente como verdes, es un combustible limpio. Además, el hidrógeno es utilizado como materia prima en una gran variedad de procesos industriales, como la hidrogenación de aceites en la industria alimenticia. La demanda de hidrógeno continuará incrementándose en los próximos años y su uso como vector de energía llevará a diversificar los actuales métodos de producción, buscando el desarrollo de procesos más eficientes, económicamente viables y sustentables.

En este sentido, se encuentran en desarrollo diferentes métodos biológicos de producción de hidrógeno (biohidrógeno). Entre éstos tenemos a los sistemas bioelectroquímicos, donde la valorización de residuos orgánicos mediante la producción de H_2 es una de sus aplicaciones más estudiadas.

Por otro lado, muchos efluentes industriales contienen otro tipo de recursos valiosos que serían interesantes de recuperar. Por ejemplo, el curtido de cueros emplea sales de cromo (Cr) durante el proceso. Una buena parte de este metal pesado (ver el artículo Microalgas y Biorremediación en este mismo *dossier*), va a parar a los efluentes que genera la curtiembre. En estos efluentes, el cromo se encuentra en general como cromo hexavalente (Cr^{6+}), el cual representa una seria amenaza sobre el ambiente y la salud, ya que es un compuesto carcinogénico y tóxico. A diferencia de muchos compuestos orgánicos, los metales no son biodegradables y además se acumulan en los tejidos, generando efectos deletéreos (ver Glosario) sobre la salud. Si bien existen métodos disponibles

DOSSIER

para remover cromo de los efluentes, presentan varias limitaciones. De este modo, si pudiésemos desarrollar un método eficiente que nos permita no solamente remover el metal del efluente sino también recuperarlo, se reduciría el impacto negativo de su vertido al ambiente y la explotación del mismo de depósitos naturales. Lo mismo sucede con otros metales de interés industrial como la plata y el uranio.

Como podemos ver, las aguas residuales son fuente de diversos recursos de gran valor. Por lo tanto, deberíamos modificar el enfoque actual del tratamiento de residuos y aguas residuales, hacia la recuperación de recursos. El aprovechamiento de los mismos no sólo disminuye el impacto ambiental, sino que a su vez genera efectos positivos, como ser la disminución de los costos de los tratamientos, de la explotación de los recursos naturales y de la generación de desechos.

Bacterias, ¿buenas o malas?

¡Ni una ni la otra! Pero, ¡qué mala fama tienen! Las bacterias son pequeños organismos unicelulares (microorganismos) y están entre las primeras formas de vida que aparecieron en la Tierra. Se encuentran en casi todos los hábitats terrestres: suelo, agua, sedimentos de ríos y mares; hasta ambientes extremos de temperatura y presión, como aguas termales ácidas, e incluso en desechos radioactivos. El cuerpo humano está lleno de bacterias, siendo la mayoría de ellas inofensivas y de gran utilidad. Las bacterias son vitales para la salud de todos los ecosistemas del planeta.

Una característica sumamente interesante de las bacterias es que presentan una alta diversidad metabólica (ver Glosario), a tal punto que, originalmente, su taxonomía (ver Glosario) se definía en base a este tipo de características, clasificándolas según qué tipo de compuestos empleasen como fuente de energía y cuáles como fuente de carbono para el crecimiento celular.

Esta diversidad metabólica de los microorganismos es aprovechada por la humanidad desde hace mucho tiempo, surgiendo así la biotecnología. Son muchos los procesos biotecnológicos tradicionales con los que seguramente estamos familiarizados: producción de derivados lácteos (yogures, quesos), bebidas alcohólicas y probióticos; producción de antibióticos e incluso el mejoramiento en el rendimiento de diferentes cultivos. Los campos de aplicación de la biotecnología son extensísimos, constituyendo la producción de biocombustibles y remediación ambiental dos áreas en intenso desarrollo.

A medida que vamos conociendo más y más la vida que nos rodea, y las reacciones químicas y moléculas que sostienen los procesos vitales, podemos diseñar estrategias de producción según las necesidades de la población actual, respetando el entorno y promoviendo un uso eficiente y sustentable de los recursos. ¡Qué importante resulta entonces preservar la biodiversidad en toda sus escalas, desde los organismos microscópicos hasta los macroscópicos!

Bacterias electroactivas

Las células, tanto bacterianas como las de nuestro cuerpo, obtienen energía mediante un conjunto de reacciones químicas acopladas de óxido-reducción, donde un compuesto se oxida (dador de electrones) y otro se reduce (aceptor o receptor de electrones). Este conjunto de reacciones se conoce como respiración celular.

El patrón de sustratos oxidables es sumamente extenso, abarcando tanto compuestos orgánicos (diversos hidratos de carbono, aminoácidos, ácidos grasos...) como inorgánicos (hierro ferroso, amonio, hidrógeno, etc.). No obstante, no todas las células pueden oxidar cualquier compuesto. Es por ello que no podemos hacer yogur con cualquier bacteria. El espectro de aceptores de electrones es mucho más limitado, siendo mayoritariamente compuestos inorgánicos solubles como el oxígeno, nitrato y dióxido de carbono. Se denomina respiración celular aeróbica cuando el compuesto que se reduce es oxígeno y anaeróbica cuando es diferente al oxígeno.

Hacia finales de la década del ‘80 se describieron dos especies de bacterias que, en ausencia de oxígeno, presentan la asombrosa capacidad de acoplar la oxidación de un compuesto orgánico, como el acetato, a la reducción de óxidos de hierro y óxidos de manganeso, compuestos sólidos extracelulares. Este proceso se conoce hoy como reducción desasimilatoria de metales (los metales quedan fuera de la célula). Estos microorganismos corresponden a los géneros *Geobacter* y *Shewanella* y son fundamentales en los ciclos geoquímicos de los metales en la naturaleza.

Esta capacidad encontró rápidamente una aplicación, cuando se demostró que era posible sustituir los óxidos de los metales por electrodos. Es decir, que estas bacterias pudieron ceder los electrones provenientes de la oxidación del compuesto orgánico a un electrodo, generando así una corriente eléctrica y crecer en base a ello. En otras palabras, ¡crecieron respirando un electrodo! A este tipo de bacterias se las llamó bacterias electroactivas o electrogénicas.

Actualmente, los mecanismos empleados por las

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

bacterias electroactivas para transferir electrones a un electrodo representan una temática de intenso estudio, en una nueva área denominada electromicrobiología. Hasta el momento, se han descripto tres tipos de mecanismos: contacto directo entre la célula bacteriana y el aceptor a través de proteínas específicas de la membrana celular externa, difusión de ciertos compuestos solubles sintetizados o no por los microorganismos y transporte de electrones a través de una matriz extracelular.

A su vez, se demostró la transferencia directa de electrones entre bacterias de diferentes especies (DIET por su sigla en inglés, *Direct Interespecies Electron Transfer*). Si ya nos parecía asombroso que una bacteria pueda crecer respirando un electrodo, el intercambio de electrones entre diferentes especies constituye un desafío científico, cuya comprensión contribuirá a mejorar los procesos tecnológicos actuales.

Numerosos informes han demostrado que los microorganismos electrogénicos están ampliamente

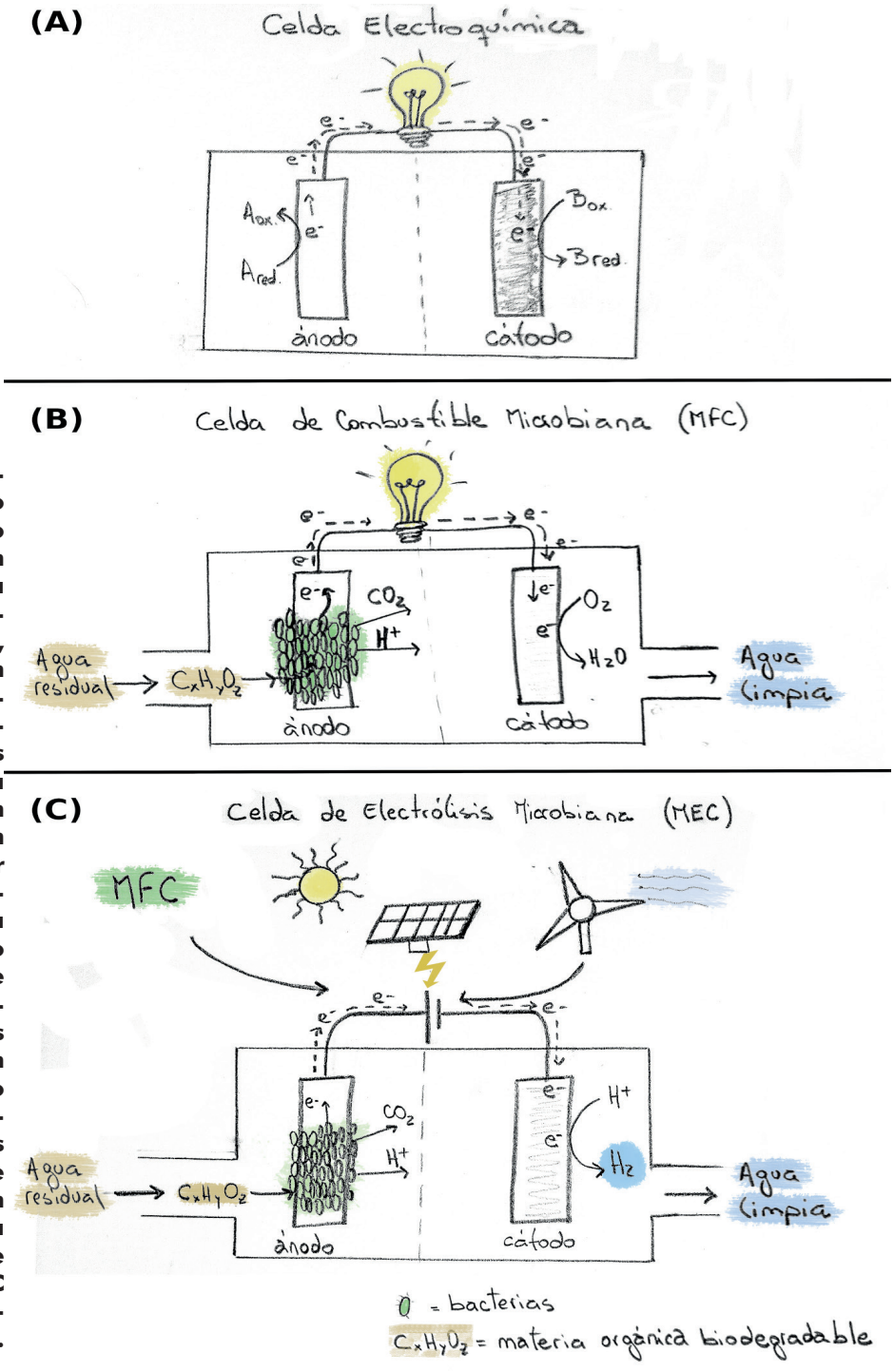


Figura 2. Sistemas Bioelectroquímicos. (A) Esquema simplificado de una celda electroquímica o galvánica, para la producción de electricidad a través de la oxidación espontánea de un compuesto químico A en el ánodo, acoplada a la reducción de un compuesto B en el cátodo. (B) Esquema de una Celda de Combustible Microbiana (MFC), donde las bacterias crecen adheridas a la superficie del ánodo, oxidan un compuesto orgánico (presente en aguas residuales domésticas, por ejemplo) y producen una corriente eléctrica. Como consecuencia de la oxidación del compuesto orgánico, el agua residual sale limpia de la celda (C) Esquema de una Celda de Electrólisis Microbiana (MEC), donde en ausencia de oxígeno en el cátodo y adicionando un poco de energía extra a la producida por las bacterias del ánodo, es posible reducir protones a hidrógeno en el cátodo. Siendo que la energía a adicionar puede provenir de una fuente renovable, las MEC representan un sistema de producción de hidrógeno verde.

DOSSIER

distribuidos en los ecosistemas naturales (ambientes marinos, de agua dulce, sedimentarios y del suelo). La capacidad de crecer respirando electrodos no se restringe a un género de bacterias, sino que día a día se van caracterizando más tipos de microorganismos electroactivos.

Recientemente, nuestro grupo de trabajo ha aislado una comunidad de microorganismos electroactivos de los sedimentos del río Reconquista (provincia de Buenos Aires), el cual presenta elevados niveles de contaminación. Esta comunidad ha mostrado una increíble estrategia de colonización de electrodos. Las bacterias desarrollaron "cables" que alcanzan una longitud de varios milímetros, formados por una sucesión de células que se extienden por toda la superficie del electrodo (ver Figura 1). Actualmente, estamos estudiando varias características de este *biofilm* (ver Glosario) a fin de establecer las oportunidades de aplicaciones tecnológicas del mismo.

Sistemas Bioelectroquímicos, ¿qué son?

Gracias a la diversidad microbiana y el ingenio de los tecnólogos, surgieron los denominados Sistemas Bioelectroquímicos (BES por su sigla en inglés, Bioelectrochemical Systems).

Para comprender de qué se tratan los BES, empecemos por describir una celda electroquímica. A rasgos muy generales, una celda electroquímica es un dispositivo integrado por dos electrodos conectados por un circuito externo, pero separados dentro de la celda por al menos una fase electrolito (ver Glosario y Figura 2A). La celda puede generar energía eléctrica a partir de una reacción química espontánea, como el caso de una pila, o bien utilizar energía eléctrica para producir una reacción química, como un electrolizador de agua para producir hidrógeno. En uno de los electrodos ocurren reacciones de oxidación, donde se liberan electrones que circulan por el circuito externo para ser consumidos en las reducciones que ocurren en el otro electrodo. En un BES las reacciones de oxidación, reducción o ambas son realizadas por microorganismos que crecen en contacto con los electrodos. En la actualidad existen diversas aplicaciones de BES. Por ejemplo, las celdas de combustible microbianas (MFC por su sigla en inglés, *Microbial Fuel Cell*) son BES empleados para generar corriente eléctrica a partir de la descomposición de la materia orgánica mediada por bacterias (ver Figura 2B). Las bacterias en el ánodo oxidan la materia orgánica, liberando electrones hacia el mismo. Esta corriente eléctrica fluye hacia el cátodo, donde los electrones se combinan con protones y oxígeno para formar agua. La reacción ocurre en condiciones normales de presión y temperatura y es espontánea. Hasta ahora se han usado una variedad de sustratos biodegradables para generar energía eléctrica, incluyendo diversas aguas residuales.

En el año 2005, se patentaron las celdas de electrólisis microbiana (MEC por su sigla en inglés, *Microbial Electrolysis Cell*) para la producción de hidrógeno (ver Figura 2C). En este caso, al igual que en una MFC, las bacterias electrogénicas oxidan la materia orgánica y generan dióxido de carbono, electrones y protones. Los electrones son transferidos al ánodo y los protones son liberados a la solución. Los electrones fluyen a través de un circuito externo al cátodo donde, en ausencia de oxígeno, se consumen en la reducción de protones a hidrógeno. Esta reacción no es espontánea, es necesario adicionar una pequeña corriente eléctrica a la ya generada por los microorganismos, la cual puede provenir de una MFC o de otra fuente renovable.

Además de la producción de hidrógeno, los electrones derivados del metabolismo microbiano pueden aprovecharse para sintetizar otros compuestos de interés a partir de aguas residuales (dador de electrones) y dióxido de carbono (aceptor de electrones), como piruvato y butano. A estas celdas se las conoce como celdas de electrosíntesis microbiana.

Las aptitudes de los BES en el área de la biorremediación van más allá del tratamiento de compuestos orgánicos biodegradables. Se han desarrollado BES donde los electrones pueden ser usados para reducir óxidos de diferentes metales, como cromo (Cr^{6+}) y uranio (U^{6+}). La reducción de estos metales los convierte en formas menos móviles, evitando su dispersión y promoviendo su recuperación ya que los metales reducidos se depositan sobre el electrodo o precipitan al fondo del reactor.

De este modo, los BES podrían superar el desafío que plantean las aguas residuales heterogéneas o ambientes contaminados que incluyen desechos orgánicos de origen doméstico y contaminantes recalcitrantes de descargas industriales. Un claro ejemplo de un ambiente con estas características lo representa el río Reconquista, el cual constituye el segundo río con mayor contaminación del país, con altos niveles de cromo, entre otros compuestos químicos peligrosos.

