

Libros de **Cátedra**

Volcán antropogénico

Una mirada geográfica sobre procesos
geológicos y geomorfológicos

María Cristina Zilio, Gabriela Mariana D'Amico
y Santiago Báez (coordinadores)

FACULTAD DE
HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

S
sociales


EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

VOLCÁN ANTROPOGÉNICO

UNA MIRADA GEOGRÁFICA SOBRE PROCESOS GEOLÓGICOS
Y GEOMORFOLÓGICOS

María Cristina Zilio
Gabriela Mariana D'Amico
Santiago Báez
(coordinadores)

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA


EduLP
EDITORIAL DE LA UNLP

Índice

Prólogo _____	6
----------------------	---

Héctor Luis Adriani

Presentación _____	8
---------------------------	---

María Cristina Zilio

PRIMERA PARTE

Procesos geológicos y antrópicos en interacción

Capítulo 1

Teoría Social del Riesgo: de la ira divina a la explicación ambiental _____	13
---	----

María Cristina Zilio y Gabriela Mariana D'Amico

Capítulo 2

El Antropoceno: el precio de la tecnología _____	33
--	----

María Cristina Zilio y Gabriela Mariana D'Amico

Capítulo 3

Johannesburgo (Sudáfrica): el legado de la explotación aurífera _____	54
---	----

María Cristina Zilio y Gabriela Mariana D'Amico

Capítulo 4

Explotación del litio en la Puna Austral: implicancias ambientales _____	71
--	----

María del Carmen Aranda Álvarez

Capítulo 5

Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué? _____	87
---	----

María Cristina Zilio, Gabriela Mariana D'Amico, Santiago Báez, María del Carmen Aranda Álvarez y Facundo Palacios

Capítulo 6

Paradoja volcánica: creación y destrucción _____ 108

María Cristina Zilio, Gabriela Mariana D'Amico, Facundo Palacios, María Aranda Álvarez y Santiago Báez

Capítulo 7

Humedal de la Bahía Samborombón: uso y sobreuso de los suelos _____ 130

María del Carmen Aranda Álvarez

Capítulo 8

Gestión de cuencas hidrográficas: comparación de tres experiencias _____ 147

Santiago Báez

Capítulo 9

Transformaciones territoriales en las costas bonaerenses _____ 161

Gabriela Mariana D'Amico, Alfonsina Zurueta y Marcelo Calabró

SEGUNDA PARTE

Otras miradas sobre las transformaciones territoriales

Capítulo 10

Impactos ambientales y Cambio Climático en la costa atlántica bonaerense _____ 178

María Inés Botana y Edgardo Salaverry

Capítulo 11

Depositación y erosión inducida por obras portuarias en los estuarios _____ 197

Gabriela Mariana D'Amico, Claudia Carut, Dardo Arbide y Marta Crivos

Capítulo 12

Problemáticas ambientales asociadas a la transformación del paisaje _____ 205

Andrea A. Pérez Ballari y Ludmila Cortizas

Capítulo 13

Modelar la naturaleza: urbanizaciones cerradas en humedales _____ 220

Patricia Pintos

Capítulo 14

Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos _____ 235

Lorena Coppiarolo, Verónica Pohl Schnake y Analía Zamponi

Capítulo 15

Agriculturización y *sapping* en San Luis y Córdoba: señal antropocénica _____ 258

*María Cristina Zilio, María del Carmen Aranda Álvarez, Analía Zamponi
y Martha Florencia Roggiero*

ANEXOS

Anexo 1

Enfoque pedagógico de los trabajos prácticos _____ 273

Gabriela Mariana D'Amico

Anexo 2

Lineamientos para la búsqueda y lectura de información _____ 276

Gabriela Mariana D'Amico

Los autores _____ 280

Prólogo

La cátedra Geografía Física II nos entrega un libro que relaciona los contenidos de la materia con conceptos tratados en otras asignaturas, y que expresa muchos de los cambios por los que ha transitado la disciplina. “Volcán antropogénico. Una mirada geográfica sobre procesos geológicos y geomorfológicos”, no es un texto de Geografía Física, es un libro de Geografía. En él se resignifican muchos de los conceptos que tiempo atrás se enseñaban y aprendían como átomos de conocimiento, conceptos aislados o, en el mejor de los casos, secuenciados por relaciones determinadas principalmente por las condiciones naturales. Esta resignificación, que refuerza el posicionamiento de la Geografía como Ciencia Social en nuestro Departamento de Geografía, se expresa en esta compilación de trabajos en múltiples facetas.

En primer lugar el texto se posiciona en la “Teoría Social del Riesgo”, punto de partida importante ya que expone que el conocimiento geográfico como conocimiento científico es una construcción. No se desprende de la supuesta capacidad de reproducir fielmente la realidad a través de la observación y el relevamiento empírico de la naturaleza y del espacio, algo así como la “ilusión de la transparencia” de la que nos hablaban Bordieu y Lefebvre.

Asimismo se plantean conceptos como “complejidad”, “enfoque ambiental” y “bienes comunes”. Éstos expresan un posicionamiento epistemológico orientado a conocimientos que priorizan las interrelaciones entre disciplinas y saberes, que convergen en teorías y metodologías integradoras de las relaciones entre el espacio, la sociedad y la naturaleza y en planteamientos críticos de los procesos sociales explotatorios de la misma. Este posicionamiento no es menor, ya que por un lado vincula los temas de estudio de la cátedra a problemáticas sociales relevantes como la mercantilización del ambiente, y por otro, contribuye a ampliar el campo de la geografía física al vincular sus objetos de estudio con saberes de la sociología, la antropología, la ciencia política, la ecología política y la historia.

En los diferentes capítulos nos encontramos con información sobre procesos naturales y problemáticas y conflictos ambientales a diferentes escalas, elaborada e interpretada a través de conceptos tales como “actores sociales”, “gestión del riesgo”, “planificación ambiental”, “políticas ambientales”, entre otros. Esto da cuenta de que el estudio geográfico de los procesos geológicos y geomorfológicos ha avanzado hacia interpretaciones en las cuales no sólo se explica y comprende el ambiente y el territorio en términos de temporalidades pasadas y del presente, sino también en torno a proyectos y dinámicas políticas referidas a escenarios futuros y al desarrollo socioeconómico.

Los distintos capítulos permiten aprender las condiciones naturales de los espacios elegidos como ejemplos a través de la referencia a conocimientos generales y tipologías específicas de la geografía física. Además, pueden ser leídos para interrogarnos y reflexionar sobre las metodologías de estudio de caso, de estudios comparativos y sobre los debates en torno a ellas.

No podemos dejar de mencionar que el libro que coordinan Cristina, Gabriela y Santiago tiene la virtud de haber convocado a profesores/as, graduados/as, becarios/as y estudiantes de las otras cátedras del área y de proyectos del Centro de Investigaciones Geográficas. Esto evidencia la importancia que le otorgan los autores y autoras a la vinculación de la enseñanza con la investigación que se lleva a cabo en nuestra Facultad.

Finalmente, y siguiendo con el sentido del párrafo anterior, “Volcán antropogénico. Una mirada geográfica sobre procesos geológicos y geomorfológicos” además de conformar un material didáctico valioso para la enseñanza y el aprendizaje del ambiente, constituye un auspicioso comienzo para futuros trabajos colectivos en nuestra comunidad académica.

Héctor Luis Adriani

Director del Centro de Investigaciones Geográficas
(FaHCE – IdIHCS / UNLP-CONICET)

Presentación

El campo de Geografía Física II, asignatura de segundo año de las carreras de Geografía, es la “epidermis¹” de la Tierra. Comprende especialmente el estudio de las formas de relieve y las aguas continentales. Históricamente, criterios académicos han desagregado la Geografía Física -y nuestra ciencia, en general- en distintas asignaturas. Sin embargo, desde la cátedra trabajamos con un enfoque ambiental, donde el ambiente es considerado como un sistema complejo y dinámico que incluye a los seres humanos como actores sociales.

Con el enfoque tradicional de la materia, los contenidos se centraban en el estudio de estructuras y procesos geológicos y geomorfológicos que, a grandes rasgos, se explican desde el principio del Uniformismo, propuesto por el geólogo escocés James Hutton, en 1788. Esta teoría se resume en la frase “el presente es la clave del pasado”, es decir, las fuerzas y los procesos que en la actualidad observamos actuaron también en tiempos pretéritos. Si bien esta perspectiva permite un exhaustivo análisis de los principios y conceptos básicos, su mirada natural resulta incompleta desde nuestra concepción de la Geografía. No puedo dejar de recordar, en este párrafo, a los geólogos que me precedieron en el cargo, el Dr. Alfredo Siragusa -que supo acrecentar mi interés por la asignatura en mis tiempos de estudiante- y al Lic. Omar R. Martínez -con quien compartí más de 30 años de trabajo-.

Cambios en la estructura de la cátedra, en 2017, generaron la búsqueda de nuevas dimensiones de análisis. Desde nuestra perspectiva geográfica, analizamos los contenidos con una mirada crítica, ya que gran parte de las transformaciones que se producen sobre el planeta se deben al papel de los seres humanos como actores sociales. De esta manera, complementamos el análisis geológico-geomorfológico con la descripción y análisis de los procesos sociales que también intervienen en la conformación de ese pasado.

Por lo enunciado anteriormente, esta contribución no tiene la pretensión de transformarse en un texto de Geomorfología. Existe suficiente bibliografía sobre Ciencias de la Tierra, de imprescindible lectura para los estudiantes de la asignatura. Nuestro objetivo es reunir en un sólo volumen una mirada geográfica que, en general, se presenta dispersa en publicaciones individuales, para que pueda servir de disparador de futuras investigaciones. Se ha intentado escribir en un lenguaje sencillo, utilizando vocablos técnicos en la medida en que cada problema lo requiere,

¹ Nombre acuñado por el geógrafo francés Jean Tricart en uno de sus libros, publicado en 1968 por la editorial Labor.

y, si bien está dirigido a los estudiantes de la cátedra, pensamos que también puede ser de utilidad para los estudiantes de Geografía en general.

El título del libro sintetiza nuestro marco teórico: parafraseamos el concepto de “volcán civilizatorio²”, utilizado por Ulrich Beck en su obra *La Sociedad del Riesgo*³ (1998, pp. 23-92). Para el sociólogo alemán, este “volcán” encierra el surgimiento de nuevos riesgos y conflictos sociales como consecuencia del desarrollo técnico-económico. Sumamos el adjetivo “antropogénico” (o de origen antrópico) en referencia al creciente papel de los seres humanos como “fuerza ambiental”.

Este trabajo se estructura en dos grandes partes, que contienen los distintos capítulos, más dos anexos. En la primera parte, **Procesos geológicos y antrópicos en interacción**, los capítulos –algunos de los cuales están enmarcados en la Teoría Social del Riesgo (TSR)-, exploran temas seleccionados del programa y son el resultado de trabajos realizados por docentes y adscriptos de la cátedra.

En el capítulo 1, Teoría Social del Riesgo: de la ira divina a la explicación ambiental, se plantea una evolución del concepto del riesgo como construcción social y se presenta la TSR como una propuesta teórico-metodológica didácticamente efectiva.

El capítulo 2, El Antropoceno: el precio de la tecnología, se refiere al creciente papel de los seres humanos como otra fuerza ambiental. Si bien se centra en cuestiones geológicas, también se presenta el debate crítico en torno al término, considerado incorrecto por diluir las responsabilidades, situación que ha impulsado a re-bautizarlo con otros nombres.

El capítulo 3, Johannesburgo (Sudáfrica): el legado de la explotación aurífera, plantea, desde la TSR, la profundización de los conflictos sociales y ambientales a partir del progresivo agotamiento de los yacimientos.

El capítulo 4, Explotación del litio en la Puna Austral: implicancias ambientales, contribuye al conocimiento de la importancia estratégica de este metal y las problemáticas derivadas de su explotación en salmueras.

En el capítulo 5, Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?, se analizan los mayores terremotos registrados históricamente (Chile, 1960 y 2010), Sumatra (2004) y Japón (2011), pero también se considera el sismo de Haití que, en 2010, con mucha menor magnitud, ha tenido efectos catastróficos.

En el capítulo 6, Paradoja volcánica: creación y destrucción, partiendo de la premisa de que no hay dos volcanes ni dos erupciones iguales, se explica por qué son un imán económico y social muy poderoso. Como caso especial se estudia el Vesubio, dentro del marco de la TSR.

² Beck se pregunta “¿cómo podemos dominar el miedo si no podemos dominar las causas del miedo?, ¿cómo podemos vivir sobre el volcán civilizatorio sin olvidarlo conscientemente, pero también sin ahogarnos en los miedos (y no sólo en los vapores que emite)?” (1998, p. 85).

³ Publicado en Barcelona por la editorial Paidós, en 1998 (primera edición alemana en 1986).

En el capítulo 7, Humedal de la Bahía Samborombón: uso y sobreuso de los suelos, se analiza la degradación de las tierras de las llanuras costeras de la mencionada bahía, desde la década de 1990, como consecuencia de la intensificación de actividades extractivas.

En el capítulo 8, Gestión de cuencas hidrográficas: comparación de tres experiencias, a través de ejemplos americanos se analiza la importancia de re-pensar la forma de abordar el desarrollo de la sociedad, la planificación territorial y el cuidado del ambiente desde una perspectiva hídrica.

En el capítulo 9, Transformaciones territoriales en las costas bonaerenses, se analizan tres recortes territoriales enfatizando en los procesos de organización territorial: Pinamar (desde los años 90), Hudson -Berazategui- (2001-2021) y balneario Parque Mar Chiquita (1957-2020).

La segunda parte, titulada **Otras miradas sobre las transformaciones territoriales**, reúne capítulos desarrollados por docentes de cátedras y/o proyectos de investigación afines. El abordaje de las cuestiones geomorfológicas con otros marcos teóricos permite ampliar la mirada crítica de los estudiantes hacia la apropiación diferencial del territorio.

El capítulo 10, Impactos ambientales y Cambio Climático en la costa atlántica bonaerense, presenta otra mirada sobre las transformaciones territoriales del litoral bonaerense (Santa Teresita, Mar del Tuyú, Villa Gesell y Pinamar) asociadas al avance del Cambio Climático, los impactos del fenómeno de El Niño – Oscilación Sur (ENOS) y La Niña.

En el capítulo 11, Depositación y erosión inducida por obras portuarias en los estuarios, se analizan las modificaciones en el dinamismo natural generadas a partir de la construcción del Puerto La Plata. En una escala de detalle, se estudia: la costa de la isla Paulino, isla artificial surgida a partir de la construcción del puerto a finales del siglo XIX.

En el capítulo 12, Problemáticas ambientales asociadas a la transformación del paisaje, se analizan los procesos geomorfológicos en el partido de La Plata, dentro del marco de la TSR: la expansión urbana sobre planicies de inundación en la cuenca del arroyo El Pescado y la implantación de cavas en la zona este.

El capítulo 13, Modelar la naturaleza: urbanizaciones cerradas en humedales, da cuenta del proceso de avance de este fenómeno en un sector caracterizado de la cuenca del río Luján. Se identifican las principales transformaciones ejercidas sobre el paisaje y se refiere a un conjunto de conflictos ecológico-distributivos, como las inundaciones en la cuenca.

El capítulo 14, Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos, amplía la mirada hacia la apropiación diferencial de los sistemas naturales. Se centra particularmente en las características de los suelos y los ciclos biogeoquímicos, considerando sus alteraciones en el contexto de las cadenas globales de valor.

En el capítulo 15, Agriculturización y *sapping* en San Luis y Córdoba: señal antropocénica, se aborda el proceso de formación súbita de ríos como consecuencia de cambios en el uso del suelo, como una de las manifestaciones del Antropoceno.

Al final del libro, se incluyen dos anexos: el primero, referido al enfoque pedagógico, plantea las directrices orientadoras de las clases prácticas, mientras que en el segundo se explican los pasos a seguir en el proceso de búsqueda y lectura de información, desde la selección de los objetivos de la búsqueda hasta la lectura crítica de la literatura académica y no académica.

En este libro, fruto de un enriquecedor trabajo colaborativo, se han respetado las perspectivas de cada uno de los autores sobre las temáticas abordadas, así como sus enfoques y estilos de escritura. Estas miradas críticas permiten visibilizar las profundas transformaciones que está registrando el planeta, y resultan valiosas para estimular las discusiones tanto sobre el funcionamiento del sistema planetario como sobre el rol de los distintos sistemas sociales.

Agradecemos a la Editorial de la Universidad Nacional de La Plata por hacer realidad este proyecto; a los autores, por su invaluable colaboración; a Claudia Natenzon que, en una entrevista personal, enriqueció nuestra visión de la TSR; a Héctor Luis Adriani por tomarse el tiempo de leer los distintos capítulos; a las distintas generaciones de estudiantes que, clase a clase, nos estimulan a reflexionar sobre la dirección a seguir en el desarrollo de la asignatura; y, especialmente a nuestros seres queridos, por su apoyo incondicional.

María Cristina Zilio

PRIMERA PARTE

Procesos geológicos y antrópicos en interacción

CAPÍTULO 1

Teoría Social del Riesgo: de la ira divina a la explicación ambiental

María Cristina Zilio y Gabriela Mariana D'Amico

Terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, incendios, entre otros, son procesos naturales y han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra, indiferentes a la presencia de la humanidad. ¿Se han incrementado sus efectos en los últimos años? ¿Son predecibles? Si bien la mención de estos eventos es mayor en los últimos años, este aumento podría deberse a una más abundante recopilación actual de datos; al incentivo para los gobiernos de declarar un desastre para buscar ayuda extranjera, o a la mayor difusión mediante medios de comunicación. Pero también podría deberse a un aumento de la exposición humana, de modo que es más probable que los acontecimientos recientes produzcan daños y, por tanto, se cataloguen como “desastres” (Blaikie *et al.*, 1996, p. 37).

En la búsqueda de nuevas dimensiones de análisis de problemáticas geológicas y geomorfológicas, algunos casos de estudios en el presente libro se abordan desde la **Teoría Social del Riesgo** (TSR). En este capítulo se plantea una evolución del concepto del riesgo como **construcción social**.

La aplicación de la **TSR** como marco de análisis es didácticamente interesante. Su planteo teórico-metodológico comienza con la descripción de las diferentes componentes⁴ que constituyen los desastres y los riesgos (peligrosidad, exposición, vulnerabilidad e incertidumbre) pero, en este recorrido, cada componente toma sentido al interactuar con otras en la construcción final del riesgo o de los desastres como categorías superadoras.

De la “ira divina” al constructivismo

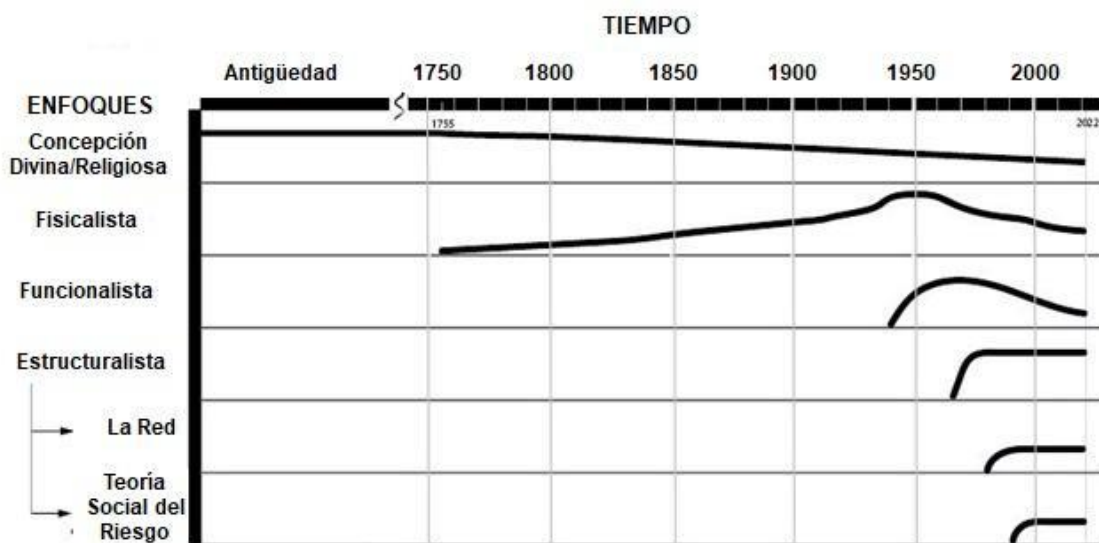
Imaginemos una erupción volcánica efusiva, con emisión de lava ¿Qué sucede si ocurre en un lugar deshabitado? Y si está habitado ¿afectará a todos por igual? ¿Tendrán más oportunidades de escapar algunos, a diferencia de otros? ¿Estará la explicación vinculada a cómo se

⁴ Si bien Natenzon refería inicialmente a las dimensiones del riesgo, en la actualidad prefiere utilizar el término componentes “para acentuar que son una parte del riesgo, no su totalidad y que lo componen al combinarse” (C. Natenzon, comunicación personal, 13 de mayo de 2022).

pobló el lugar? Estas y otras preguntas han sido formuladas y respondidas de distintas maneras por años. Tanto las preguntas, como las respuestas, e incluso la terminología utilizada dependen del **enfoque** que se le dé a determinado fenómeno.

A lo largo de la historia, el interés por explicar las causas y funcionamiento de los fenómenos naturales peligrosos ha generado distintas explicaciones, que evolucionaron desde una visión dominada por la religión y el mito hasta su estudio científico en el siglo XX. Como veremos, la manera en la que se conciben los fenómenos naturales, desastres y riesgos no ha evolucionado de forma lineal, y por lo tanto algunos enfoques coexisten en el tiempo (figura 1). Los cambios en los enfoques, además, se vinculan con cambios en los paradigmas de las ciencias naturales y sociales, que se relacionan a su vez con ciertos cambios históricos.

Figura 1. Evolución temporal de los enfoques en el análisis de los desastres y riesgos



Fuente: elaborado por Ciro Gómez Raso y Gaspar Barberena Rivas, alumnos de la cátedra Geografía Física II, a partir del desarrollo del Trabajo Práctico N° 1 (2022). Las líneas expresan el surgimiento, auge y, en algunos casos, la caída en la utilización de cada enfoque.

La mayoría de los pensadores antiguos consideraron a los fenómenos de la naturaleza como manifestaciones de poder de deidades míticas. Incluso, denominaron algunos fenómenos naturales en base a ellas, como *Plutón*, dios romano del inframundo y nombre genérico de los cuerpos intrusivos; *Vulcano*, dios romano del fuego y los volcanes, y *Eolo*, uno de los dioses griegos del viento y la acción eólica. De esta manera, las causas de los desastres eran concebidas como “externas” a la sociedad. Giddens (2000, p. 14) aclara que, si bien ahora tendemos a pensar en el riesgo, las ideas sobre destino, suerte o, incluso, en la voluntad de los dioses, no han desaparecido completamente. Hace siglos que los desastres naturales son utilizados por numerosas religiones para persuadir a los creyentes de la omnipotencia divina y de la conveniencia de seguir un determinado código moral con el fin de evitar los posibles graves castigos producidos por las

fuerzas de la naturaleza. Un ejemplo de esta concepción lo vemos en el sacrificio mapuche realizado para calmar la naturaleza⁵, en 1960.

El terremoto y posterior tsunami que arrasaron la ciudad de Lisboa⁶, en 1755, supuso un punto de inflexión en la concepción del riesgo natural en Europa, ya que desde entonces se cuestiona el origen divino de los fenómenos naturales.

Gracias al rol de las ciencias naturales, en particular las ciencias de la Tierra, y las ciencias aplicadas, como las ingenierías, hasta la década de 1980 en América Latina ha dominado el enfoque **fiscalista** en el estudio de los desastres (Torrice Canaviri *et al.*, 2008) y todavía hoy sirve como marco de referencia para abordar los desastres⁷ (Frenkel, 2019, p. 186). Desde esta perspectiva, “las amenazas -naturales- son la causalidad casi única de los desastres, sin aportar contenido ni hacer referencias a las causales de orden social” (Lavell, 2005, p. 4). Precisamente, la expresión “desastres naturales” se vincula a este enfoque. En esta mirada, el desastre es concebido como un evento “impredecible, inmanejable e inevitable” del que la sociedad sólo puede ocuparse una vez que ha ocurrido, centrado en la emergencia (Ríos, 2010, p. 41). A partir de este enfoque comienza a desarrollarse la idea de exposición: hay un desastre si hay una población expuesta a él.

Como crítica a este enfoque, en la década de 1940, se desarrolla el enfoque **funcionalista**, de la mano de la Ecología Humana. Considera la participación social en los desastres, pero sin priorizar la estructura social. Tiene que ver con la percepción y adaptación humana. Los temas centrales son las siete variables asociadas a los desastres naturales: magnitud, velocidad, frecuencia, duración, espacialización temporal y localización espacial. Se argumenta que “no hay desastres si no hay una sociedad expuesta a un fenómeno potencialmente peligroso” (Ríos y Natenzon, 2015, p. 3).

Si bien el estudio social de los desastres, de la mano del naturalista Gilbert White, comienza en los '40, es a partir de la década del 60 que se inicia una **corriente sociológica** propiamente dicha ligada a la investigación social de los desastres (Maskrey, 1993, p. 3). En este sentido, los **desastres** pasan a ser considerados como sucesos que producen una gran destrucción o daño a partir de la alteración de un sistema dinámico. Cabe destacar que algunos autores consideran

⁵ Esta práctica se describe en Capítulo 5. *Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?*

⁶ Ampliar el tema en el Capítulo 5. *Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?*

⁷ Como explica Frenkel (2019), después de los atentados del 11 de septiembre de 2001, para mantener su presencia en la región, Estados Unidos estableció una agenda de cooperación centrada en la “securitización y militarización de desastres naturales y ayuda humanitaria en América Latina” (p. 183). La securitización tiene que ver con el proceso por el cual determinados asuntos de la agenda pública se vuelven asuntos de una “amenaza” a la seguridad que, a su vez, pasan a requerir de medidas de contención de carácter excepcional (p. 186). Se observa un reposicionamiento del enfoque fiscalista en la región (p. 187). Un ejemplo de securitización de los desastres y de este enfoque se observa en las acciones en Haití después del terremoto de 2010: despliegue de fuerzas militares y administración casi exclusiva de la ayuda humanitaria proveniente del exterior, etc. (pp. 192-193). La mirada fiscalista deposita la responsabilidad primaria en “los uniformados, otorgándoles mayores roles y responsabilidades, pasando por alto los riesgos que implica la militarización de tales iniciativas” (p. 197).

catástrofes y desastres como sinónimos. Otros, como los geógrafos argentinos Ríos y Natenzon (2015) utilizan el término desastre.

Entre las décadas de 1970 y 1980, para la “**economía política de los desastres**” –enmarcada en una corriente neomarxista-, los desastres pasaron a ser considerados una consecuencia de condiciones estructurales, principalmente económicas y políticas. Surge entonces el enfoque **constructivista** o **estructuralista**. Son centrales los procesos de marginalización y de deterioro ambiental. Esta perspectiva considera que el análisis debe ubicarse en las condiciones de riesgo (peligro y vulnerabilidad humana), que anteceden a los desastres. Se desarrolla el enfoque de la **vulnerabilidad** (Ríos y Natenzon, 2015, pp. 3 y 4).

En la década de 1980, comienzan los **estudios antropológicos** sobre desastres, con los trabajos de la antropóloga inglesa Mary Douglas. Se profundiza la idea del riesgo como construcción colectiva y cultural. A partir de sus creencias y visiones dominantes, cada sociedad percibe y maneja de diferentes maneras los potenciales riesgos (Ríos y Natenzon, 2015, p. 5).