El río Reconquista atraviesa 18 distritos densamente poblados (¡y altamente deteriorados!) del Gran Buenos Aires. A lo largo de su recorrido recibe numerosos canales tributarios, incorporando a sus aguas descargas domésticas e industriales (establecimientos texti-

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

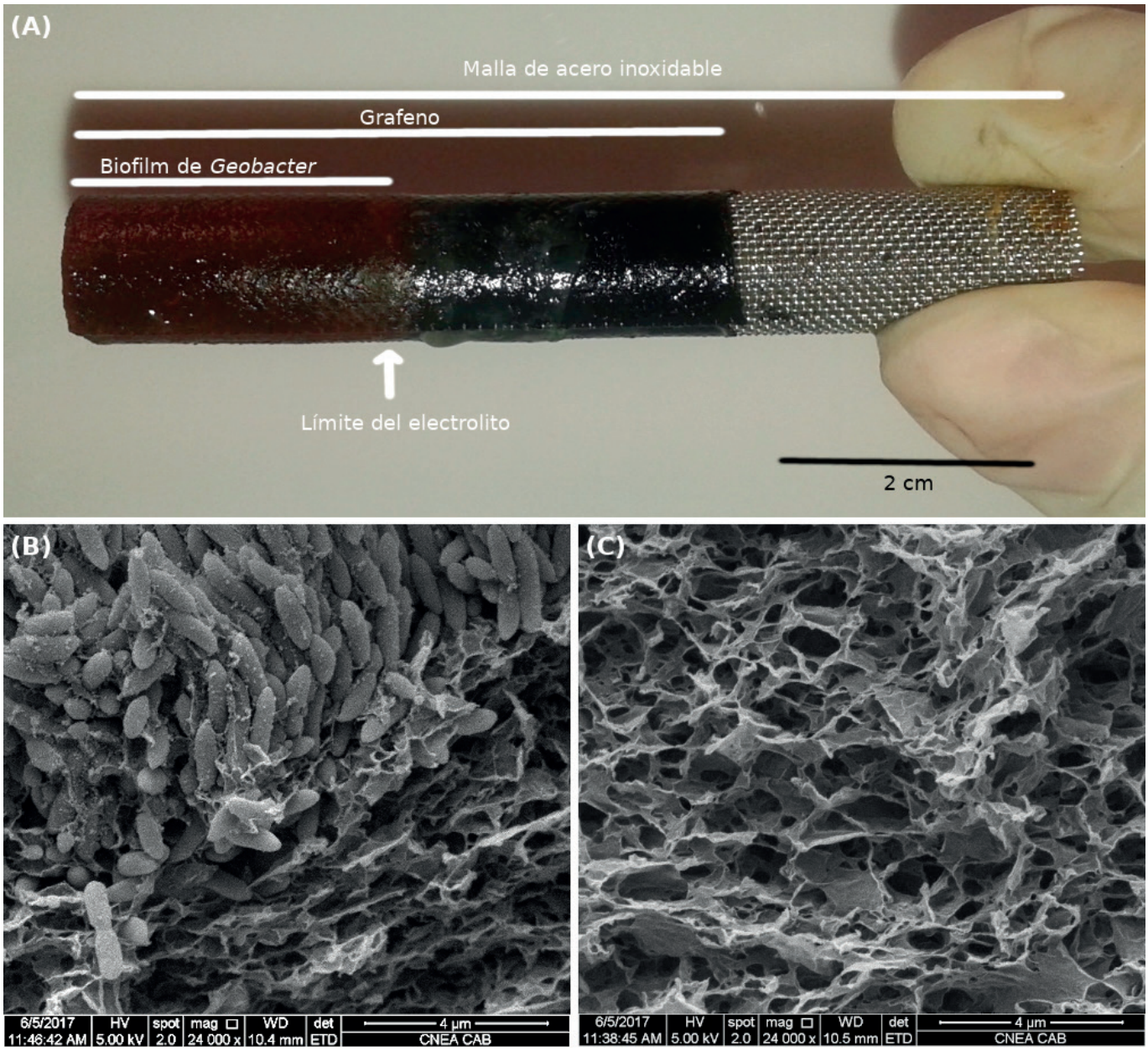


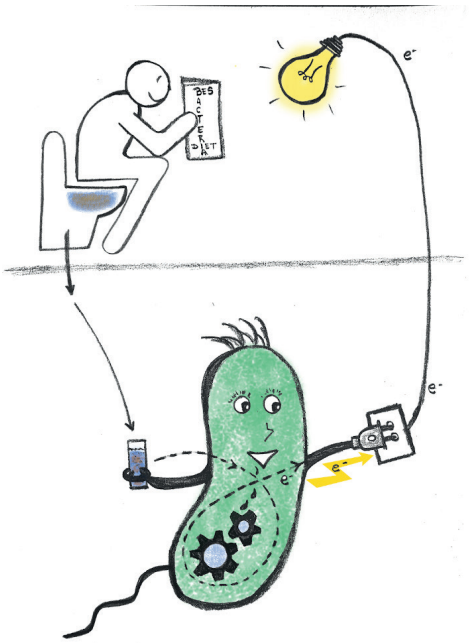
Figura 3. Electrodo a base de hidrogel de grafeno al final de la operación de una MEC. (A) El hidrogel de grafeno (gel negro de la superficie indicada) se autoensambló sobre una malla de acero inoxidable. Este electrodo se empleó como ánodo en un BES, inoculado con un cultivo puro de la bacteria electroactiva *Geobacter sulfurreducens*. El BES estuvo en funcionamiento continuo por más de 240 h. Durante este tiempo se observó a ojo desnudo el crecimiento de un biofilm bacteriano (capa roja) sobre la superficie del grafeno sumergido en el electrolito. (B) y (C) Imagenes obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido del electrodo de grafeno: (B) zona donde se observa el biofilm bacteriano, con múltiples capas de bacterias (bacilos) sobre la superficie y dentro del gel; y (C) zona no sumergida y, por lo tanto, sin posibilidad de presentar crecimiento bacteriano, solamente se observa la estructura 3D del hidrogel.

les y químicos, frigoríficos, y curtiembres, entre otros). Debido a las características de sus aguas, los metales pesados se precipitan o adsorben en diferentes componentes minerales del sedimento, convirtiéndolo en un reservorio de estos metales.

En este contexto, nuestro grupo de investigación está trabajando en el desarrollo de un sistema de tratamiento de sedimentos contaminados mediante la complementación de dos procesos: una primera etapa de biolixiviación (ver Glosario) de los metales del sedimento y una segunda etapa de reducción e inmovilización de los mismos mediante un sistema bioelectroquímico, con la eventual recuperación de materiales valiosos.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER



Es posible convertir aguas residuales en un recurso renovable para la producción de energía a través de procesos biotecnológicos como los Sistemas Bioelectroquímicos (BES). Los BES aprovechan las aptitudes metabólicas de las bacterias electroactivas de acoplar la oxidación (degradación) de un compuesto orgánico a la reducción de un electrodo, generando así una corriente eléctrica. Por lo tanto, los BES permiten el tratamiento eficiente de efluentes asociado a la generación de energía.

BES, ¿sueño o realidad?

La producción de energía y recuperación de recursos a partir de efluentes empleando BES está demostrada y se han alcanzado avances en su rendimiento.

En 2008, se publicó la primer demostración de una celda de combustible microbiana como una alternativa a las baterías. Esta fue utilizada para la alimentación de una boya meteorológica, demostrando que los BES son buenos candidatos para la provisión de energía en zonas remotas.

A su vez, hay reportes de pruebas piloto para la conversión de efluentes industriales en hidrógeno. También se están implementando variantes de BES para el tratamiento de efluentes domésticos, sin gasto energético. En 2015, a través del proyecto *iMETland*, investigadores argentinos participaron en la validación global de un humedal artificial bioelectroquímico para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas comunidades (200 personas). Los humedales artificiales son sistemas de depuración de aguas. Estos se construyen simulando un humedal natural, al cual se vierten las aguas residuales, las mismas son depuradas por la acción conjunta de plantas y microorganismos y es posible recuperar el agua limpia y reutilizarla para riego, por ejemplo. En los humedales artificiales bioelectroquímicos se hace uso del intercambio directo de electrones entre especies bacterianas (DIET) para aumentar la velocidad del tratamiento y disminuir el área requerida respecto de los humedales de tratamiento convencionales.

Sin embargo, actualmente la mayoría de las aplicaciones de BES se encuentran a escala de laboratorio. ¿Por qué?

Para alcanzar densidades de corriente elevadas en los BES es esencial que las bacterias electroactivas crezcan sobre el electrodo formando un biofilm y produzcan una alta densidad de corriente. La formación del *biofilm* se ve afectada por varios factores del material del electrodo (topografía, carga superficial y humectabilidad) y también de las bacterias (motilidad, producción de una matriz extracelular y señalización intercelular). Los electrodos para BES, además de ser conductores, deben ser biocompatibles (ver Glosario) y tener una elevada área superficial, capaz de ser colonizada por los microorganismos y mejorar las interacciones bacteria-electrodo.

Por lo tanto, parte del salto de sueño a realidad para las aplicaciones de los BES viene de la mano de la complementación entre diferentes áreas de la ciencia, en especial de los materiales y la biología.

En este sentido, nuestro grupo de investigación está desarrollando electrodos tridimensionales a base de grafeno (ver Figura 3). El grafeno es un material nanoestructurado de carbono bidimensional con propiedades únicas. Los electrodos producidos al momento, en forma de hidrogeles, presentaron un excelente rendimiento y estabilidad a largo plazo en celdas de electrólisis microbiana. Estos electrodos representan un material prometedor para el desarrollo de la tecnología, ya que el método de producción empleado permite la preparación de grandes cantidades de material y el bioproceso estudiado del ánodo es compartido por muchas de las aplicaciones de los BES.

Hoy, los BES constituyen una plataforma tecnológica versátil, capaz de convertir las aguas residuales en una fuente de recursos renovables.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

Glosario

Biocompatible: término que describe la cualidad de un material de no ser dañino o tóxico para un ser vivo.

Biofilm: agregado de microorganismos en el que las células se adhieren entre sí y/o a una superficie y, frecuentemente, están embebidas dentro de una matriz de sustancias poliméricas extracelulares (EPS) que ellas mismas producen.

Electrolito: solución formulada, generalmente, con agua como solvente y sales disueltas en ella. Las sales se disocian, en cationes y aniones, debido a las interacciones termodinámicas con el solvente. El electrolito es eléctricamente conductor a través del movimiento de iones, pero no conductor de electrones.

Lixiviación: proceso por el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Es una técnica frecuentemente utilizada en metalurgia para la extracción de minerales de depósitos naturales. La bio-lixiviación aprovecha la capacidad de ciertos microorganismos de generar soluciones ácidas, las que sirven de disolvente para la extracción de metales pesados de suelos o sedimentos contaminados o, incluso, también para la bio-minería.

Metabolismo: conjunto de reacciones químicas que ocurren dentro de una célula y que permiten sostener la vida de la misma. Estas reacciones se dividen en dos grandes grupos; aquellas con las cuales la célula convierte la energía de los alimentos en energía disponible para ejecutar procesos celulares (catabolismo); y aquellas empleadas para la conversión de alimentos en componentes celulares básicos como proteínas, lípidos, ácidos nucleicos y algunos carbohidratos (anabolismo).

Pasivos ambientales: daños ambientales generados y no compensados, producidos por diferentes actividades humanas, entre ellos pozos petroleros abandonados y los residuos generados por la extracción del crudo.

Taxonomía: clasificación jerarquizada y sistemática de los seres vivos, estudia las relaciones de parentesco entre los organismos y su historia evolutiva.

Resumen

El incremento de la demanda energética y el deterioro del ambiente han impulsado el desarrollo de biotecnologías que den solución a estos problemas. Entre las mismas se encuentran los sistemas bioelectroquímicos (BES), los cuales permiten obtener energía del metabolismo microbiano a partir de diferentes efluentes. Esto es posible gracias a que algunos microorganismos, denominados electroactivos, forman *biofilms* sobre superficies sólidas que utilizan como aceptores de electrones de la respiración celular. Los materiales así modificados constituyen verdaderos electrodos que pueden ser utilizados en diferentes aplicaciones de BES, como ser la síntesis de hidrógeno o la remoción de metales pesados de efluentes.

Para ampliar este tema

Electromicrobiología. Bacterias y redes sociales. En: https://www.youtube.co/watch?v=lRwFBV6OlOA

Biota. En: https://www.youtube.com/watch? v=mD-1S yW6Lh4

Proyecto iMETland. En: https://www.youtube.com/watch ?v=4zwNpqCmiic

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

CONTAMINACIÓN CON METALES Y SU SANEAMIENTO

MICROALGAS Y BIORREMEDIACIÓN

En búsqueda de microalgas autóctonas para la remoción de metales. Experiencias en la Patagonia.

Gisela Ferraro

Durante las últimas décadas la contaminación ambiental ha aumentado considerablemente. La minería, la industria metalúrgica y el uso extensivo de fertilizantes minerales son las principales fuentes de contaminación por metales. Asimismo, el desecho inadecuado de artefactos de uso doméstico como pilas, artículos electrónicos, termómetros y cierto tipo de pinturas puede también contaminar el ambiente.

Los metales son elementos inorgánicos y son componentes naturales de la corteza de la tierra. Algunos de ellos, como cobre, zinc, hierro y manganeso, en bajas concentraciones, son esenciales para la vida. Sin embargo, en concentraciones más altas, entre 0,1 a 10 miligramos por mililitro (mg/mL), pueden resultar tóxicos. Mientras que otros metales, como uranio, cadmio, y plomo son considerados no esenciales porque no tienen una función biológica conocida, pero sí ejercen efectos negativos en los seres vivos incluso en concentraciones hasta cien veces menores, del orden de 0,001 a 0,1 mg/mL.

Tradicionalmente se clasificaba a los metales de acuerdo a su densidad, definiendo como metales pesados a aquellos cuya densidad es, por lo menos, cinco veces mayor que la del agua 5 g/mL. Sin embargo, la densidad específica no es un factor que permita definir la toxicidad de un elemento por lo que, actualmente, se está dejando de lado el uso de este término. Los metales de mayor preocupación, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son el cadmio, el cromo, el cobalto, el cobre, el plomo, el níquel, el mercurio y el zinc. Los efectos que provocan estos metales sobre los seres vivos dependen de su concentración y de su biodisponibilidad (ver Glosario).

La contaminación por metales es altamente preocupante ya que no son biodegradables, es decir no pueden ser degradados y convertidos en sustancias inocuas o menos tóxicas. Además, otro problema asociado a la presencia de metales en el ambiente es la biomagnificación, esto es, la acumulación a lo largo de la cadena trófica lo que hace que cada organismo acumule en su interior una concentración superior a la que contiene alimento.

Los metales pueden causar daño en todos los seres vivos. A nivel molecular la toxicidad se da porque pueden desplazar cationes (ver Glosario) indispensables para el funcionamiento de enzimas, que son las proteínas que regulan y aceleran las reacciones en el interior celular. Además, los metales favorecen la formación de moléculas como las especies reactivas del oxígeno, que son muy dañinas para todos los componentes celulares. En humanos se ha visto que los principales órganos dañados por la presencia de metales son los riñones, el hígado, el estómago, los intestinos, los pulmones y el cerebro. Los metales podrían ingresar al organismo por inhalación o por ingestión de agua o de alimentos contaminados.

Metales en el agua

Los cuerpos de agua -como ríos, lagos y mares- son contaminados ya sea por el vertido de efluentes tratados inadecuadamente o por la incorporación de aguas contaminadas provenientes de zonas cercanas (Ver el artículo Sistemas Bioelectroquímicos en este mismo *dossier*). Cabe resaltar que el agua es el principal recurso natural indispensable para la vida y también lo es para el desarrollo, por lo que es fundamental encontrar una solución sostenible para su descontaminación.

Los métodos convencionales para la eliminación de metales del agua, emplean diferentes tecnologías fi-

Palabras clave: algas, ambiente, contaminación, cosecha, tecnología.