La década de 1990, que heredó las huellas de gravísimos desastres tecnológicos⁸, se enmarca dentro de un contexto de crisis ambiental. ¿Vivimos sobre un “volcán civilizatorio”? se pregunta el sociólogo alemán Ulrich Beck (1998). ¿Vivimos en un “mundo desbocado”? se pregunta el sociólogo británico Anthony Giddens (2000). Por su relevancia en nuestro marco teórico, sus ideas serán desarrolladas en este mismo capítulo. Los desastres no son producto de la fatalidad, sino que están “asociados a condiciones de riesgo gestadas socialmente y que son propias de la sociedad industrial moderna” (Ríos y Natenzon, 2015, p. 6). Si bien la amenaza es el gatillo de los desastres, en la construcción social del riesgo “se reemplaza la idea de desastre como algo anormal y/o contingente que se presenta en una sociedad ajustada y equilibrada, por una visión de desastre como un momento concreto de lo normal, un aspecto de la vida cotidiana de la sociedad” (Ríos y Natenzon, 2015, p. 6). Según Oliver-Smith, los desastres son socialmente contruidos, a la vez que diferencialmente experimentados por individuos y grupos diversos que generan múltiples interpretaciones tanto del proceso como del evento). Es importante remarcar esta visión ya que le otorga a la percepción un lugar relevante por medio del reconocimiento de interpretaciones diferenciales del evento catastrófico (Delmónico, 2018, p. 13).

Contraria a la **sociedad del riesgo**, propuesta por Beck (1998), en Alemania surgió una teoría de **modernización ecológica**, siendo su mayor exponente el sociólogo alemán Joseph Huber. Según esta teoría, es posible superar la crisis ambiental con la modernización del Estado y el mercado. Ríos y Natenzon (2015, p. 6), consideran que algunos de sus postulados invisibilizan las cuestiones políticas y económicas que están en la esencia de los problemas ambientales. Cuando la base material que da lugar a la ocurrencia de estos eventos no forma parte de la

⁸ Entre otros ejemplos, que se mencionan más adelante, no podemos desconocer el escape de gas tóxico de la fábrica de Union Carbide, en Bhopal (India), que provocó una nube letal que en pocas horas mató miles de personas (1984) y el accidente nuclear de Chernóbyl (Ucrania), cuando una explosión arrasó con uno de los reactores de la planta nuclear liberando grandes cantidades de radiación en la atmósfera (1986).

explicación, el desastre es sólo concebido como resultado, como situaciones de crisis, disrupción, muerte y pérdida de bienes materiales (es decir, la visión aún predominante).

Por el contrario, los **estudios históricos** sobre los riesgos permiten comprender los procesos que participan de la gestación de esas condiciones, especialmente, aquellas relacionadas con la vulnerabilidad social que, por lo general, se consolidan y reconfiguran hasta el momento en que se desencadena el desastre. Así, los riesgos de desastres pueden ser concebidos como procesos que se configuran históricamente. Tanto Natenzon como otros autores consideran de gran utilidad abordar a los desastres y la conformación de riesgos de desastres a través de los distintos tiempos históricos que desarrolló Fernand Braudel y que se expresan en ritmos distintos de corta, mediana y larga duración⁹. En su tesis doctoral, Calderón (2001) recupera los avances realizados por la Economía Política de los riesgos de desastres, especialmente de las escuelas anglosajonas, y prosigue en la construcción de este enfoque (citado en Ríos, 2010, p. 47).

La geógrafa alemana Gellert de Pinto (2012) sostiene que, a partir de la década de 1990, el problema ya no se enfoca tanto en el evento de ocurrencia del desastre y la respuesta (administración del desastre) sino en el riesgo que predispone el mismo, el cual es construido socialmente (p. 13). Aquí, las condiciones de vulnerabilidad adquieren un rol sumamente relevante y son las ciencias sociales las que pueden aportar conocimientos sobre ella (Barrenechea *et al.*, 2000, p. 2). Los aportes deben dirigirse en la dirección de comprender la vulnerabilidad y sus diferencias espaciales (Delmónico, 2018, p. 17).

Los años noventa, asimismo, fueron declarados por la ONU como el **Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN)**, exhortando a los países en desarrollo a participar activamente en la reducción de la vulnerabilidad al desastre. Siguiendo esa línea, la OEA ha hecho del manejo de los peligros naturales un área prioritaria (OEA, 1993, p. 4). Después del aporte conceptual de la escuela de la ecología humana, la UNDRO (*United Nations Disaster Relief Office*) y la UNESCO promovieron una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones que ha sido ampliamente aceptada en los últimos años. Entre otros conceptos, se incluyeron Amenaza o Peligro (P), Elementos en Riesgo (E), Vulnerabilidad (V), Riesgo Específico -pérdidas esperadas- y Riesgo Total -número de víctimas, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico y los elementos en riesgo (Cardona Arboleda, 2001, p. 9). Estos últimos incluyen la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada, elementos que en la TSR involucran a la Exposición (E). Su puesta en análisis constituye un abordaje mayormente cuantitativo del riesgo.

⁹ Oliver-Smith (1994), por ejemplo, demuestra que el gran terremoto de Perú de mayo de 1970 fue un "terremoto de 500 años", refiriéndose con ello a los procesos históricos de larga duración que crearon las condiciones de vulnerabilidad que se manifestaron con ese evento telúrico. Las causas de fondo de ese terremoto deben buscarse, según este autor, en los procesos históricos iniciados durante los tiempos de la conquista española, cuando comenzaron a alterarse profundamente las efectivas formas que desarrollaron las poblaciones y culturas andinas a través de 10 000 años para adaptarse a las características ambientales de esos lugares.

La experiencia adquirida durante el DIRDN ha impulsado la aplicación de un cambio conceptual, pasando de la simple respuesta ante los desastres a la reducción de éstos, recalcando el papel esencial que juega la acción humana. Como sucesora, se proyectó la **Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres**¹⁰ (UNDRR, 2001). Se diseñó para pasar de la protección contra los peligros a la gestión del riesgo mediante la integración de la reducción dentro del desarrollo sostenible. Estos acontecimientos y las estrategias derivadas constituyen un hito histórico en la concepción social del riesgo, dado que se conforma un enfoque global.

En 1992, se formó la **Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina** [en adelante, **La Red**], integrada por investigadores e instituciones latinoamericanas que trabajan con un enfoque social de los desastres. *Los desastres no son naturales* (Maskrey - Comp., 1993) y *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres* (Blaikie et al., 1996) son dos libros fundamentales para entender esta línea teórico-metodológica. Además de los autores mencionados, otros referentes principales son Lavell, Cardona, Wilches-Chaux y Romero. A partir de los aportes de Cardona (1993, p. 49), que considera que la exposición está implícita en la vulnerabilidad, para La Red, el riesgo es producto de la peligrosidad y la vulnerabilidad.

Desde los avances realizados por la Economía Política de los riesgos de desastres, Calderón (2001, citado en Ríos, 2010, pp. 47 a 49) considera que para entender a los desastres y al riesgo de desastre deben analizarse las formas en que nuestras sociedades producen sus espacios y, especialmente, las particularidades que ese proceso adopta en las sociedades capitalistas. Los desastres son el resultado de la interacción de ambas componentes; no hay riesgo si hay peligro pero la vulnerabilidad a los desastres es cero o si hay una población vulnerable pero ningún evento catastrófico (Blaikie et al., 1996, p. 27).

En la década de 1990, Natenzon y su grupo de investigación de la Universidad Nacional de Buenos Aires fundaron las bases de la **Teoría Social del Riesgo**. Si bien esta teoría retoma varios postulados de La Red, plantea diferencias en algunas componentes. Para Natenzon, el riesgo se genera como problema del modelo de desarrollo de las sociedades actuales. El enfoque teórico-metodológico de la TSR se encuentra desarrollado en el apartado homónimo.

¿Un mundo desbocado o un volcán civilizatorio?

Resultado de una época de profundas transformaciones, se tiene la sensación de transitar un camino ascendente de mejoras en la calidad de vida de la población. Es la percepción de que el ser humano evoluciona desde un pasado “primitivo” a un presente y futuro más “civilizado”. Los

¹⁰ Esta estrategia se inspiró en los principios de Yokohama, lugar donde en 1994 se celebró la “Conferencia mundial por un mundo más seguro en el siglo XXI”, y se establecieron los vínculos entre la reducción de este tipo de fenómenos, la prevención, la vulnerabilidad y el desarrollo sostenible (Frenkel, 2019, s/h)

inventos y los descubrimientos se irán sucediendo a un ritmo siempre acelerado, por lo que el crecimiento del desarrollo científico presenta una curva exponencial. Sin embargo, en las últimas décadas del siglo XX, se encendieron las luces de alerta. Primero fueron Hiroshima y Nagasaki (1945), dos desastres intencionales, después Seveso (1976), Three Miles Island (1979), Bhopal (1984) y Chernobyl (1986), desastres no planificados. Todas dejaron una estela de muertes, cánceres y deformidades físicas y las consecuencias aún continúan. A partir de estos desastres, surgieron nuevos planteos sociológicos y antropológicos, destacándose los trabajos de Beck y de Giddens.

El sociólogo británico Anthony Giddens (2000, p. 4) afirma que el mundo en el que nos encontramos hoy no se parece mucho al que pronosticaron, “en lugar de estar cada vez más bajo nuestro control, parece fuera de él, un mundo desbocado”. Considera que la ciencia y tecnología luchan por contrarrestar los riesgos que ellas mismas crearon.

El sociólogo alemán Ulrich Beck (1998), se refiere a un nuevo paradigma de la sociedad del riesgo, donde la producción social de riqueza va acompañada sistemáticamente por la producción social de riesgos. Como ya se ha mencionado en la presentación de este libro, habla de “un volcán civilizatorio” que encierra el surgimiento de nuevos riesgos y conflictos sociales que surgen como consecuencia del desarrollo técnico-económico mismo. Tras la pluralidad de intereses, amenaza y crece la realidad del riesgo, que ya no respeta las diferencias y las fronteras sociales y nacionales. Una década después, ratifica su teoría al considerar que “hoy la ‘sociedad del riesgo’ ha pasado a ser la ‘sociedad del riesgo global’” (Beck, 2000, p. 9). Explica que la muerte actual de los bosques sucede globalmente, producto de la industrialización, con repercusiones sociales y políticas completamente diferentes. Por ejemplo, Noruega y Suecia, con industrias que cuidan el ambiente, “han de pagar con la muerte de sus bosques y de sus especies animales y vegetales las emisiones de sustancias nocivas por parte de otros países muy industrializados” (Beck, 1998, p. 27).

Los argumentos de Beck y Giddens nos hacen pensar que el Mito del Progreso¹¹ se ha derrumbado. En la modernidad desarrollada, que había surgido para eliminar las limitaciones derivadas del nacimiento y permitir que los seres humanos obtuvieran mediante su propia decisión y su propia actuación un lugar en el tejido social, aparece un nuevo destino “adscriptivo” de peligro, del que no hay manera de escapar (Beck, 1998, p.12):

Las sustancias que tragamos y respiramos con la comida y con el aire son “polizones” del consumo normal. Viajan con el viento y con el agua. Pueden esconderse en cualquier cosa, y atraviesan con lo más necesario para la vida (el aire, la alimentación, la ropa, los muebles, etc.) todas las zonas protegidas de la modernidad, que para lo demás están controladas tan estrictamente. Al revés que las riquezas, que son atractivas, pero también pueden repeler y

¹¹ Explica Morin (1999, p. 39) que la toma de conciencia de la incertidumbre conduce a la caída del mito del Progreso porque este es ciertamente posible, pero incierto.

frente a las cuales siempre es posible y necesaria la elección, los riesgos y los daños se cuelan implícitamente y sin el freno de la decisión libre (!). En este sentido, hacen que surja una nueva asignación, una especie de “adscriptividad civilizatoria del riesgo” (Beck, 1998, p. 47).

Por su parte, Giddens (1993, p. 43) afirma que la modernidad es un fenómeno de doble filo. Se han creado oportunidades enormemente mayores para que los seres humanos disfruten de una existencia más segura y recompensada, aunque el acceso a la misma sea extremadamente desigual. A estas oportunidades se contraponen un lado oscuro, representado por la amenaza de una confrontación nuclear y por los conflictos militares reales.

Los dos sociólogos se refieren a una sociedad globalizada y en constante riesgo como consecuencia del desarrollo técnico-económico mismo. Ambos tienen una visión pesimista sobre el futuro de la Humanidad. Implícita o explícitamente hacen referencia a peligros, vulnerabilidad, riesgo e incertidumbre.

Teoría Social del Riesgo (TSR)

A partir de las diferentes propuestas teóricas, metodológicas y disciplinares sobre el estudio de los desastres, Natenzon y sus colaboradores fueron dando forma a su propio marco teórico-metodológico para el abordaje del riesgo. En un primer momento, junto con el ecólogo Jorge Morello, la socióloga Hilda Herzer y el arquitecto Jorge Hardoy, comenzaron a investigar los desastres por inundaciones en Argentina, en la década de 1980. Esa línea de investigaciones luego fue profundizada y continuada por La Red. Más adelante, Natenzon y colaboradores crean el **PIRNA** -Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Ambiente-, dentro del Instituto de Geografía de la Universidad de Buenos Aires (Natenzon, 2015, p. XI). A nuestra facultad la teoría llega de la mano de María Isabel Andrade, profesora de Geografía Física Argentina. En la década siguiente, el PIRNA se distancia de las posturas naturalistas, buscando interpretar los desastres en su complejidad, y se acerca a la propuesta de **ciencia posnormal** de los filósofos Silvio Funtowics y Jerome Ravetz, y, a través de ellos, a la **TSR** (Natenzon, 2015, p. XI).

Funtowics y Ravetz (1993 p. 18) explican que si bien la ciencia ha avanzado hacia la certidumbre y el control del mundo natural, es la incertidumbre la que domina en la actualidad con respecto a las decisiones ambientales y tecnológicas a escala global. Esta postura, a la que denominan ciencia posnormal, fundamenta, según Natenzon (2004, p. 5), la necesidad de lograr mayor participación de todos aquellos que están poniendo algo en juego. Esta percepción impulsa a las instituciones internacionales a integrar la consulta al público general y a actores sociales involucrados, como otro requisito para financiar proyectos de investigación.

El primer esbozo de un análisis del riesgo y su aplicación práctica es presentado por Natenzon, en 1994, en una conferencia en San Pablo. Su planteo incluía la exploración de cuatro componentes básicas: Peligrosidad, Exposición, Vulnerabilidad e Incertidumbre (figura 2).

Figura 2. El riesgo y sus componentes



Principales aportes de la TSR y referentes teóricos. Entre corchetes se indica la primera edición de los trabajos de Beck y Giddens. Fuente: elaborado por María Cristina Zilio

La **peligrosidad** es el potencial de peligro inherente a los fenómenos naturales. Si no hay una población expuesta, no hay peligrosidad. Por lo tanto, la **exposición** es lo que materialmente está frente a la peligrosidad. La **vulnerabilidad** es la susceptibilidad de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse. La **incertidumbre** refiere tanto a falta de conocimiento seguro como a limitaciones en cuanto a competencias institucionales y aspectos normativos. A diferencia de La Red, que reduce a dos componentes el análisis de los riesgos de desastres, a los fines analíticos, Natenzon (1995, pp. 3 a 17) agrega una cuarta componente, la incertidumbre, que es al mismo tiempo resultado de las relaciones sociales de poder y de los del conocimiento o no existentes en las otras tres componentes. La incertidumbre involucra las componentes no cuantificables del riesgo. "Las zonas grises del conocimiento científico ponen de manifiesto el carácter político-valorativo de las decisiones" (Ríos, 2010, p. 45).

El marco teórico-metodológico de la TSR se ha ido modificando y enriqueciendo en el tiempo (Natenzon, 2015, p. XII). En los cambios se destaca una jerarquización de las variables. Según González (2009, citado en Natenzon, 2015, p. XII), dos componentes son simples (peligrosidad y vulnerabilidad) y las otras dos son complejas porque son producto de la peligrosidad y la vulnerabilidad. Esto es así porque 1) la exposición es la expresión territorial de combinaciones históricas de peligrosidad y vulnerabilidad sociales y 2) la incertidumbre es una componente central en la gestión de riesgo. En síntesis, se puede hablar de peligrosidad, exposición (definida como vulnerabilidad I), vulnerabilidad (definida como vulnerabilidad II) e incertidumbre. Si bien estas cuatro componentes se analizan por separado, en realidad, como ha expresado gráficamente Claudia Natenzon, constituyen "un barro turbulento de intercambio" (comunicación personal, 6 de mayo de 2022).

Si bien la TSR es utilizada prioritariamente para el análisis de riesgos de ocurrencias de desastres a futuro, con el objeto de prevenirlos, dentro de la cátedra también la aplicamos al análisis de desastres ya ocurridos en el pasado.

El abordaje del riesgo y los desastres desde nuestra cátedra

La TSR como marco de análisis ha probado ser una propuesta metodológica útil para realizar un enfoque integral de los desastres y los riesgos, a distintas escalas y con distintos objetivos. Tanto en las clases teóricas como prácticas de nuestra cátedra, el estudio de los desastres - como procesos ocurridos en el pasado- y de los riesgos -como posibles escenarios futuros- ocupa un lugar central. Si bien seguimos en gran medida el marco teórico-metodológico planteado en la TSR, a lo largo de los años hemos enriquecido cada una de sus componentes, tanto mediante trabajos realizados por el equipo que integra la cátedra -dentro y fuera de ella - como en las clases. Por ejemplo, en este libro se analiza la explotación del oro en Johannesburgo (capítulo 3), el riesgo volcánico (capítulo 6) y las problemáticas ambientales asociadas a la transformación del paisaje en el partido de La Plata (capítulo 12). También, en el marco de trabajos realizados por integrantes de la cátedra, este enfoque ha resultado aplicable al estudio de los Esteros del Iberá (Zilio *et al.*, 2019) y la Puna catamarqueña (Zilio y D'Amico, 2021), en nuestro país, así como en la interpretación de los desastres en el subcontinente indio (Zilio, 2018) e, incluso, en un trabajo sobre el Covid-19 (Aranda Álvarez *et al.*, 2020).

A continuación, desmenuzamos la propuesta teórico-metodológica que utilizamos, de manera didáctica, en gran parte de los análisis de desastres y riesgos que realizamos en la cátedra. Como toda propuesta, abordaremos definiciones conceptuales y el camino utilizado para operacionalizarlas, es decir, pasar de las componentes al dato que nos permite analizarlos. Cada componente es una categoría amplia que desagrega los elementos (instancia descriptiva) de un desastre o el riesgo de ocurrencia del mismo. Sin embargo, no debe olvidarse que las componentes pierden sentido si se consideran independientes, y por el contrario, deben luego encontrarse las relaciones entre ellas (instancia de análisis), que constituirán el riesgo en sí (futuro o al que estuvo expuesto determinado desastre).

Peligrosidad (P)

Hay numerosos ejemplos de fenómenos naturales que todavía hoy se registran en distintas partes del planeta y no afectan a la población (sismos, deslizamientos de tierra, inundaciones, etc.). Como excepción, por su alcance global, algunas erupciones volcánicas pueden dañar pese

a estar distantes de áreas pobladas¹². Con el paso del tiempo, los fenómenos naturales cada vez afectan a más población porque, como expresa Santos (2000, p. 111), antes “lo social permanecía en los intersticios; hoy es lo natural lo que se aloja o se refugia en los intersticios de lo social”.

La **Peligrosidad** es el potencial de peligro inherente a los fenómenos naturales (por ejemplo, inundaciones, huracanes, deslizamientos de tierra, sismos, etc.) y que puede agudizarse por causas antrópicas. También puede estudiarse la peligrosidad de un fenómeno técnico (como la rotura de un embalse). Algunos desastres son producto de una peligrosidad (por ejemplo, un sismo), pero otros son consecuencia de un conjunto de peligrosidades (por ejemplo, flujos de lava, nubes piroclásticas y sismos asociados a una sólo evento eruptivo). A su vez, algunas peligrosidades tienen un origen híbrido (por ejemplo, una inundación causada por abundantes lluvias e inadecuadas obras de infraestructura, deslizamientos de tierra en sitios previamente deforestados, la rotura de presas mineras y de diques ante abundantes precipitaciones, las inundaciones en áreas urbanas, etc.). Para analizar la peligrosidad, se tienen en cuenta distintas variables: ubicación, magnitud, duración, frecuencia, recurrencia, etc. Cada fenómeno tendrá asociado, además, indicadores específicos según las características del mismo. Así como Lavell (1996, p. 4) habla de una sinergia, Natenzon (2015, p. XIV) considera que la superposición de peligrosidades de diverso origen alimenta la amplificación de su poder destructivo. Las peligrosidades (a diferencia de los fenómenos naturales) no existen como objetividades. Sólo son analizables cuando adquieren relevancia para un conjunto humano expuesto a ellas.

Exposición (E)

Si no hay una población expuesta, no hay peligrosidad. Por lo tanto, podemos decir que la **Exposición** es lo que materialmente está frente a la peligrosidad. Desde nuestra mirada, planteamos que no debemos olvidar que como humanos somos una especie que forma parte de un ecosistema. Esto es relevante dado que gran parte de los enfoques asociados al estudio del riesgo son antropocéntricos, es decir, se abocan casi exclusivamente al estudio de los perjuicios a la sociedad. Cada vez que se materializa un peligro, no sólo la población queda expuesta, sino también otros seres vivos, que forman también parte del territorio, y el medio físico donde interactúan.

Desde una mirada geográfica, todos los elementos involucrados en la exposición forman parte de la configuración territorial, es decir, la expresión material del territorio, que incluye las distribuciones geográficas y las características de lo que se encuentra expuesto. Toda configuración territorial es resultado de un proceso, es decir, de una organización espacial en el tiempo, con lo que el análisis retrospectivo del territorio resultará clave para comprender la exposición y la vulnerabilidad, de la cual hablaremos en el próximo apartado.

¹² Ver Capítulo 6. *Paradoja volcánica: creación y destrucción*.

Para operacionalizar la exposición, se deben elegir indicadores que den cuenta de la localización y las características de lo que está o puede estar expuesto a un peligro o conjunto de peligrosidades, por ejemplo: distribución y densidad de población, distribución y características de las viviendas, instituciones (escuelas, hospitales, clubes), espacios públicos, áreas protegidas, obras de infraestructura, etc.

Vulnerabilidad (V)

Al hablar de vulnerabilidad, dice Natenzon (1995, p. 11), cobran relevancia las heterogeneidades de la sociedad afectada, sus situaciones diferenciales y sus respuestas diferentes frente a la ocurrencia de un peligro o peligrosidades. Expresa que la configuración social previa a la ocurrencia de éstos constituye la **vulnerabilidad social estructural o de base**. Consideramos que la vulnerabilidad, entonces, es una condición que existe más allá de que la vinculemos a una peligrosidad o peligrosidades específicas, es decir, está vinculada al modelo de desarrollo de una sociedad. No puede decirse lo mismo de la exposición, ya que ésta es relativa a la peligrosidad que se esté analizando.

Citando a Herzer (1990), Natenzon explica que la vulnerabilidad social estructural puede ser definida como

(...) el estado comprobable de los distintos grupos sociales en relación a factores socioeconómicos, habitacionales, sanitarios, nutricionales, psicosociales y ambientales (...) que predisponen a cada uno de ellos para afrontar y superar (o no) las catástrofes determinando su nivel de dificultad o sus capacidades para recuperarse autónomamente luego del impacto y estar preparados para el próximo evento (Natenzon, 2015, p. XV).

Dentro de los grupos vulnerables, hay algunos subgrupos que, por sus características, presentan mayor vulnerabilidad que otros: niños, mujeres, ancianos, discapacitados, migrantes, entre otros (C. Natenzon, comunicación personal, 6 de mayo de 2022).

Asimismo, para Natenzon existe una **vulnerabilidad emergente** de los desastres (comunicación personal, 6 de mayo de 2022). Un ejemplo de ello son los refugiados ambientales, personas que se ven forzadas a migrar por las consecuencias de desastres naturales o híbridos.

Para la operacionalización de la vulnerabilidad son útiles aquellos indicadores que dan cuenta de las características demográficas y socioeconómicas de una población. Los indicadores van a depender, en este caso, de las estadísticas disponibles para cada recorte territorial. Asimismo, otras variables pueden considerarse de manera indirecta, como el número de camas hospitalarias, número de médicos y enfermeras, personal de rescate (Cruz Roja, Defensa Civil y Bomberos disponible), espacio disponible para el albergue o alojamiento temporal y la atención masiva de emergencias, etc. (Cardona Arboleda, 2001, p. 152).

Incertidumbre (I)

El pensador francés Edgard Morín afirma que “el conocimiento es navegar en un océano de incertidumbres a través de archipiélagos de certezas” (1999, p. 43). La incertidumbre tiene que ver con lo desconocido y a la falta de certeza, como en el comienzo (e incluso, la evolución) de la pandemia por Covid 19.

Barrenechea *et al.*, (2000, p. 2) definen dos tipos de incertidumbre: la relacionada con las limitaciones en el estado del conocimiento, denominada incertidumbre técnica, y la vinculada a indeterminaciones en cuanto a competencias institucionales y aspectos normativos, conceptualizada como incertidumbre social.

La **incertidumbre técnica** es producto del estado de conocimiento sobre las componentes que conforman el riesgo. Cuanto menos se conozca sobre el origen de las peligrosidades, la exposición y/o la vulnerabilidad social de un territorio, mayor es la incertidumbre. Cabe aclarar que el conocimiento es generado y apropiado de manera desigual, por lo que debe contemplarse qué actores sociales generan y se apropian de éste en cada caso en particular. Como indicadores para operacionalizar esta sub-componente, pueden considerarse la existencia previa de investigaciones e informes acerca de información vinculada a alguna de las componentes del riesgo, de instancias de formación de recursos humanos (carreras universitarias, cursos, etc.), entre otros.

La **incertidumbre social**¹³ tiene que ver con la toma de decisiones por parte de la población, asociada a determinadas condiciones sociales, políticas y económicas. No toda la población tiene el mismo poder de decisión, y por lo tanto, de impacto en otros grupos sociales. Los planes de gestión de emergencias ante desastres, de ordenamiento territorial, la educación formal y mecanismos de comunicación hacia la ciudadanía que contemplen peligros y peligrosidades son responsabilidad del Estado. Sin embargo, existen otras instancias que se involucran en la educación a la ciudadanía (instituciones barriales, asociaciones civiles, medios de comunicación). Para operacionalizar esta sub-componente pueden tenerse en cuenta la existencia de planes de emergencia ante desastres, mecanismos de comunicación estado-ciudadanía, de planes de ordenamiento territorial, entre otros. La incertidumbre puede manejarse cuando se reconoce su existencia. Cuando esto no sucede, anula las posibilidades que da el estudio del riesgo de prevenir o mitigar un desastre (Natenzon, 2013, p. 24).

¹³ González (2005, p. 57) la denomina incertidumbre “política”.

Operacionalización de las componentes

Desde una perspectiva sociológica, Best (citado en Correa Téllez, 2010, p. 155) analiza los datos como “construcciones sociales capaces de configurar visiones de mundo, darnos determinada idea de los hechos y las problemáticas sociales, pudiendo convertirse, en algunos casos, en instrumentos de manipulación”. En la elección de los datos operan supuestos ideológicos, metodológicos, presupuestarios, entre otros, que afectan las decisiones sobre *qué* y *cómo* cuantificar e incluso, sobre *cómo* y *para quiénes* publicar los resultados.

Dado que cada dato representa una escala de análisis, algunos datos son más generales y otros más particulares. Es importante tener esto en cuenta al momento de considerar la representatividad de esos datos. Asimismo, puede suceder que los datos para cierta escala no existan o no estén disponibles para su consulta. En ese caso, se debe optar por datos alternativos o descartar el indicador elegido, y expresarlo de manera justificada.

Algunos indicadores, y conjuntos de indicadores como los índices, son el resultado de un promedio o una ponderación de una serie de indicadores. Como expresa Beck, es interesante reflexionar sobre el cinismo del “término medio”:

¿Qué se oculta detrás de este concepto? Por ejemplo: hay dos hombres y dos manzanas. Uno se come las dos. Así pues, por término medio cada uno ha comido una manzana. Trasladada al reparto de alimentos en el mundo, esta frase diría que “por término medio” todos los seres humanos de esta Tierra están saciados. Quien pregunta por el término medio excluye ya de este modo situaciones de peligro socialmente desiguales (Beck, 1998, p. 31).

Por ejemplo, si consideramos el Índice de Desarrollo Humano para un país, debemos tener en cuenta que el dato tiene una escala nacional y puede no ser representativo para analizar un desastre o un riesgo en un área pequeña¹⁴.

Riesgo social

Como hemos visto, la concepción del riesgo ha variado con el tiempo. Se ha abordado de manera fragmentada de acuerdo con el enfoque de cada disciplina involucrada en su valoración, e incluso puede variar según el autor que se considere (Lavell, 2005, p. 6).

Es necesaria, indica Cardona Arboleda (2001, p. 2), una concepción holística del riesgo fundamentada en los planteamientos teóricos de la complejidad. A las variables geológicas y estructurales deben sumarse variables económicas, políticas, culturales o de otro tipo, que podrían

¹⁴ Ver el caso de Nápoles en el Capítulo 6. *Paradoja volcánica: creación y destrucción*.

facilitar y orientar la toma de decisiones en un área geográfica. Esta mirada integral nos lleva a hablar del riesgo social como un resultado imprevisto que sucede como consecuencia de nuestras propias actividades o decisiones, en lugar de serlo por obra divina, la fortuna o la fatalidad. En este sentido podemos preguntarnos ¿Cuál es el riesgo ante cierta peligrosidad o peligrosidades en determinado territorio? O ¿cuál fue el riesgo previo a la ocurrencia de determinado desastre? Se desplaza la atención del fatalismo hacia las decisiones que toman los actores sociales (González, 2005, p. 56).

El riesgo es dinámico, un proceso social de múltiples determinaciones (Natenzon, 2004, p. 2). La explicación no es lineal. No es una cuestión de causa y efecto, sino de multicausalidad y también de multiescalaridad. A partir de la definición de riesgo como proceso continuo y secuenciado (Lavell, 2002, p. 21), González (2005, pp. 55 y 56) explica que este proceso, “invisible y latente” se visibiliza cuando sucede un desastre. Mientras que el riesgo es un proceso, el desastre es un producto, lo cual no descarta que encierre nuevos procesos de construcción de riesgo, tal como ocurrió en el triple desastre japonés de 2011¹⁵. La posibilidad de reducción de los desastres exige un conocimiento profundo de las formas en que el riesgo se construye por parte de los actores e instituciones de la sociedad. Este conocimiento es social y solamente puede ser construido con el concurso integrado de las ciencias sociales, básicas y aplicadas (Lavell, 2005, p. 6).

Paradójicamente, los mismos procesos que pueden convertirse en desastres cuando interactúan con los seres humanos, pueden proporcionar importantes beneficios¹⁶, denominados a veces funciones de servicio natural¹⁷.

Gestión del riesgo

Según Ríos (2010, p. 46), el riesgo de desastres puede construirse en base a intereses individuales y privados, cuyo resultado (el desastre) es colectivo, o bien puede ser agudizado por la desregulación del Estado. Por lo tanto, este actor juega un rol importante en cuanto a su rol como intermediario entre otros actores sociales y garante de sus derechos.

Como explican Batista *et al.* (2017, p. 7), “minimizar los riesgos para evitar desastres significa estar preparados y en eso es inequívoca la gestión integrada de riesgos”. La **gestión integrada de riesgos** para la reducción de todo tipo de desastres, debe ser entendida como un proceso flexible y de mejora continua. La preparación de la sociedad y el conocimiento y rol de cada

¹⁵ Ampliar el tema en Capítulo 5. *Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?*

¹⁶ Ver Capítulo 6. *Paradoja volcánica: creación y destrucción.*

¹⁷ Por ejemplo, cuando las rocas se pulverizan durante un sismo pueden formar una zona impermeable de arcilla a lo largo de una falla geológica, creando potenciales barreras naturales en el subsuelo para el flujo de aguas subterráneas. En algunas partes de la falla de San Andrés, California, este proceso ha producido oasis en el desierto con estanques de agua rodeados por palmeras nativas (Keller y Blodgett, 2007, p. 28).

institución sobre sus acciones debe tener un seguimiento continuo y estar integrada en los procesos de planificación y gestión del territorio. Este proceso debe formar parte de las agendas políticas de los gobiernos en todas sus escalas. Keller y Blodgett (2007, p. 26) afirman que, más allá de los planes de emergencia posteriores al daño, es necesario “redoblar los esfuerzos para prevenir los desastres y sus efectos”.

Desde la geografía crítica entendemos que muchas variables del riesgo son históricas, y son explicadas por el modelo de desarrollo de cada territorio. Como propuesta, enfatizamos en la **planificación territorial** como herramienta para la gestión del riesgo que debe contemplar la multiplicidad de riesgos posibles. Debe incluir tanto la gestión de los usos del suelo, como la preparación de la población y de las instituciones involucradas en la prevención y la asistencia ante posibles desastres. Si bien es el Estado, en sus diferentes instancias, quien encabeza las estrategias de gestión, debe considerarse a la multiplicidad de actores sociales involucrados en la misma. Especialmente, deben contemplarse el conocimiento científico y popular del territorio. La gestión presenta distintos grados de complejidad que tienen que ver con la interacción de diferentes factores como: la falta de recursos humanos científico-técnicos (sismólogos, vulcanólogos, geoquímicos, etc.); ausencia, deficiencia o incumplimiento de leyes y normas; pobres sistemas de información a la ciudadanía, entre instituciones y/o entre el Estado y los actores técnico-científicos; falta de observación, vigilancia y alerta anticipada; insuficientes recursos financieros, humanos y de equipamiento; cuestiones diplomáticas (por ejemplo, cuando una peligrosidad afecta a más de un país; rotación de personal calificado ante los cambios de gestión; diferencias entre culturas (creencias, idiomas) que cohabitan un territorio; escaso sostenimiento de políticas en el tiempo. Los sistemas científicos están entrenados para hacer intercambios de información entre pares académicos pero cuesta adecuar esa información para que los sistemas de gestión lo transformen en herramientas técnicas y de divulgación a la sociedad. Se debe dar información en formato comprensible. Además, normalmente nunca queda nada escrito, por lo que es importante elaborar planes de gestión a partir de talleres de capacitación a cargo de los profesionales técnicos. Parte de estas dificultades son explicadas por Villarosa (2021, 1h23m19s), en el décimo aniversario de la erupción del Cordón Caulle.

Un cierre de capítulo, una llave para un abordaje distinto

Los desastres son un problema en aumento como consecuencia de los modelos de desarrollo imperantes en muchos países, donde los procesos de organización del territorio conllevan la producción de desigualdades. El incremento en el número de desastres está asociado a un incremento en la exposición, tanto en el tamaño de las poblaciones como su localización, factores que alimentan nuevas peligrosidades.

¿Sabías que la complejidad es uno de los grandes retos del conocimiento actual?

Desde el abordaje trabajado en la cátedra, el ambiente es considerado como un sistema complejo y dinámico que incluye a los seres humanos como actores sociales. En este aspecto, es interesante la mirada de Morín (2000, p. 32). Considera que la complejidad es mucho más que la multiplicidad de los componentes y la diversidad de sus interrelaciones ya que incluye una imprevisión potencial respecto al funcionamiento de sus componentes, lo cual nos conduce a hablar de incertidumbres. Sumar su análisis como un componente básico del riesgo es un enriquecedor aporte de Natenzon a la teoría en estudio.

Preguntas para reflexionar

- ¿Qué peligrosidades naturales identificas en La Plata? Si no eres oriundo de esta ciudad ¿cuáles reconoces en tu lugar de origen?
- ¿Podés establecer características de cada una de las variables que se conjugan en ese riesgo/riesgos?
- ¿Consideras que se gestiona correctamente el riesgo? ¿Por qué? En caso negativo ¿qué acciones deberían tomarse?

Referencias

- Aranda Álvarez, M., Díaz, M., Roggiero, M., Zamponi, A. y Zilio, M. (2020). Incidencia de las políticas públicas en la reducción de las desigualdades y la vulnerabilidad frente al Covid-19. Barrio villa azul (AMBA): un análisis desde la Teoría Social del Riesgo. En *Contribuciones del CIG sobre la pandemia – eje 2 – reflexiones sobre aspectos urbanos de la pandemia*. IdIHCS. FaHCE. UNLP. Recuperado de <https://idihcs.fahce.unlp.edu.ar/cig/wp-content/uploads/sites/13/2020/08/Incidencia-de-las-pol%C3%ADticas-p%C3%BAblicas-Zilio-y-otrxs.pdf>
- Barrenechea, J., Gentile, E., González, S. y Natenzon, C. (2000). Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la Teoría Social del Riesgo. PIRNA, IV Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales. UBA. Buenos Aires, 1-13. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Natenzon/publication/228456530_Una_propuesta_metodologica_para_el_estudio_de_la_vulnerabilidad_social_en_el_marco_de_la_teor%C3%ADa_social_del_riesgo/links/00b7d5310c9145b8f4000000/Una-propuesta-metodologica-para-el-estudio-de-la-vulnerabilidad-social-en-el-marco-de-la-teoria-social-del-riesgo.pdf
- Batista, C., Galbán Rodríguez, L. y Olaya Coronado, N. (2017). Amenazas, riesgos y desastres: visión teórico-metodológica y experiencias reales. Barranquilla: EDUCOSTA. Recuperado de

https://www.researchgate.net/profile/Celene-Milanes-Batista/publication/317176370_Amenazas_riesgos_y_desastres_Vision_teorico-metodologica_y_experiencias_reales/links/5929a3dca6fdcc444358457b/Amenazas-riesgos-y-desastres-Vision-teorico-metodologica-y-experiencias-reales.pdf

- Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.
- Beck, U. (2000). Retorno a la teoría de la “sociedad del riesgo”. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 30, 9-20. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-RetornoALaTeoriaDeLaSociedadDelRiesgo-1122543.pdf>
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. y Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. Bogotá: La Red.
- Cardona O. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. En A. Maskrey (Comp.), *Los desastres no son naturales* (45-65). Bogotá: La Red - Tercer Mundo Editores. Recuperado de <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>
- Cardona Arboleda, O. (septiembre, 2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. Recuperado de [\(PDF\) Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos \(researchgate.net\)](#)
- Correa Téllez, J. C. (2010). Joel Best, Uso y abuso de las estadísticas. La distorsión en la percepción pública de los problemas sociales y políticos. *Revista de Sociología*, 23, 155-158. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/132236279.pdf>
- Delmónico, A. (2018) Peligrosidad y vulnerabilidad de áreas costeras urbanas del lago Nahuel Huapi frente a eventos volcánicos y tsunamigénicos (Tesis doctoral). FaHCE. UNLP. Recuperado de <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1698/te.1698.pdf>
- Frenkel, A. (2019). “Disparen contra las olas”: securitización y militarización de desastres naturales y ayuda humanitaria en América Latina. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, (64), 183-202. Recuperado de <https://revistas.flacsoandes.edu.ec/iconos/article/view/3435>
- Funtowicz, S. y Ravetz, J. (1993). *Epistemología política. Ciencia con la gente*. Buenos Aires: CEAL.
- Gellert de Pinto, G. (2012). El cambio de paradigma: de la atención de desastres a la gestión del riesgo. *Boletín Científico Sapiens Research*, 2(1), 13-17. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3841348>
- Giddens, A. (1993). *Consecuencias de la modernidad*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Giddens, A. (2000). *Un mundo desbocado, los efectos de la globalización en nuestras vidas*. México: Taurus. Recuperado de <https://sicologias.files.wordpress.com/2015/01/14b-giddens-los-efectos-de-la-globalizacic3b3n-en-nuestras-vidas.pdf>
- González, S. (agosto-enero, 2005). Ciudad visible versus ciudad invisible: la gestión del riesgo por inundaciones en la ciudad de Buenos Aires. *Territorios. Ciudad y política Urbana*. Bogotá Universidad de Rosario, 13, 53-67. Recuperado de <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/863/781>
- Gutiérrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología*. Madrid: Pearson Educación S. A.

- Keller, E. y Blodgett, R. (2007). *Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Lavell, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. En M. Fernández (Comp.), *Ciudades en riesgo degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres* (2-27). Quito: La Red.
- Maskrey, A. (1993). Presentación. En A. Maskrey (Comp.). *Los desastres no son naturales* (3-5). Bogotá: La Red - Tercer Mundo Editores. Recuperado de <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>
- Morín, E. (1999). Los siete saberes necesarios para el futuro de la educación. UNESCO. Recuperado de <https://edgarmorinmultiversidad.org/index.php/download-libro-los-7-saberes.html>
- Morín, E. (2000). *La mente bien ordenada*. Barcelona: Seix Barral.
- Natenzon, C. (1995). Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre. FLACSO, Serie Documentos e Informes de Investigación 197, 1-19. Recuperado de <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sites/sistema-nacional-emergencias/files/documentos/publicaciones/PUB-Natenzon-Catastrofes-naturales-riesgo-e-incertidumbre.pdf>
- Natenzon, C. (2004). Las grandes inundaciones en el litoral argentino. Riesgo, vulnerabilidad social y catástrofes. UBA Encrucijadas, 29, 1-6. Recuperado de http://repositorioubasib.uba.ar/gsd/collect/encrucci/index/assoc/HWA_616.dir/616.PDF
- Natenzon, C. (mayo-junio, 2013). Riesgo social, vulnerabilidad y adaptación. Taller: integración de conocimientos para la adaptación al cambio global: principios y herramientas. Mendoza, 1-43. Recuperado de <https://www.iai.int/admin/site/sites/default/files/uploads/sites/2/RIESGO-SOCIAL-VULNERABILIDAD-Y-ADAPTACION-Natenzon.pdf>
- Natenzon, C. (2015). Presentación. En C. Natenzon y D. Ríos. *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades* (IX-XXV). San Martín: Imago Mundi.
- OEA. (1993). *Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Washington, Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales DC, EEUU. <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/oea65s.pdf>
- Ríos, D. (marzo, 2010). Producción de espacio de riesgo de desastres a partir de la urbanización de áreas inundables. Los bañados de Tigre, su historia y sus transformaciones recientes (Tesis doctoral). UBA. Facultad de Filosofía y Letras. Recuperado de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/uba_ffyl_t_2010_859830_v1.pdf
- Ríos, D. y Natenzon, C. (2015). Una revisión sobre catástrofes, riesgo y ciencias sociales. En C. Natenzon y D. Ríos. *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades* (1-27). San Martín: Imago Mundi.
- Romero, G. y Maskrey, A. (1993). Como entender los desastres naturales. En A. Maskrey (Comp.). *Los desastres no son naturales* (6-10). Bogotá: La Red - Tercer Mundo Editores. Recuperado de <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>
- Santos, M. (2000). *La naturaleza del espacio: técnica y tiempo, razón y emoción*. Barcelona: Ariel.

- Tarback, E. y Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una Introducción a la Geología*. Madrid: Pearson Educación S. A.
- Torrico Canaviri, G., Ortiz Cañipa, S., Salamanca Mazuelo, L. A., y Quiroga Becerra de la Roca, R. (junio, 008). *Los enfoques teóricos del desastre y la gestión local del riesgo:(construcción crítica del concepto)*, La Paz; National Centre of Competence in Research North-South (NCCR); OXFAM; Fundación para el Desarrollo Participativo Comunitario (FUNDEPCO).
- UNDRR (Junio, 2001). Marco de Acción para la implementación de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD). ONU. Recuperado de <https://eird.org/esp/acerca-eird/marco-accion-esp.htm#introduction>
- Villarosa, G. (4 de junio de 2021). La erupción del Cordón Caulle del 4 de junio de 2011: aportes científicos a problemas de gestión. En *GEA-IPATEC. Cómo integramos la ciencia a la gestión del riesgo desde la perspectiva geoambiental. Grupo de Estudios Ambientales del Instituto IPATEC (Conicet-UNCo)*. Ciclo de charlas. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=C2ITMSHLG-8&ab_channel=Comunicaci%C3%B3nUNCoBariloche
- Willches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. En A. Maskrey (Comp.), *Los desastres no son naturales* (11-44). Bogotá: La Red - Tercer Mundo Editores. Recuperado de <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/dnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>
- Zilio, M. (2018). Colores, olores, contrastes, desastres. Perspectiva geográfica de la India desde la Teoría Social del Riesgo. Jornadas Platenses de Geografía y XX Jornadas de Investigación y Enseñanza en Geografía. Recuperado de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.11327/ev.11327.pd
- Zilio, M., Zamponi, A., y Roggiero, M. (2019). Peligrosidad y vulnerabilidad en los Esteros del Iberá, Argentina: análisis geográfico desde la Teoría Social de Riesgo. *Revista Geográfica*, (158), 43-67. Recuperado de <https://www.revistasipgh.org/index.php/regeo/article/view/203>
- Zilio, M. y D'Amico, G. (junio, 2021). Peligrosidad y vulnerabilidad en la puna catamarqueña. *Revista El Ojo del Cóndor, una mirada diferente a nuestra geografía*, 10, 28-31. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/1ipr-5xTq-Qa3R0vxq3ikDLZAODHO-NA/view>

CAPÍTULO 2

El Antropoceno: el precio de la tecnología

María Cristina Zilio y Gabriela Mariana D'Amico

Del cuadro de las eras geológicas a la Tabla Cronoestratigráfica

La superficie terrestre está cambiando rápidamente, pero, en realidad, siempre ha cambiado. Las rocas son las páginas donde se escribe la historia geológica del planeta y debemos aprender a descifrarlas y colocarlas en el orden histórico apropiado. A finales del siglo XVIII, el geólogo escocés James Hutton reconoció que la Tierra era muy antigua, aunque durante mucho tiempo no hubo un método fiable para determinar su edad.

Durante el siglo XIX, antes de la datación absoluta (a través de métodos radiométricos), se delineó una escala de tiempo utilizando los principios de la datación relativa, teniendo en cuenta el orden de los estratos: los más profundos eran considerados los más antiguos, y los más cercanos a las superficies, de formación reciente. El sufijo *zoico* (relativo a animales), utilizado en la clasificación original, tiene que ver con el registro fósil contenido en los estratos, por eso las grandes eras geológicas se encuentran formalmente relacionadas con grandes extinciones y/o apariciones notorias de grupos faunísticos nuevos. A la subdivisión más antigua con presencia de fósiles se la llamó era “primaria” o **Paleozoica** (“faunas antiguas”), con predominio de vida acuática. Una gran extinción marcó el paso a la era secundaria o **Mesozoica** (“faunas intermedias”), dominada por los dinosaurios. El impacto de un asteroide en la península de Yucatán, en colaboración con la actividad volcánica¹⁸, marcó el límite con la era Terciaria o **Cenozoica** (“faunas nuevas”), caracterizada por la diversificación de los mamíferos. Continuaba la era **Cuaternaria** o Antropozoica¹⁹, porque es el momento en el que aparecen los seres humanos. Tiempo después se dividió a esta última en dos períodos: Glacial o **Pleistoceno** y Post-glacial u **Holoceno**. Durante esos primeros esbozos de historia geológica, se llamó **Azoica** (carente de vida) a la etapa anterior al Paleozoico, sin embargo, cuando se supo que sus rocas encerraban las huellas de bacterias, se lo empezó a llamar **Tiempos Precámbricos** (porque el Cámbrico es el primer período Paleozoico).

Los geólogos continúan profundizando su conocimiento sobre el pasado, por eso, el número y tipo de unidades reconocidas y la duración de las mismas han ido variando desde los primeros

¹⁸ Leer sobre estas erupciones en el Capítulo 6. *Paradoja volcánica: creación y destrucción*.

¹⁹ Como vemos en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional, los términos “primaria”, “secundaria” y “terciaria”, así como “antropozoica”, dejaron de usarse mientras que el “cuaternario” pasó a tener menor jerarquía al pasar de era a período.

ensayos cronológicos hasta la actualidad. Desde las últimas décadas del siglo pasado, la Comisión Internacional de Estratigrafía²⁰, integrante de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS, por sus siglas en inglés -*International Union of Geological Sciences*-), elabora y mantiene actualizada la **Tabla Cronoestratigráfica Internacional**.

La tabla identifica los tiempos geológicos utilizando dos términos para cada división. La primera corresponde a una escala estratigráfica, que se expresa en unidades de tiempo relativas (**eonotema – eratema – sistema – serie – piso**). Comprende las rocas, los sedimentos y los restos fósiles que puedan contener. La segunda, es una escala cronológica, que utiliza el millón de años (**Ma**) como unidad (**eón – era – período – época – edad**). Son los lapsos temporales dentro de los cuales se formaron los materiales y acontecimientos mencionados (figura 1). En el caso particular del Precámbrico, algunas fuentes no oficiales lo consideran un “supereón”. Carece de subdivisiones porque, cuanto más retrocedemos en el tiempo, los detalles son menos precisos. Por ese mismo motivo, la duración temporal de las unidades se va haciendo menor a medida que nos aproximamos a la actualidad.

De acuerdo con la tabla oficial, estamos viviendo en la época Holocena, del período Cuaternario, de la era Cenozoica, del Eón Fanerozoico. Esta época se inició hace 11 700 años, coincidiendo con el inicio del actual periodo interglacial (Cohen *et al.*, 2022).

Figura 1. Escala simplificada del tiempo geológico

	EONOTEMA/EÓN	ERATEMA/ERA	SISTEMA/PERIODO	SERIE/EPOCA	PISO/EDAD	Edad Ma		
A	FANEROZOICO	CENOZOICO	Cuaternario	Antropoceno		0,0117		
				Holoceno		2,58		
				Pleistoceno				
			Neógeno	Plioceno				
				Mioceno		23,03		
			Paléogeno	Oligoceno				
				Eoceno				
				Paleoceno		66,0		
			MESOZOICO	MESOZOICO	Cretácico			
					Jurásico			
		Triásico					251,9	
		Permiano						
		Carbonífero						
		PALEOZOICO	PALEOZOICO	Devónico				
Siluriano								
Ordovícico								
Cámbrico					541,0			
B	PROTEROZOICO							
	ARCAICO							
	HADICO				4.600			

🚩 GSSP o "Golden Spike"

(A) Escala temporal de las unidades básicas. (B) Principales divisiones y su edad en millones de años, no en escala (se han respetado los colores de la tabla), los golden spike y la ubicación no oficial del Antropoceno. Las subdivisiones menores, no relevantes para nuestros objetivos, se han grisado. Fuente: modificado de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (Cohen *et al.*, 2022) por María Cristina Zilio.

²⁰ La Comisión de Estratigrafía comprende diecisiete subcomisiones específicas para cada período con el objetivo de definir con precisión las diferentes unidades.

El “golden spike” no es de oro ni tiene esa forma

El clavo o pico de oro (*golden spike*) marca el límite inferior de una sección estratigráfica. Es definido por la Comisión de Estratigrafía y recibe el nombre de *GSSP*, por sus siglas en inglés (*Global Boundary Stratotype Section and Points*: Sección Estratotipo y Punto de Límite Global). Se indica en la tabla mediante el símbolo de un clavo dorado. Cuando no hay precisión, se utiliza el *GSSA* o identificador de Edades Estratigráficas Estándar Globales.

El antropoceno es presente

Si bien la Tierra es el escenario de interminables tensiones entre las fuerzas endógenas y exógenas desde el comienzo de su existencia, aparenta calma e inmovilidad porque gran parte de los procesos geológicos se desarrollan a escalas temporales difíciles de comprender. Sin embargo, en el período de la vida de una persona, el mundo ha cambiado radicalmente y seguirá cambiando en las próximas décadas. Procesos geológicos y geomorfológicos inéditos, así como nuevos compuestos químicos visibilizan el creciente papel de los seres humanos como una fuerza más de la naturaleza. La magnitud de las transformaciones es tan grande que se ha planteado la posibilidad de agregar una nueva época geológica a la Tabla Cronoestratigráfica, el **Antropoceno**²¹.

El término (proveniente de *anthropos*: hombre y *kainos*: nuevo o reciente) fue propuesto por el químico neerlandés Paul Crutzen²² y el ecólogo norteamericano Eugene Stoermer en el año 2000, pero su difusión fue a partir de un breve artículo publicado por el primero. En ese documento, Crutzen (2002, p. 23) afirmaba que la humanidad es una fuerza ambiental y que el 25% de la población mundial generaba precipitación ácida, *smog* y calentamiento del clima.

Sin embargo, la historia del concepto detrás del término es mucho más antigua. En 1775, el naturalista francés Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon²³, distinguió entre la naturaleza original y la naturaleza civilizada por el ser humano, y observó que “toda la faz de la tierra lleva la huella del poder humano” (Trischler, 2017, p. 22). Un siglo después, el geólogo armenio George Ter-Stepanian (1988, p. 141) consideró que la actividad humana creciente debe considerarse

²¹ Previamente, Andrew Revkin propuso el término Antroceno como “era geológica de nuestra propia creación”, en su libro *El calentamiento global: Comprensión de la Previsión* (1992), y Michael Samways denominó Homogenoceno (1999) a nuestra época geológica actual, en el cual la biodiversidad está disminuyendo y los ecosistemas en todo el mundo se están transformando en otros (Mundo de Hoy, 2015).

²² Premio Nobel de Química por su trabajo sobre la incidencia del ozono en la atmósfera, en 1995.

²³ En su historia natural, de 44 tomos, Leclerc también postuló “la teoría de la degeneración americana” -las especies del Nuevo Mundo fueron descritas como más pequeñas y débiles que europeos, debido a condiciones climáticas supuestamente desfavorables-. Este argumento sirvió de base al “macrohistoriador” Alfred Crosby para justificar el éxito de la colonización europea no por su superioridad técnica y militar ni su mejor organización político-económica sino por la superioridad de sus sistemas ecológicos (Crosby, 2013, p. 22).

como agente geológico independiente y propuso hablar de Holoceno como período de transición entre un Cuaternario o Pleistoceno y un **Quinario o Tecnógeno**, dominado por la tecnología.

En 2009, se conformó el Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno (GTA o AWG por sus siglas en inglés *-Anthropocene Working Group-*), dependiente de la Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario, con el objetivo de evaluar las evidencias de esta potencial nueva división de la escala de tiempo geológico (Vidas, 2009). En el 35 ° congreso de la IUGS (Ciudad del Cabo, Sudáfrica, 2016), el GTA presentó su recomendación para formalizarlo. Sus 35 miembros²⁴, con una sola abstención, estuvieron de acuerdo en que el concepto de Antropoceno “es geológicamente real, funcional y estratigráficamente distinto de la época anterior” (Trischler, 2017, p. 48). Si bien es una unidad localmente delgada y de corta duración en términos geológicos, los cambios involucrados y las señales estratigráficas resultantes son de escala, extensión global, rapidez e irreversibilidad suficientes para considerarlo parte de la Escala de Tiempo Geológico oficial, con marcas estratigráficas completamente nuevas o fuera del nivel de variación del Holoceno²⁵ (Zalasiewicz *et al.*, 2017, p. 9).