Gisela Ferraro[1]
Dra. en Ciencias Biológicas
gisela.ferraro@cab.cnea.gov.ar

[1]Centro Atómico Bariloche (CAB), Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable (IEDS)

Recibido: 08/04/2022. Aceptado: 24/05/2022.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

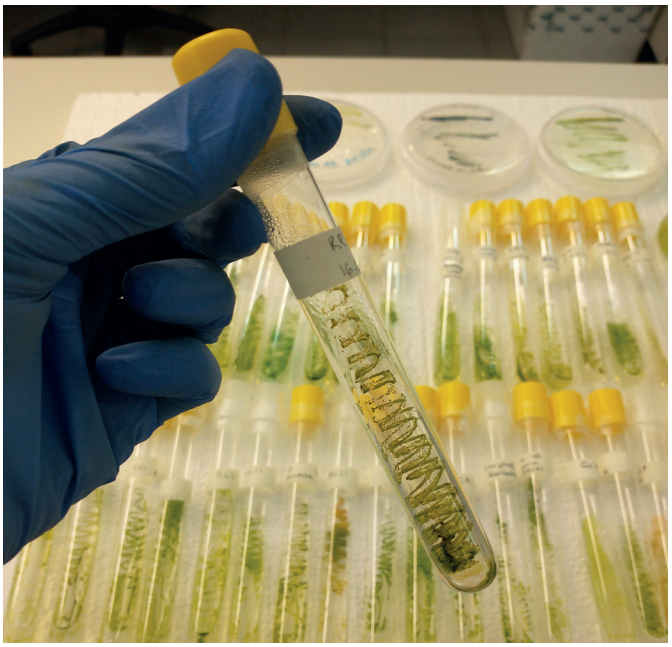


Imagen: gentileza de la autora.

Figura 1. Imagen del cepario de algas. La mayoría de las cepas se conserva en tubos de ensayo con medio de cultivo sólido. El color verde característico de los cultivos y las colonias de microalgas se debe a la presencia de clorofila. La clorofila es un grupo de pigmentos de color verde que se encuentra presente en los cloroplastos y que es esencial para el proceso de fotosíntesis.

sicoquímicas. Sin embargo, estas aplicaciones tienen limitaciones tecnológicas, un gran requerimiento energético y utilizan gran cantidad de reactivos químicos lo que puede provocar una contaminación secundaria. Además, son ineficientes para tratar soluciones con bajas concentraciones de metales (entre 0,1 y 100 mg/L). Teniendo en cuenta estas limitaciones y que las normas de descarga de aguas contaminadas son cada vez más estrictas, es indispensable el desarrollo de nuevas tecnologías que sean eficientes, de bajo costo y respetuosas con el ambiente. Entre estas nuevas alternativas se encuentra las tecnologías basadas en el empleo de microorganismos y plantas que actúan removiendo y eliminando los contaminantes del suelo y agua.

Biorremediación por microalgas

La biorremediación es la utilización de organismos vivos como bacterias, hongos, algas y plantas para degradar, transformar y/o remover compuestos tóxicos contaminantes presentes en el agua, el suelo y el aire, convirtiéndoles en productos metabólicos inocuos o menos tóxicos Dentro del conjunto de estos seres vivos, las microalgas (nombre con el que se conoce a las algas unicelulares) han mostrado muy buenas capacidades de remoción de metales. El uso de microalgas para la remediación presenta numerosas ventajas. Entre ellas se encuentran la facilidad y los bajos costos de cultivo. Sumado a esto, han demostrado ser particularmente eficientes para la remoción de metales en efluentes con bajas concentraciones (hasta 100 mg/L), situación en la cual los métodos tradicionales se tornan ineficientes. En este sentido, son una alternativa ideal para tratar grandes volúmenes de aguas industriales complejas (que contienen generalmente diferentes metales, sales y compuestos orgánicos) con baja concentración de metales, pero lo suficientemente alta para superar los límites de toxicidad. Se han identificado varias algas con alto potencial para remover varios tipos de contaminantes como, metales herbicidas y pesticidas. Los tratamientos de remediación con microalgas idealmente deberían ser utilizados para tratar los efluentes industriales o mineros previos al vuelco de los mismos. Pero además podrían emplearse para remediar cuerpos de agua ya contaminados.

Las microalgas interactúan con el metal de diferentes maneras. La captación de metales es un proceso complejo que combina mecanismos activos y pasivos. Primero ocurre una unión del metal a la pared celular. Ese proceso se llama adsorción, es rápido y sucede tanto en células vivas como muertas. Además, puede ocurrir una absorción, que es el ingreso del metal al interior celular. Este proceso es más lento y ocurre solo en células vivas. Se ha demostrado que la principal forma por la cual las microalgas capturan los metales es por la unión de los mismos a diferentes moléculas presentes en la pared celular. Las paredes de las microalgas están compuestas por moléculas como hidratos de carbono, proteínas y lípidos que contienen grupos funcionales tales como carboxilo, hidroxilo, fosfato y amino que son los que, por una interacción fisicoquímica, se unen a los metales. La composición de la pared celular es específica para cada especie y además puede variar de acuerdo al estadío de crecimiento y a las condiciones del entorno en donde crecen. Entonces, las posibilidades de remover metal varían de acuerdo a la especie, a las condiciones del ambiente y al tipo de metal. Todas esas variables pueden ser ajustadas en el laboratorio para poder mejorar el proceso de descontaminación.

Debido a su adaptabilidad inherente, las algas nativas de ambientes contaminados poseen una mayor resistencia a la toxicidad del metal y muestran, además, una mejor eficiencia para capturar los metales. Entonces, resulta muy atractivo trabajar con este tipo de algas en los procesos de biorremediación. Es por esto que el primer paso que realizamos para desarrollar

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER

la tecnología de remoción de metales por cultivos de microalgas es el aislamiento de algas desde ambientes contaminados. En este sentido, la selección adecuada de la cepa algal es un paso necesario para desarrollar un proceso de biorremediación exitoso.

¿Quienes son las microalgas?

Entre los organismos que habitan los ambientes acuáticos se encuentran las algas unicelulares que, como vimos, también son conocidas como microalgas. Son organismos fotosintéticos, es decir, producen su propio alimento (compuestos orgánicos) con la luz como fuente de energía y con el dióxido de carbono (CO_2) como fuente de carbono. Las microalgas son las responsables de la mayor parte de la materia orgánica de los ecosistemas acuáticos, realizando el 40% de la fotosíntesis total del planeta.

Existe una amplia diversidad de especies, más de 30.000, que se encuentran tanto en ambientes de agua dulce como salada. Son un grupo polifilético, en otras palabras, son especies que no tienen un antepasado en común, sino que comparten ciertos caracteres que fueron adquiridos de manera independiente como consecuencia de fenómenos evolutivos. Esto hace que exista una gran variedad de microalgas con características y particularidades fisiológicas diversas. Además, estos microorganismos suelen estar sometidos a cambios en su entorno (por ejemplo, cambios de salinidad, irradiación) por lo que han adquirido herramientas para adaptarse rápidamente a las nuevas circunstancias ambientales. Desde el punto de vista biotecnológico, esta plasticidad metabólica, cobra gran importancia para su aplicación en diferentes procesos industriales. Entre las ventajas que tienen estos microorganismos se encuentran: su capacidad de convertir energía solar en compuestos orgánicos, un ciclo de vida corto, la rápida duplicación de su biomasa, la capacidad de crecer en diferentes tipos de ambientes y de absorber y fijar CO_2, ayudando a reducir los niveles del gas de efecto invernadero. Asimismo, debido a algunas de estas características, es posible usar de tierras no cultivables para su crecimiento. A partir de la biomasa de microalgas se pueden extraer productos tales como carotenoides, vitaminas o ácidos grasos insaturados, que se utilizan en la fabricación de cosméticos, productos farmacéuticos, fertilizantes y suplementos nutritivos. Además, la biomasa de algas se puede aplicar industrialmente como fuente de energía para la producción de biocombustibles (biodiesel, bioetanol y biohidrógeno) y en el tratamiento de efluentes

Buscando microalgas en ambientes contaminados

Las microalgas representan un recurso con gran potencial. Todavía existen sitios y especies por explorar. Tal es así que, de todas las especies que existen, solo unas 200 han sido estudiadas y aproximadamente 20 se explotan comercialmente. Por lo que el campo de las aplicaciones de las microalgas en diferentes procesos industriales tiene aún mucho por desarrollar.



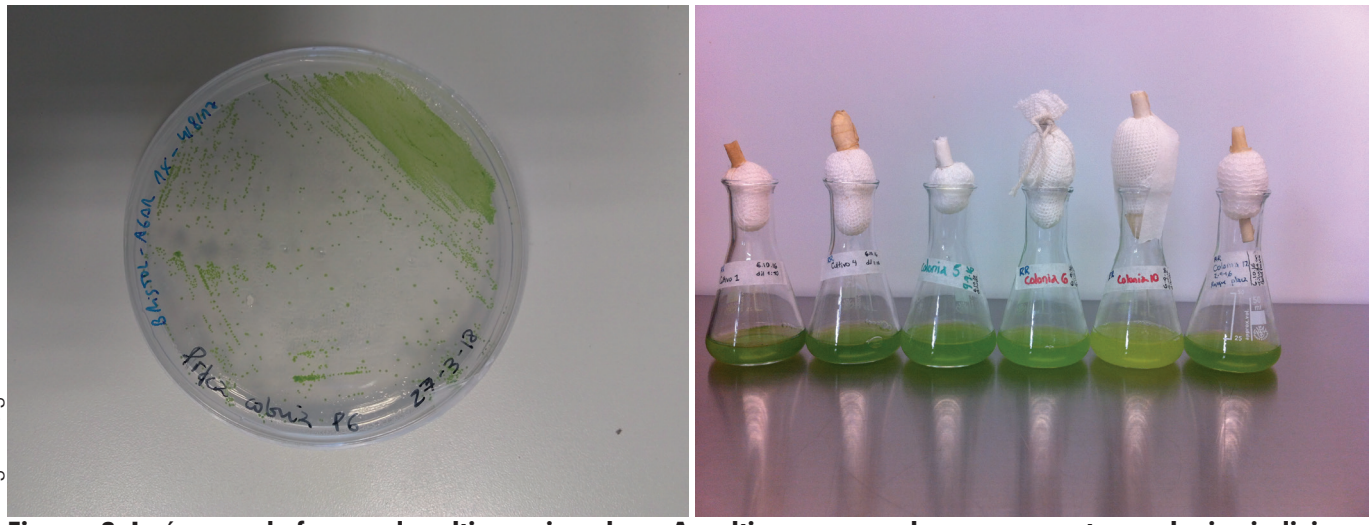


Figura 2. Imágenes de dos sitios muestreados. A la izquierda, humedal de la región de Pilcaniyeu. A la derecha, lago Nahuel Huapi.

Imágenes: gentileza de la autora.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER



Imágenes: gentileza de la autora.

Figura 3. Imágenes de formas de cultivar microalgas. A: cultivos en una placa que muestran colonias individuales. B: cultivos en un medio líquido.

Uno de los objetivos del proyecto de investigación que llevo adelante es el aislamiento, identificación, caracterización y conservación de microalgas. Así, el Laboratorio de Bioenergía y Procesos de Biorremediación del Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable ubicado en el Centro Atómico Bariloche posee una colección de más de 35 cepas de algas, entre las que se han identificado variedades de interés biotecnológico (ver Figura 1). Nos resulta muy importante contar con una gran diversidad de cepas y conocer sus principales características ya que, para las aplicaciones biotecnológicas se necesita contar con especies que sean altamente productivas, en este caso es que tengan altas capacidades de remoción de metal y que, a su vez, tengan altas tasas de crecimiento en diferentes condiciones. Por lo que la selección de las cepas adecuadas constituye la primera fase que se debe tener en cuenta en cualquier desarrollo tecnológico.

Como primer paso para aislar las microalgas, se toman muestras de suelo y agua en la zona de interés. Hemos realizado estudios en sitios contaminados como el río Reconquista en la provincia de Buenos Aires y un humedal ubicado en la región de Pilcaniyeu, provincia de Río Negro (ver Figura 2) y también en sitios no contaminados con metales como los lagos Gutierrez y Nahuel Huapí (ver Figura 2). Para aislar las microalgas colocamos sedimento y/o agua en un medio de cultivo líquido (solución a base de agua y nutrientes minerales). Luego de unos siete días de incubación en luz, observamos que el medio se va poniendo verde, lo que indica crecimiento de microalgas. Un pequeño volumen de este cultivo líquido es sembrado en placas con un medio de cultivo sólido, de manera de permitir la formación de colonias individuales de microalgas (ver Figura 3A). Estas colonias son tomadas individualmente y se colocan nuevamente en un medio de cultivo líquido con el fin de obtener cultivos de una sola especie de alga (unialgales) y sin presencia de bacterias u hongos (axénicos) (ver Figura 3B). Esto se corrobora mediante observación al microscopio de los cultivos líquidos. A través de este proceso nuestro laboratorio fue construyendo su cepario de microalgas. Todos estos pasos los realizamos en un equipo (flujo laminar) que nos proporciona aire estéril para no contaminar las muestras con microorganismos ambientales o de nuestra propia piel. El crecimiento de las algas se realiza en incubadores que permiten que elijamos las condiciones de temperatura e intensidad y tiempo de luz. Además, mayormente, hacemos crecer los cultivos en agitación y si es necesario les agregamos aire, lo que hace que tengan una mayor cantidad de dióxido de carbono (CO_2).

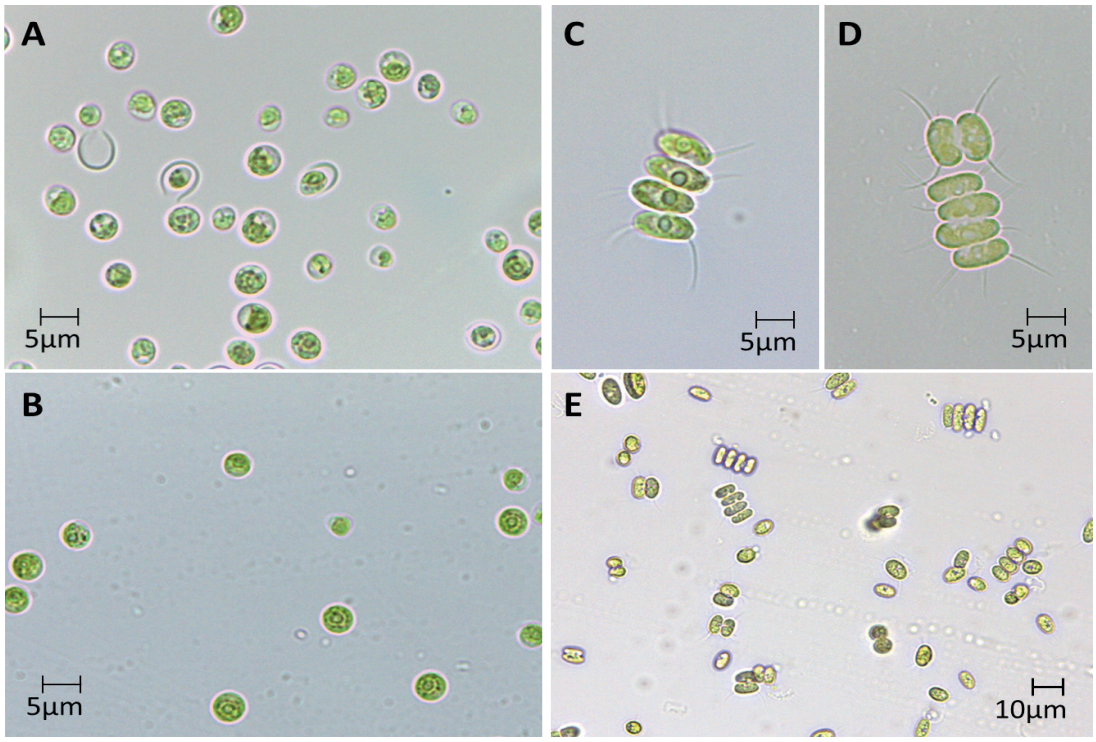
¿Qué buscamos en las microalgas?