Para 2022, se han planificado una serie de actividades con el objetivo de analizar una serie de posibles candidatos²⁶ al GSSP. Se proyecta para diciembre de 2022 la elección del mejor marcador estratigráfico (Waters y Turner, 2022). Si bien se están considerando una amplia gama de señales antropogénicas que pueden usarse para identificar el inicio del Antropoceno alrededor de 1950, se destacan las huellas de radionucleidos (plutonio, radiocarbono) originados en la detonación de la primera bomba nuclear de la historia (Zalasiewicz *et al.*, 2015, p. 6). La detonación del dispositivo atómico Trinity²⁷, en Alamogordo, Nuevo México, el 16 de julio de 1945, inició la lluvia nuclear local de 1945 a 1951. En las primeras décadas posteriores, se solía afirmar que dicho evento había dado inicio a la “era nuclear o atómica”. Las más de 500 pruebas de armas termonucleares desde 1952 a 1980, generaron el llamado “pico de bomba” de C¹⁴, Pu²³⁹ y otros radionucleidos artificiales que alcanzaron su punto máximo en 1964, (Zalasiewicz *et al.*, 2015, p. 5-6; Waters *et al.*, 2016, p. 23; Cearreta, 2016).

Pese a estos avances, se necesita todavía la aprobación de los otros tres organismos científicos (Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario, Comisión Internacional de Estratigrafía e IUGS) para que esta división geológica sea considerada oficial.

Sea aceptado o no como una división formal de la Tabla Cronoestratigráfica, los debates continuarán debido al interés despertado en otras ciencias. Los aportes provienen de distintos

²⁴ Algunos trabajos consultados son autoría de miembros de esta comisión (Will Steffen; John McNeill; Alejandro Cearreta; Jan Zalasiewicz; Colin Waters y Paul Crutzen).

²⁵ Se ha propuesto posicionarlo en la jerarquía estratigráfica de época, sin embargo, las posibilidades discutidas entraron en un rango comprendido entre una “sub-edad” o edad hasta un período o, incluso, era. En este último caso marcaría el final del Cuaternario o, incluso, del Cenozoico (Zalasiewicz *et al.*, 2017, p. 11).

²⁶ Entre ellos, se encuentran depósitos costeros en la bahía de San Francisco (EE. UU.), núcleos de hielo de la Antártida, un depósito en una cueva de Italia, corales de la Gran Barrera de Australia y estratos urbanos en Viena (Andrés, 2022).

²⁷ Esta detonación originó un vasto campo de material vítreo verdoso que se formó a partir de la licuefacción de la arena del desierto. El material fue llamado “trinitita” (Castelvecchi, 2021).

campos científicos como la geología, geografía, sociología, ciencias políticas, arqueología, antropología, filosofía, historia, química, literatura, medicina, geofísica, arte y educación, entre otras. Para la socióloga argentina Maristella Svampa (2016), desde el punto de vista de las ciencias sociales el ingreso al Antropoceno parece designar un punto de no retorno al Holoceno.

Si vivimos en el Antropoceno ¿cuándo comenzó?

Si bien el Antropoceno es reconocido como un nuevo periodo desde diversas disciplinas, aún no existen coincidencias respecto de cuándo se habría iniciado. Se han propuesto cinco momentos: 1) la ola de extinciones de la megafauna pleistocénica; 2) el surgimiento de la agricultura en el Neolítico; 3) el desarrollo del capitalismo, a partir del siglo XVI; 4) la Revolución Industrial, a finales del siglo XVIII, y 5) la Gran Aceleración del crecimiento demográfico y la industrialización hacia 1950 (coincidentalmente con la explosión de la primera bomba atómica).

La **extinción de los grandes mamíferos** es la hipótesis menos considerada. Según el químico australiano Will Steffen y sus colaboradores, “durante más del 90% de sus 160 000 años de historia²⁸, el *Homo sapiens* ha existido únicamente como cazadores-recolectores”, sin embargo dejó su huella en el ambiente, a través, por ejemplo, de la caza de megafauna (Steffen *et al.*, 2011, p. 741). En el Pleistoceno, vivían mamíferos gigantes (gliptodontes, mastodontes, macrauchenias, toxodontes, megaterios y tigres dientes de sable), incluso en nuestras pampas, como pueden observarse en el Museo de Ciencias Naturales de La Plata. Dos antropólogos de nuestra universidad postulan que los seres humanos son los principales responsables de su extinción en Sudamérica, contradiciendo la hipótesis más aceptada según la cual desaparecieron como consecuencia de los cambios ambientales asociados a la última glaciación. Consideran que solo habrían cazado unas pocas especies, pero eso habría bastado para generar un desequilibrio que desencadenó un colapso general de toda la comunidad de grandes mamíferos (Prates y Pérez, 2021, p. 8).

El fin de la última Edad de Hielo se asocia a la **revolución agrícola**. Según el paleoclimatólogo Ruddiman (2003, 2013, citados en Horn y Bergthaller, 2020, p.29), el metano de los arrozales y mayores niveles de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico como resultado de la deforestación, la desertificación y la agricultura naciente evitó el próximo ciclo de la Edad de Hielo y, por lo tanto, provocó el inusual período estable y comparativamente cálido conocido como Holoceno. Las fluctuaciones de períodos cálidos y muy fríos características del Pleistoceno habrían sido interrumpidas por el efecto invernadero provocado por los gases producidos por las primeras formas de agricultura. En cambio, para Steffen *et al.*, 2011 (p. 741), las primeras actividades agrícolas pueden haber

²⁸ Para los arqueólogos, en la actualidad, el origen del *Homo sapiens* se calcula entre 250 000 y 300 000 años (L. Zilio, comunicación personal, 3 de abril de 2022).

provocado un aumento en la concentración de CO₂ atmosférico pero este no fue suficiente para elevar su concentración más allá de la envoltura de la variabilidad natural.

Ya en esta época existen múltiples ejemplos de modificaciones geomorfológicas. El geólogo español Antonio Cendrero y sus colaboradores mencionan la progresiva salinización y empobrecimiento de los suelos debido a los intensos regadíos en las cuencas del Éufrates y el Tigris, y el progresivo cegamiento del antiguo puerto de Éfeso – hoy a unos 6 km de la costa egea-, debido a cambios de uso del suelo en su cuenca (Cendrero *et al.*, 2006, p. 188-189). Por su parte, el historiador español José Remesal Rodríguez (2018, p. 72) estudia, desde hace años, el monte Testaccio (Roma, Italia). Se trata de una colina artificial, con más de 50 m de altura y a escasos metros del antiguo puerto romano, formada exclusivamente por los restos de millones de ánforas que habían contenido principalmente aceite de oliva. Casi el 85% provenía del sur de España.

Para el historiador estadounidense Jason Moore, el **desarrollo del capitalismo** “en el ‘largo’ siglo XVI (c. 1450-1640) marcó un punto de inflexión en la historia de la relación de la humanidad con el resto de la Naturaleza” (2013, p. 10). Explica que la expansión geográfica del sistema de mercancías dentro y fuera de Europa, creó las condiciones indispensables para los avances técnicos e institucionales implicados en el incremento de la productividad del trabajo:

El veloz proceso de apropiación en el interior de las sucesivas fronteras mercantiles rápidamente derivó en condiciones de sobreapropiación –los bosques para extraer combustible y madera se trasladaron más lejos, las tierras se agotaron, las hierbas y plagas proliferaron– y esto debilitaría las condiciones para el propio beneficio local (Moore, 2013, p. 21).

En síntesis, la acumulación del capital viene de la mano de la transformación de la naturaleza y, como dice Moore (2013, p. 13), el capitalismo está definido por el movimiento de fronteras. Considera que la revolución industrial “fue un punto de inflexión en un proceso histórico ya en marcha, no la culminación de un patrón de desarrollo premoderno” (Moore, 2013, p. 10).

Crutzen (2002, p. 23) afirma que el Antropoceno comenzó en la **Revolución Industrial**, a finales del siglo XVIII. Lo hace coincidir con el diseño de la máquina de vapor -creada por James Watt, 1784- ya que las muestras del aire atrapado en el hielo polar mostraron el comienzo de concentraciones globales crecientes de CO₂ y metano para la misma época. Steffen *et al.* (2011, p. 742) consideran que, hacia 1800, con la industrialización comenzó el uso mejorado de combustibles fósiles. Su rápida expansión aumentó lentamente la concentración de CO₂ en la atmósfera. Según Leff (2002, p. 204), esta concentración se ha incrementado en 31%, entre 1750 y nuestros días, un nivel jamás alcanzado en el pasado.

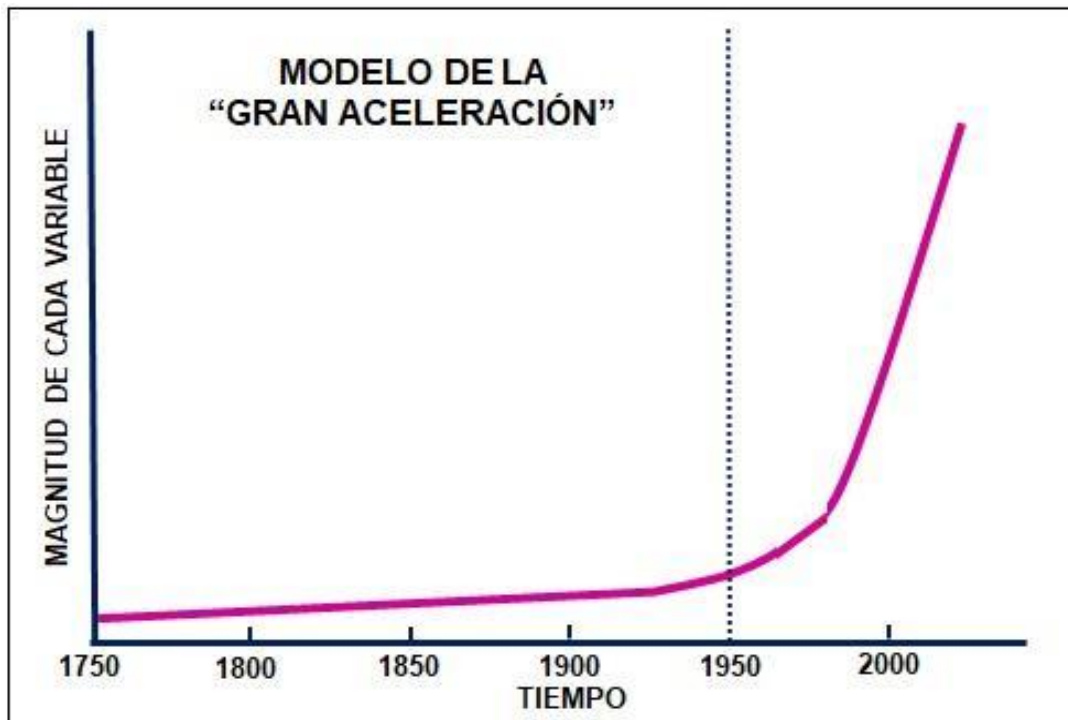
Previo a la irrupción del concepto Antropoceno, Santos (2000, p.146), al hablar del papel que alcanzaron las técnicas a través de las máquinas, había considerado a la Revolución Industrial como un momento de “gran aceleración”, punto de partida para transformaciones considerables. Sin embargo, a partir de las investigaciones de Steffen *et al.* (2011), se comienza a considerar otra **Gran Aceleración**, la del crecimiento demográfico y la industrialización hacia

1950, (coincidentalmente con la explosión de la primera bomba atómica). A través de 24 indicadores, se trazaron gráficas de la actividad humana desde el comienzo de la revolución industrial, en 1750, hasta el año 2000 (luego actualizado a 2010). Los indicadores socioeconómicos se relacionan directamente con la huella humana en el funcionamiento del Sistema Tierra, mientras que los otros 12 indicadores rastrean cambios en las principales características del sistema. Todas las gráficas muestran el mismo patrón: un explosivo aumento hacia 1950, excepto en la concentración de metano atmosférico y la pérdida de ozono, que mostraron una desaceleración o estabilización.

El comportamiento de esta curva (figura 2), se repite en otras investigaciones como la de Waters *et al* (2016, p. 21), que observan un crecimiento exponencial en la producción de aluminio, plásticos, fibras sintéticas y cemento, y la de Cendrero *et al.* (2006, p. 205) han correlacionado los gráficos de desastres naturales y los daños producidos con variables de tipo económico. La frecuencia de eventos de peligro geomórfico, en nivel local, nacional y global, muestra tendencias de crecimiento exponencial, que parecen estar correlacionados con el producto bruto interno. Sugieren que,

(...) al igual que con el cambio climático, podemos estar ante un acoplamiento entre desarrollo económico y "cambio geomorfológico global" [entrecomillado original], el cual se manifiesta en una creciente huella geomorfológica humana, una aceleración de las tasas de los procesos geológicos superficiales y una intensificación de los riesgos debidos a los mismos (Cendrero *et al.*, 2006, p. 205).

Figura 2. Modelo de las tendencias de 1750 a 2020 en indicadores globales



Fuente: realizado por María Cristina Zilio, a partir de las variables utilizadas por Cendrero *et al.* (2006, p. 205); Steffen *et al.* (2011, pp. 742-745) y Waters *et al.* (2016, pp. 21-22).

Algunos científicos consideran que las dos primeras hipótesis podrían ser precursoras de esta nueva época, porque la población era escasa, con bajo uso de recursos y los cambios eran a escala local y diacrónicos en el tiempo (Zalasiewicz *et al.*, 2017, pp. 9-10). Para otros, podría hablarse de un Antropoceno, dividido en épocas (Issberner y Léna, 2018, p. 9). De ser así, el Antropoceno sería entonces sólo otro nombre para el Holoceno.

Sin embargo, consideramos que la llegada de los europeos a América y el saqueo colonial posterior –continuado en la actualidad bajo diferentes formas de extractivismo–, por su dimensión espacial y temporal, es un momento de inflexión en la historia del planeta, que se incrementa drásticamente con la “Gran Aceleración”.

¿Cuáles son las señales del Antropoceno?

El cambio climático es solo la punta del *iceberg* de las transformaciones antrópicas²⁹. La evidencia de que la Tierra se está calentando es inequívoca. Las emisiones humanas de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂, han sido responsables de la mayor parte del calentamiento desde mediados del siglo (Steffen, 2011, p. 739).

Antes de la irrupción del concepto de Antropoceno, Ter-Stepanian (1988, p. 140) se preguntó hasta qué punto los seres humanos estamos reproduciendo, imitando o reemplazando a los agentes naturales en multitud de procesos, atmosféricos, hidrológicos, biológicos, geológicos internos y externos, e incluso solares. Sus reflexiones, simplificadas por Bruschi *et al.* (2011, p. 2), se observan en la figura 3. Hemos agregado el concepto “dispersión” de especies. La pandemia nos ha recordado el papel de los humanos en la distribución tanto de animales, plantas como de enfermedades infecciosas, como el Covid 19. En especial, analizaremos algunas señales: 1) antropogeoformas y huella geomorfológica humana, 2) tecnofósiles, como los plastiglomerados y 3) sexta extinción.

²⁹ Ver Capítulo 10. *Impactos ambientales y Cambio Climático en la franja costera atlántica bonaerense.*

Figura 3. Las actividades humanas versus las fuerzas de la naturaleza



Fuente: modificado de Ter-Stepanian (1988, p. 140) y Bruschi *et al.* (2011, p. 105) por María Cristina Zilio. En verde vemos las fuerzas naturales y, en rosa, las antrópicas. El concepto “dispersión” ha sido agregado por las autoras del capítulo.

Antropogeoformas

Son múltiples los ejemplos del papel de la humanidad como agente geológico o como constructor de **antropogeoformas**. Entre los innumerables ejemplos, que se vinculan con problemáticas ambientales, podemos mencionar: 1) la extravagante **creación de islas** en Dubai (Emiratos Árabes Unidos) que, al igual que las **urbanizaciones cerradas**³⁰ en humedales, son el resultado de proyectos inmobiliarios asociados a las pautas globales del urbanismo neoliberal; 2) la **implantación de pinos** (“megapinería”) o eucaliptos sobre pastizales y la práctica agrícola sobre **áreas deforestadas**³¹, prácticas extractivistas que generan cambios en los distintos sistemas ecológicos, en particular en sus condiciones hídricas; 3) la **minería subterránea**³² y la **explotación a cielo abierto**³³, en especial las megaminerías, que imitan tanto los procesos de meteorización física y química como los procesos de erosión, transporte y sedimentación; 4) la acumulación de agua en las represas, la extracción de petróleo y gas y la producción de energía geotérmica, así como la explotación minera son algunas de las actividades modernas que generan

³⁰ Ver Capítulo 13. *Modelar la naturaleza: urbanizaciones cerradas en humedales.*

³¹ Ver efectos de la deforestación en Capítulo 15. *Agriculturización y sapping en San Luis y Córdoba: señal antropocénica.*

³² Ver Capítulo 3. *Johannesburgo (Sudáfrica): el legado de la explotación aurífera.*

³³ Ver un tipo de minería a cielo abierto en Capítulo 4. *Explotación del litio en la Puna Austral: implicancias ambientales.*

sismos “inducidos”³⁴; y 5) la modificación de cursos de agua³⁵ –con variados objetivos-, que modifica el volumen de las aguas de las cuencas a las que alimentan³⁶.

Estos procesos antropogeomórficos disparan otros procesos y encierran riesgos. Por ejemplo, en el partido de La Plata, la decapitación de suelos para fabricación de ladrillos y la extracción de áridos para rellenos ha generado una brusca disminución de la productividad de los suelos y sus canteras abandonadas constituyen un peligro para la salud y la seguridad, donde se han producido decenas de muertes³⁷. Por otra parte, el tratamiento y la disposición final de residuos sólidos urbanos, a cargo del CEAMSE, en el camino a Punta Lara (partido de Ensenada), más allá de otros impactos, modifica el paisaje y el drenaje de las aguas vecinas. La “montaña” que hoy vemos no solo cambia la línea del horizonte, sino que genera cambios en el desagüe de las aguas, formándose numerosas lagunas después de lluvias intensas.

El consumo de rocas y minerales es un buen indicador del papel de los seres humanos como agentes de excavación y transporte de materiales sólidos sobre el planeta. Por ejemplo, en 1979, el consumo personal en Alemania equivalía a 14,5 t/año mientras que, a nivel mundial, era de 4,5 t/año (Cendrero *et al.* 2006, p. 189). Se debe considerar que el volumen removido es mucho mayor al mencionado porque se debe sumar un volumen considerable de material descartado por carecer de valor económico. Para Bruschi *et al.* (2011, p. 104), la “denudación tecnológica” es con gran diferencia el factor que más contribuye a la denudación a nivel global (figura 4).

Figura 4. Denudación tecnológica para el conjunto de tierras emergidas



Fuente: modificado de Bruschi *et al.* (2011, pp. 105-106) por María Cristina Zilio.

Teniendo en cuenta las manifestaciones del cambio geomórfico global, Cendrero *et al.* (2006, p. 191) propusieron el concepto de **Huella Geomorfológica Humana**, que se expresa en térmi-

³⁴ Ver Capítulo 5. *Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?*

³⁵ Ver Capítulo 8. *Gestión de cuencas hidrográficas: comparación de tres experiencias.*

³⁶ Por ejemplo, el mar de Aral, otrora el cuarto lago más grande del mundo, se ha ido reduciendo hasta una décima parte de su superficie, a partir de la implantación de un plan soviético que, en 1960, comenzó a desviar sus aguas hacia una zona productora de algodón. Los barcos varados en un desierto de arena reflejan esta realidad. A la inversa, la construcción de un canal para regular las aguas de las lagunas Encadenadas, en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, terminó con la muerte de Villa Epecuén, cuando las aguas saladas de la laguna homónima inundaron la villa, diez años después de la finalización de la obra.

³⁷ Ver el tema de las cavas en Capítulo 12. *Problemáticas ambientales asociados a la transformación del paisaje.*

nos de tasa de creación de antropogeofomas y tasa de movilización de sedimentos. Este concepto está en cierto modo relacionado con el de huella ecológica³⁸ pero tiene un significado bastante distinto.

Tecnofósiles

El crecimiento explosivo de la población humana desde la “Gran Aceleración” ha venido acompañado de un incremento en la velocidad de evolución tecnológica y la globalización ha expandido los nuevos artefactos por todo el planeta.

En la actualidad, el 10% de la producción anual de hidrocarburos se destina a la producción de plásticos. Cuando ya no interesan, son liberados al ambiente o depositados en vertederos. Esto es lo que ha pasado, dice Cearreta (2018), con el 60% de los plásticos producidos en las últimas décadas. Sin embargo, **icnofósiles**³⁹ humanos han aparecido desde mucho antes. Estos incluyen hormigón, ladrillos, cemento, material para carreteras (alquitrán macadán), cerámica, etc. Los seres humanos producen artefactos a partir de materiales que son muy raros en la naturaleza (hierro, aluminio, titanio) o desconocidos naturalmente.

Dada la extraordinaria diversidad de artefactos humanos (vinculados a las actividades de una sola especie) y la aceleración de la evolución en tipo y cantidad sin precedentes en el registro geológico de la Tierra, Zalasiewicz *et al.* (2014, p. 3) han sugerido que estos representan la nueva categoría de **tecnofósiles**. Este tipo de fósiles podrá clasificarse en un futuro, afirma Cearreta (2018). Por ejemplo, un taxón genérico podría ser los teléfonos y, una “especie”, un *iPhone*.

Dentro de los denominados tecnofósiles, una sedimentóloga canadiense y su equipo han bautizado con el nombre de **plastiglomerado** a una nueva “roca” formada por la aglutinación de sedimentos naturales y plástico derretido debido a fogatas (Corcoran *et al.*, 2014, p. 4). Originalmente, este material fue estudiado en playas de Hawái. Son particularmente peligrosos si se incorporan a la cadena alimenticia⁴⁰. Para el politólogo español Arias Maldonado (2016, p. 3), el plastiglomerado es un *Frankenstein* socionatural nacido de la convergencia de procesos humanos y naturales no intencionados ni dirigidos, un símbolo de esta época.

³⁸ La Huella Ecológica puede expresarse como el número de planetas necesarios para satisfacer las necesidades de la humanidad en un determinado periodo” (UNESCO, 2018). Hoy estamos consumiendo un planeta y medio por año pero la responsabilidad compete sobre todo a los países más ricos y también a los llamados países emergentes, mientras los países de América Latina están por debajo del 50 % del consumo (Svampa, 2016).

³⁹ Los icnofósiles (del griego *ikhnos*, huella, marca) son estructuras preservadas en rocas sedimentarias que registran actividad biológica.

⁴⁰ Se ha comprobado que los plásticos ya están presentes en el interior de los organismos vivos. Por ejemplo, un estudio realizado por científicos del Instituto de Limnología (UNLP – CONICET) comprobó que especies que habitan el estudio del Río de la Plata (como surubies, sábalos, pejerreyes y carpas) albergan microplásticos, en su tubo digestivo, que podrían afectar la calidad de las especies para el consumo humano (Pazos *et al.*, 2017).

Además de esta capa de residuos que estamos produciendo como futuros fósiles, debemos sumar los **fósiles del espacio exterior**. Una nueva capa geológica de basura espacial orbita alrededor del planeta como cementerio tecnológico (Parikka, 2021, p. 232).

Para el artista Grégory Chatonsky, estos fósiles (a los que denomina telofósiles⁴¹) representan el doble papel de la tecnología: “participan del agotamiento de nuestro planeta pero también constituyen rastros de nuestras existencias” (citado en Parikka, 2021, p. 223).

La sexta extinción

A lo largo de la historia de la Tierra se reconocen cinco grandes extinciones masivas –más otras de menor escala- en las que se produjo la desaparición de un elevado porcentaje de especies pero nunca la totalidad de las mismas. Han sido episodios prácticamente instantáneos –a escala geológica-, entre tres meses hasta tres millones de años, provocados por distintas causas –erupciones volcánicas, cambios climáticos, impacto de meteoritos o erupciones solares gigantes- (Maldonado, 2009, p. 288-289). Numerosos investigadores consideran que estamos atravesando una sexta extinción, con características inusuales respecto a las anteriores, que habría comenzado con la extinción de la megafauna y se habría acelerado hacia 1950. Un equipo de ecólogos y biólogos ha concluido que las tasas de extinción recientes no tienen precedentes en la historia de la humanidad (Ceballos *et al.*, 2015, p. 3). Para el siglo XXI, los seres humanos superamos ampliamente la biomasa de cualquier especie animal grande, según el entomólogo Edward Wilson (2003, citado en Costa, 2021, p. 18). Indica que el 95% de los mamíferos terrestres grandes está conformado por los seres humanos (36%) y los animales domésticos, ya sea de consumo o mascotas (60%).

El reemplazo del paisaje nativo, hábitat de una gran variedad de fauna y flora autóctona, por actividades culturales –ganadería, forestación, agricultura-, genera una fuerte simplificación de los ecosistemas. Los historiadores franceses Bonneuil y Frescoz (2016, p. 23) vaticinan que, en unos pocos millones de años es probable que los geólogos, “si sobrevive esta profesión típica del Antropoceno”, cuando examinen los depósitos dejados por esta época, detectarán una transición tan repentina como la famosa extinción de los dinosaurios.

La ventana de oportunidad se está cerrando rápidamente, afirman Ceballos *et al.* (2015, p. 1), ya que, de continuar el ritmo de extinción actualmente elevado, los humanos pronto (en tan solo tres vidas humanas) se verán privados de muchos beneficios de la biodiversidad.

A pesar de las evidencias, algunos biólogos niegan que haya una crisis. Afirman que las tasas de extinción estimadas han sido exageradas y que, como los humanos son parte del mundo natural, las extinciones provocadas por el hombre son un fenómeno natural (Cowie *et al.*, 2022, p. 17). Para estos biólogos, los humanos no somos simplemente otra especie, somos la “única”

⁴¹ Lo plantea en su obra “Telofósiles”, una ficción especulativa sobre un planeta sin humanos (Parikka, 2021, p. 223).

especie que tiene una opción reflexiva con respecto a nuestro futuro y el de la biodiversidad (Cowie *et al.*, 2022, p. 3). Consideran que hay numerosas ideas sólidas para la acción pero que “falta voluntad política” para desarrollarlas (Cowie *et al.*, 2022, p. 17).

El concepto de Antropoceno puesto en debate

El debate sobre el Antropoceno ha cruzado las fronteras de la geología y se extendió a todas las disciplinas, incluidas las ciencias sociales y humanas. Todo este abanico de discusiones ha impulsado a algunos investigadores a considerar que debe cambiarse el nombre de Antropoceno por otros términos que representen críticamente los procesos sociohistóricos relacionados. Podemos clasificar las diferentes propuestas en tres grupos (antropocéntricas, ecocéntricas y post-antropocénicas).

La humanidad está involucrada en los cambios antrópicos pero, nos preguntamos ¿somos todos responsables en la misma medida? Bonneuil y Frescoz (2016, p. 27) responden a esa pregunta con una metáfora. Afirman que nuestro propio modelo de desarrollo es el que está golpeando la Tierra como un *bumerang*, por lo tanto, sólo pequeños grupos de personas en los países industriales son los verdaderos responsables de los problemas ambientales de la modernidad. En otras palabras, una minoría cuenta con una importante cuota de poder en las decisiones y se lleva la mayor parte de los beneficios, concentrando la riqueza obtenida, mientras transfiere los perjuicios principalmente a territorios cuya población asiste a una reducción en su calidad de vida, o a la extinción de la vida misma, generando desigualdad e in-sustentabilidad (Pohl Schnake y Coppiarolo, 2020).

En el primer grupo de propuestas se destaca el término **Capitaloceno**, propuesto por Moore, que atribuye la responsabilidad a la expansión del capitalismo en todo el planeta. En palabras del sociólogo argentino Horacio Machado Aráoz (2017, p. 199), Capitaloceno significa “un tiempo geológico donde la historia es concebida y producida como guerra infinita⁴²; como guerra perpetua”, que involucró dramáticas transformaciones socioecológicas que ya dejan de ser exclusivamente locales, o regionales, y que pasan a tener alcances verdaderamente mundiales y de larga duración (Machado Aráoz, 2017, p. 204).

Svampa (2016) habla de **Oligantropoceno** ya que la responsabilidad estaría concentrada en una pequeña fracción de la humanidad. Considera que la historia del Antropoceno es también la historia del **Angloceno**, porque Gran Bretaña y Estados Unidos representan el 60 % de las emisiones acumuladas de CO₂, en 1900, y casi el 50 %, en 1980, aunque, a esto hay que agregarle el ingreso de otros países sobre todo a partir de la segunda década del siglo

⁴² Para Machado Aráoz (2017, p. 199), el 12 de octubre de 1492 comienza “la Primera Guerra Mundial, en estricto rigor histórico-geográfico, la única guerra propiamente mundial; guerra ésta que tiene fecha de inicio, pero que se extiende hasta nuestros días”.

XX. La bióloga estadounidense Dona Haraway (2016, p. 18) habla de **Plantacionoceno** o Era de las Plantaciones. Se refiere a la transformación agrícola asociada a la esclavitud y otras formas de explotación (café, cacao, bananas, algodón, etc.) que hoy continúa con nuevas actividades específicas (principalmente, producción global de carne industrializada y monocultivos de soja, maíz, pinos y/o eucaliptus).

Para Bonneuil (2015), hasta hace poco tiempo, debía hablarse de **Occidentaloceno** ya que la responsabilidad del cambio climático no recae sobre los países pobres del mundo, sino sobre los países ricos industrializados. Podemos relacionar esta propuesta con algunas conclusiones de Horn y Bergthaller (2020) quienes consideran que, a pesar de sus pretensiones de universalidad, los debates sobre el Antropoceno sigue siendo en gran medida una preocupación occidental (p. 170), sin embargo, las naciones asiáticas son una parte muy importante del problema y, por lo tanto, deben ser parte de la solución, “si es que debe haber una” (p. 173).

Para la socióloga argentina Flavia Costa debería llamarse **Tecnoceno** debido no solo a la aceleración de los desarrollos tecnológicos, en particular los de la información y la comunicación. La manipulación de la población, a partir de los datos informacionales, por parte de actores como empresas y gobiernos, nos alerta sobre la mirada ingenua que solemos tener respecto del rol de las tecnologías (Costa, 2021, pp. 13 y 163).

Las propuestas ecocéntricas incluyen el **Chthuluceno** y el **Eremoceno**. Ambas valoran nuestra necesaria relación asociativa con los “no humanos” para sobrevivir a esta época y nos recuerdan la revolucionaria teoría de **Gaia**⁴³, propuesta por el ambientalista inglés James Lovelock. El Chthuluceno fue propuesto por Haraway⁴⁴ (2016, pp. 19-20). Hace referencia a los “poderes y fuerzas tentaculares de la tierra y de las cosas reunidas en nombres como (...) Gaia, (...) Mujer-Araña, Pachamama (...), entre otras”. Pone el énfasis en la interconexión entre todas las especies. Por su parte, Edward Wilson, biólogo norteamericano que acuñó el término “biodiversidad”, propuso hablar de Eremoceno, la edad de la soledad y del mundo domesticado. Sin embargo, aclara que los seres humanos no pueden estar solos. No están exentos de la interdependencia de las especies. Nos recuerda que la biosfera no nos pertenece, somos nosotros quienes le pertenecemos a ella (Wilson, 2017, citado en Giménez Barbat, 2017).

A las propuestas anteriores, podemos sumar dos propuestas “post-antropocénicas”. El **Plutoceno** fue acuñado por el paleoclimatólogo australiano Andrew Glikson (2017) para describir un período posterior al Antropoceno (habría comenzado hacia 1750), marcado por una capa sedimentaria marina rica en plutonio. Para Lovelock, el Antropoceno está llegando a su fin (se habría iniciado en 1712, con la invención de la máquina de vapor). Según su propuesta, de 2019, ya estamos en el **Novaceno** porque el impulso exponencial de la tecnología ha culminado con el nacimiento de la inteligencia artificial -IA- (Wagner, 2019).

⁴³ *Gaia* -también conocida como *Gea*- diosa griega de la Tierra. Etimológicamente, se utiliza como prefijo del nombre de ciencias que implican el estudio del planeta, como geografía, geomorfología y geología.

⁴⁴ Haraway explica que no hace referencia al monstruo Cthulhu, de Lovecraft (2016, p. 19).

Bauer y Ellis (2018, p. 210) concuerdan en la posibilidad de cambiar el nombre de Antropoceno por otros términos y consideran que el Antropoceno representa un período oscuro del entorno humano asociado con la modernidad y la consecuencia de la creencia eurocéntrica en la división entre la naturaleza y la humanidad que ahora "afecta catastróficamente el destino de todos" (p. 210). A estas ideas, Zalasiewicz *et al.* (2018, citado en Briones *et al.*, 2019), responden que, en todo caso, si los nuevos nombres son útiles a las ciencias sociales, tal vez esto resuelva los "muchos Antropocenos" pero estos términos no sustituyen al Antropoceno "geológico" porque encarnan diferentes conceptos e intereses.

Para Trischler (2017, p. 50) es crucial distinguir entre el Antropoceno en un sentido científico, como un concepto geológico, y el Antropoceno como concepto cultural, en un sentido más amplio. En una crítica publicada en el mismo trabajo de Bauer y Ellis (2018, pp. 215-216), Braje considera que los argumentos de los autores, al igual que de otros investigadores, sobre "diferentes antropocenos", está empujando a una división y a un aislamiento académicos. Se pregunta ¿por qué reemplazar el Antropoceno con otro término o términos y perder todo el impulso construido para educar al público y estimular diálogos interdisciplinarios? Sin embargo, cierra su idea refiriéndose a un "Antropoceno" geológico, con mayúscula, y a "antropoceno/s", con minúscula, para las propuestas de contenido social.

Teniendo en cuenta los distintos argumentos, proponemos el uso del término **Antropo(capitalo)ceno** o **Antropocapitaloceno**⁴⁵ como "concepto paraguas" *-umbrella concept-* (Zilio, 2022). En este juego de palabras, cada especialista puede hacer sus aportes pero sin perder de vista una perspectiva interdisciplinaria y transdisciplinaria. En otras palabras, hablar del Antropocapitaloceno nos remite al origen del término (Antropoceno) y nos permite visibilizar las profundas transformaciones que está registrando el planeta pero, al hacerlo desde una mirada crítica, reconocemos que no todos somos responsables por igual, en estrecha relación con el desarrollo capitalista (Capitaloceno).

A modo de cierre: pensar en nuestro futuro

A lo largo de este capítulo transitamos por distintos debates abiertos acerca del reconocimiento del Antropoceno como un nuevo periodo geológico (respecto a las ciencias "duras") o histórico (para las ciencias sociales).

⁴⁵ En una búsqueda exhaustiva de ideas similares, con posterioridad a la publicación de Zilio (2022), hemos hallado diferentes variantes (AntropoCapitaloceno, Antropocapitaloceno, Capitalantropoceno) pero pareciera que las propuestas no reconocen un origen común. El rastro más antiguo lo encontramos en 2015, en el programa de unas charlas sobre Antropoceno, donde Françoise Vergès dialogó sobre "Antropocapitaloceno y política colonial en nuestros días", (Black-market for useful knowledge and non knowledge, 2015). Sin embargo, en 2019, esta politóloga y activista francesa vuelve al concepto de "Antropoceno-Capitaloceno" (Vergès, 2022, p. 38).

Desde las perspectivas antropocéntricas, hay consenso acerca de que la especie humana está realizando cambios en los sistemas terrestres a un ritmo acelerado. Nos encontramos ante una encrucijada crucial. Tres caminos y tres resultados completamente diferentes: mantener el rumbo, implementar medidas drásticas o intentar mitigar los impactos. Si mantenemos el mismo rumbo, la exacerbación de las lógicas de la racionalidad capitalista incrementaría la crisis socio-ecológica y se podría llegar a un punto de inflexión o “no retorno”. La utilización de opciones drásticas, basadas en la manipulación deliberada de un proceso del sistema terrestre, puede generar efectos secundarios no deseados e imprevistos que podrían tener consecuencias graves⁴⁶. Los intentos de mitigación obligan a pensar estrategias alternativas al extractivismo dominante. En síntesis, nuestro espacio seguro es limitado, está en riesgo y es objeto de conflictos. Somos conscientes de nuestra huella como fuerza no solo geológica sino global.

¿Sabías que la cultura digital tiene su legado geológico?

En primer lugar, debemos entender que la famosa “nube” donde se almacena toda nuestra información digital no es en realidad una nube. Esa infraestructura invisible tiene una huella física. Los datos necesitan de un soporte material. Esa nube cuenta, por ejemplo, con cables de telecomunicaciones, subterráneos y submarinos, y sofisticados e inmensos edificios⁴⁷, como los que están en Silicon Valley (EE.UU), que conectan entre sí una red enorme de servidores remotos de todo el mundo que funcionan como un único ecosistema ¿Cuánta basura almacenamos innecesariamente en dicha nube (mensajes descartados, *spam*, etc.)?

En segundo lugar, los progresos tecnológicos están estrechamente asociados tanto al agotamiento como a la contaminación del planeta. Por ejemplo, un celular está compuesto por numerosos elementos químicos⁴⁸ diferentes y para producir un microchip de memoria de dos gramos, se descarta 1,3 kilogramos de combustibles y materiales. Las industrias de la informática son “tan sucias como los ancestros industriales que al menos indicaban peligro con sus chimeneas”, afirma Parikka (2021, p. 208). Su legado tóxico incluye productos químicos, toxinas y la materialidad de la electrónica. Como dice este historiador y teórico de los medios finés (2021, p. 208), a pesar de que “lo digital” lleva continuamente las connotaciones inmatrimales de la información, está y siempre ha estado conectado a tierra y, por lo tanto, territorializado.

⁴⁶ Por ejemplo, Crutzen propuso inyectar 1.5 millones de toneladas de partículas de dióxido de azufre a la atmósfera con el fin de reflejar la luz del sol, con el objetivo de detener el calentamiento global. Fue muy criticado por esta idea (Trischler, 2017).

⁴⁷ Que además requieren elevado consumo energético para permitir el funcionamiento tanto de los equipos relacionados con la tecnología digital como para los equipos de refrigeración que evitan su sobrecalentamiento.

⁴⁸ Oxígeno, silicio, aluminio, potasio, estaño, indio, cobalto, litio, carbono, grafito, fósforo, antimonio, arsénico, boro, galio, cobre, oro, plata, platino, paladio, neodimio, hierro, boro, magnesio, etc. (Universidad de Valencia, 2016).

Preguntas para reflexionar

- ¿Consideras que es válido utilizar el concepto de Antropoceno para visibilizar las profundas transformaciones que está registrando el planeta? Fundamenta tu respuesta.
- Reflexiona sobre la idea del Antropoceno y el reconocido proverbio indígena americano: "no heredamos la Tierra de nuestros antepasados; la tomamos prestada de nuestros hijos".
- ¿Te reconoces co-responsable por el futuro del planeta y de todos sus habitantes? ¿En qué aspectos de tu vida consideras que vas por "buen camino"? ¿Qué cambios consideras que debes incorporar?

Referencias

- Andrés, R. (16 de mayo de 2022). Bienvenidos al Antropoceno: nunca la humanidad estuvo tan cerca de cambiar de época geológica. *El diario ar*. Recuperado de https://www.eldiarioar.com/sociedad/bienvenidos-antropoceno-humanidad-estuvo-cerca-cambiar-geologica_1_8992597.html
- Arias Maldonado, M. (15 de junio de 2016). El Antropoceno: globalización y biosfera. *Ciclo Bienvenidos al Antropoceno*. Madrid: Ateneo de Santander/Instituto Oceanográfico Español, Recuperado de <https://docplayer.es/49630509-El-antropoceno-globalizacion-y-biosfera.html>
- Bauer, A. y Ellis, E. (2018). The Anthropocene Divide: Obscuring Understanding of Social-Environmental Change. *Current Anthropology*. 59(2), 209–227. The University of Chicago. Recuperado de <https://www.journals.uchicago.edu/doi/epdf/10.1086/697198>
- Blackmarket for useful knowledge and non knowledge (noviembre, 2015). *Encyclopedia Experten*, 19, Paris. Recuperado de https://mobileacademy-berlin.com/wp-content/uploads/Blackmarket_Paris_November-2015_Encyclopedia_Experten.pdf
- Bonneuil, C. (noviembre, 2015). ¿Somos todos responsables? *Le Monde Diplomatique* en español. Recuperado de <https://mondiplo.com/somos-todos-responsables>
- Bonneuil, C. y Fressoz J. B. (2016). *The Shock of the Anthropocene: The Earth, History, and Us*, Verso. Nueva York: Books. Prefacio y Capítulo 1, 3-28. Recuperado de https://www.ias.edu/sites/default/files/sss/pdfs/Crisis-and-Critique-2018-19/bonneuil_anthropocene.pdf
- Briones, C., Lanata, J. y Monjeau, A. (2019). El futuro del Antropoceno. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 24(84). Universidad del Zulia. Maracaibo. Recuperado de <https://www.re-dalyc.org/jatsRepo/279/27961130001/html/index.html>
- Bruschi, V., Bonachea Pico, J., Remondo Tejerina, J., Forte, L., Hurtado, M. y Cendrero Uceda, A. (2011). ¿Hemos entrado ya en una nueva época de la historia de la Tierra? *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat.* 105, 1-12. Recuperado de <https://rac.es/ficheros/doc/01007.pdf>
- Castelvecchi, D. (17 mayo 2021). La primera detonación nuclear creó cuasicristales 'imposibles'. *Nature* 593, 487. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01332-0>.

- Cearreta, A. (2016). El Antropoceno: ¿concepto científico o declaración política? *Campus. Noticias de la Universidad del País Vasco*. Recuperado de https://www.ehu.es/eu/-/n_20160226-cathedra-alejandro-cearreta
- Cearreta, A. (2018). ¿Existe el Antropoceno? *Investigación y Ciencia* 506. Recuperado de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/humanos-751/existe-el-antropoceno-16867>
- Ceballos, G., Ehrlich, P., Barnosky, A., García, A., Pringle, R. y Palmer, T. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, 1(5), 1-5. Recuperado de <https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/sciadv.1400253>
- Cendrero, A., Remondo, J., Bonachea, J., Rivas, V. y Soto, J. (2006). Acción humana y procesos: *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat. (Esp)* 100(1), 187-209. Recuperado de <https://rac.es/ficheros/doc/00466.pdf>
- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. y Fan, J. (febrero, 2022). The ICS International Chronostratigraphic Chart. 36, 199-204. Recuperado de <https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2022-02SpanishAmer.pdf>
- Corcoran, P., Moore, C. y Jazvac, K. (junio, 2014). An anthropogenic marker horizon in the future rock record. *GSA Hoy. The Geological Society of America*. 24(6), 4-8. Recuperado de <https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/24/6/article/i1052-5173-24-6-4.htm>
- Costa, F. (2021). *Tecnoceno. Algoritmos, biohackers y nuevas formas de vida*. CABA: Taurus.
- Cowie, R., Bouchet, P. y Fontaine, B. (10 de enero de 2022). The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? *Biological Reviews*, 1-24. Cambridge Philosophical Society. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/brv.12816>
- Crosby, A. (septiembre-noviembre, 2013). Gran Historia como historia ambiental. En *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, XXXIV(136), 21-39. Zamora. Recuperado de <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=13729711003>
- Crutzen, P. (3 de enero de 2002). Geology of mankind. *Nature* 415, 23. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/415023a.pdf>
- Giménez Barbat, María (1 de diciembre de 2017). Medio planeta. La lucha por las tierras salvajes en la era de la sexta extinción. Edward O. Wilson. *El Español*. Recuperado de https://www.elespanol.com/el-cultural/letras/20171201/medio-planeta-lucha-tierras-salvajes-sexta-extincion/266224997_0.html
- Glikson, A. (27 de septiembre de 2017). We may survive the Anthropocene, but need to avoid a radioactive 'Plutocene'. *The Conversation*. Recuperado de <https://theconversation.com/we-may-survive-the-anthropocene-but-need-to-avoid-a-radioactive-plutocene-84763>
- Haraway, D. (junio, 2016). Antropoceno, Capitaloceno, Plantacionoceno, Chthuluceno: generando relaciones de parentesco. *Revista Latinoamericana de Estudios Críticos Animales*. ILECA. III (1), 15-26.
- Horn, E. y Bergthaller, H. (2020). *The Anthropocene. Key Issues for the Humanities*. London: Taylor & Francis Books.

- Issberner, L. y Léna, P. (abril-junio, 2018). Antropoceno: la problemática vital de un debate científico. *El Correo de la UNESCO*, 2, 7-10. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261900_spa
- Leff, E. (2002). La Geopolítica de la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza. En A. Ceceña y E. Sader (Coord.). *La guerra infinita. Hegemonía y terror mundial (191-214)*. CABA: CLACSO.
- Machado Aráoz, H. (octubre, 2017). “América latina” y la Ecología Política del Sur. Luchas de re-existencia, revolución epistémica y migración civilizatoria. En H. Alimonda, C. Toro Pérez y F. Martín (Coord.) *Ecología política latinoamericana. Pensamiento crítico, diferencia latinoamericana y rearticulación epistémica*, 2, 193-224. FLACSO. Universidad Autónoma Metropolitana. Buenos Aires. Recuperado de https://www.clacso.org.ar/libreria-latinoamericana/pais_autor_libro_detalle.php?id_libro=1304&campo=autor&texto=3030&pais=1
- Maldonado, C. (2009). Evolución, teoría de las extinciones, complejidad. *Acta Biológica Colombiana*, 14, 283-299. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028030007.pdf>
- Moore, J. (2013). El auge de la ecología-mundo capitalista* (I) Las fronteras mercantiles en el auge y decadencia de la apropiación máxima laberinto, 38, 9-26. Recuperado de https://jasonwmoore.com/wp-content/uploads/2017/08/Moore-El_Auge_de_la_ecologia-mundo_capitalista_Part_I_Laberinto_2013.pdf
- Mundo de Hoy (22 de junio de 2015). ¿Vivimos en el Antropoceno? Recuperado de <https://mundo-de-hoy.com/2015/06/22/vivimos-en-el-antropoceno/>
- Parikka, J. (2021). Una geología de los medios. CABA: Caja Negra.
- Pazos, R. S., Maiztegui, T., Colautti, D. C., Paracampo, A. H., y Gómez, N. (2017). Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. *Marine pollution bulletin*, 122(1-2), 85-90.
- Pohl Schnake, V. y Coppiarolo L. (2020) *Geografía Crítica y bienes comunes: construyendo puentes desde la Ecología Política Latinoamericana*. Ficha de cátedra. 2020. Departamento de Geografía. FaHCE. UNLP.
- Prates, Luciano y Perez, Iván (2021). Late Pleistocene South American megafaunal extinctions associated with rise of Fishtail points and human population. *Nature Communications*. 12, 2175. Recuperado de <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22506-4>
- Remesal Rodríguez, J. (2018). El monte Testaccio (30 años de investigación). *Tribuna d'Arqueologia* 2015-2016. Recuperado de https://www.academia.edu/37963033/El_monte_Testaccio_30_a%C3%B1os_de_investigaci%C3%B3n
- Santos, M. (2000). *La naturaleza del espacio: técnica y tiempo, razón y emoción*. Barcelona: Ariel.
- Steffen, W.; Persson, Å.; Deutsch, L.; Zalasiewicz, J.; Williams, M.; Richardson, K.; Crumley, C.; Crutzen, P.; Folke, C.; Gordon, L.; Molina, M.; Veerabhadran, R.; Rockström, J.; Scheffer, M.; Schellnhuber, H. y Svedin, U. (2011). The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship. *AMBIO* 40, 739–761. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3357752/>

- Svampa, M. (13 de agosto de 2016). El Antropoceno, un concepto que sintetiza la crisis civilizatoria. *La Izquierda Diario*. Recuperado de <https://www.laizquierdadiario.com/El-Antropoceno-un-concepto-que-sintetiza-la-crisis-civilizatoria>
- Svampa, Maristella (2019). El Antropoceno como diagnóstico y paradigma. *Lecturas globales desde el Sur. Utopía y Praxis Latinoamericana*, 24(84), 33-54, Universidad del Zulia. Recuperado de <https://redalyc.org/journal/279/27961130004/html/>
- Ter-Stepanian, G. (1 de octubre de 1988). Beginning of the Technogene. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 38, 133-142.
- Trischler, H. (mayo-agosto, 2017). El Antropoceno, ¿un concepto geológico o cultural, o ambos? *Desacatos*, Múnich, 54, 40-57. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/desacatos/n54/2448-5144-desacatos-54-00040.pdf>
- Universidad de Valencia (25 de enero de 2016). Los elementos químicos de los smartphones. Recuperado de <https://www.uv.es/uvweb/master-quimica/es/blog/elementos-quimicos-smartphones-1285949128883/GasetaRecerca.html?id=1285955476845>
- UNESCO (2018). Léxico del Antropoceno. *El Correo de la UNESCO*, 2. Recuperado de <https://es.unesco.org/courier/2018-2/lexico-del-antropoceno>
- Vergès, F. (mayo, 2022). *Un feminismo descolonial*. Madrid: Traficantes de sueños. Recuperado de https://traficantes.net/sites/default/files/pdfs/TDS_map74_feminismo_descolonial_web.pdf
- Vidas, D. (diciembre, 2009). Anthropocene Working Group of the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). *Anthropocene Working Group*, 1. Recuperado de <http://quaternary.stratigraphy.org/wp-content/uploads/2018/08/Anthropocene-Working-Group-Newsletter-No1-2009.pdf>
- Wagner, L. (2019). James Lovelock cumple 100 años: Los robots nos tolerarán porque les seremos útiles. *XL Semanal*. Recuperado de <https://www.xlsemanal.com/conocer/tecnologia/20190730/james-lovelock-teoria-gaia-robots-dominaran-mundo.html>
- Waters, C.; Zalasiewicz, J.; Summerhayes, C.; Barnosky, A.; Poirier, C.; Gałuszka, A.; Cearreta, A.; Edgeworth, M.; Ellis, E.; Ellis, M.; Jeandel, C.; Leinfelder, R.; McNeill, J.; Richter, D.; Steffen, W.; Syvitski, J.; Vidas, D.; Waple, M.; Williams, M.; Zhisheng, A.; Grinevald, J.; Odada, E.; Oreskes, N. y Wolfe, A. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*. 351(6269). Recuperado de <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/512756/1/Waters%20et%20al%20Science%20v2.pdf>
- Waters, C. y Turner, S. (febrero, 2022). Newsletter of the Anthropocene Working Group: Report of activities 2021. *Anthropocene Working Group*, 11. Recuperado de http://quaternary.stratigraphy.org/wp-content/uploads/2022/03/AWG-Newsletter-2021_final.pdf
- Zalasiewicz, J.; Williams, M.; Waters, C.; Barnosky, A. y Haff, P. (2014). The technofossil record of humans. *The Anthropocene Review*, 1, 34–43. Recuperado de https://leices-ter.figshare.com/articles/journal_contribution/The_technofossil_record_of_humans/10127450
- Zalasiewicz, J.; Waters, C.; Williams, M.; Barnosky, A.; Cearreta, A.; Crutzen, P.; Ellis, E.; Ellis, M.; Fairchild, I.; Grinevald, J.; Haff, P.; Hajdas, I.; Leinfelder, R.; McNeill, J.; Odada, E.; Poirier, C.; Summerhayes, C.; Syvitski, J.; Richter, D.; Steffen, W.; Vidas, D.; Waple, M.; Wing, S.; Wolf,

- A.; Zhisheng, A. y Oreskes, N. (2015). When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quaternary International*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/270879730_When_did_the_Anthropocene_begin_A_mid-twentieth_century_boundary_level_is_stratigraphically_optimal
- Zalasiewicz, J.; Waters, C.; Summerhayes, C.; Wolfe, A.; Barnosky, A.; Cearreta, A.; Crutzen, P.; Ellis, E.; Fairchild, I.; Galuszka, A.; Haff, P.; Hajdas, I.; Head, M.; Ivar do Sul, J.; Jeandel, C.; Leinfelder, R.; McNeill, J.; Neal, C.; Odada, E.; Oreskes, N.; Steffen, W.; Syvitski, J.; Vidas, D.; Wagemann, M.; y Williams, M. (2017). The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene*, 19, 55-60.
- Zilio, M. C. (abril, 2022). El Antropo(capitalo)ceno como concepto paraguas. Ficha de cátedra 5, documento de circulación Interna. Cátedra Geografía Física II, Departamento de Geografía. FaHCE-UNLP.

CAPÍTULO 3

Johannesburgo (Sudáfrica): el legado de la explotación aurífera

María Cristina Zilio y Gabriela Mariana D'Amico

Johannesburgo, la ciudad que surgió de las entrañas de la tierra

Hace 140 años, las tierras hoy ocupadas por Johannesburgo (Sudáfrica) eran unos campos de pastoreo. Hoy es el centro financiero y económico más importante del país. En 1886, se descubrió el principal filón de **oro** en las **sierras de Witwatersrand**. En cuestión de semanas, esas tierras se cubrieron de miles de tiendas de campaña. La fiebre del oro generó un crecimiento tan vertiginoso que, ese mismo año, el *Standard Bank*⁴⁹ abrió sucursales en el lugar (Amphlett, 1914, p. 109). En la primera década minera ya vivían 40 000 habitantes (Schmieder, 1955, p. 624) y, actualmente, se acerca a los seis millones de personas. Se suele pensar equivocadamente que Johannesburgo es la capital de Sudáfrica⁵⁰. Joburg, Jozi o JHB, como se la conoce popularmente, es la capital de Gauteng (“lugar de oro”), la más pequeña y más densamente poblada de las nueve provincias de Sudáfrica. Hasta la reforma de 1994, estas tierras formaban parte del Transvaal, una provincia mucho más extensa.

Con una orientación este-oeste, las sierras de Witwatersrand sobresalen con fuerte inclinación sobre una masa de granito, unos 300 metros por encima de la ciudad (Schmieder, 1955, p. 615). Pero, cabe aclarar, las geformas actuales son el resultado de la actividad antropogénica en las minas profundas (figura 1). A lo largo de este filón de oro o *rand*⁵¹ (arrecife o *reef*, para los mineros) se extienden unas 270 escombreras o vertederos y, en los valles vecinos, se han formado lagos con el agua que es bombeada desde las minas⁵² (Olalde, 2015).

⁴⁹ Banco internacional fundado en Sudáfrica. Actualmente se encuentra en numerosos países. En la Argentina, funcionó una sucursal entre 2007, cuando Standard Bank compró el Bank of Boston, y 2013, cuando fue adquirido por el ICBC.

⁵⁰ Sudáfrica posee tres ciudades capitales oficiales: Pretoria, sede del poder ejecutivo; Bloemfontein, sede del poder judicial, y Ciudad del Cabo, sede del poder ejecutivo.

⁵¹ La moneda sudafricana fue nombrada “*rand*”, en 1961, como reconocimiento a este lugar.

⁵² Estos depósitos de agua son el resultado de la construcción de obras de infraestructura de minas conocidas como “diques de cola”.

Casi la mitad del oro del mundo se encontraba en esta área, pero el progresivo agotamiento de los yacimientos más superficiales obligó a las compañías a profundizar en las minas. Al dispararse los costes sólo pueden explotarlos las grandes mineras, cerrando el camino a las compañías más pequeñas. Desempleo, inseguridad, prostitución, tráfico de personas, minería ilegal son algunos de los conflictos actuales, en parte relacionados a la economía, en parte a la sombra del *apartheid*, un sistema de segregación racial legalmente terminado pero culturalmente vigente. En este capítulo, desde la Teoría Social del Riesgo (TSR), nos proponemos identificar las cuatro dimensiones del riesgo asociado a la explotación aurífera.