Una vez que contamos con los cultivos unialgales y axénicos continuamos con la identificación del género y, si es posible, su especie y nombre científico. Esto lo hacemos mediante la observación al microscopio, la utilización de claves de determinación y/ o mediante la utilización de técnicas de biología molecular, que incluyen la secuenciación de pequeñas regiones de ADN.

También realizamos una caracterización del tipo y velocidad de crecimiento, y tomamos nota de todas las particularidades que observamos durante el crecimiento del cultivo. Además, hacemos experimentos de remoción de metales. Para esto, ponemos en contacto a los cultivos de algas con el o los metales que que-

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

DOSSIER



Imágenes: gentileza de la autora.

Figura 4. Fotografías representativas de microalgas de los géneros *Chlorella* sp., (A y B) y *Desmodesmus* sp. (C y E). Las imágenes se tomaron en un microscopio de campo claro con un aumento de 1000X para A hasta D y de 400X para E.

remos estudiar. Hemos trabajado con níquel, cromo, cobre y zinc. Transcurrido un tiempo, que va desde algunos minutos a las 72 horas o más, dependiendo del caso, separamos a la biomasa de algas del medio líquido y determinamos la concentración de metal remanente en este último. Así podemos hacer cálculos que nos permiten determinar la eficiencia y la capacidad de remoción de estas microalgas de cada metal. Estos datos nos permiten filtrar y seleccionar a las cepas con mejores rendimientos para realizar estudios y caracterizaciones más exhaustivas.

De esta manera hemos seleccionado dos cepas con un gran potencial para la biorremediación: una identificada como *Chlorella* sp. y la otra *Desmodesmus* sp. (ver Figura 4). Con estas algas hemos realizado ensayos de remoción de zinc, cobre y cromo, trabajando con cada metal por separado y también con todos juntos. Observamos que ambas cepas tuvieron muy buenas eficiencias de remoción, entre el 50 y el 75%., aun cuando todos los metales estaban presentes en simultáneo. Algo muy interesante fue encontrar que *Chlorella* sp. mostró una preferencia por cobre mientras que *Desmodesmus* sp. tuvo mayor afinidad por zinc. Esto demuestra la importancia de contar con un amplio cepario ya que, como dijimos anteriormente, cada especie tiene una composición particular de la pared celular y una respuesta especifica a la presencia de metal. Entonces, de acuerdo a las características del efluente o agua contaminada a tratar, podemos determinar cuál de las cepas de algas conviene utilizar. Nuestros últimos resultados muestran que en ciertos casos es muy útil emplear una combinación de diferentes cepas.

Continuando con el proceso

En pocas líneas, el proceso de biorremediación que proponemos es el siguiente: primero crecer las algas en un medio óptimo; luego usar la biomasa de algas para remover los metales, y por último separar a las algas con el metal unido a su superficie del agua o efluente limpio. Es interesante mencionar que es posible despegar el metal de las microalgas y así recuperarlo (se suele hacer si es un metal de alto costo). Además, también es posible proponer un uso posterior para la biomasa de algas, siempre teniendo en cuenta el confinamiento del metal.

Uno de los proyectos en los que trabajamos actualmente es el saneamiento de un humedal en la región de Pilcaniyeu. Un desafío que estamos abordando es el escalado del proceso, es decir salir de la escala de mesada (es decir, del laboratorio) en donde hacemos las primeras investigaciones y pasar a una etapa piloto que involucra mucho mayor volumen y nuevas variables para analizar y controlar.

Cosecha de microalgas

Otro desafío al que nos enfrentamos es a la separación de la biomasa. La cosecha de las microalgas requiere la concentración de suspensiones celulares diluidas. Una de las limitaciones para la aplicación in-

DOSSIER

dustrial de las microalgas está asociada a los costos de la cosecha de las mismas. En la actualidad, se necesita que las tecnologías de cosecha sean más eficientes y económicas para mejorar la viabilidad comercial de la biotecnología de microalgas. En este sentido, nuestro grupo de trabajo viene abordando la cosecha magnética utilizando nanopartículas paramagnéticas (ver Glosario) de bajo costo. Nuestro grupo de trabajo fue pionero en analizar y demostrar la compatibilidad de los procesos de biorremediación de metal y cosecha magnética, obteniendo una eficiencia de cosecha mayor al 94%. La implementación de este proceso tiene un doble beneficio porque además de reducir los costos utiliza material de origen natural que no contamina el ambiente.

Los pasos a seguir

Creemos que nuestras tareas de investigación, desarrollo e innovación podrían proporcionar una solución menos costosa y más amigable con el ambiente para la remediación de metales. Sin embargo, a pesar de los resultados satisfactorios que hemos conseguido, todavía debemos enfrentarnos a desafíos como el cambio de escala, el desarrollo de los sistemas de cultivo y la separación de la biomasa. El desarrollo de esta aplicación biotecnológica es uno de nuestros principales objetivos. Consideramos que es muy importante trabajar en procesos que puedan ser transferidos a empresas, cooperativas y organismos gubernamentales con el fin de dar solución a diferentes necesidades de nuestra comunidad.

Glosario

Biodisponibilidad: se refiere a la concentración o grado en la que un elemento o compuesto se encuentra disponible para interactuar con los organismos vivos. La biodisponibilidad se encuentra íntimamente relacionada con las condiciones fisicoquímicas del ambiente, que determinan la especiación y por lo tanto la concentración de metal libre.

Catión: Átomo o molécula con carga neta positiva.

Nanopartículas paramagnéticas: partículas de tamaño pequeño, menor a un micrómetro, que responden a variaciones en el campo magnético.

Intercambio iónico: proceso químico en el cual los iones disueltos en el agua se intercambian por otros iones con una carga similar.

Precipitación química: proceso químico en el cual se obtiene un sólido a partir de una solución.

Resumen

Durante las últimas décadas, la contaminación ambiental con metales ha aumentado considerablemente. Los metales son considerados unos de los contaminantes más peligrosos debido a su alta toxicidad y a que son no biodegradables. La biorremediación de metales por microalgas se vuelve muy competitiva para el tratamiento de grandes volúmenes de efluentes conteniendo baja concentración de metales (1 a 100 mg/mL). Particularmente, las algas autóctonas de sitios contaminados tienen mejores eficiencias para remover los metales del agua. En este trabajo contamos el proyecto de biorremediación que desarrollamos utilizando algas aisladas de sitios contaminados y que aún no han sido estudiadas.

Para ampliar este tema

Hernández-Pérez, A. y Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 49(2): 157-173.

El cultivo de microalgas. En: https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-microalgas/

Caviedes Rubio, D., Muñoz Calderón, R., Perdomo Gualtero, A., Rodríguez Acosta, D. y Sandoval Rojas J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Ingeniería y Región, 13: 73-90.

Ferraro, G., Toranzo, R., Bagnato, C., Gómez Jousse, M., Areco, M., Bohe, A., Bagnarol, D., Pasquevich and D., Curutchet, G. (2021). Native *Desmodesmus* sp. and *Chlorella sp*. isolated from the Reconquista River display different binding preference for Cu(II) and Zn(II). Journal of Environmental Management, 293, 112895.

-Ferraro, G., Toranzo, R., Castiglioni, D., Lima Jr, E., Vasquez Mansilla, M., Fellenz, N., Zysler, R. and Pasquevich, D. (2018). Zinc removal by *Chlorella* sp. biomass and harvesting with low cost magnetic particles. Algal Research, 33: 266–276.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

CONOCIMIENTO Y GÉNERO

Reportaje a Diana Maffía

La construcción de la ignorancia

por Cecilia Fourés, Ana Ladio y Mónica de Torres Curth

Diana Maffía dirigió, junto con la Dra. Dora Barrancos, un programa sobre «Construcción de ciudadanía de las mujeres y otros grupos subalternos». Es también directora del Observatorio de Género en la Justicia del Consejo de la Magistratura de la Ciudad de Buenos Aires. Aprovechando las ventajas de la virtualidad, Desde la Patagonia conversó con ella.

Desde la Patagonia (DLP): Queremos agradecerte tu tiempo y tu disposición para conversar con nosotras. En esta oportunidad nos gustaría poner el foco en la problemática de las mujeres en el sistema científico del presente y en el pasado. ¿Qué lugar ocupan las mujeres hoy en las ciencias?

Diana Maffía (DM): En la actualidad asistimos a una evolución muy grande que tiene que ver con el movimiento político del feminismo y con el activismo del movimiento de mujeres. Tomemos el caso del ingreso a las universidades. La primera universidad se creó en el siglo XV en Europa, pero hasta los primeros años del siglo XX las mujeres no ingresaban a la universidad, y recién a mediados del siglo XX se las admitió en los programas de doctorado. A las primeras mujeres que se recibían, incluso en Europa, no se les daba título con el argumento de "si les damos el título van a querer trabajar". Es decir, lo primero fue ingresar a la universidad en espacios muchas veces separados de los varones, pero sin un título habilitante. En el contexto de la Segunda Guerra Mundial, las mujeres tuvieron que asumir roles atípicos dentro de la sociedad porque los varones estaban en el frente de guerra. Probamos entonces que éramos capaces. Pero, además, pudimos salir de lo privado a lo público y generar allí un lugar para compartir experiencias; que no era el lugar de estar separadas, cada una en su casa haciendo tareas de cuidado. Logramos ingresar a "espacios de conocimiento", me refiero a conocimientos ya legitimados por la sociedad. Porque las mujeres tenemos conocimientos y los hemos tenido históricamente y los hemos transmitido, pero no en la academia, debido a que no eran aceptados como conocimientos académicos. Todavía hoy tenemos muchos rangos de saberes que no están legitimados por la academia. Desde la década del 60 comenzaron a ingresar masas críticas de mujeres en las universidades, a hacerse equivalente la cantidad de varones y de mujeres, sobre todo en carreras de ciencias. Aunque todavía hoy se reconoce un déficit en las ingenierías,



Imagen: Gentileza D. Maffía.

Diana Maffía es Doctora en Filosofía por la Universidad de Buenos Aires, docente de grado y posgrado en universidades nacionales e internacionales. Investigadora del Instituto Interdisciplinario de Estudios de Género (UBA).

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

matemáticas, y ciencias, en estas carreras que son consideradas como las más orientadas para el pensamiento abstracto. Desde una mirada estereotipada se nos concibe a las mujeres como poseedoras de saberes que nos conectan a lo inmediato, al cuidado, a lo concreto, a lo emocional. Esto hace que la elección de carrera se vea también afectada por ese estereotipo. Entonces encontramos carreras que todavía no están feminizadas. Pero hagamos algunas advertencias. Hay carreras ya muy feminizadas. Por ejemplo, en biología más del 60% son mujeres. Las investigadoras del CONICET en esta disciplina mayormente son mujeres. Pero esto cambia cuando vamos a los espacios de dirección, de poder. En los decanatos, los rectorados, los niveles superiores de investigación en el CONICET, la relación se invierte. En CONICET, desde la época en que estaba Dora Barrancos en el directorio, se generó una norma por la cual, si se financian reuniones académicas, tienen que ser equitativas en relación al género, no podía ser monolíticamente todas mujeres o todos varones. Hace unos años en biología se presentó una solicitud de financiación de un congreso donde eran solo varones -y eso habiendo un 60% de investigadoras y un 60% o más de estudiantes mujeres de biología-. Quiere decir que todavía, a pesar de nuestra enorme participación, cuando llega el momento de representar la disciplina -o el partido o el sindicato-, esos lugares de representación están capturados por los varones, por una cuestión de privilegio de género. Porque siempre ha sido así, porque es el modo en que se transmite la antorcha sagrada de uno a otro.

DLP: Justamente días atrás veíamos una foto de los integrantes del Consejo Interuniversitario Nacional y son casi todos hombres, sólo un par de mujeres.

DM: ¡Exactamente! En 1994 comenzamos a armar la Red Argentina de Género, Ciencia y Tecnología. Su presidenta, Ana Franchi, hoy es presidenta del CONICET. Es la segunda vez que hay una mujer presidiendo el CONICET. Quiero decir, hay una evolución muy importante en los últimos años y se la debemos al movimiento de mujeres, a nuestra mayor visibilidad política, a nuestra mayor movilización y a nuestra mayor conciencia acerca de que hay que estar en todas partes. No es que el espacio de los feminismos sea, por ejemplo, en un Ministerio de Mujeres, Géneros y Diversidades. Está muy bien haber alcanzado un estatuto político de paridad con otras preocupaciones políticas, pero nuestro lugar es en todas partes.

DLP: Estamos hablando de los orígenes con respecto a la universidad, pero el lugar que se le da a la mujer en la construcción del conocimiento científico se remonta a muchos años atrás.

DM: Nos podemos remontar 2.500 años atrás y aún hay muchas cosas que se siguen sosteniendo. Eso es lo más dramático del patriarcado, que en cuanto raspás un poquito sale de nuevo todo el estereotipo. Pero es importante saber que son estereotipos y están basados en una autoridad epistémica. Aristóteles era filósofo y además científico. Creía que el alma humana era un compuesto de razón y emoción, que los varones tenían racionalidad y las mujeres emocionalidad como factor preponderante. Y para él la emocionalidad era un obstáculo para la razón. Decía: "el varón es superior a la mujer" y lo decía basado, entre otras cosas, en la capacidad de razón del varón, capacidad de la que supuestamente carecemos las mujeres por nuestra condición de emocionalidad. Pero también muchos otros sujetos quedaban fuera de esa condición epistémica privilegiada, por razones de etnia y de clase. Para Aristóteles, el amo era superior al esclavo, el adulto también era superior al niño, porque el esclavo y el niño carecían de racionalidad. Ese sujeto que era un amo, era varón y además era adulto. Entonces la racionalidad es el punto definitorio de lo "humano universal". Pero así, una enorme cantidad de seres humanos no entrábamos en esa categoría de racionalidad y por ello teníamos que estar subordinados a ese ser que era racional. Esta idea produce un pequeño grupo de sujetos que son varones, blancos, adultos, propietarios, capaces, y tienen todos los privilegios de estas relaciones de superior-inferior. Aquellos en quienes coinciden todas esas superioridades eran los úni-

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

cos sujetos capaces de ciudadanía en Grecia. A ese sujeto se le llamaba andros y de ahí viene la palabra androcentrismo. El androcentrismo es el punto de vista privilegiado, los intereses del sujeto privilegiado. Y parte del problema es que las instituciones están construidas por esos sujetos y responden al punto de vista y los intereses de esos sujetos. Entonces podemos pensar en relaciones de poder como la relación política o económica desde un pequeño conjunto de sujetos privilegiados. Y si vemos una foto de gobernantes o una foto de empresarios, vemos que comparten estas condiciones de privilegio. O sea, todo ese aspecto del andros está privilegiado en las relaciones de poder, pero también está privilegiado en relaciones que se supone que son universales y no están atravesadas por el poder, como por ejemplo el conocimiento científico. Entonces ¿cómo se explica que los rectores o los decanos o en los directorios del CONICET también sean los mismos sujetos androcéntricos, siendo que supuestamente los criterios no son de poder, sino que son meritocráticos?

DLP: Claro, hay que discutir este concepto de meritocracia.

DM: Exacto. Tenemos que criticar ese concepto presuntamente abstracto, universal y neutral de la meritocracia. Porque la meritocracia en ciencia se mide desde ciertos parámetros, como las publicaciones. ¿Quién publica y dónde publica y en qué lengua publica? Si publicás en inglés, tenés más puntaje que si publicás en español, porque el inglés es la lengua de los sujetos privilegiados que han construido este universo con mucho dinero -porque poder, dinero y lengua inglesa están en un combo de la meritocracia-. Quienes dirigen esas revistas -que son androcéntricas- determinan quién publica y quién no publica, deciden si un artículo es admisible o no lo es. Y lo que va a resultar admisible es lo que sigue empoderando ese pequeño conjunto privilegiado de sujetos. Entonces, si naciste mujer, naciste en Argentina, hablás español y vivís en la Patagonia, tus oportunidades no son iguales. Aun cuando aprendas una disciplina, y aprendas una lengua hegemónica. Aun cuando asistas a los centros hegemónicos, tus condiciones iniciales te ponen como en un doble código. Tu lengua materna, tu lengua de comunicación, tu lengua de contacto, es la lengua con la cual hablas en tu comunidad. Al lenguaje de la ciencia lo tuviste que aprender, mientras que, para los sujetos anglosajones, su lenguaje de comunicación y el lenguaje de la ciencia son lo mismo. Eso da una sensación de ser sujeto central y de poder que no tenemos quienes accedemos al lenguaje de la ciencia como segunda lengua. Entonces, también la meritocracia tiene que ser evaluada, ¿no? Así que creo que, aun cuando tenemos realmente un crecimiento muy importante en la cantidad de muje-



Imagen: Prensa Instituto Balseiro.