Figura 1. Johannesburgo



Vistas de la ciudad desde el piso 50° del Carlton Center - edificio de oficinas y hotel abandonados-, excepto la imagen (1). Arriba: zona céntrica. Abajo: las escombreras atraviesan la ciudad de este a oeste. En la imagen (5) también se observa un lago artificial. Fotografías: María Cristina Zilio (2012).

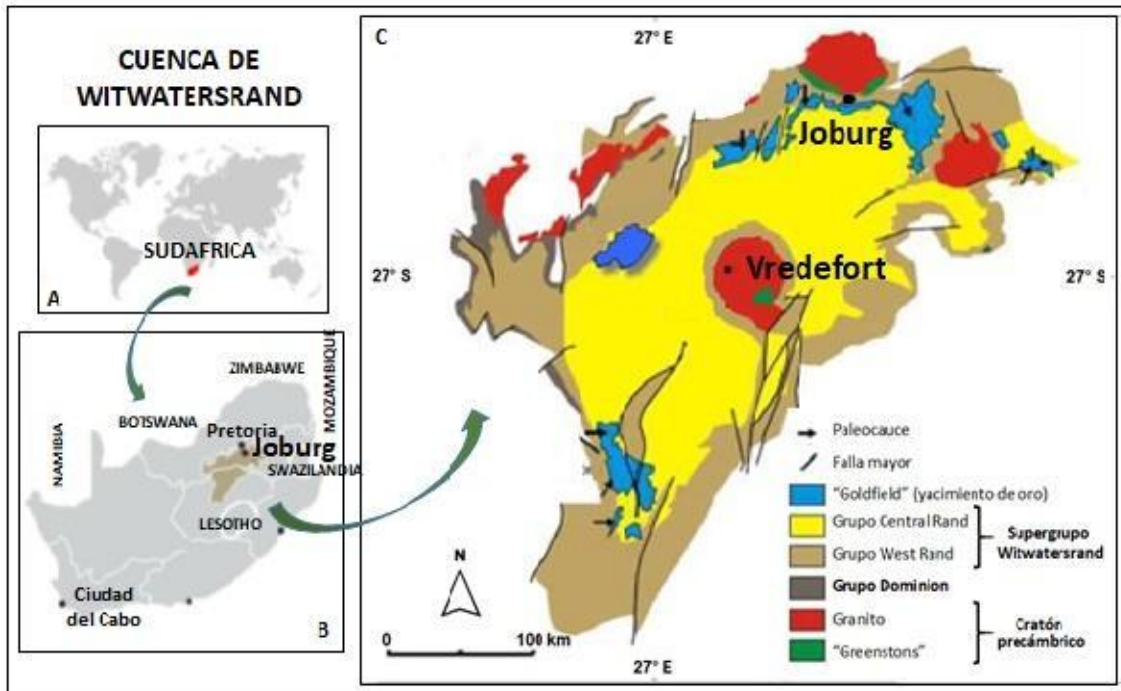
Hurgando en el pasado geológico

El área de estudio comprende el área metropolitana de Johannesburgo. Se desarrolla a unos 1700 m s.n.m., en el *Highveld*, las “tierras altas” sudafricanas. Con una temperatura media anual de unos 17°C, recibe unos 750 mm de precipitaciones en el mismo período temporal. El área céntrica es prácticamente plana, mientras que los suburbios del norte se desarrollan sobre colinas. Inmediatamente al sur del centro, la conurbación es atravesada, de este a oeste, por el Witwatersrand. Esta sierra baja, rica en oro, actúa como línea divisoria de aguas entre un afluente del Orange, que desagua en el Atlántico, y el Limpopo, que alcanza el Índico.

Para comprender la presencia del oro, es imprescindible repasar brevemente la evolución geológica de la cuenca de Witwatersrand. En la figura 2, de manera simplificada, se observan las unidades estructurales, drásticamente alteradas por el impacto del asteroide en Vredefort.

Sobre el cratón de Kaapvaal, un basamento precámbrico⁵³ formado por granito y *greenstone*⁵⁴ (más de 3000 Ma), se encuentran sedimentos antiguos del grupo Dominion y del supergrupo Witwatersrand, cubiertos por las extensas lavas del grupo Ventersdorp (Mantilla Figueroa *et al.*, 1999, p. 131). El supergrupo, compuesto por los grupos West Rand y Central Rand (el 95% del oro se obtiene en este último), está formado por sedimentos detríticos intercalados con conglomerados de pequeños clastos de **cuarzo aurífero**, cementados en una matriz de arena de cuarzo, pirita y otros minerales de sulfuro y óxido (Naicker *et al.*, 2003, p. 29).

Figura 2. El cráter de impacto de Vredefort y el oro de Johannesburgo



Fuente: modificado de Nwaila *et al.* (2013, p. 77) por María Cristina Zilio.

El oro y la explotación aurífera

El oro es un mineral compuesto por un elemento nativo (Au: del latín *aurum*). Es maleable y dúctil, buen conductor eléctrico y térmico, no se corroe ni se empaña. Si bien se destaca por su elevada densidad, 19,3 g/cm³, es muy blando (dureza 2,5-3 en escala de Mohs) y se suelen realizar aleaciones con otros metales para endurecerlo. Las aleaciones con cobre le otorgan un

⁵³ Ver su ubicación temporal en el cuadro de eras geológicas en Capítulo 2. *El Antropoceno: el precio de la tecnología.*

⁵⁴ También conocida como "verdita", por su color verde, es una roca metamórfica (no un mineral), compuesta principalmente por una variedad de muscovita y material arcilloso. Su color verde se debe a la presencia de cromo. A veces se la conoce como "jade africano", pero apenas tiene dureza 3 por lo que es muy utilizada para tallar pequeñas figuras de animales.

color rojizo. Mezclado con plata o platino se lo conoce como “oro blanco”. Los objetos de joyería de oro están obligados por ley a llevar un sello que indique los quilates⁵⁵, es decir, la proporción de oro puro en una aleación (por ejemplo, oro 18 quilates significa 18/24 de pureza o 18 partes de oro con 6 partes de otro metal).

No se sabe con certeza porque el oro está allí. Las dos teorías más reconocidas son el depósito de placeres y el origen hidrotermal postdeposicional (Mantilla Figueroa *et al.*, 1999, p. 131). El primero tiene que ver con el polvo y las pepitas liberados por la erosión de vetas y rocas, para luego ser conducidas y concentradas por el agua, junto con arenas y gravas, en los cauces fluviales. En particular se cree que se podría tratar de “paleoplaceres”, asociados a paleocauces, es decir, antiguos cauces fluviales abandonados. En el segundo caso, la mineralización es producto del ascenso de fluidos calientes, por fallas y fracturas, que enriquecieron la cuenca mucho después de la consolidación de las rocas.

El valor monetario del oro depende en gran parte de su **escasez**. Una mina puede lograr una alta rentabilidad extrayendo 10 gramos de **mineral** cada 1000 kilogramos de **ganga**⁵⁶ (Zhang, 2013). Todo el oro extraído a lo largo de la historia suma unas 171 000 t -cantidad que podría llenar dos piscinas olímpicas- y quedarían unas 51 000 toneladas de reservas probadas sin extraer (Mueller, 2012).

La explotación se inicia en Johannesburgo a pico y pala y en pequeña escala, pero pronto quedó bien claro que la amalgama con **mercurio** solo se podría utilizar hasta los 30 o 40 m de profundidad. Más abajo estaba tan inserto en la matriz de pirita que solo se podía liberar utilizando grandes cantidades de **cianuro** (Naicker *et al.*, 2003, p. 29). A esto se sumaba el necesario uso de **dinamita** para extraer rocas muy profundas. Estos procesos estimularon la fusión de las pequeñas empresas y, seis años después del descubrimiento, sólo quedaban ocho empresas mineras controlando toda la minería del oro en el Witwatersrand.

Y un día, el oro se terminó

Desde su descubrimiento, se produjeron 45 000 t de oro, lo cual representa 40% de todo el oro producido en el mundo. Las operaciones mineras bajo el área urbana de Johannesburgo continuaron hasta la década de 1960, pero al llegar a 2500 m de profundidad se volvieron poco rentables. La mayor producción sudafricana se registró en 1970, con 1000 t. Desde entonces, ha

⁵⁵ El concepto quilate es diferente en gemología (unidad de peso de los diamantes, perlas y otras gemas).

⁵⁶ Una roca que contiene cantidad suficiente de metal para que su extracción merezca la pena recibe el nombre de mena. Está formada por dos partes: el mineral (especie de interés económico) y la ganga (parte sin interés). La riqueza de una mena depende de la ley del mineral.

caído de 210 t, en 2010, a 130, en 2018. Hasta 1983 se explotaban **menas** con una **ley**⁵⁷ promedio de 10 g/t (Pedraza, 2019a; Naicker *et al.*, 2003, p. 29). En 1970, el país producía más del 75% del oro mundial, pero ese porcentaje fue descendiendo: 30% (1993); 15% (2002) y 3,7% (2018). Actualmente, no se encuentra entre los 10 primeros ni es el mayor productor del continente africano, ya que fue desplazado por Ghana (Pedraza, 2019b).

A nivel mundial, la industria minera está atravesando por un momento complejo. El precio de las materias primas ha disminuido notablemente hasta 2019, en algunos casos entre un 30 y un 40%. Este panorama ha golpeado fuertemente a Sudáfrica, a lo que se suma la falta de competitividad del rubro -muchas de las minas son muy antiguas y muy profundas-, el incremento del precio de la energía eléctrica, la conflictividad social y la baja productividad (Tapia, 2017; Pedraza, 2019a).

Peligrosidades

El oro en sí mismo no acarrea ninguna peligrosidad, pero existen innumerables peligros -tanto individuales como ambientales-, asociados a su explotación, ya sea abajo o arriba de la superficie. Coincidentemente con la clasificación de Natenzon (2015, p. XIII), estas amenazas son complejas y, además, la sinergia entre las mismas genera una peligrosidad amplificada. Bajo la ciudad y sus suburbios, a lo largo de unos 40 km, se encuentra “**el vacío**”, una gigantesca cavidad subterránea. Los materiales extraídos son depositados en el exterior, dando origen a los **vertederos** o **escombreras**, geofomas antrópicas de considerable tamaño. Se han identificado peligrosidades en las minas subterráneas, en las escombreras, en minas abandonadas y en las aguas. Estadísticas de la Cámara Minera de Sudáfrica señalan que, en 2013, las empresas mineras produjeron 562 000 veces más residuos que oro, cifra muy superior al doble de la producida diez años antes -212 000 veces- (Tapia, 2017).

En primer lugar debemos referirnos a la **peligrosidad en las minas subterráneas**. En el interior de la mina, los mineros pican, arrancan y barrenan para poder acceder y extraer las rocas. Este material debe ser transportado a la superficie para refinarlo y obtener el concentrado del

⁵⁷La ley de un mineral, expresada en %, es la concentración que una roca presenta del mineral de interés económico. Un porcentaje inferior a valores establecidos -varía de un mineral a otro-, determina que una explotación sea económicamente no rentable con la tecnología conocida y disponible.

mineral. La infraestructura incluye una red de pozos, galerías y cámaras conectados con la superficie. En Johannesburgo, si bien el gradiente geotérmico⁵⁸ es más bajo que el promedio mundial, la profundidad determina que las rocas se puedan encontrar a más de 55°C. Gigantescos sistemas de ventilación bombean hielo mezclado con sal para refrigerar y bajar la temperatura ambiente a valores cercanos a 28°C (Zhang, 2013). También deben disponer de servicios de electricidad y agua potable así como de desagües y bombas para el agua subterránea que se filtra y un sistema de comunicación.

La mayoría de los trabajos son duros y no es sencillo garantizar la seguridad de los trabajadores. Entre las peligrosidades, que se incrementan con la minería ilegal, podemos enumerar: 1) sismicidad inducida, por uso de explosivos; 2) perforación accidental de acuíferos (puede ser mortal para los mineros -tanto por la temperatura como por el volumen de agua- e, incluso, podría marcar el final de la explotación); 3) accidentes (hundimientos, explosiones, accidentes personales); 4) incendios (metano, maderas, combustibles); 5) intoxicación por monóxido de carbono, exposición al polvo, al ruido y a excesivas temperaturas, etc.

Por ejemplo, la mina de Tau Tona, al igual que la de Mponeng, ha alcanzado casi los 4 km de profundidad. Un viaje desde la superficie a la veta más alejada puede llevar unas dos horas de ida. Trabajan unas 5600 personas y cuenta con más de 800 km de galerías. Para conseguir 1600 kg/mes de oro, hay que extraer y procesar 140 000 t de rocas, utilizando 5 t diarias de explosivos. Se registran unas cinco muertes anuales y unos diez movimientos sísmicos cada día (Revista Vector, 2019).

La **peligrosidad en las escombreras** tiene que ver con el material extraído de las profundidades. Ya en superficie, es sometido a distintos procesos de concentración de minerales y, luego, el relave⁵⁹ es transportado a numerosos vertederos o escombreras (figura 3). Muchas de estas geoformas, intactas durante casi un siglo, han estado expuestas a la meteorización (Naicker *et al.*, 2003, p. 30). Cuando llueve, estos desechos acidifican el agua que se filtra a través de las escombreras y luego penetra en el acuífero. Cuando sopla el viento, vuelan el polvo y las sustancias tóxicas cubriendo las construcciones, especialmente los barrios pobres y mayoritariamente negros, que son los más cercanos (Olalde, 2015).

La creciente demanda internacional del oro, debido a su elevada cotización y al hecho de que sea utilizado en épocas de crisis como activo financiero de referencia, ha hecho posible que yacimientos prácticamente extinguidos y con rendimientos muy pobres (de incluso menos de 1 g/t), sean explotadas a través de técnicas de lixiviación⁶⁰ con cianuro. Este proceso ha sustituido a la recuperación del oro mediante amalgama con mercurio, ineficiente en comparación y, actualmente, prohibido en muchos países por los graves efectos que provoca a nivel ambiental y

⁵⁸ El gradiente geotérmico es el aumento de la temperatura con la profundidad. En promedio, el aumento es de 3° C cada 100 metros de profundidad.

⁵⁹ El relave es el sólido finamente molido que se descarta en operaciones mineras. Aunque en muy bajas cantidades, puede contener oro.

⁶⁰ Proceso a través del cual, el disolvente elegido (mercurio o cianuro) separa las partes solubles de las insolubles del mineral.

sanitario. El cianuro permite recuperar más de un 97% del oro, frente al 60% que permitía la extracción con mercurio (IAgua, 2013).

Figura 3. Escombreras o vertederos de Joburg



La imagen satelital -modificada de Google Earth Pro- (1) y la fotografía aérea (3) permiten comparar el tamaño de una escombrera con el Estadio Soccer City -Mundial 2010 (capacidad 94 mil personas)-. La fotografía (2) muestra escombreras visibles desde el camino de circunvalación. Fotografías: María Cristina Zilio (2012).

La **peligrosidad en minas abandonadas** es una problemática más reciente. El cierre de las minas, por agotamiento de oro, implica que las bombas dejen de extraer el agua del “vacío”. Millones de litros de agua subyacen en la ciudad y están ascendiendo 15 metros por mes, pero reacciones químicas con las rocas y con los restos de la explotación producen ácido sulfúrico, metales pesados, toxinas y radiación. Los expertos advierten que pronto será demasiado tarde para construir las bombas y plantas de tratamiento de agua necesarias (Herskovitz, 2011).

Esta agua, un legado tóxico procedente de las minas, eventualmente contaminará algunas de las principales fuentes de agua potable de Johannesburgo, por eso debemos hablar de la **peligrosidad de las aguas**. Técnicamente, el escurrimiento contaminado por una reacción química entre el aire, el agua y las rocas sulfurosas se conoce como drenaje ácido. Se han registrado muertes y enfermedades en animales del área. Los suelos están severamente contaminados por metales pesados debido al ascenso capilar y la evaporación del agua subterránea. A comienzos de siglo, el 20% de agua alrededor de la ciudad ya procedía de aguas subterráneas contaminadas, en parte, por las minas (Naicker *et al.*, 2003, p. 40). En los suburbios del oeste de Johannesburgo, el agua tóxica ya comenzó a filtrarse (Herskovitz, 2011). El drenaje minero de ácido es común en las minas abandonadas de todo del mundo, como vemos en la figura 4, pero no llama la atención porque suele afectar zonas remotas. En este caso, la ciudad fue construida sobre sus minas de oro (Herskovitz, 2011).

Figura 4. Drenaje ácido

Arroyo de aguas ácidas provenientes de la abandonada mina La Carolina (San Luis, Argentina), una problemática común en las áreas mineras. Fotografía: María Cristina Zilio (2011).

Exposición y vulnerabilidades

La exposición tiene que ver con lo que está frente al peligro. Johannesburgo es la ciudad más poblada del país y la capital de la provincia de Gauteng. Con el 1,5% de superficie en relación al total del país, según el censo de 2016, contaba con unos 13 millones de habitantes, casi 5 millones de hogares y 769 habitantes/km² (Stats SA, 2016). Solo el 5% de los hogares pertenece a familias de agricultores. Gauteng produce un tercio del PBI (Rodríguez, 2013), siendo la minería y los servicios la base de la economía. La aglomeración urbana de Joburg tenía 5 486 000 habitantes en 2018 (United Nations, 2018). Si bien ya no hay explotación aurífera dentro de los límites de la ciudad, las compañías mineras mantienen allí sus oficinas centrales.

Como hemos visto al hablar de la Teoría Social del Riesgo⁶¹, la exposición se expresa territorialmente como construcción histórica en la que se combinan los procesos naturales y las relaciones socioeconómicas configurando asentamientos humanos y usos del suelo (Natenzon, 2015; p. XVI). Para el historiador Ross (2006, pp. 1-3), Sudáfrica es el resultado de las interrelaciones entre los distintos aspectos que han forjado su pasado: 1) como **país africano**: las estructuras sociales y las formas de pensamiento de las sociedades africanas pre-coloniales siguen marcando su presente; 2) como **antigua colonia**, su configuración quedó determinada por holandeses y británicos; 3) su desarrollo económico está marcado por **organizaciones capitalis-**

⁶¹ Ver Capítulo 1. *Teoría Social del Riesgo: de la ira divina a la explicación ambiental.*

tas, como la Compañía Holandesa de las Indias Orientales; 4) **predominio cristiano** y 5) **descubrimiento de minerales**, en particular oro y diamantes. Esta combinación ha forjado una nación pero no ha podido homogeneizar su cultura. En la “nación arco iris”, como la soñó Nelson Mandela, coexisten once lenguas oficiales. Sudáfrica también es un producto de las prácticas del **apartheid** (del afrikáans, “separación”). Aunque oficialmente esta política empezó en 1948 -y se aplicó hasta principios de los 90-, sus leyes buscaban institucionalizar los privilegios que la población blanca había heredado de la colonización británica y neerlandesa⁶².

En el caso particular de Joburg, su origen minero determinó que, en sus comienzos, tuviera una mayoría abrumadora de varones. Por ejemplo, en 1898, había 1 mujer cada 98 hombres de 25 a 34 años. Esta situación alimentó peleas, alcoholismo y prostitución, ofreciendo oportunidades de enriquecimiento menos lícitas -gestión de redes de prostitución o el robo a los mineros cuando salían de la ciudad con sus ganancias de meses- (Ross, 2006, pp. 70-71).

La **explotación aurífera** supuso un enorme incremento de la demanda de mano de obra. Unos pocos años antes del descubrimiento del oro en Joburg, se había descubierto una mina de diamantes en Kimberley. Ambas explotaciones competían por los trabajadores, que provenían tanto del subcontinente como de Europa. Ambos grupos se veían atraídos por los altos salarios que se pagaban, por los que estaban dispuestos a afrontar los peligros que corrían (Ross, 2006, p. 69). Los productores de diamantes podían formar cárteles y monopolios para elegir su precio, en cambio, los productores de oro no tienen un control sobre su precio porque era, y sigue siendo de alguna medida, una garantía del sistema monetario del mundo capitalista, por lo que para aumentar sus beneficios debían bajar sus costes. A partir de 1895-97, las empresas mineras comenzaron a rebajar los salarios que pagaban a los mineros negros, respaldadas por el estado de Transvaal (Ross, 2006, pp. 69-70).

Si bien podrían haber contratado mineros blancos, en los primeros años los propietarios de las minas no solían elegirlos porque sus salarios debían ser mayores debido a la presión política que ejercían los blancos (Ross, 2006, p. 82). La falta de mano de obra estimuló la llegada de chinos para trabajar como obreros no calificados. Dentro de las minas hubo que llegar a un acuerdo con los obreros blancos. Como resultado final de esas diferencias, se estableció una división muy marcada del trabajo: los empleados especializados y supervisores serían exclusivamente blancos y los obreros no calificados, africanos o chinos (Ross, 2006, p. 82).

Según un informe de la Cámara de Minas en 2016, hay organizaciones criminales involucradas con la minería ilegal, en la que trabajan más de 14 000 personas (AiSur, 2016).

⁶² En 1833, se abolió la esclavitud en Sudáfrica y, en 1961, se independizó de Reino Unido, pero la relación de dominación nunca desapareció y el poder estuvo siempre en manos de los blancos (Fernández, 2019). Establecía un sistema desigual que otorgaba privilegios a la minoría blanca y discriminaba a la población no europea. En la década de 1980-90 había una gran tensión social en este país, la población negra reclamaba la igualdad. Tras ser liberado, Nelson Mandela colaboró con el gobierno para acabar con este sistema discriminatorio. Después de pasar 27 años preso, Mandela en lugar de promover el odio y rencor hacia los blancos, lanzó un mensaje de paz y reconciliación para unir a toda la población sudafricana.

Teniendo en cuenta lo ya expuesto al referirnos a la exposición y, siguiendo a Wilches-Chaux (1993, pp. 24-39), hemos desglosado la vulnerabilidad global aunque no hemos seguido literalmente sus componentes.

Comenzamos con la **vulnerabilidad social**. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2020, p. 393), con estadísticas de 2019, posiciona a Sudáfrica en el puesto 114 de 189 países. Tiene un Índice de Desarrollo Humano alto (0,709) pero con profundas diferencias internas, tal como indica el IDH por desigualdad (0,468). También es visible una acen- tuada disparidad en la esperanza de vida al nacer, según datos del Banco Mundial (2020), entre las mujeres (68 años) y los varones (61 años). Estos valores bajos se asocian, por ejemplo, con una elevada tasa de mortalidad infantil en menores de 5 años (32,2‰) y un enorme porcentaje de la población de entre 15 y 49 años que vive con VIH (19,1%). Además, la población cercana a los vertederos sufre problemas de salud como sarpullidos, asma o cáncer, pero la falta de estudios epidemiológicos locales ha hecho imposible que esta gente pueda demandar a las com- pañías mineras. Otro riesgo es la silicosis⁶³. Conjuntamente con los metales pesados y otras sustancias contaminantes, la exposición constante a grandes cantidades de baja radiación puede tener también efectos a largo plazo (Olalde, 2015).

Con respecto al acceso al agua por cañerías, en la provincia de Gauteng, el 60% la recibe en el interior de la vivienda; el 30% la recibe en un patio interior; casi un 8% tiene el acceso fuera de la casa y 2,5% carece de acceso al suministro de agua potable (Stats SA, 2016),

Sudáfrica posee una de las mayores reservas de minerales a nivel mundial, y cuenta con la industria más desarrollada y diversificada del continente africano. En 2017, operaban 1758 minas en el país pero la minería representaba el 8% del PIB, un porcentaje cada vez menor a medida que la economía se va diversificando (Tapia, 2017). Pese a este desarrollo, debemos hablar de **vulnerabilidad económica**. Integrante del BRICS⁶⁴ desde 2011, es uno de los países con más desigualdades sociales y económicas del mundo. Más de la mitad de sus casi 60 millones de habitantes vive debajo de la línea de la pobreza y Joburg no es la excepción. El 78% de la po- blación sudafricana es negra y acumula el 28% de los ingresos, mientras que el 9% de la minoría de origen europeo posee el 61% de la riqueza (Banco Mundial, 2020). Posee 38 400 millonarios -con más de un millón de dólares-, de los cuales, el 42,4% se concentra en Joburg (New World Wealth, 2020, pp. 4 y 10). Prácticamente un 17% de los hogares no ha tenido ingresos económi- cos fijos en el censo de 2016 (Stats SA, 2016). Cuando Mandela llegó a la presidencia (1994- 1999), logró una transición pacífica de su país hacia una democracia moderna pero, al alejarse, las tensiones sociales se acumulan a la sombra de las políticas de exclusión (Riva, 2013). Su

⁶³ Enfermedad pulmonar crónica de los mineros, generada por la sílice que compone las rocas. Al molerlas, el polvo afecta la piel y el sistema respiratorio. Controlada por la minería legal, reapareció con la clandestinidad (Ross, 2006).

⁶⁴ La sigla BRICS (Brasil, Rusia, India, China, Sudáfrica) comprende un conjunto de países con economías emergentes.

índice de Gini⁶⁵ es el mayor del mundo, 0,63 (2010-2018), visibilizando la desigualdad económica de la sociedad (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2020, p. 393).

Proponemos hablar de **vulnerabilidad “étnica”**, ya que las diferencias económicas se corresponden con diferencias raciales. La composición de los hogares está conformada por 80,61% de negros africanos; 9,85% de blancos; 7,21% de “*coloured*” y 2,31% de indios/asiáticos (Stats SA, 2016), Testimonio de una época de discriminación supuestamente superada, el censo tiene en cuenta la clasificación de la población realizada en tiempos del *apartheid*. Los *coloured* son el más heterogéneo de los grupos étnicos y está compuesto por personas mestizas con ascendencia afrikáner, negra, bosquimana y de los esclavos malayos traídos por los holandeses en los primeros tiempos (Gascón, 2018).

Si bien la vulnerabilidad física tiene que ver con la exposición y ya nos hemos referido específicamente a ella, es pertinente analizar las diferencias de los sectores desde esta mirada. La **vulnerabilidad física diferencial** está asociada con las relocalizaciones en las distintas áreas de la ciudad asociadas al desempleo por cierre de empresas mineras y por las políticas públicas de desegregación racial pos-*apartheid*. Alrededor del centro de Johannesburgo, la ciudad se fue expandiendo con características distintivas. Siguiendo a Bénit (2002), podemos hablar de desdensificación de la zona antigua, desplazamiento de las clases más acomodadas (que ahora también incluye a algunos “no-blancos”) hacia el norte, sobrepoblación de los *townships* (territorios reservados a “no-blancos”) y asentamientos ilegales sobre los vertederos.

El centro histórico estaba ocupado por los blancos. Cuando terminó el *apartheid*, la mayoría de las empresas movieron su sede a suburbios del norte, las antiguas oficinas fueron ocupadas por miles de personas sin recursos y se transformó en el barrio más peligroso de Johannesburgo, famoso por su elevada criminalidad⁶⁶. En algunos sectores se está registrando un proceso de gentrificación⁶⁷, de la mano de desarrollos urbanos.

Algunos de los suburbios del norte crecieron cuando llegaron las personas con más recursos económicos –predominantemente blancas-, como Sandton, la “milla de oro” de África, donde se trasladó la Bolsa de Comercio (Rodríguez, 2013). Concentra las grandes empresas y los complejos comerciales. Es la zona más segura. En el trayecto desde el centro, a solo 10 km, se observan mansiones protegidas con vallas enormes y electrificadas así como autos de alta gama.