Egresados y egresadas de las carreras de grado de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Nuclear en el Instituto Balseiro, en junio 2022.

res en ciencia, todavía los aspectos androcéntricos de la ciencia siguen existiendo. Los sujetos privilegiados legitiman su preservación porque esas reglas están hechas para la autopreservación del poder. Eso ahora lo vemos con una mirada crítica, ya no normalizándolo.

DLP: Esto nos lleva a otra cosa que queríamos conversar: las metáforas que se han usado para legitimar esta idea de superioridad masculina. ¿Cómo se hace para desarticular esas metáforas que se utilizan en torno al poder androcéntrico?

DM: Recuerdo que Dora Barrancos, que viene de las Ciencias Sociales como historiadora y socióloga, decía "hay ciencias duras, ciencias blandas y ciencias al dente". Es decir, que esta idea de lo duro-masculino, lo blando-femenino, lo duro es la ciencia exacta y natural y lo blando es la ciencia social, genera un binarismo que tiene que ver con el modo en que la mayoría de los binarismos representan una sexualización. Lo público representa lo masculino, lo privado, lo femenino Lo racional y lo objetivo representan lo masculino, lo emocional y lo subjetivo, lo femenino. Y aquí hay un doble problema. Parece que la emocionalidad feminiza al varón -si es muy emocional y muy expresivo-, y la racionalidad masculiniza a la mujer, porque "piensa como un varón". Entonces, no se trata de describir cómo somos varones y mujeres, sino de prescribir cómo "debemos" ser varones y mujeres, de tal manera que no se diga: "Ah, no, mirá. Es erróneo que todos los varones son racionales y las mujeres emocionales, porque fíjate estos varones qué emocionales y estas mujeres qué racionales" No. Lo que se hace es sacar a la persona de su condición para que el estereotipo siga vigente. El binarismo no explica la complejidad de lo humano. Los seres humanos tenemos cualidades racionales y emocionales. Tenemos capacidades objetivas y subjetivas para revisar nuestros propios contenidos de conciencia y nuestra propia emocionalidad. Entonces, pensar que un ser humano se va a restringir solamente a una de las condiciones implica la expulsión de la otra. Este es el binarismo. Si soy racional, expulso lo emocional. Si soy emocional expulso lo racional. El propio binarismo es un problema. Luego está el problema de la sexualización y la jerarquización de estas condiciones: "lo masculino es mejor que lo femenino". Tenemos la necesidad de salir de esa trampa binaria para ver a los seres humanos -pero sobre todo los productos humanos- en su complejidad. Parte del trabajo sobre las metáforas tiene que ver con la presencia de uno de los binarismos: la literalidad para la ciencia como opuesta a las metáforas para la vida cotidiana, la literatura y la narrativa. La ciencia tiene que ser literal y abstracta, mediante conceptos universales y leyes generales. La idea es que la ciencia tiene que tener una gran precisión en su referencia. Cuando nombrás algo, se tiene que saber a qué te referís. No decís "una sustancia espesa". Mencionás la composición química de lo que tenés en el tubo de ensayo porque tenés que tener una gran precisión en esa referencia para poder después marcar leyes. En cambio, se admite que el lenguaje común sea más subjetivo, que arrastre ciertos sentidos que vienen de otros usos del lenguaje, y eso es parte de la riqueza de la comunicación. En la ciencia hay ciertos conceptos que aparecen como literales, como rótulos, por ejemplo, el de célula el cual es un constructo de la biología que nadie discutiría. Un concepto técnico con una referencia precisa. Pero "célula" era una metáfora, quería decir "celda". Eso es porque, cuando comenzaron a utilizar microscopios en 1700 en los Países Bajos, los primeros microscopistas eran sacerdotes, el conocimiento se producía en los conventos. Uno de los sacerdotes vio que el tejido estaba formado por pequeñas celdas como las del convento. Lo más parecido al tejido que encontró fue la celda del monasterio y le puso "célula". Ahora cuando uno utiliza un concepto se cuelan otras cosas. Son lo que llamamos "polizones ideológicos"´ "Celda" representa algo cerrado. Entonces, ¿de qué manera se comunica una célula con otra? Pasa a ser un problema porque las celdas tienen sus paredes y cada una está cerrada con respecto a la otra.

DLP: Claro, se naturaliza el uso de la metáfora y se convierte en un "patrimonio" de la ciencia, perdiendo el significado original y los otros sentidos que estaban vinculados con el término en su uso coloquial.

DM: Exactamente. Luego también están las metáforas como una forma de resistencia, que usamos para describir experiencias que todavía no tienen nombre propio, pero que a través de esas metáforas podemos intuir y podemos comunicarlas. Algo que también es del último tercio del siglo XX y que ha sido muy importante para generar en las mujeres la experiencia de que determinadas cosas no nos pasan individualmente -por errores nuestros o por experiencias que nos han tocado en la vida- sino que nos pasan a todas, hace que la causa no esté ya en algo individual y arbitrario, sino en algo regular, sistemático, estructural. Y pasamos a luchar con otras herramientas políticas contra esos sistemas de opresión colectiva. Ahí tenemos metáforas como la idea del "techo de cristal'', es eso que nos pone un límite sin que podamos verlo -pero vemos que solo ascienden varones-, o el "piso pegajoso", que es lo que nos retiene en una categoría de nuestro estatuto laboral. No es que no queramos progresar, pero sabemos que cada escalón de progreso implica renegociar absolutamente todas las condiciones del equilibrio tan difícil que hacemos entre nuestra vida de pareja, nuestra vida laboral, nuestra vida profesional, nuestra vocación política, nuestra crianza de hijos, las tareas domésticas, las cuestiones de cuidado, las cuestiones de

nuestra vida personal, todo eso está siempre en un equilibrio muy precario, muy negociado y muy difícil de negociar. Algunas fracasamos en esa negociación y, o nos quedamos sin pareja o nos quedamos sin trabajo, porque lo privado y lo público no están tan divididos. Por cuestiones de publicidad, es usual mostrar a las mujeres en lugares destacados igual que los varones. Ponés una mujer científica y un varón científico, los dos con guardapolvo blanco, los dos con su tubito de ensayo. Pero no decís que esa mujer científica se despertó dos horas antes, preparó las mochilas y el desayuno de sus hijos, que cuando vuelva a su casa va haciendo un recorrido en zigzag, pasando por un montón de lugares: haciendo compras, retirando la ropa de la tintorería, los chicos de la escuelita de fútbol, y que cuando llegue a su casa le toca todo el trabajo doméstico, esa parte no se ve. Entonces, mostrar mujeres y varones con el guardapolvo blanco y el tubo de ensayo es una falsa imagen de igualdad, porque nos tratan como varones. La igualdad -en ese sentido- consiste en ignorar que hacemos tareas de cuidado y que ellos no las hacen. El piso pegajoso implica que cuando nos ofrecen algo de mayor responsabilidad, como por ejemplo, disponer de más horarios o tener que viajar, decimos "no, mejor no, prefiero que no, por ahora, cuando los chicos sean más grandes", o "este no es mi momento", postergando la construcción de nuestra carrera. La metáfora del piso pegajoso nos da la imagen de algo que nos retiene, pero no es algo que hemos construido nosotros. Nos retiene porque tenemos que volver a negociar todo, y es de una conflictividad enorme. También hay "paredes de cristal", cuando vemos la segregación horizontal, el hecho de que los varones están en tareas muy protagónicas y centrales y las mujeres en tareas más marginales: haciendo mediciones, haciendo registros, cosas que son monótonas, muchas veces con el argumento de que somos muy prolijas. Por ejemplo, en el siglo XVIII y en el XIX había muchas astrónomas. A mí me llamó la atención. Había un observatorio con 200 mujeres astrónomas, mujeres que hacían mapas estelares. O sea, tenían que dibujar a mano -porque no había en ese momento ni computadoras, ni fotocopiadoras, ni nada por el estilo- dónde estaban las estrellas en ese momento y a esa hora del día. Y estaban ahí, cada una en su escritorio, haciendo los dibujitos que después iban a comparar para trazar las trayectorias. Ellas estaban ahí porque eran prolijas y confiables. Este es un entrenamiento que tenemos en la obediencia y en la prolijidad lo que, por otro lado, nos margina. Vemos dónde está el protagonismo, pero estamos marginadas a tareas más secundarias. La idea de las "fronteras de cristal" tiene que ver con que también viajar se torna para nosotras un trabajo enorme de organización. A un varón le dicen "tenés que viajar a la tarde" y su problema es hacer la valija. A nosotras nos dicen "tenés que irte hoy a la tarde" y tenemos que buscar cinco sustitutas para todas las cosas que hacemos durante esa semana en la que no vamos a estar. Y a esto tenemos que hacerlo en un tiempo récord, con confiabilidad, sabiendo que nos vamos con un nudo acá porque vamos a estar usando el WhatsApp y el teléfono para ver si fueron a buscar a los chicos, si se acordaron que tenía música, que tenía un cumpleaños… Todo eso está en la matrix de nuestra cabeza, usando un espacio y una energía que no usan las personas que no se ocupan de eso. Y esto está, en general, dividido por sexo. Otra metáfora es las de "las cañerías que gotean", "el efecto pipeta". La cañería se refiere a que entramos un montón de mujeres en una disciplina, pero en el camino se van quedando. Recuerdo que entrevisté a Ema Pérez Ferreira, que fue presidenta de la CNEA, una mujer extraordinaria, y me dijo "No, no hay discriminación en la CNEA, cuando yo entré, mi condición de mujer no implicó ningún problema". Le pregunté cómo era la vida en la CNEA y me dijo que ella tenía una responsabilidad muy grande, que era mantener frío el reactor nuclear, En ese momento, fines de los 40, habían venido muchos científicos alemanes y habían conformado la Comisión de Energía Atómica. Y el reactor nuclear, si se calentaba, explotaba. Había que mantener frío el reactor. ¿Cómo se mantenía frío? Con hielo seco. El hielo seco había que cambiarlo cada seis horas. Entonces, Ema Pérez Ferreira se quedaba a la noche para cambiar el hielo del reactor nuclear. Le dije ¿Por qué no distribuían esa tarea que no tiene nada que ver con la ciencia? Entonces me contestó "no, porque mis compañeros tenían familia". Le pregunté: "y usted, Emma, se casó?", a lo que respondió "No, no, yo no tengo muchos amigos". Quedó sola, quedó soltera. Emma corrió con un cargo porque los otros tenían familia, lo que implicó para ella no conformar una familia, porque para una mujer conformar una familia es no estar disponible para ese tipo de tareas. Y le pregunté ¿había otras mujeres en la CNEA? Me dijo que sí, "había dos físicas más, físicas nucleares". Estamos hablando de una altísima especialidad. Y ¿qué fue de ellas?, le pregunté. "Bueno, una se casó con un alemán y después él volvió a Alemania en la década del 60. Se fue allá con él y ya no se dedicó más a la ciencia". Porque la mujer sigue al marido donde quiera que él fija su residencia. ¿Y la otra? "Bueno, tuvo un primer hijo, más o menos la piloteó, pero ya cuando tuvo el segundo decidió dejar para dedicarse a la crianza de los hijos", me dijo. Trabajaban ella y el marido, pero la que se fue, fue ella. Esto pasa todo el tiempo. Todavía ahora. Emma Pérez Ferreira no veía en esto un factor de discriminación. Recuerdo una pareja, un biólogo y una bióloga, que

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385



Imagen: www.perfil.com/noticias/educacion/

85º Plenario de rectoras y rectores en el que el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) definió sus autoridades para el periodo 2021-2022.

habían hecho la carrera juntos. Es habitual que en el *cursus honorum* de la carrera científica pidas beca externa postdoctoral. Estudiaron juntos, entraron con beca en el CONICET, se doctoraron juntos, mismo currículum, piden beca externa. ¿Qué hace el CONICET? Le da una beca al varón y a la mujer que tenía los mismos antecedentes, media beca. ¿Por qué? ¿Porque va con su marido? El CONICET se hacía cargo del rol de varón proveedor. No le daban dos tercios de beca a cada uno. ¿Se entiende la arbitrariedad? Quiere decir que si se divorciaban él tendría una existencia perfectamente sostenible y ella no. Además, viajaron con un bebé. Ella, la bióloga, estaba muy agradecida porque el director del laboratorio la dejaba ir con la canastita del bebé para amamantarlo. Ella iba con la canastita, no el marido, que también era biólogo. Y el director era un héroe, un varón deconstruido por permitirle a una becaria externa venirse con un moisés con un bebé. Así que creo que las innovaciones en relación con los roles es algo sobre lo que hay que seguir trabajando.

DLP: Queríamos preguntarte en base a todo lo que estás desarrollando, ¿de qué se ha perdido la ciencia y conocimiento científico con este lugar subordinado de las mujeres al interior del sistema científico?

DM: Bueno, está esta cuestión del sexismo que hemos discutido, pero también está la del androcentrismo. Entonces, cuando pensamos en el empobrecimiento de la ciencia androcéntrica, es porque pensamos en algo que en epistemología se llama "contexto de descubrimiento", es decir, el modo en que se crean las hipótesis científicas. Cuando los científicos y las científicas cuentan de qué modo se les ocurrieron sus hipótesis, vemos que la inspiración para esa hipótesis son experiencias que se salen de la mera observación científica. Francis Bacon pensaba que observando sistemáticamente en algún momento se obtenía una generalización que se formulaba como ley, y con varias leyes se podía formular una teoría. Es decir que sólo observando las cosas que coincidían entre sí -expulsaban lo que no coincidía- más o menos se iban conformando las leyes, con esa suma de observaciones. Bueno, muchos científicos y científicas te cuentan que las cosas se les ocurrieron de las maneras más estrafalarias y muchas veces por analogía con experiencias por fuera de la ciencia. Entonces, cuanto más homogéneo es el conjunto de experiencias de los sujetos que conforman esa comunidad, su creatividad se reduce. Cuanto más diverso es el grupo, más posibilidades tenés de traer experiencias nuevas, generar alternativas a lo que se está discutiendo. En la ciencia, además del contexto de descubrimiento está el de justificación, que es muy rigurosa. Cómo ponés a prueba las hipótesis es otra cosa. Pero en el contexto de descubrimiento entran todos los recursos posibles. Lo que me interesa es cómo

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

se interpretan los datos, aunque hagamos las mismas descripciones. Porque interpretamos con el repertorio de sentidos de las experiencias que tenemos. Entonces es muy importante no sólo en relación con el género. Insisto. Lo es en relación con el género, la cultura, las etnias, las edades, las orientaciones e identidades sexuales, las clases sociales. De esas maneras, mucho más polifónicas, me parece que se construyen saberes que sean genuinamente universales. Y ¿qué se pierde la ciencia cuando no incluye estas diversidades? Se pierde legitimar conocimientos que quedan por fuera de esa legitimación que la ciencia hace de ciertos saberes, y no solamente porque se consideran que no son epistémicamente relevantes. Por ejemplo, pensemos en la medicina. Las medicinas naturales no se enseñan en la facultad de medicina y no se enseñan porque no se les da un estatus de legitimidad a saberes porque no han pasado -presuntamente- por esa evaluación, esas puestas a prueba que la ciencia promete. Pero sí han sido evaluadas, transmitidas paralelamente en muchos grupos sociales que las utilizan, que aprecian sus resultados, que las aprenden muchas veces de manera oral, muchas veces con formas de transmisión que no son las tradicionales.

DLP: Relacionado con esto, queríamos pedirte que ahondaras en el concepto de la construcción de la ignorancia.