Los suburbios del sur, próximos al *reef* principal, son distritos residenciales de la clase baja. Eran verdaderos guetos construidos en las zonas en que no querían vivir los blancos, -terrenos cercanos a plantas eléctricas, fábricas y minas-. Allí eran obligados a vivir los negros, los indios y los *coloured*. El más reconocido es el *Soweto* (abreviatura de *South Western Township*), cuna de Mandela y del arzobispo Desmond Tutu, dos premios nobel de la paz.

⁶⁵ El Índice de Gini 0 representa la máxima igualdad, mientras que el índice 100 implica la máxima desigualdad.

⁶⁶ La historia de Sudáfrica es intrínsecamente violenta, con una tasa de criminalidad 4,5 veces mayor a la de la media mundial, con 42 asesinatos diarios y la violación de una mujer cada 17 segundos, según datos de 2012 (Riva, 2013).

⁶⁷ Proceso de reconversión de zonas urbanas, generalmente deterioradas, que va acompañado del desplazamiento de su población original por parte de otra de mayor poder adquisitivo.

Por su parte, Tudor Shaft es un asentamiento ilegal situado en parte sobre un antiguo vertedero. Unas 1800 personas viven en chabolas, afectadas por cortes de luz y de agua y tiroteos, mientras los niños nadan en los charcos de agua del lugar (Olalde, 2015).

También podemos hablar de una **vulnerabilidad diferencial de los trabajadores**. En primer lugar, debemos hablar de los trabajadores legales, contratados por empresas mineras legales. Al referirnos a la peligrosidad en las minas subterráneas, hemos enumerado algunos de los muchos peligros latentes a los que están expuestos. Los otros dos grupos involucran actividades ilegales: los “*zamazamas*” (del zulú: “intentan y vuelven a intentar”) trabajadores independientes que buscan oro en las minas abandonadas o sobre la superficie, y los esclavos de la modernidad, capturados por las mafias. Si bien es una actividad tradicionalmente masculina, también hay cientos de mujeres que trabajan de forma ilegal, expuestas a violencia y abusos sexuales (Clark, 2019). Como esclavos, cada año, cerca de 2000 mineros son capturados y vendidos por despiadadas organizaciones criminales en los países vecinos u, otras veces, se les promete un trabajo decente en Joburg. La duración de su cautividad puede variar de dos hasta ocho semanas, y durante ese tiempo los mineros no reciben ningún salario, sólo comida. Casi sin medidas de seguridad, permanecen como mínimo 15 días bajo tierra, donde, incluso, reciben visitas de prostitutas. Al regresar, con bolsas de oro atadas alrededor del cuello, a veces se encuentran con bandas rivales que tratan de secuestrarlos o de robarles (Mwareya, 2014). Las áreas urbanas se han llenado de criminales que fomentan la prostitución infantil, el contrabando de armas y la venta ilegal del mineral.

Considerando las conceptualizaciones de Romero y Maskrey (1993, p. 9), podemos pensar que los yacimientos mineros legales se caracterizan por una **vulnerabilidad progresiva**, consecuencia de la profundización de las instalaciones -por agotamiento de los recursos- como por envejecimiento de las instalaciones, pero las explotaciones ilegales tienen, además, una **vulnerabilidad de origen**, ya que carecen de medidas de seguridad desde el primer momento.

Incertidumbres

En este caso particular, consideramos que las incertidumbres técnicas se imbrican de tal manera con las sociales que se hace difícil diferenciarlas. Debido a la centenaria tradición minera de Johannesburgo, existe conocimiento de los peligros propios de esta actividad. Sin embargo, el riesgo del agua ácida que viene ascendiendo así como el incremento de actividades mineras ilegales, generan incertidumbres técnicas respecto del futuro de la ciudad. Por ejemplo, la instalación de dos estaciones de bombeo y tratamiento, para mantener el agua al menos a 300 metros de profundidad, podría realizarse pero es costosa. El problema es quién se hace cargo de los gastos. Por ley, las empresas que trabajan o trabajaron en estas minas están obligadas a reservar suficiente dinero en fondos fiduciarios para mitigar (limpiar durante) y remediar (limpiar después) una vez que finalicen la explotación activa. Si una empresa cierra la mina, el gobierno puede tomar este dinero y reducir cualquier impacto heredado, sin embargo, el Ministerio de Recursos Minerales maneja un listado de 6000 minas “abandonadas y sin propietario” y solo

rehabilita una decena al año. Como dice Olalde (2015), en algún momento, este sistema falló. Pese a que así lo exigen las leyes mineras sudafricanas, muy pocas empresas han cumplido con sus obligaciones de reparación (Gascón, 2018).

La normativa sobre el cierre de minas está a punto de ser revisada y los expertos creen que esto podría reducir los problemas de contaminación. Los habitantes de Johannesburgo deben tomar conciencia de que las escombreras no van a desaparecer y de que, una vez limpias, pueden ser reconvertidas para otros usos. Existen numerosos proyectos para integrar de manera productiva la ciudad con su pasado minero, como convertir las montañas de residuos en un parque solar. En algunos sectores, se ha plantado vegetación en los vertederos para el polvo, vallando y señalizando correctamente, para evitar que la gente se acerque, y poniendo revestimiento bajo los vertederos de residuos, para evitar las filtraciones (Olalde, 2015).

En la gestión de estos procesos cobra importancia el Consejo para la Geociencia, sucesor del Servicio Geológico de ese país. Debe promover la investigación y proveer de servicios geocientíficos especializados, por ejemplo, información geológica tanto para evaluar las condiciones de un sitio para el asentamiento humano o la protección de los recursos hídricos, como para estimular la inversión a largo plazo. También ha desarrollado un modelo de microzonificación para Joburg, que incluye el estudio de las minas abandonadas e inundadas, con el objetivo de mitigar posibles daños por terremotos. La Ley de Enmienda de Geociencia (2010) faculta al Consejo de Geociencia a ser el custodio de los datos geotécnicos para asesorar y ayudar al gobierno, instituciones estatales, organizaciones privadas y al público en general. Esta ley busca garantizar un desarrollo seguro en terrenos peligrosos mediante la adopción de medidas necesarias y apropiadas antes de cualquier desarrollo de vivienda y/o infraestructura (*Council for Geoscience, 2021*).

En 2000, Sudáfrica ratificó el Convenio 176 de la Organización Internacional del Trabajo sobre seguridad y salud en las minas. En una reunión previa de países subsaharianos, se analizó la necesidad de fortalecer normativas, implementar y hacer cumplir las leyes; se instó a los sindicatos a incluir a la salud y seguridad en los convenios de negociación colectiva y se animó a los trabajadores a ejercer su derecho de negarse a realizar tareas peligrosas cuando se los obliga a trabajar en condiciones inseguras (IndustriALL Global Union, 2019).

A modo de cierre

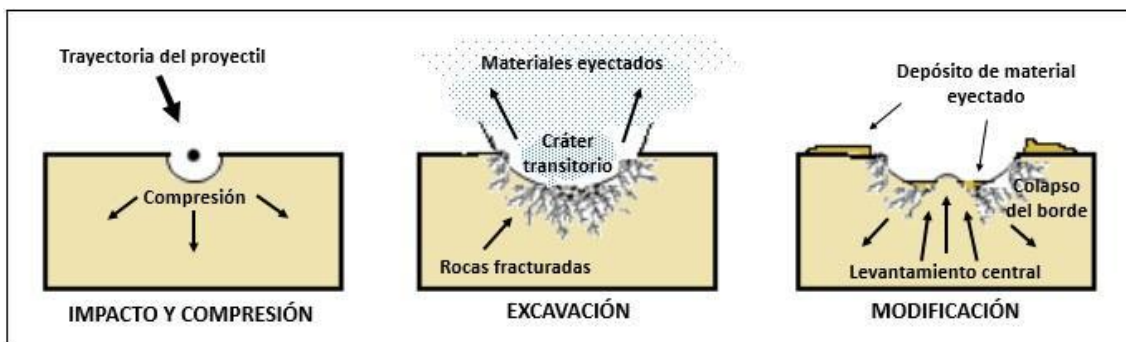
El oro se termina pero los conflictos aumentan. El país se enfrenta a una crisis social y ambiental derivada de una industria del oro en decadencia y de una gestión insuficiente. La falta de trabajo por el cierre de empresas genera dramáticos conflictos sociales. Algunos mineros siguen entrando en las antiguas minas en busca de pepitas o buscan restos de oro en las escombreras, como los *zamazamas*, mientras que otros son capturados por mafias. Los conflictos ambientales se asocian especialmente a los miles de minas abandonadas que provocan contaminación y toxicidad y se han convertido en un problema para el gobierno debido a la desaparición de sus propietarios.

¿Sabías que el impacto de un asteroide desenterró el oro?

La singularidad de la cuenca de Witwatersrand se debe al choque de un asteroide⁶⁸, que hace 2023 Ma formó el “astroblema” o **cráter de impacto** más antiguo, más grande y más erosionado de todos los descubiertos en la Tierra⁶⁹. Turtle y Pierazzo (1998, p. 383) han estimado que el proyectil rocoso tendría un diámetro de ~10 km -mayor a la altura del Everest-, mientras que las dimensiones del cráter original son más inciertas (desde 160 km hasta 400 km), debido a su intensa erosión. Al impactar sobre la superficie, distorsionó la horizontalidad de los estratos dentro de ese círculo. En el centro, es visible una gran estructura circular conocida como cúpula Vredefort. En las inmediaciones del impacto, todos los estratos subterráneos se elevaron y volcaron, de modo que las rocas de Witwatersrand quedan expuestas en un arco a 25 km del centro de impacto. En la figura 2 se pueden ver los seis *goldfields* o **yacimientos auríferos** principales y la localización de Johannesburgo, justo dentro del borde exterior de este cráter de impacto - 120 km al noreste de Vredefort-. De no ser por el impacto, es posible que nunca se hubiera descubierto esta gran **concentración aurífera**.

Se trata de un cráter complejo originado a partir de la enorme cantidad de energía que libera en la colisión (figura 5). Acevedo *et al.* (2010, p. 26) explican que esta altísima presión se propaga radialmente a partir del punto de impacto a una velocidad de varios km/s, comprimiendo la superficie de contacto. Son arrojadas al cielo grandes cantidades de roca superficial (fragmentadas, deformadas, fundidas y hasta vaporizadas), expandiendo el cráter -excavación-. El mismo asteroide puede desaparecer pues toda su masa se transforma en vapor. Las rocas comprimidas se fracturan. Al descomprimirse, se producen cambios en el cráter. El proceso es particularmente mayor en el centro (domo central), donde luego la roca “rebota” hacia arriba. A continuación, el material eyectado cubre parcialmente el cráter. Todo esto sucede en minutos,

Figura 5. Etapas de la formación de un cráter complejo



Fuente: modificado de Acevedo *et al.* (2010, p. 26) por María Cristina Zilio.

⁶⁸ “Escombros cósmicos que sobran de la construcción planetaria”, los asteroides son fragmentos rocosos o metálicos, que giran alrededor del Sol. Pueden medir varios kilómetros de diámetro (Acevedo *et al.*, 2010, p. 24).

⁶⁹ Patrimonio de la Humanidad por su carácter excepcional: ofrece un perfil geológico completo de un astroblema por debajo de su fondo. Mide 190 km de radio (World Heritage Convention, 2005)

Preguntas para reflexionar

- ¿Por qué los yacimientos de oro de Joburg se explotan de forma subterránea y no superficial?
- ¿Tendrá Johannesburgo la capacidad de reconvertirse una vez agotados los recursos? o, ¿se transformará en una “ciudad fantasma”?

Referencias

- Amphlett, G. (1914). History of the Standard Bank of South Africa Ltd. 1862-1913. Glasgow: *University Press*. Recuperado de [http://www.public-library.uk/dailyebook/History%20of%20the%20Standard%20Bank%20of%20South%20Africa%201862-1913%20\(1914\).pdf](http://www.public-library.uk/dailyebook/History%20of%20the%20Standard%20Bank%20of%20South%20Africa%201862-1913%20(1914).pdf)
- Acevedo, R., Ponce, I., Rabassa, J., Corbella, H. y Rocca, M. (enero, 2010). Bajada del diablo Un excepcional campo de cráteres producidos por meteoritos en el centro del Chubut. *Ciencia Hoy*, pp. 23-33. Recuperado de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/68985/CONICET_Digital_Nro.b3dd35ad-9eb5-4fbd-bd0c-510c76973e2b_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- AiSur. Agencia Internacional del Sur (2 de septiembre de 2016). Detienen operaciones de rescate en mina sudafricana por peligrosidad. *Centro de saberes africanos, americanos y caribeños*. Recuperado de <https://www.saberesaficanos.net/noticias/politica/724-detienen-operaciones-de-rescate-en-mina-sudafricana-por-peligrosidad.html>
- Banco Mundial (2020). Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/>
- Bénit, C. (2002). Johannesburgo: ¿desegregación racial, segregación social? La banalización de las moviidades residenciales en la ciudad de *apartheid*. En F. Dureau, Françoise; V. Dupont; E. Lelièvre; J. Lévy, y T. Lulle. *Metrópolis en movimiento. Una comparación internacional* (pp. 180-189). Bogotá: Alfaomega Colombiana S.A.
- Council for Geoscience* (2021). Sitio oficial. Recuperado de <https://www.geoscience.org.za/>
- Clark, C. (14 de abril de 2019). Violencia y abusos sexuales en las minas de oro abandonadas de Sudáfrica. *elDiario.es*. Recuperado de https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/violencia-abusos-sexuales-abandonadas-sudafrica_1_1602663.html
- Fernández, A. (6 de mayo de 2019). 25 años del fin del ‘apartheid’. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20190503/462008228482/nelson-mandela-elecciones-1994-fin-apartheid.html>
- Gascón, M. (5 de septiembre de 2018). Cuando la fiebre del oro funda tu ciudad y después te mata lentamente. *El Confidencial*. Recuperado de https://www.elconfidencial.com/mundo/2018-09-05/sudafrica-minas-oro-uranio-davidsonville_1609888/
- Herskovitz, J. (26 de febrero de 2011). Sudáfrica encara riesgo filtración agua ácida por minas. *Reuters*. Recuperado de <https://www.reuters.com/article/internacional-sudafrica-agua-mine-ria-idLTASIE71P05V20110226>

- Iagua (23 de diciembre de 2013). Agua, cianuro y minería del oro: 30 años de accidentes. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/plataforma-salvemos-cabana/agua-cianuro-y-mineria-del-oro-30-anos-de-accidentes>
- IndustriALL Global Union (9 de septiembre de 2019). Se insta a países africanos a ratificar el C176 de la OIT sobre seguridad en las minas. Recuperado de <https://www.industriall-union.org/es/se-insta-a-paises-africanos-a-ratificar-el-c176-de-la-oit-sobre-seguridad-en-las-minas>
- Mantilla Figueroa, L., Casquet, M. y Mas, J. (1999). Comparación entre el metamorfismo de la Cuenca de Cameros y el de la Cuenca de Witwatersrand (Sudáfrica). Implicaciones metalogénicas. *Geogaceta*, 25, pp. 131-134. Recuperado de <https://sge.usal.es/archivos/geogacetas/Geo25/Art33.pdf>
- Mueller, M. (17 de septiembre de 2012). Las diez minas de oro más grandes del mundo. *Oro y Finanzas*. Recuperado de <https://www.oroymas.com/2012/09/diez-minas-oro-grandes-mundo/>
- Mwareya, R. (2 de diciembre de 2014). Los esclavos del oro de Sudáfrica. *Equal Times*. Recuperado de <https://www.equaltimes.org/los-esclavos-del-oro-de-sudafrica?lang=es#.YsXeHbMLIW>
- Naicker K., Cukrowska E. y McCarthy T. S. (marzo, 2003). Acid mine drainage arising from gold mining activity in Johannesburg, South Africa and environs. *Environmental Pollution*, 122, 29-40.
- Natenzon, C. (2015). Presentación. En C. Natenzon y D. Ríos. *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades* (IX-XXV). San Martín: Imago Mundi.
- New World Wealth (15 de abril de 2020). SA Wealth Report 2020. The wealthiest cities and towns in South Africa. Recuperado de https://issuu.com/newworldwealth/docs/south_africa_2020
- Nwaila, G., Becker, M., Ghorbani, Y., Petersen, J., Reid, D., Bam, L., de Beer, F. y Franzidis, J. (2 de octubre de 2013). A Geometallurgical Study of the Witwatersrand Gold Ore at Carletonville, South Africa. En The Second Ausimm International Geometallurgy Conference. Brisbane, pp. 75-83. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/278016238_A_Geometallurgical_Study_of_the_Witwatersrand_Gold_Ore_at_Carletonville_South_Africa
- Olalde, M. (12 de noviembre de 2015). The Haunting Legacy of South Africa's Gold Mines. *Yale School of the Environment*. Recuperado de https://e360.yale.edu/features/the_haunting_legacy_of_south_africas_gold_mines
- Pedraza, J. (10 de mayo de 2019 –a-). La tercera mayor minera de oro mundial abandonará sus explotaciones en Sudáfrica. *Oro Información*. Recuperado de <https://oroinformacion.com/la-tercera-mayor-minera-de-oro-mundial-abandonara-sus-explotaciones-en-sudafrica/>
- Pedraza, J. (5 de julio de 2019 –b-). ¿Por qué la industria minera de Sudáfrica produce cada vez menos oro y platino? *Oro Información*. Recuperado de <https://oroinformacion.com/por-que-la-industria-minera-de-sudafrica-produce-cada-vez-menos-oro-y-platino/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. PNUD (2020). *Informe sobre Desarrollo Humano 2020. La próxima frontera. El desarrollo humano y el Antropoceno*. Recuperado de <https://report.hdr.undp.org/es/intro.html>
- Revista Vector (agosto, 2019) ¿Cuánto mide la mina más profunda del mundo? Recuperado de <http://www.revistavector.com.mx/2019/08/09/tau-tona-la-mina-mas-profunda-del-mundo/>

- Riva, A. (7 de diciembre de 2013). Sudáfrica hoy: mejor que ayer, pero lejos de la "nación arco iris" que soñó Mandela. *La Nación*. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/el-mundo/sudafrica-hoy-mejor-que-ayer-pero-lejos-de-la-nacion-arco-iris-que-sono-mandela-nid1645456/>
- Rodríguez, M. (18 de septiembre de 2013), La "milla de oro" de África. *El País*. Recuperado de https://elpais.com/elpais/2013/09/18/africa_no_es_un_pais/1379483400_137948.html
- Romero, G. y Maskrey, A. (1993). Como entender los desastres naturales. En A. Maskrey (Comp.). *Los desastres no son naturales* (pp. 6-10). Bogotá: La Red - Tercer Mundo Editores. Recuperado de <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>
- Ross, R. (2006). *Historia de Sudáfrica*. Madrid: Ediciones Akal.
- Schmieder, O. (1955). Geografía del Viejo Mundo, México, Fondo de Cultura Económica,
- Stats SA (2016). Statistics South Africa. Recuperado de http://cs2016.statssa.gov.za/?page_id=270
- Tapia, D. (25 de abril de 2017). Minería en Sudáfrica: cara a cara con sus fantasmas. *Revista Nueva Minería y Energía*. Chile. Recuperado de <http://www.nuevamineria.com/revista/mineria-en-sudafrica-cara-a-cara-con-sus-fantasmas/>
- Turtle, E. y Pierazzo, E. (mayo, 1998). Constrains on the size of Vredefort impact crater from numerical modelling. *Meteoritics & Planetary Science. Meteoritical Society*. USA, 33(3), pp. 383-538. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1945-5100.1998.tb01652.x>
- United Nations. *The World's Cities in 2018*. Recuperado de https://www.un.org/en/events/cities-day/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf
- Willches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. En A. Maskrey (Comp.), *Los desastres no son naturales* (11-44). Bogotá: La Red - Tercer Mundo Editores. Recuperado de <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>
- World Heritage Convention* (2005). Bóveda de Vredefort. UNESCO. Recuperado de <https://whc.unesco.org/es/list/1162>
- Zhang, Sarah (19 de diciembre, 2013). [Así de aterradora es la mina de oro más profunda del mundo](https://es.gizmodo.com/asi-de-ateradora-es-la-mina-de-oro-mas-profunda-del-mu-1486327645). Recuperado de <https://es.gizmodo.com/asi-de-ateradora-es-la-mina-de-oro-mas-profunda-del-mu-1486327645>

CAPÍTULO 4

Explotación del litio en la Puna Austral: implicancias ambientales

María del Carmen Aranda Álvarez

Introducción

El **litio**, el más liviano de los metales y uno de los más reactivos, se ha transformado en un elemento clave para los avances tecnológicos. Además de su uso en farmacología, de largo desarrollo, es el componente esencial de las baterías incorporadas en la mayoría de los dispositivos electrónicos de consumo masivo. Sus aplicaciones también se han extendido a la formulación de grasas lubricantes, cementos y cerámicos, y a la preparación de aleaciones livianas para la industria aeronáutica, aeroespacial y automotriz (Baran, 2017, p. 5; Calvo, 2017, p. 70). En las últimas décadas, debido a las preocupaciones asociadas con los combustibles fósiles –reservas que tienden a agotarse y emanaciones de dióxido de carbono que contaminan la atmósfera–, se ha impulsado la generación de baterías de ion-litio, de alta densidad energética, que posibilitan la conversión de automóviles a combustión por otros de tipo eléctrico o híbridos (Alonso, 2017, p. 50). La importancia estratégica del litio y el cambio en su fuente de provisión, de rocas a salmueras, disminuyendo los costos de explotación (López de Azarevich *et al.*, 2020, p. 222), ha provocado un importante aumento de su producción en respuesta a una creciente demanda por parte de la industria de baterías.

Las mayores reservas mundiales del litio en salmueras –fluido subterráneo de altísima salinidad de los salares–, se encuentran en los Andes Centrales, precisamente, en el llamado “**Triángulo del Litio**”, una región que comprende a los salares de altura de la Puna argentina y chilena y del Altiplano boliviano, debiendo incluirse también el peruano (Alonso, 2017, pp. 49-50; Calvo, 2017, p. 70). El consecuente establecimiento de empresas mineras en esta región, ha resultado en transformaciones sociales, económicas y ambientales. En Argentina, la minería del litio se posiciona como uno de los principales asuntos de la agenda política y económica nacional, no sólo por las regalías que obtienen las provincias andinas, sino también por las expectativas que genera el establecimiento de sus proyectos para la promoción del desarrollo local y regional. Por otro lado, el uso de agua en el proceso de obtención de litio, es una de las temáticas más controvertidas, ya que la disponibilidad del recurso hídrico se encuentra condicionada por las características áridas que presenta el ambiente de la Puna (Aranda Álvarez, 2018, p. 36).

En este contexto, en que la “economía” y el “ambiente” mantienen una relación dialéctica compleja, la rápida incursión de la minería del litio en los salares puneños, ha promovido la realización de trabajos científicos desde diversas disciplinas. Se indaga sobre el elemento, su génesis, aplicaciones y técnicas de extracción. Asimismo, se realizan estudios sobre la gestión ambiental y el desarrollo sustentable de la explotación. En esta última línea de investigación, se inscribe el presente capítulo, con el propósito de contribuir al conocimiento acerca de las implicancias ambientales de la explotación del litio en salmueras, considerando los aspectos físico-naturales y socio-territoriales de la Puna Austral. En esta región se emplaza la mayoría de los proyectos y se encuentra el más antiguo de ellos, el “Fénix” (figura 1), en producción desde el año 1997.

Figura 1. Proyecto Fénix. Puna Austral



1) Ubicación de la Puna Austral y el Salar del Hombre Muerto; 2) Proyecto Fénix, Salar del Hombre Muerto Fuente: 1) elaborado por María del Carmen Aranda Álvarez sobre imágenes Google Satellite y WMS/IGN; 2) Imagen Google Satellite.

El procedimiento metodológico que permite alcanzar esta propuesta, se basa en el estudio del medio ambiente transformado o en transformación por su relación con la actividad minera. Según la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, el medio ambiente se define como: “el conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos y de factores sociales, capaces de causar efectos directos o indirectos, a corto o largo plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas” (Foy, 1998). De este concepto se infiere claramente que el

ambiente es objeto de estudio, tanto de las ciencias sociales como de las naturales (Gianuzzo, 2010, p.132). En base a este enfoque holístico, se analizarán las implicancias ambientales de la minería del litio, a partir de la indagación bibliográfica de diferentes disciplinas del conocimiento.

La riqueza de los salares

A diferencia del oro, la plata o el cobre, el litio no pertenece a los metales nativos, es decir que no se encuentra en una forma metálica en la naturaleza. Se presenta como iones libres en salmueras de **salares**, en ciertas rocas y arcillas, y en aguas continentales y marinas. Si bien los mares y océanos alojan millones de toneladas de litio, su extracción, con la tecnología actual, resultaría antieconómica. Por su parte, las rocas pegmatíticas litíferas⁷⁰ han sido explotadas con éxito en Australia, Estados Unidos y China, al igual que en Argentina. No obstante, gran parte de la producción mundial de litio proviene de las **salmueras** debido a la gran diferencia de costos para su explotación.

Las reservas de litio en salmueras a escala global, comprobadas para el año 2019, son de 40 millones de toneladas, de las cuales, aproximadamente el 80 %, se encuentra en el Triángulo del Litio. Argentina es el segundo productor mundial de litio, después de Chile, proveniente de salmueras y el tercero, luego de Australia y nuestro país vecino, si se incluye la explotación desde las pegmatitas (Alonso, 2020, pp. 152-153, 158).

La Puna: geología y geomorfología

El conocimiento, que actualmente se tiene sobre el litio en los salares de la Puna argentina, comenzó hace un siglo, cuando el químico y geólogo Luciano Catalano descubrió su potencial en la década de 1920. Las investigaciones intensivas, en los salares de la Puna, comienzan en la década de 1970, etapa en la que el litio tenía fines de uso militar y aeroespacial. En 1980, el geólogo Igarzábal y el ingeniero Poppi, publicaron estudios sobre la tipología de las salmueras, y el origen y evolución de las cuencas andinas (Alonso, 2020, pp. 155, 158-159). En 1990, Igarzábal y Alonso propusieron clasificar a los salares como “cristalinos” y “terrosos”, predominando las facies evaporíticas, en los primeros, y facies clásticas o terrosas, en los segundos (Igarzábal y Alonso, 1990 citado en Alonso, 2020, p. 158). Los aportes de Ricardo N. Alonso, doctor en

⁷⁰ Las pegmatitas son rocas filonianas o subvolcánicas que tienen un tamaño de grano muy grueso, superior a 20 mm, incluso en ocasiones con cristales muy grandes. Se trata de rocas ígneas intrusivas originadas a partir de magma que se ha solidificado en grietas o fisuras. Predominantemente son de composición granítica (cuarzo, feldespato y mica) pero esta característica no es excluyente. Su importancia radica en los minerales que pueden contener. Las pegmatitas con espodumeno (silicato de aluminio y litio) son una de las fuentes de este metal (Etcheverry *et al.*, 2020, p. 33).

ciencias geológicas, actualmente continúan y forman parte de la bibliografía de los más importantes artículos científicos sobre los Andes, la Puna, las salmueras y el litio.

Los Andes Centrales, se extienden aproximadamente desde los 15° a los 40° de latitud sur, y comprenden diferentes elementos geológicos y unidades geomorfológicas (May *et al.*, 2011, p. 248). Aún en formación, son producto de la subducción⁷¹ de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana. Antes de su existencia, en su lugar, se extendía un mar cálido y diversos cuerpos de aguas dulces y/o salobres. Luego de millones de años, durante el Oligoceno-Mioceno⁷², al producirse la fusión de la placa de Nazca, un canal de magma atravesó la corteza para formar la actual cordillera volcánica, la Zona Volcánica Central (Alonso, 2017, p. 54). Al norte de los 28° de latitud sur, las Cordilleras Oriental y Occidental –ambas con cumbres de más de 6000 metros de altura– encierran una amplia meseta que ronda los 4000 m s. n. m., conocida como Altiplano, en Perú y Bolivia, y Puna, en Argentina y Chile (May *et al.*, 2011, p. 248; García *et al.*, 2013, p. 303).