DM: Cuando hablamos construcción de la ignorancia, hablamos de situaciones donde -desde el poder de ciertos conocimientos- se construyen dudas o una demostración de falsedad de algo que pone en riesgo ese poder del conocimiento. Por ejemplo, esto ha sido estudiado con el tabaquismo. El fumador pasivo tiene daños similares a los que produce el tabaco en el fumador activo. Esto pone en riesgo a la industria tabacalera. Pero también, pone en riesgo el financiamiento de ciertos estudios para demostrar que el fumador pasivo no tiene daños -que es lo que se quiere demostrar porque no se quiere dejar de vender cigarrillos-. Quiero que se fume en todas partes porque de eso depende esa industria, que es una industria poderosa. Entonces se va construir una especie de contrasaber, con todo el aspecto de un conocimiento científico, financiado para demostrar un cierto resultado. El ejemplo de la industria tabacalera es un ejemplo que ha sido muy clásico y se ha usado para hablar de este concepto de construcción de la ignorancia: el apoyo en la ciencia para ignorar los daños del tabaco en no fumadores. Esto se puede hacer no registrando los casos. Se le pregunta a la persona si es fumadora. Si dice que no, se pasa a otra cosa. No le preguntan si está en un ámbito donde otros fuman, si vive en una casa o si trabaja en un lugar donde hay fumadores... No. "¿Usted fuma?,¿no? Bueno, pasemos a otra cosa". Entonces se omite investigarlo. Se ignora



Ilustración de Ana Sanfelippo a los Principios de Yogyakarta, editados por el Observatorio de Género y la Editorial Jusbaires. Los principios de Yogyakarta son Principios sobre la aplicación de la legislación internacional de derechos humanos en relación con la orientación sexual y la identidad de género. La edición fue iniciativa de Lohana Berkins y se pueden bajar gratuitamente de la página de la editorial.

el dato. Construye un dato contrario. No importa ese dato. Por lo tanto, está fuera de la órbita de lo que se investiga. Estas son diversas maneras en las cuales se construye la ignorancia. Entonces, las comunidades científicas, sobre todo las que manejan mucho poder, como las de los laboratorios, no sólo construyen saber, también construyen ignorancia en relación con lo que no se investiga, con lo que no importa, con aquello que se va dejando de lado como dato relevante. La epistemología de la ignorancia nos habla de esto: que no solo se construyen saberes, también se construye la ignorancia, sobre todo la destinada al sentido público, a la evaluación pública de la ciencia.

DLP: ¿Cuál sería el lugar de las mujeres en esta construcción de la ignorancia en torno a la ciencia?

DM: Me interesó dar un ejemplo que va más allá de la cuestión de género. Efectivamente, omitiendo mujeres se omite un amplísimo espectro de imaginación. Ahora, no sólo tiene que ver con las mujeres. Esto también es algo que me interesa señalar cuando hablemos de los conocimientos producidos por los pueblos originarios. Una vez tuve un diálogo con un científico africano que se quejaba de lo mismo: de los científicos que se educaban en África sólo se les prestaban atención a los que iban a universidades europeas, hablaban en inglés y se planteaban los problemas que a los europeos les interesaban. Un problema que le interesa a un africano, sea económico, sociológico, biológico, médico o lo que fuere, es un problema en el que no se va a invertir porque no es de interés específico de los núcleos de poder. Entonces no se trata solamente

de cuestiones raciales, culturales, económicas de por medio. No es eso solamente. Pensemos, por ejemplo, ¿por qué no se investiga chagas? Porque no hay un laboratorio al que le interese un medicamento para resolver la enfermedad de chagas. Porque ningún laboratorio quiere invertir en algo que no va a tener un rédito. Entonces, si no la investigan desde el Estado y no la investiga el país, no va a tener solución. La ciencia se ha mercantilizado como ha ocurrido con la medicina y prácticamente con toda la cultura.

DLP: En tu opinión, ¿cómo podemos construir una ciencia menos sexista, menos sesgada?

DM: En realidad, se trata de una actitud política. Las comunidades científicas no están aisladas de otras comunidades. La misma persona que es matemática, bióloga, física, también participa de otras comunidades. Puede estar en un equipo de fútbol, en una religión determinada, en un partido político. Lo mismo las mujeres, participamos de varias comunidades. Ahora cada una de estas comunidades construye modos de ver el mundo, saberes que muchas veces no entran en diálogo con el saber científico. La ciencia tendría que ser una actividad evaluada socialmente, y esto en general no ocurre. La ciencia se hace en un laboratorio y los que no estamos en el laboratorio ni nos enteramos. De vez en cuando nos enteramos de los resultados cuando se aplican. Pero ¿de qué manera esas comunidades construyen su saber y con qué impacto y destinado a qué objetivo?, ¿con qué costos?, ¿cuántas personas están trabajando en eso? En general, no es un dato con el que la sociedad cuente. Para una ciencia menos sesgada tiene que estar en mayor diálogo con las comunidades en las cuales se desarrolla. Tiene que ser más transparente en relación con sus valores, tener mayor espíritu crítico, aplicándolo a sus propios resultados. Pero esto no siempre ocurre, porque si hay un grupo de investigadores que están en el CONICET y que han logrado formar un equipo de investigación, tienen que progresar en su carrera, sostener esa estructura, su autoridad está en juego. Si algo sale mal, probablemente traten de repararlo y tratarán de ver la posibilidad de hacer presentables los resultados para no perder todos estos aspectos sociales de poder, de prestigio, económicos, que también forman parte de la comunidad científica. La comunidad científica no es nada más que personas neutrales haciendo un trabajo objetivo -esta era la manera de representarla en el siglo XVIII-. Las comunidades no son ni abstractas, ni neutrales, ni angélicas, ni desprovistas de valores. Son comunidades donde todas estas cosas están presentes. ¿Cómo se regula? Sumando algunos aportes como una escucha más sensible con respecto a modos de construcción de conocimiento, que son sencillamente dejados de lado y que tendrían que entrar en diálogo. Voy a dar un ejemplo. Una vez viajé a México. Yo trabajo desde una epistemología feminista y con la idea de oponernos al androcentrismo, buscando un sujeto que sea interseccional. No sólo queremos que entren mujeres, pedimos que no sólo entren mujeres blancas, ricas y que hablen inglés. No se trata solamente del género, hay que pensar interseccionalmente los sujetos de la ciencia. Entonces unas compañeras me comentan algo que se había dado en años anteriores: "Mirá, la Universidad Nacional Autónoma de México tiene un proyecto de investigación donde han empezado a trabajar la Facultad de Antropología con la de Química". Fíjense ustedes esta alianza, la antropología con la química. Los antropólogos tratando de decodificar unos códices mayas, que poseían una enorme sabiduría. Algunas escrituras tienen que ver con la recolección y uso terapéutico de las hierbas. Entonces, con algunas comunidades mayas que todavía hay en Guatemala y en México, reconocen cuáles eran esas hierbas y para qué se usaban. Hay una medicina popular muy importante en México. En general en América Latina hay personas, sobre todo mujeres, que conocen estos usos, que recolectan las hierbas, que hacen el diagnóstico, que te dan los yuyitos para el amor, ya mezcladitos en sus justas proporciones. Desde la Facultad de Antropología se trataba de decodificar eso. Cuáles eran las hierbas y qué uso terapéutico tenían. ¿Y la Facultad de Química? Con esa decodificación de las hierbas veían cuáles eran las sustancias activas y cómo se las podía destilar. Decían "mirá que bueno que finalmente se hace esta conjunción para darle una lectura científica a ese saber popular". Y yo pregunté -porque los filósofos hacemos eso, preguntamos, nunca conformes con las respuestas- "¿quién financia este estudio?" Y entonces me dijeron "un laboratorio alemán". Entonces dije: "lo que acá hay es extractivismo en relación con los saberes del pueblo maya. Cuando esa facultad de química logre decodificar el destilado, esos medicamentos se los va a llevar el laboratorio para ser un medicamento sintético con ese efecto terapéutico que ni los mayas ni los mexicanos van a poder pagar." Entonces, quién financia la investigación es un sesgo que puede tener la investigación. Ustedes podrían decirme que, si estoy hablando de que se integren más sujetos dentro de la ciencia, este sería un ejemplo extraordinario. Bueno, es el capitalismo. En este contexto es muy difícil tener contextos humanistas que nos saquen de ese rasgo mercantilista de los saberes.

DLP: Muchísimas gracias Diana por tu tiempo y por compartir esta conversación con nosotras y nuestros lectores y lectoras.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

ZOOLOGÍA

ANIMALES SILVESTRES ATROPELLADOS

MORIR EN EL CAMINO

Este trabajo invita a reflexionar sobre el atropellamiento vehicular de fauna silvestre, según observaciones realizadas entre los años 2021 y 2022 en una ruta patagónica.

Marina Winter y Sergio Abate

Es conocido que el desarrollo de rutas promueve el crecimiento urbano a lo largo de su curso. Este proceso de urbanización suele avanzar asociado a la disminución y pérdida de continuidad de los ecosistemas naturales. Además de reducir la cantidad y calidad de estos ambientes, las rutas y caminos tienen efectos indirectos que suelen pasar desapercibidos. Por ejemplo, las rutas y caminos incrementan los efectos de borde (ver Glosario), obstaculizan y pueden hasta modificar el comportamiento de algunas especies animales, pueden provocar el aislamiento de poblaciones e interrumpir el flujo genético natural. De acuerdo a la intensidad de uso de cada ruta habrá también una expansión de la contaminación química y sonora. Por último, el atropellamiento de fauna silvestre seguido de muerte, es uno de los efectos directos negativos más fácilmente reconocibles por la población en general, porque con frecuencia se observan cuerpos de animales sin vida sobre la ruta.

Los atropellamientos vehiculares son una de las causas principales de mortalidad no natural para muchas especies de vertebrados, incluso para aquellas en estado de conservación amenazado. La muerte de animales sobre rutas puede estar favorecida por factores ambientales como la fisonomía del ecosistema, las condiciones climáticas, así como la disponibilidad de agua y alimento. La cantidad de atropellamientos puede presentar cambios a lo largo del año, asociados con variaciones estacionales propias de cada especie, como es el caso de las migraciones, cortejo y apareamiento. Además, algunas características propias de cada ruta pueden asociarse a mayor o menor mortandad por atropellamiento, como por ejemplo su diseño (el ancho de la calzada, presencia o no de banquina y guardarrail, instalación de iluminación artificial, etc.), la intensidad del tránsito, limitadores de velocidad e instalación de cartelería que indique límites máximos de velocidad y presencia de fauna.

En conjunto, los efectos directos e indirectos de las rutas y caminos sobre la biodiversidad, pueden poner en peligro especies o ecosistemas enteros. Durante el XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito realizado en 2016, se ha informado que la problemática sobre la siniestralidad en fauna silvestre ocasionada por el uso de las rutas es escasamente considerada en Argentina. En este contexto, y ante la ausencia de datos sobre el atropellamiento de animales en el noreste de la Patagonia, nos propusimos conocer la abundancia y composición de especies de vertebrados que mueren por atropellamiento vehicular sobre un tramo de la ruta provincial N°1 (RP1) de Río Negro a lo largo de un año.

Palabras clave: El Cóndor, *Lagostomus maximus,* muerte por atropellamiento, Viedma, vizcacha.

Marina Winter[1]
Dra. de la Universidad de Buenos Aires
mwinter@unrn.edu.ar

Sergio Abate[1]
Dr. de la Universidad de Buenos Aires
sabate@unrn.edu.ar

[1] Universidad Nacional de Río Negro (UNRN). Sede Atlántica. Centro de Investigaciones y Transferencia de Rio Negro (UNRN-CONICET).

Recibido: 07/04/2022. Aceptado: 02/06/2022.

¿Dónde hicimos nuestro estudio?

La RP1es una ruta costera, que en su recorrido de 210 kilómetros une la ciudad de Viedma con el Puerto de San Antonio Este. Este camino se encuentra asfaltado en sus primeros 65 kilómetros. Desde su inicio en el kilómetro 0 y por espacio de 5 kilómetros, la RP1 funciona como circunvalación en la ciudad de Viedma, y atraviesa una gran cantidad de barrios que se encuentran a ambos márgenes. Más allá del kilómetro 6 y en dirección al Puerto de San Antonio Este, la RP1 recorre un ambiente más natural.

La ciudad de Viedma es la capital de la provincia de Río Negro, con una población de 80.632 habitantes según estimación del año 2020 de la Dirección de Estadística provincial de Río Negro. Partiendo de

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

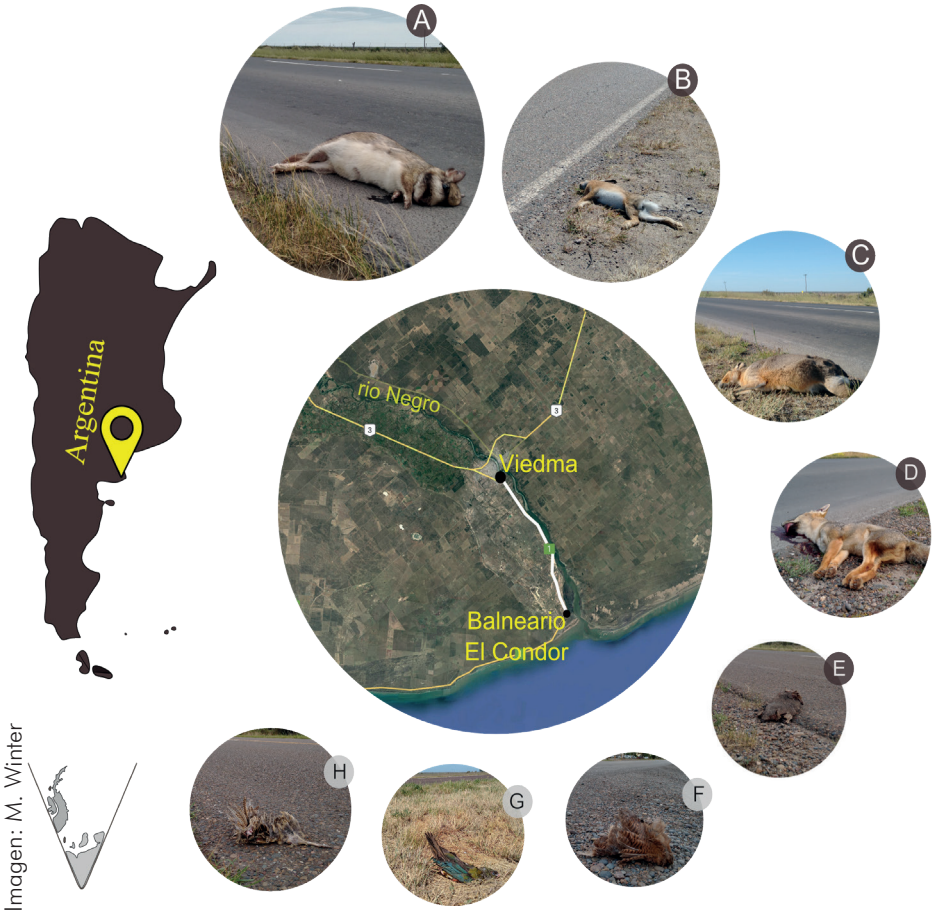


Imagen: M. Winter

Figura 1. Área de estudio. Tramo de la Ruta Provincial N°1 donde se realizó el relevamiento. Especies animales con mayor número de registro de individuos atropellados entre enero de 2021 y enero de 2022. Mamíferos: vizcacha (A), liebre europea (B), mara (C), zorro gris (D) y peludo (E). Aves: chimango (F), loro barranquero (G) e inambú común (H).

Viedma por la RP1, en el kilómetro 35 se encuentra el Balneario El Cóndor, una villa marítima ubicada sobre la costa Atlántica, cuya población estable es de 746 habitantes según valores del INDEC de 2010. Sin embargo, los fines de semana, los días feriados y los meses de vacaciones gran parte de la población de Viedma y la localidad vecina Carmen de Patagones (provincia de Buenos Aires) visita el balneario para realizar actividades recreativas, a lo que se suma un creciente número de turistas.

Entre los kilómetros 6 y 35 de la RP1 (ver Figura 1), estudiamos la ocurrencia de atropellamientos vehiculares seguidos de muerte de fauna silvestre. Se trata de un tramo de 29 kilómetros de ruta asfaltada de simple vía, con orientación norte-sur, que acompaña al estuario del río Negro a una distancia promedio de 500 metros hasta su desembocadura en el Mar Argentino. Este tramo de la ruta no atraviesa Reservas Naturales. A ambos lados el paisaje se caracteriza por la presencia de remanentes de monte y espinal, con actividad ganadera extensiva y mixta, y signos de sobrepastoreo que son evidentes desde la ruta (ver Figura 2). Sobre la costa del estuario del río Negro, en los últimos cinco años se observó un mayor número de áreas residenciales cerradas a las que se accede por esta misma ruta, con el consecuente aumento de presencia humana y circulación vehicular.

Cómo realizamos este estudio

Para conocer el número y composición de especies de vertebrados silvestres que murieron por atropellamiento vehicular en este tramo de la RP1, realizamos 127 recorridos entre el 26 de enero de 2021 y el 25 de enero de 2022. Cada recorrida se hizo en un vehículo particular, circulando a una velocidad inferior a 70 km/h, con luz natural, en diferentes momentos del día. En promedio realizamos 11 recorridos por mes. Registramos todos los animales hallados sin vida sobre la cinta asfáltica y hasta un metro a cada lado sobre la banquina. Para evitar contabilizar dos veces el mismo animal, así como para evitar que especies carroñeras sean atropelladas al alimentarse de un cadáver sobre la ruta, cada animal hallado muerto por atropellamiento fue alejado al menos cinco metros de la ruta luego de su identificación y registro. Si bien se registraron animales domésticos atropellados, no fueron incluidos en el estudio porque nuestro trabajo apuntaba a conocer el efecto de la ruta sobre especies silvestres.

Quiénes y cuándo murieron en el camino

Registramos en total 142 animales atropellados sobre el tramo de la RP1 estudiado, pertenecientes a siete especies de mamíferos y a seis especies de aves. El grupo de animales atropellados resultó integrado por 12 especies nativas y una exótica. El número de

individuos por especie se muestra en la Tabla 1. Los mamíferos de mediano porte resultaron el grupo de vertebrados más afectado, coincidentemente con lo que ocurre en rutas de otras regiones de nuestro país. La especie con más registros fue la vizcacha (*Lagostomus maximus*), con 77 individuos atropellados a lo largo de un año (ver Figura 3). Considerando su estado de conservación, se destaca el hallazgo de una especie en estado vulnerable, la mara (*Dolichotis patagonum*) y otra especie en estado amenazada, el loro barranquero (*Cyanoliseus patagonus*).

La segunda especie con mayor número de registros fue la liebre europea (*Lepus europaeus*) con 28 individuos. La liebre es una especie de origen euroasiático que pertenece al grupo de los lagomorfos. Actualmente, su área de distribución alcanza a todas las provincias argentinas y es el mamífero exótico invasor con mayor distribución en áreas naturales protegidas. Por su condición de especie exótica que integra una población en aumento, la existencia de un marco legal diferente respecto a las especies nativas que habilita su caza y comercialización (destinada a exportación), no concentramos nuestra atención en esta especie.

El número de recorridos con presencia de animales atropellados, sin presencia, y totales por mes se muestran en la Figura 4. Febrero fue el único mes en el que todos los días en los que se realizó el recorrido registramos animales atropellados. Julio fue el único mes en el que no observamos animales atropellados. Consideramos importante conocer la distribución de los atropellamientos durante el año. Para eso calculamos la proporción de recorridas con registro de animales atropellados (PR+) para cada mes, como el número de recorridas donde se observaron animales atropellados respecto del número total de recorridos en dicho mes.

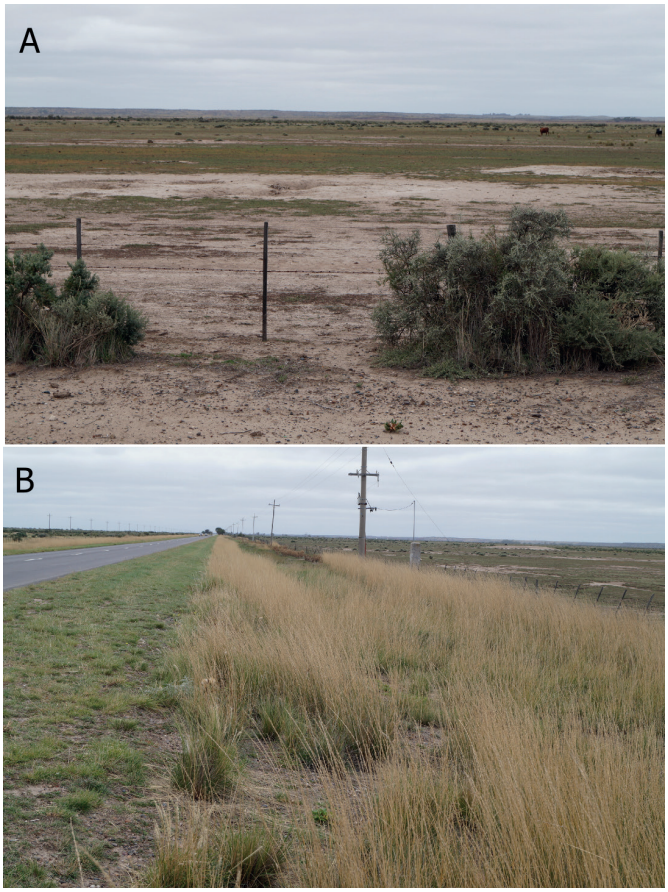


Imagen: S. Abate.

Figura 2. Paisaje de la Ruta Provincial N°1 a la altura del Km 27. Notar la falta de cobertura vegetal por sobrepastoreo. B: efecto banquina.



Imagen: M. Winter

Figura 3. Vizcacha sin vida por atropellamiento vehicular

El promedio de PR+ para los 12 meses de estudio fue de 0,39. Durante enero y febrero se registraron los mayores valores de PR+ (0,8 y1, respectivamente), resultando hasta 10 veces superiores a otros meses (0,1 en abril y 0,11 en agosto). Los valores de PR+ para todos los meses de este estudio se pueden observar en la Figura 5. Esta diferencia estacional podría explicarse por el aumento de tránsito vehicular sobre la ruta durante la temporada estival. Según datos de la Dirección de Vialidad Rionegrina, entre el 23 de noviembre de 2021 y el 25 de enero de 2022 se contabilizaron 457.211 vehículos circulantes sobre la ruta entre Viedma y Balneario El Cóndor, con picos de circulación durante los fines de semana.

Como ya mencionamos, a partir de este estudio nos propusimos generar información que permita conocer factores de riesgo de atropellamiento, como la época del año o los sitios de la ruta que pudieran constituir verdaderas zonas críticas, identificadas como *hotspot* en la bibliografía técnica específica, tanto en idioma español como en inglés. Aunque realizamos recorridas durante 127 días, desconocemos el número de animales que pudieron haber sido atropellados los 238 días del año en que no se realizaron recorridas. Por otra parte, existe una posibilidad cierta de que animales atropellados se desplacen varios metros desde la cinta asfáltica para morir fuera del alcance visual.

Además, los animales atropellados con vida pueden ser recogidos por el conductor para intentar una asistencia veterinaria, como describió un estudio

Nombre vulgar	Nombre científico	Número de individuos atropellados	Estado de conservación
MAMÍFEROS			
Vizcacha	*Lagostomus maximus*	77	Preocupación menor
Liebre europea	*Lepus europaeus*	28	Exótica
Zorro gris	*Lycalopex gymnocercus*	6	Preocupación menor
Peludo	*Chaetophractus villosus*	5	Preocupación menor
Mara	*Dolichotis patagonum*	4	Vulnerable
Comadreja overa	*Didelphis albiventris*	2	Preocupación menor
Zorrino común	*Conepatus chinga*	1	Preocupación menor
AVES			
Inambú común	*Nothura maculosa*	9	Preocupación menor
Loro barranquero	*Cyanoliseus patagonus*	3	Amenazada
Tero común	*Vanellus chilensis*	3	Preocupación menor
Chimango	*Milvago chimango*	2	Preocupación menor
Carancho	*Polyborus plancus*	1	Preocupación menor
Halconcito colorado	*Falco sparverius*	1	Preocupación menor
	TOTAL	142	

Tabla 1. Abundancia y diversidad de mamíferos y aves halladas sin vida por atropellamiento. Nombre vulgar, científico y estado de conservación según la categorización de las aves de Argentina (Informe del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y de Aves Argentinas, 2015) y de los mamíferos de Argentina según su riesgo de extinción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos, 2019).

similar en la provincia de Misiones, en el que se informa que cerca del 5% de los animales atropellados no murieron y fueron asistidos o bien se les perdió el rastro. Todas estas consideraciones nos permiten suponer que el número y la composición del grupo de animales atropellados podrían ser más elevados que el observado.

Refuerzan esta idea nuestros registros de otras especies de mamíferos, aves y reptiles muertas por atropellamiento fuera del período de este estudio y para el mismo tramo de la ruta. Entre estos registros adicionales se observaron diversas especies como el gato montés (*Leopardus geoffroyi*), el hurón menor (*Galictis cuja*), el zorrino (*Conepatus chinga*), el jabalí (*Sus scrofa*), la lechucita vizcachera (*Athene cunicularia*), la lechuza de campanario (*Tyto alba*), el lechuzón de campo (*Asio flammeus*), el ñacurutú (*Bubo virginianus*), la calandria (*Minus saturninus*), el benteveo (*Pitangus sulphuratus*), el pirincho (*Guira guira*) y la culebra parejera (*Phylodrias patagoniensis*).

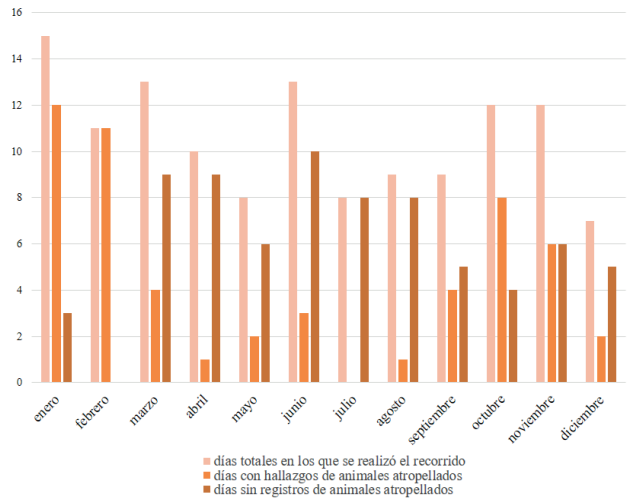


Figura 4.Cantidad de días por mes en los que se realizó el recorrido. Días con registro de animales atropellados y días sin registros.

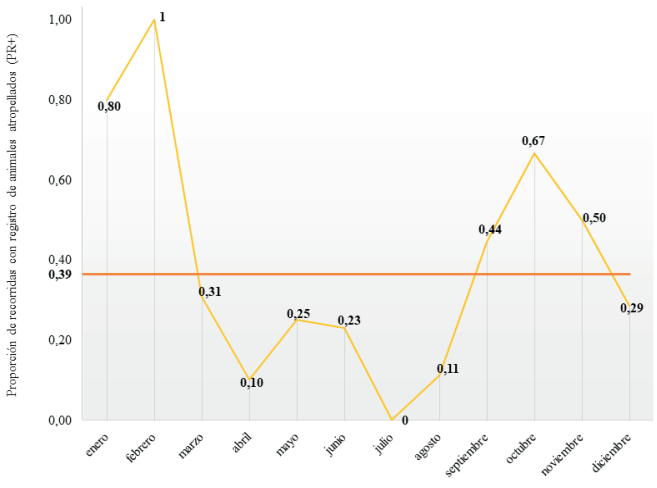


Figura 5. Proporción de recorridas con registro de animales atropellados (PR+) para cada mes del estudio. La línea horizontal indica la proporción promedio.



Figura 6. Distribución de los atropellamientos seguidos de muerte registrados entre Viedma y el Balneario El Cóndor, entre el 26 de enero de 2021 y el 25 de enero de 2022. Los círculos en orden creciente de tamaño corresponden al registro de 1 a 5 individuos, 6 a 10 y 15.

Roedores nativos: vizcachas y maras

Las vizcachas atropelladas representan el 54% de los registros. Se trata de un roedor nativo de hábitos nocturnos-crepusculares, que vive en grupos de hasta 30 individuos, quienes comparten una madriguera bajo el liderazgo de un macho adulto, el vizcachón. En ambientes semiáridos el área de acción promedio es de 1,29 hectáreas; esta superficie involucra a todas las vizcachas que habitan una madriguera. Son herbívoros no demasiado selectivos, que salen por la tarde y noche para alimentarse de hierba, arbustos y semillas que se encuentran cerca de la madriguera. Aunque la tendencia poblacional a nivel nacional se considera estable, los especialistas consideran importante monitorear las poblaciones de vizcachas en ecorregiones como el espinal, así como en aquellos sitios donde persisten en bajas densidades. La especie presenta una amplia distribución geográfica con presencia en numerosas reservas naturales. El sur de la provincia de La Pampa y el norte de la provincia de Río Negro representan el límite sur de su distribución, por lo tanto, esta situación aporta una característica diferencial a la población de vizcachas que ocupa los kilómetros lindantes a la RP1 vinculada a su conservación.

Durante enero y febrero se avistaron grandes grupos de vizcachas en la banquina de la RP1 entre los kilómetros 27 y 29, en búsqueda de alimento durante horario nocturno. Hemos observado que, estando ya sobre la ruta, es casi nula la reacción que los individuos de esta especie tienen ante el acercamiento de un vehículo o a la presencia humana. Es de destacar que la zona donde se observó la mayor mortandad de vizcachas atropelladas (ver Figura 6) corresponde a una de las zonas con mayor degradación del suelo por sobrepastoreo de ganado vacuno destinado a cría. Este sobrepastoreo, sumado a los efectos de una drástica disminución de precipitaciones ocurrida en el período de este estudio, generaron la ausencia de suficiente cobertura vegetal para soportar las demandas de consumo del ganado y fauna silvestre (ver Figura 2A). La falta de aporte de vegetales para consumo de las vizcachas observada en los campos, sumado al efecto borde de la ruta (en cuya acequia se acumula humedad, crecen plantas y no hay ganado que las consuma) (ver Figura 2B), constituyen una confluencia de factores por los cuales las vizcachas se acercarían en gran número a la banquina, incrementándose así el riesgo de atropellamiento. Este tramo de la ruta constituye una zona crítica que podría ser intervenida para concientizar y prevenir al conductor de los riesgos de atropellamiento de vizcachas.

A diferencia de las vizcachas, el número de maras (también conocidas como liebres patagónicas o liebres criollas) ha disminuido en los últimos 10 años a nivel nacional. Esta situación se refleja en el estado de conservación vulnerable de la especie. Si bien las vizcachas tienen mayor tolerancia a los ambientes antropizados (ver Glosario), una de las mayores amenazas para ambas especies es la pérdida del hábitat. Las maras y vizcachas solapan su nicho trófico (ver Glosario) con el ganado. Esta competencia tendría un efecto negativo en las especies nativas ya que restringe sus áreas de alimentación.

El avance de la urbanización, el desmonte y la producción ganadera repercuten negativamente en la oferta de alimento para maras y vizcachas, que por esta razón posiblemente deban desplazarse cada vez más y consecuentemente se acerquen a la RP1, donde mueren en el camino.

¿Por qué son importantes los registros?

Las investigaciones que registren de manera sistemática el número y la identidad de las especies atropelladas sobre rutas y caminos de Argentina son escasas. Sin embargo, en el año 2019 nació la Red Argentina de Monitoreo de Fauna Atropellada (disponible en Internet). Se trata de un proyecto interinstitucional y participativo creado por un grupo de investigadores de la provincia de Misiones, en el que se mapean los registros de especies atropelladas sobre rutas de todo el territorio nacional. Esta información es esencial para proponer medidas de mitigación y campañas de sensibilización. Además, también es de gran importancia para el seguimiento en la gestión de especies amenazadas o vulnerables, así como para la vigilancia de enfermedades infecciosas y parasitarias y de especies exóticas invasoras. En el caso particular de la RP1, entendemos que la presencia de cartelería que advierta el cruce de animales silvestres nativos (principalmente en horario crepuscular durante los meses de verano) y que informe la importancia de su conservación sería el inicio del camino a recorrer (ver Figura 7).

Consecuencias de los atropellamientos

Una consecuencia de los atropellamientos de fauna silvestre es el daño que estos accidentes viales pueden producir en las personas. Existen daños inmediatos como las pérdidas económicas estrictamente materiales, por deterioro o destrucción del vehículo. Más grave aún son los daños físicos inmediatos sobre las personas, que pueden incluir desde heridas leves hasta la muerte. Lamentablemente no hemos encontrado registros y estadísticas sobre este aspecto para nuestro país; pensamos que la disponibilidad de esta información podría colaborar con la toma de conciencia de los conductores sobre esta problemática, favoreciendo la conducción por debajo de los límites de velocidad máximos recomendados para evitar embestir a los animales. Por otro lado, en estas situaciones se incrementa la probabilidad de contacto directo entre la fauna silvestre y las personas, ya que posterior a un atropellamiento, en ocasiones los pasajeros descienden del vehículo para observar al animal, incluso recogerlo y trasladarlo en el vehículo para que reciba asistencia médica veterinaria. Estas conductas constituyen un factor de riesgo para la transmisión de zoonosis (ver Glosario) desde el ecosistema silvestre al ecosistema doméstico. Expertos de la Organización Mundial de la Salud y de la *EcoHealth Alliance* aseguran que más de la mitad de las enfermedades emergentes y casi todas las pandemias conocidas (como las causadas por virus influenza todos los años, o por diversos coronavirus como el síndrome respiratorio de oriente medio en el año 2012 o el síndrome respiratorio por coronavirus o COVID en el año 2019) son causadas por microorganismos de origen animal, que se propagan por contacto entre la fauna silvestre y las personas. Según diferentes modelos predictivos, existirían alrededor de 1,7 millones de virus aún no conocidos por el ser humano, que circulan entre mamíferos y aves silvestres, de los cuales 850.000 tendrían capacidad de generar zoonosis. Actualmente no existe una adecuada difusión de los protocolos de acción que minimicen los riesgos de transmisión de zoonosis provocadas por contacto con la fauna silvestre atropellada.

Como parte de nuestra línea de investigación actual, realizamos vigilancia sanitaria en fauna silvestre a partir de animales hallados sin vida sobre rutas, caminos y áreas costeras. Estudiando diferentes especies de mamíferos de la región hemos podido comprobar que, en el ecosistema silvestre inmediato a las localidades de Viedma y El Cóndor, circulan patógenos bacterianos responsables de generar brucelosis, tuberculosis y leptospirosis. También hemos evidenciado la circulación de patógenos virales como el virus de hepatitis E y ectoparásitos (como pulgas, piojos, garrapatas) portadores de potenciales patógenos para las personas y la fauna doméstica.

Por otro lado, otra consecuencia del atropellamiento de fauna silvestre seguido de muerte (inmediata o no) se encuentra en la disminución de la población de una o varias especies, algunas de las cuales pueden encontrarse en un serio estado de conservación. El aumento de la infraestructura vial ha posicionado a los atropellamientos en rutas como la principal amenaza para algunas especies, incluso por encima de la pérdida del hábitat y la caza directa ilegal. Esto sucede, por ejemplo, en la provincia de Chaco (en el norte de Argentina) con el oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*), el aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*) y el oso melero (*Tamandúa tetradactyla*), tres especies de mamíferos que se encuentran en estado vulnerable de conservación.

Otra consecuencia negativa del atropellamiento de la fauna silvestre, difícil de reconocer por la población en general, se encuentra en la pérdida de los servicios ecosistémicos que ofrecen las especies animales de vida libre atropelladas. Poniendo como ejemplo a las maras y vizcachas, sus madrigueras ayudan a incrementar la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y sodio en el suelo. Las madrigueras, cuevas y galerías de especies de hábitos fosoriales (ver Glosario) contribuyen a la oxigenación del suelo, así como a la acumulación y distribución del agua de lluvia en zonas áridas y semiáridas. Cuando las madrigueras son abandonadas son aprovechadas por una gran diversidad de especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios. También, vizcachas y maras son presas

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

importantes en la trama trófica (ver Glosario). Su disminución podría generar que los depredadores tengan que alimentarse de especies domésticas de producción, pudiendo desencadenar un conflicto con la producción ganadera. Además del efecto positivo de sus madrigueras, las maras y vizcachas son buenas dispersoras de semillas, y tienen un papel importante en la recuperación de áreas degradadas por causas naturales o antrópicas, como por ejemplo las sequías, los incendios y el desmonte. La disminución de la población de estos animales silvestres por atropellamiento podría privarnos de sus efectos ecosistémicos beneficiosos, haciendo de nuestro ambiente un lugar menos saludable para la vida.

¿Qué podemos hacer?

Como propuesta para compensar los efectos negativos directos e indirectos de las rutas, tenemos varias cosas por hacer. Por un lado, resulta necesario fiscalizar el cumplimiento de algunas leyes vigentes, como la Ley Nacional de Protección Ambiental de los Bosques Nativos 26331, la Ley Nacional de Conservación de la Fauna 2421 y la Ley Provincial 2056. La Ley Nacional 26331 regula la superficie de ecosistema natural que debe ser conservada. De esta manera, se garantiza el hábitat para la supervivencia y reproducción de poblaciones animales, de las cuales algunos de sus individuos son muertos por atropellamiento en las rutas. Las Leyes 2421 y 2056 declaran de interés público a la fauna silvestre, promoviendo su protección y conservación. Conjuntamente, establecen que cualquier proyecto que modificase su hábitat debe ser analizado y contar con la opinión favorable de la autoridad de aplicación. En particular, en 1905 la vizcacha fue declarada plaga a nivel nacional, situación legal que se mantuvo hasta 2018, cuando fue derogada por el Decreto 27/2018. Aunque para ese entonces esta especie ya se encontraba protegida por ley en la provincia de Río Negro, las vizcachas siguieron siendo perseguidas y cazadas de forma ilegal, para consumo de su carne o para eliminarlas de los predios de producción pecuaria, desconociendo algunos beneficios de su presencia tanto para el ambiente natural como para el productivo. La mara y la vizcacha han tenido una valoración negativa por parte de productores ganaderos por los supuestos daños producidos al suelo con la construcción de sus madrigueras y por la competencia con el ganado por el alimento. El incumplimiento de las leyes mencionadas afecta negativamente la supervivencia de algunas especies animales, dificultando la recuperación de aquellas poblaciones que sufren un alto impacto por el atropellamiento vehicular.

La fauna de vida libre depende del ecosistema para subsistir, de donde obtiene agua, alimento y refugio. Se espera que en ambientes muy antropizados, con elevado grado de fragmentación y sustitución de espacios naturales por tierras destinadas a la producción agropecuaria o al desarrollo urbano, los animales silvestres tiendan a dispersarse para satisfacer sus necesidades biológicas, situación que incrementa la posibilidad de eventos de atropellamiento vehicular. Nuestro estudio fue realizado en los primeros kilómetros de la RP1, que en un tramo atraviesa campos actualmente destinados a producción ganadera con marcado sobrepastoreo (ver Figura 2), así como múltiples áreas destinadas a proyectos inmobiliarios recientes en los que se observa un marcado desmonte para la urbanización. Por este motivo, consideramos necesario promover un mayor sentido de responsabilidad individual y colectiva frente al desarrollo urbano: elegir patios silvestres con arbustos y matas de especies nativas por sobre parques de un verde excéntrico para nuestra región, cuyo efecto puede resultar despreciable si se piensa en función de casas individuales ya construidas, pero puede tener mayor impacto al implementarse en áreas residenciales cerradas y barrios nuevos que son los que actualmente están sustituyendo las áreas naturales al lado de la RP1. Frente al avance de los desarrollos urbanos, resulta necesario que su planificación cuente



Imagen: Foto: D. Podestá. Composición: M Winter.

Figura 7. Propuesta de cartelería que advierta la presencia de fauna silvestre sobre la cinta asfáltica y la banquina.

con una previa y rigurosa evaluación de impacto ambiental, (que incluya estudios en flora y fauna silvestre y proponga medidas de mitigación de daños), y una posterior fiscalización. Si bien la construcción de toda clase de edificaciones promueve cambios sobre la topografía, el paisaje y los escurrimientos naturales, desde la RP1 se aprecia como los barrios cerrados que se vienen instalando entre Viedma y El Cóndor ejercen una importante alteración en los ecosistemas, cambiando el pasto natural por césped exótico bajo riego, plantando especies exóticas o instalando lagunas artificiales, aunque promocionan como argumento de venta el contacto de sus habitantes con la naturaleza. Si pensamos en un desarrollo urbano sustentable, los procesos de urbanización promovidos en áreas con presencia de flora y fauna nativa deben ser llevados a cabo manteniendo la armonía y respetando el paisaje natural, cuidando los remanentes de monte y espinal que quedan.

Finalmente, y en relación al principal efecto directo negativo de las rutas sobre la fauna silvestre, al menos debemos conducir con responsabilidad y respetando las velocidades máximas de circulación para mitigar la muerte de animales cuya presencia es necesaria para la salud de los ecosistemas.

Consideraciones finales

Todas las especies nativas tienen un rol ecológico importante para mantener el equilibrio de los ecosistemas. Y este equilibrio es necesario para garantizar el flujo de la energía, la sostenibilidad del suelo y evitar la emergencia de patógenos (ver Glosario). Los animales sin vida sobre la ruta podrían ser la punta del iceberg de un proceso de cambio ecosistémico de origen antrópico, que involucre modificación en patrones de desplazamiento de la fauna, que podría llevar localmente a su eliminación.

Resumen

Entre las consecuencias negativas del tránsito vehicular en rutas, el atropellamiento de fauna silvestre es una de las más evidentes. Nos propusimos conocer la abundancia y diversidad de animales muertos por atropellamiento en el tramo de la ruta provincial N°1 de Río Negro que une Viedma con el Balneario El Cóndor. En 127 recorridas a lo largo de un año, registramos 142 animales atropellados pertenecientes a 13 especies: 7 de mamíferos y 6 de aves. La especie con más registros fue la vizcacha (54% del total). Esta información es esencial para proponer medidas de mitigación y campañas de sensibilización.

Glosario

Ambientes antropizados: ambientes que han sido modificados por la acción del ser humano.

Efecto de borde: modificaciones en los procesos bióticos y físicos de un ecosistema consecuencia de la pérdida de continuidad.

Hábitos fosoriales: adaptación a la excavación y vida en cuevas y galerías subterráneas.

Nicho trófico: Cada uno de los conjuntos de especies u organismos de un ecosistema, que coinciden en su posición respecto al flujo de energía o nutrientes.

Patógenos: microorganismos (hongos, virus, bacterias y parásitos) capaces de producir enfermedad.

Zoonosis: enfermedad que se transmite naturalmente entre las personas y los animales (domésticos y silvestres).

Para ampliar este tema

Alonso Roldán, V., Udrizar Sauthier, D.E., Giannoni, S.M., Campos, C.M. (2019). *Dolichotis patagonum*. En: SAyDS–SAREM (eds.) *Categorización 2019 de los mamíferos de Argentina según su riesgo de extinción. Lista Roja de los mamíferos de Argentina*.

Carr L.W., Fahrig L. (2001). Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. Conservation Biology, 15 (4):1071-1078.

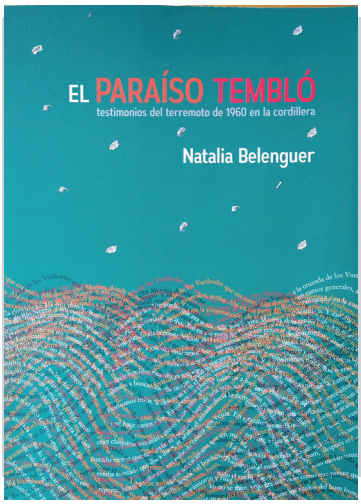
Cirignoli, S., Lartigau, B. (2019). *Lagostomus maximus*. En: SAyDS–SAREM (eds.) *Categorización 2019 de los mamíferos de Argentina según su riesgo de extinción. Lista Roja de los Mamíferos de Argentina*.

Cuyckens, G.A.E., Mochi, L.S., Vallejos, M., Perovic, P.G., Biganzoli, F. (2016). Patterns and Composition of Road-Killed Wildlife in Northwest Argentina. Environmental management, 58: 810-820.

Varela, D., Alcaráz, A., Favre, P., Cirignoli, S., Torres, G., Costa, S. (2019). Hacia una red de monitoreo participativo de fauna atropellada. Jornadas Argentinas de Mastozoología.

 ISSN (impresa)1668-8848 - ISSN (en línea) 2618-5385

En las librerías

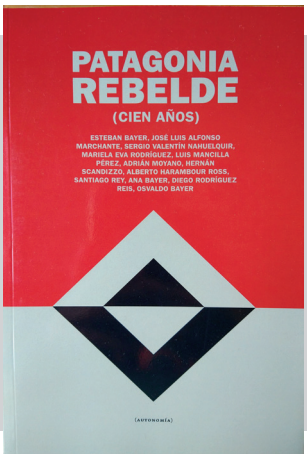


El Paraíso tembló. Testimonios del terremoto de 1960 en la cordillera.

Natalia Eleana Belenguer. Primera ed. De la Grieta, 2020.

ISBN: 978-987-3815-66-9

El domingo 22 de mayo de 1960, ocurrió un terrible terremoto que tuvo epicentro en Valdivia (Chile) y se sintió fuerte en Villa La Angostura y Bariloche. Este hecho ha quedado grabado en forma imborrable en la memoria de los pobladores y la autora les da protagonismo a sus voces testimoniales. Estas voces que le dan identidad al pueblo, constituyen fragmentos de la historia de la Patagonia. Un maravilloso aporte que se encuentra al final del libro son también las biografías de cada persona entrevistada.

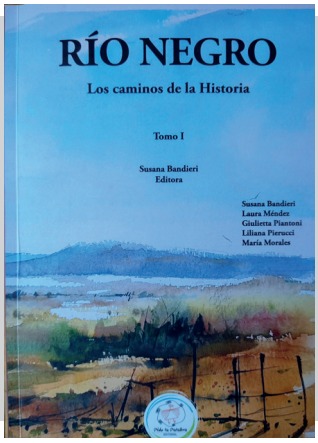


Patagonia Rebelde (100 años).

Esteban Bayer...*et al.* Primera ed. Red Editorial, 2021.

ISBN: 978-987-48379-0-5

A 100 años de la tragedia de la represión de las huelgas rurales santacruceñas, este libro reúne los trabajos de once reconocidos autores y enriquece la investigación de Osvaldo Bayer con nuevas miradas, testimonios y revisiones históricas siendo a la vez un reconocimiento y homenaje a esta obra fundamental.

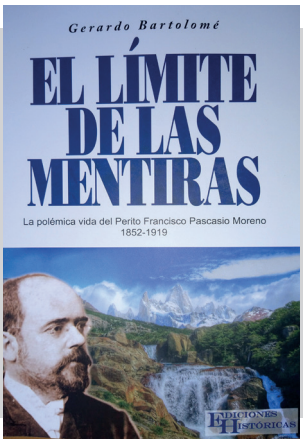


Río Negro. Los caminos de la Historia: Tomos I y II

Susana Bandieri...*et al.* Primera ed. Pido la Palabra, 2021.

ISBN: 978-987-45960-7-9

Esta obra está compuesta por dos tomos en los que, a partir de una exhaustiva tarea de investigación, las autoras sintetizan las transformaciones geográficas e históricas y cuentan una historia rionegrina con una perspectiva multidimensional. Es un texto integrador e interdisciplinario fuertemente sustentado en las publicaciones realizados por los diferentes equipos de investigadores de Patagonia Norte.



El límite de las mentiras. La polémica vida del Perito Francisco Pascasio Moreno 1852-1919.

Gerardo Miguel Bartolomé. Decimoprimera ed. Gerardo Miguel Bartolomé (Ed. personal), 2022.

ISBN: 978-987-42-7361-1

La vida del científico y explorador Francisco Pascasio Moreno es relatada como una historia de ficción. De forma muy amena el autor expone los hechos históricos entrelazados en la vida de este multifacético personaje y su profeso amor por Patagonia.