Turner (1970) fue quien diferenció la Puna argentina del Altiplano boliviano. La **Puna** presenta características geológicas distintas a la porción norte (Altiplano), una mayor elevación (Turner, 1970 citado en Ramos, 2017, p. 44) y una topografía más joven, identificada por cuencas y cordilleras (Munk *et al.*, 2016, p. 359). Las depresiones menores están ocupadas por lagunas, salitrales o barreales, mientras que en las cuencas más amplias, se encuentran los grandes salares representando el nivel de base (Hongn y Seggiaro, 2001, p. 27). En el año 1984, Alonso, Gutiérrez y Viramonte propusieron dividir a la Puna en dos sectores, separados por el lineamiento de Calama-Olacapato-Toro: la Puna Septentrional o Jujeña, donde las rocas más antiguas afloran son ordovícicas (era Paleozoica)⁷³, y la **Puna Austral** o salto-catamarqueña (figura 1), donde afloran las rocas proterozoicas, pertenecientes al eón Precámbrico (Alonso *et al.*, 1984 citado en Ramos, 2017, p. 45). La Puna Austral, es más árida, por lo que también es llamada Puna desértica, y presenta una superficie mayor de salares que la Puna Septentrional.

Una provincia evaporítica

La Puna se define como una provincia evaporítica, donde los **salares** se desarrollan hasta niveles profundos (Alonso, 2006, p. 155). Igarzábal (1984) destaca que la presencia conspicua de salares resulta de la congruencia de cuatro factores: “la existencia de depresiones tectónicas; un clima marcadamente árido, un drenaje predominantemente endorreico y la elevada provisión de sales a partir de la meteorización química” (Igarzábal, 1984 citado en Seggiaro *et al.*, 2007, p. 46).

⁷¹ Ver esquema en el Capítulo 5. *Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?*

⁷² Ver su ubicación temporal en el cuadro de eras geológicas en Capítulo 2. *El Antropoceno: el precio de la tecnología.*

⁷³ Ver su ubicación temporal en el cuadro de eras geológicas en Capítulo 2. *El Antropoceno: el precio de la tecnología.*

El **origen de las depresiones** tectónicas se remonta al periodo del último máximo glacial, en la época pleistocena del periodo Cuaternario (Godfrey *et al.*, 2013, p. 93). En esta época, en las cuencas endorreicas se desarrollaron lagos de agua dulce. Luego, en el Holoceno, estos lagos se desecaron y se salinizaron, formando los salares (Igarzábal, 1984, 1991, citado en Seggiaro, 2015, p. 46).

La **aridez climática** se explica a partir de la ubicación geográfica de la Puna. En el oriente, la altura de la barrera orográfica produce el frenado de los vientos húmedos del anticiclón del Atlántico y de las lluvias que provienen desde la cuenca del Amazonas (Alonso, 2006, p. 160; Alonso, 2017, p. 55). Al oeste, los Andes Centrales constituyen un obstáculo para la circulación atmosférica sobre casi la totalidad de América del Sur, de lo que resulta la llamada “Diagonal Árida” (May *et al.*, 2011, p. 248). Además, a estas latitudes, el Océano Pacífico está controlado por la corriente fría de Humboldt, lo que disminuye la evaporación y la formación de nubes en el océano y, por lo tanto, la llegada de precipitaciones al continente (Alonso, 2017, p. 55).

El **drenaje endorreico** resulta de las características del sistema hidrogeológico. Los ingresos de agua a la cuenca del salar están representados por las escasas precipitaciones pluviales y/o nivales (de la Hoz *et al.*, 2013, p.61), mientras que los egresos naturales son casi exclusivamente por evaporación. Debido a estas condiciones de aridez, la mayoría de los ríos de la Puna son de régimen intermitente, de lo que resulta un exiguo escurrimiento superficial. Al contrario, los suelos porosos facilitan la infiltración del agua. Una parte del flujo subterráneo puede brotar como manantiales y formar vegas y si, en su recorrido se aproximan a cámaras magmáticas activas⁷⁴ o regiones de alto grado geotérmico, se convierten en aguas termales (Alonso, 2017, p. 55). Otra parte de las aguas subterráneas descarga directamente en el salar, y debido a la escasa profundidad del nivel freático, conforma una zona de contacto de agua dulce con la salmuera (García *et al.*, 2020 p. 52).

Los **procesos de meteorización** varían en el salar, constituyendo tres sub-ambientes: un ambiente externo, formado por aluviones clásticos pedemontanos y dominado por la meteorización física; un ambiente de transición, donde se combinan procesos de meteorización física y química, con sedimentos clásticos y evaporíticos; y un ambiente central, donde predominan las evaporitas como resultado de la meteorización química. Las **evaporitas** son sedimentos precipitados a partir de salmueras, es decir que se originan en el mismo salar, a diferencia de los sedimentos clásticos que provienen de la destrucción de una roca madre. En el ambiente evaporítico abundan las salmueras metálicas, portadoras de elementos químicos de gran importancia económica, como el **litio**, el potasio, el boro y el magnesio. Estos elementos fueron fundamentalmente acarreados al salar por los flujos de aguas provenientes de las termas y manantiales (Alonso, 1999, pp. 1907-1908; Alonso, 2006, p. 164).

Los factores geofísicos le otorgan a la Puna su calidad de provincia evaporítica, rica en minerales como el litio. Por otro lado, estos mismos factores, representan condiciones climáticas y

⁷⁴ Ver Capítulo 6. *Paradoja volcánica: creación y destrucción.*

edáficas desfavorables para la vida animal y vegetal y, por consiguiente, para el establecimiento de poblaciones humanas. Cabrera fue uno de los pioneros en describir la fitogeografía de esta región. Las asociaciones vegetales predominantes son las estepas arbustiva y gramínea, abiertas y discontinuas. Pero, en las zonas más favorecidas por la presencia de agua, como en las vegas y en los márgenes de las lagunas y salares, crecen pastizales de gramíneas, graminoides y juncáceas (Cabrera, 1951, p. 52; Paoli *et al.*, 2002, 88). Por su parte, la fauna es rica en roedores y reptiles. Entre las especies de mayor porte, se encuentran los camélidos –guanaco (*Lama guanicoe*), vicuña (*Vicugna vicugna*) y llama (*Lama glama*) –, el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) y el puma (*Puma concolor*); y entre las aves, se destaca el cóndor andino (*Vultur gryphus*), como especie emblemática (Paoli *et al.*, 2002, 91).

Desarrollo económico y conflicto ambiental

La Puna Austral resulta inapropiada para el desarrollo de grandes concentraciones poblacionales. Sin embargo, desde tiempos prehispánicos, ha sido habitada por diversas comunidades dispersas en extensos territorios. Actualmente, en Argentina, estas comunidades se emplazan en el sector occidental de las provincias de Salta y Catamarca. En Salta, ocupan la parte oeste del **departamento de Los Andes** (San Antonio de los Cobres, capital del departamento, se ubica en el sector NE, fuera de la Puna Austral), donde se encuentran las siguientes poblaciones rurales: Tolar Grande, con 230 habitantes; Santa Rosa de los Pastos Grandes, con 168 habitantes y Olacapato, con 218 habitantes (*City Population*, Salta, 2010). En Catamarca, la Puna Austral se extiende casi en la totalidad del área del **departamento de Antofagasta de la Sierra**, con 1436 habitantes. Su capital, homónima, para el año 2010 contaba con 730 habitantes, distribuyéndose el resto en las localidades rurales de Antofalla, Los Nacimientos, El Peñón y otros caseríos (*City Population*, Catamarca, 2010).

Entre las **actividades productivas** de las comunidades puneñas, la ganadería extensiva es la más importante. Se crían ovinos, caprinos y camélidos, principalmente llamas. La disponibilidad de forraje y la distribución de las aguadas, en la mayoría de los casos, obliga a practicar la trashumancia. Los campos altos, piedemontes y serranías son pastoreados en la estación lluviosa, mientras que las ciénagas se utilizan en épocas críticas. La agricultura de subsistencia se reduce a pequeños sembradíos de papa, maíz, haba y algunas especies forrajeras. Otras actividades, que generan ingresos a los lugareños, son la producción de bloques de sal, la venta de artesanía al turismo y el trabajo temporal que requiere la instalación de empresas mineras. Así también, es habitual que alguno de los miembros de las familias obtenga algún ingreso extrapredial⁷⁵ relacionado con planes y programas sociales estatales. En este precario contexto laboral,

⁷⁵ Ingresos obtenidos por fuera de la propia explotación.

es muy común que los jóvenes migren hacia las grandes ciudades en busca de alternativas laborales (Paoli *et al.*, 2002, pp. 64, 266-267).

Los **servicios públicos básicos** presentan deficiencias para las poblaciones de la Puna, dificultando aún más las condiciones de vida. La energía eléctrica en la mayoría de las localidades se genera mediante la utilización de motores de combustión interna y otro tipo de generadores. El agua para consumo humano proviene de cuerpos hídricos subterráneos, de donde suele extraerse de pozos con baldes, y no se dispone en la cantidad y/o calidad requerida. Solo las localidades más numerosas poseen hogares con servicio de agua potable y saneamiento básico, presentándose problemas de carencia en los parajes y pequeñas poblaciones. La inversión pública suele ser insuficiente para mejorar las condiciones habitacionales (Paoli *et al.*, 2002, pp. 171, 266, 269). La inversión privada, representada por la minería, suele generar grandes expectativas por un desarrollo regional. Sin embargo, es común que la instalación de proyectos mineros sólo traslade beneficios económicos a la localidad más cercana al emprendimiento (Aranda Álvarez, 2018, p. 63). De todas formas, en los últimos años, estas expectativas se han visto renovadas con la llegada de numerosas compañías mineras de litio a la Puna Austral.

El Estado nacional, a través de su **legislación**, ha sido un actor altamente influyente en el devenir de las inversiones mineras. A partir de la década de 1990, Argentina inicia un proceso de transformación e inserción internacional para el sector minero, opta por desregular la actividad y adapta la legislación para favorecer a la inversión privada. La Reforma Constitucional de 1994, la reforma del Código de Minería de 1995 y las legislaciones provinciales al respecto, son algunos de sus instrumentos. Durante 2004 se pone en marcha, desde la Presidencia de la Nación, el Plan Minero Nacional “La Argentina Minera” (Aranda Álvarez, 2018, pp. 57-58), considerando a la minería una actividad productiva sustentable de gran ayuda para el crecimiento productivo, el incremento del empleo, el aumento de las exportaciones y la generación de divisas (Secretaría de Minería, 2004). Luego de las reformas legislativas, a nivel nacional y provincial, se sucedieron varios periodos de fuertes inversiones con el objetivo de detectar concentraciones favorables de litio. Fue a partir del año 2010, que se inicia el llamado “**boom del litio**”, cuando decenas de empresas comienzan sus estudios exploratorios en unos veinte salares. En esta etapa se descubren salmueras ricas en litio hasta los 500 metros de profundidad (Alonso, 2020, p. 160). En el año 2015, luego de un periodo de altibajos que acompañaron a las crisis económicas, comienzan a llegar nuevos capitales, que actualmente se traducen en proyectos en diversas etapas de avance (Alonso, 2017, p. 63).

En total, tres proyectos han avanzado a la etapa operativa y han logrado exportar su producción. El más antiguo es el proyecto “Fénix” de Minera del Altiplano FMC Lithium (actualmente Livent) que, desde el año 1997 produce carbonato de litio, en el Salar del Hombre Muerto (Cataramarca), y cloruro de litio, en su planta ubicada en la ciudad de Güemes (Salta). Recientemente, el proyecto “Sal de los Ángeles”, ubicado en el salar Diablillos (Salta), también ha realizado su primera exportación de cloruro de litio (*Mining Press*, 2020). En Jujuy, región de la Puna septentrional, se localiza otro de los proyectos en etapa operativa, “Salar de Olaroz” que produce carbonato de litio, desde 2015.

En la Puna Austral se concentran la mayoría de los nuevos proyectos mineros en etapas menos avanzadas (Scheingart y Rajzman, 2021, pp. 27, 34-38, 42). En esta región se espera un crecimiento económico a partir de la minería, por lo que las empresas suelen ser bienvenidas por la comunidad. Sin embargo, es común que surjan conflictos, principalmente por la ocupación de tierras, debido a las concesiones otorgadas a las empresas, y por el uso del agua que conlleva la actividad. La propiedad territorial es una de las cuestiones más problemáticas ya que los pobladores descendientes de pueblos originarios fundamentan, por derecho natural, la propiedad de las tierras que ocupan y ocuparon sus antepasados. Sólo unos pocos obtienen su título de posesión veinteañal, siendo lo más usual tramitar un título comunitario de tierras. El otro problema es el uso del agua en la minería como consecuencia de la escasez de agua superficial y subterránea. Los conflictos surgen cuando la comunidad ve amenazada la provisión de agua que necesita para su subsistencia (Paoli *et al.*, 2002, pp. 112, 171, 258).

Explotación del litio: el método evaporítico

El método evaporítico, propio de los salares, consiste en la extracción del litio por evaporación solar de la salmuera. Las decisiones para el inicio de un proyecto de explotación en los salares, difieren de las correspondientes a la minería clásica. McCord y su equipo expresan al respecto: “Una de las diferencias más notables, además del estado líquido de la mena, es que se trata de reservas variables en el tiempo, tanto en volumen como en ley⁷⁶” (McCord *et al.*, 2011 citado en Hernández *et al.*, 2013, p. 319). Por estas razones, la metodología para la evaluación de soluciones salinas subterráneas se basa fundamentalmente en la hidrogeología (Hernández *et al.*, 2013, p. 319). Las variaciones en volumen pueden resultar de las diferentes características espaciales y temporales de la salmuera, y también como consecuencia de los procesos de extracción que pueden modificar la dinámica de todo el salar, más allá del área de explotación (Schalamuk *et al.*, 2005, citado en Hernández *et al.*, 2013, p. 322).

Por lo tanto, en las primeras fases de la minería evaporítica se realiza el **reconocimiento hidrogeológico** y se cuantifican las reservas de las salmueras. Asimismo, se evalúan las condiciones de disponibilidad del agua dulce para uso industrial y humano en la actividad. La localización de reservorios con agua dulce en la Puna es una tarea que está condicionada por los aspectos climáticos y por los mecanismos de recarga, que determinan la cantidad y calidad del recurso hídrico (García *et al.*, 2020, pp. 45-46). Luego, la etapa exploratoria incluye la **perforación de pozos** para la obtención y análisis de muestras de salmuera, en las que se evalúa la composición, conductividad eléctrica, pH, temperatura, densidad y se determinan las variaciones laterales y en profundidad de las diferentes muestras. Si el reservorio tiene concentraciones de

⁷⁶ La ley de mineral se refiere al contenido del elemento útil de un mineral encontrado en una roca, expresado en %. Se puede ampliar el concepto en el Capítulo 3. *Johannesburgo (Sudáfrica): el legado de la explotación aurífera*.

interés en el contenido de litio y posee reservas económicamente rentables, es posible avanzar a la etapa de explotación (García *et al.*, 2013, pp. 304, 309).

Para llevar a cabo la **explotación** se realizan perforaciones que llegan hasta la zona saturada de salmuera, entre 50 y 200 metros de profundidad, luego se instalan los pozos con la bomba para su extracción (Porta y Miguel, 2020, p. 133). El fluido, la salmuera, se opera en enormes piletas, llamadas “pozas”, de baja profundidad –aproximadamente 30 centímetros– y decenas de hectáreas de superficie, construidas en las márgenes del salar. En las pozas, por evaporación solar, comienzan a precipitar secuencialmente un conjunto de sales –sodio, potasio, magnesio– debido a la solubilidad diferencial, resultando un porcentaje mayor de litio. Este proceso suele demorar entre 18 y 24 meses, hasta que la concentración de litio es de alrededor de un 6%. Posteriormente, este concentrado, rico en cloruro de litio (LiCl), es sometido a un proceso de purificación, y mediante el agregado de carbonato de sodio (Na₂CO₃), se genera el carbonato de litio (Li₂CO₃). El carbonato de litio es la materia prima para producir hidróxido de litio (LiOH) o cloruro de litio (LiCl) de alta pureza. A partir del cloruro de litio, por electrólisis de sales fundidas, se obtiene el litio metálico, utilizado para la fabricación de baterías (Porta y Miguel, 2020, p. 133; de la Hoz *et al.*, 2013, p. 63).

El método evaporítico no consume energía artificial, depende de la composición química de la salmuera y de las condiciones meteorológicas del lugar -radiación solar, vientos, velocidad de evaporación y régimen de lluvias- (Calvo, 2017, p. 73). “A diferencia de (...) la minería metálica a gran escala, no comparte la voladura de montañas ni el uso masivo de explosivos y cianuro” (Aranda, 2011, párr. 6). Debido a estas características, la minería del litio en salmueras, es considerada como una “minería limpia”. No obstante esta calificación, puede generar externalidades negativas en el medio físico natural y en los pobladores bajo su área de influencia sino se considera el delicado equilibrio de los sistemas hidrogeológicos del salar (Porta y Miguel, 2020, p. 129).

El aumento de las presiones antrópicas, como el bombeo que se realiza para la extracción, puede provocar, a largo plazo, modificaciones en la densidad de la salmuera, la profundización de los niveles piezométricos y cambios en la estabilidad de la interfaz agua dulce/agua salada en el salar, produciendo mezclas y otras alteraciones hidrodinámicas e hidroquímicas (García *et al.*, 2020, p. 49, 55). Por otro lado, el proceso de la separación del litio del resto de los compuestos –calcio, magnesio, boro, hierro, aluminio y trazas de otros metales– (Calvo, 2017, p. 73) genera desechos que suelen acumularse y ser expuestos a los vientos, lo que representa un potencial contaminante para el aire, los suelos y cuerpos de agua (Aranda Álvarez, 2018, p. 42). Otro aspecto a considerar es que los salares presentan comunidades microbianas únicas, claves para la existencia de otros organismos, ya sea por su rol trófico, estructural, metabólico o funcional, en distintos hábitats. Actualmente, se discuten los efectos a nivel microbiano, que puede ocasionar la extracción de salmuera para la industria del litio en salares altoandinos (Dorador Ortiz, 2021, pp. 164-165).

En el desértico ambiente de la Puna Austral, como se ha mencionado, es primordial evaluar la disponibilidad de agua dulce de calidad, necesaria para el uso minero e industrial (García *et al.* 2020, p. 51). Los procedimientos de separación y purificación para arrastrar la solución que contiene litio, requieren de un elevado consumo de agua dulce, la cual debe extraerse en inmediaciones del área de explotación o bien importarse de otra cuenca cercana (Porta y Miguel,

2020, p. 133). No es necesario que la calidad del agua equipare a la del consumo humano, pero deben considerarse valores máximos de boro, arsénico, magnesio y sílice, ya que interfieren en el proceso productivo para la obtención de carbonato de litio (García *et al.*, 2020, 51). De todas formas, la localización de fuentes de agua que presenten bajos contenidos de estos elementos es muy difícil en esta región, ya que son parte de las rocas y sedimentos de origen volcánico que caracterizan al ambiente de la Puna. Por lo tanto, el uso de agua dulce para la minería podría competir con el agua que es apta para el consumo humano y fundamental para mantener el equilibrio de los ecosistemas (Porta y Miguel, 2020, 133).

Tomando una concentración de litio de 1 g/L, cada tonelada de litio extraída representa la evaporación un millón de litros de salmuera, por lo que la pérdida de agua por evaporación no es despreciable más aún por tratarse de zonas desérticas (Calvo, 2017, p. 73).

Legislación y gestión ambiental

En la Puna, los derechos para el uso de agua quedan, en general, establecidos por usos y costumbres, aunque formalmente están regidos por los códigos correspondientes. Por otra parte, el nivel de eficacia en la aplicación y control de la legislación del agua suele ser muy bajo, lo que resulta en su incumplimiento (Paoli *et al.*, 2002, p. 220). En cuanto a la normativa minera, está representada por un conjunto de leyes comunes a toda la minería metalífera, y no se encuentra ninguna normativa específica referida a la extracción e industrialización del litio.

Los primeros intentos de subsanar este vacío jurídico se dieron en el año 2017, cuando las provincias litíferas y la Nación acordaron la creación de la **Mesa del Litio en Salares**, una instancia de diálogo, integrada por profesionales de distintas disciplinas, con la tarea de generar acuerdos y protocolos para el estudio, exploración y explotación del litio, y con el propósito de establecer pautas normativas ambientales para la adecuada explotación del recurso (Porta y Miguel, 2020, p. 131).

En las grandes empresas mineras, la gestión ambiental tiene un peso muy importante en su sistema organizativo, no sólo como cumplimiento de la normativa legal, sino como un componente integral del desarrollo sostenible de la actividad, articulando aspectos ambientales, sociales y económicos. Si bien, la extracción de recursos naturales no renovables no permite hablar de forma explícita o directa, de una minería sostenible, el proyecto “Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible⁷⁷” (*MMSD*, por sus siglas en inglés), propone pautas para que la minería compense esta falencia. El **enfoque “blando” del desarrollo sostenible**, concebido por el *MMSD*, tiene en cuenta la noción de “capital” como un elemento central para su propuesta. Esta implica que las diversas

⁷⁷ Creado en el año 2000, en asociación entre el Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (Carmona García *et al.*, 2017, p. 51).

formas de capital –natural, manufacturado, humano, social y financiero- son “intercambiables”, considerando que las generaciones venideras podrían recibir menores cantidades de un capital, en tanto una mayor cantidad de otro lo compense (Carmona García *et al.*, 2017, 51).

El Consejo Internacional de Minería y Metales (*ICMM*, por sus siglas en inglés), una organización que fomenta prácticas orientadas al desarrollo sostenible y la producción responsable de los recursos de minerales y metales, ha elaborado 10 principios que las empresas asociadas deberían cumplir: 1) Realizar prácticas de negocios éticas y mantener la transparencia en la gobernanza con el propósito de respaldar el desarrollo sostenible; 2) Integrar estrategias de desarrollo sustentable en el proceso de toma de decisiones; 3) Apoyar los derechos humanos y el respeto por culturas, costumbres y valores, tanto de los empleados como de otros grupos afectados por las actividades empresariales; 4) Implementar estrategias de gestión de riesgo basadas en información válida; 5) Optimizar el desempeño en salud y seguridad con el objetivo de lograr la ausencia de daños; 6) Mejorar el desempeño ambiental en cuestiones como el uso del agua y el consumo de energía; 7) Favorecer la conservación de la biodiversidad y la integración en la planificación territorial; 8) Contribuir en el diseño, uso, reutilización, reciclaje y disposición responsables de los productos de la empresa que contengan metales y minerales; 9) Colaborar con el desarrollo social, económico e institucional de las comunidades ubicadas en las áreas de operación de la empresa; y 10) Implementar con las partes interesadas mecanismos de información, comunicación y participación, efectivos y transparentes (*International Council on Mining & Metals*, 2020, pp. 3-11).

Como contrapartida, el **enfoque “duro” del desarrollo sostenible** sostiene que las diferentes formas de capital no son intercambiables, ya que algunos tipos de capital, como el natural, pueden sufrir daños irreversibles y dejar de estar disponible para generaciones futuras, por lo que no debería ser objeto de lucro. Teniendo en cuenta el enfoque “blando”, que incluye la suma de los aspectos sociales y económicos a los ambientales, es posible aplicar el término sostenibilidad a aquellas empresas mineras que cumplan las pautas establecidas por el *ICMM* (Carmona García *et al.*, 2017, p. 51).

La propuesta del enfoque blando del desarrollo sostenible de la *ICMM* en el inicio de este siglo, se enmarca en una nueva etapa en la minería, donde las empresas deben minimizar el impacto negativo de sus actividades extractivas y compensar a la comunidad por el despojo permanente de sus recursos no renovables. Esto implica no sólo el cumplimiento de las normativas sobre el cuidado ambiental, sino ir más allá e involucrarse con los asuntos socio-territoriales en pos de un mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes. Los departamentos de responsabilidad social que forman parte de la gestión de las grandes empresas dan cuenta de este necesario acercamiento a la comunidad. No obstante, los avances que se están logrando en la gestión empresarial para el desarrollo socio-económico de las comunidades de la Puna Austral, los beneficios de la minería del litio no se han visto reflejados en la reducción de los índices de pobreza ni en el bienestar general los pueblos cercanos a los proyectos mineros (Porta y Miguel, 2020, p. 130).

A modo de cierre

En el ambiente de la Puna, donde confluyen numerosos proyectos mineros y comunidades que desarrollan actividades de subsistencia en un territorio de extrema aridez, el impacto de la minería podría poner en riesgo el sistema hídrico del salar, los ecosistemas asociados y la calidad de vida de los habitantes que dependen de los servicios del salar para sobrevivir. Por lo que es necesario que se realicen estudios sobre las consecuencias del uso de agua y la generación de desechos, en el proceso de explotación y procesamiento del litio.

Es importante avanzar en acuerdos entre el Estado, las empresas y los representantes comunales, de esta forma se crearían las bases para una gestión donde la minería resulte en un desarrollo económico sustentable, conforme las empresas actúen de acuerdo a una legislación de protección ambiental, y donde la comunidad, a escala regional, tenga una participación real en los beneficios de la minería y garantizada la continuidad de sus actividades de subsistencia.

¿Sabías que en Argentina está en marcha un proyecto para la fabricación de baterías de litio?

Un verdadero crecimiento económico, a escala nacional, sería posible no solo por la explotación del recurso, sino también por la industrialización del principal producto al que se destina el litio metálico. YPF, conjuntamente con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Producción de la Provincia de Buenos Aires, el CONICET y la Universidad Nacional de La Plata, están proyectando la primera fábrica de baterías de ion litio de Argentina.

Preguntas para reflexionar

- La minería de litio es muy reciente y las modificaciones en el salar podrían detectarse después de muchos años. Por lo tanto, ¿es posible afirmar que la explotación del litio sea una “minería limpia”?
- El agua es un bien vital para los pobladores de la Puna. En caso de comprobarse que el uso de agua en la explotación del litio afecta la cantidad o calidad para el consumo humano ¿puede considerarse el agua como un capital intercambiable según los criterios del enfoque blando de la sostenibilidad para la minería?

Referencias

- Alonso, R. N. (2006). Ambientes Evaporíticos Continentales de Argentina. *Serie Correlación Geológica*. Temas de la Geología Argentina I, 2(21), 155-170. Tucumán: INSUGEO. Recuperado de <http://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/scg-21-2-02.pdf>
- Alonso, R. N. (1999). Los salares de La Puna y sus recursos evaporíticos, Jujuy, Salta y Catamarca. En E. O. Zappettini (Ed.) *Recursos Minerales de la República Argentina*. Anales 35, 1907-1921. Buenos Aires: Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR.
- Alonso, R. N. (2017). Depósitos de litio en salares de Argentina. En E. J. Baran, (Ed.). *Litio: un recurso natural estratégico desde los depósitos minerales a las aplicaciones tecnológicas*, 49 – 68). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Edición especial. Publicaciones Científicas 12. Recuperado de <https://docplayer.es/127902845-Litio-un-recurso-natural-estrategico-desde-los-depositos-minerales-a-las-aplicaciones-tecnologicas-editor-enrique-j-baran.html>
- Alonso, R. N. (junio, 2020). Historia del litio en la Puna. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 7(1), 151–162. Salta: Universidad Nacional de Salta-CONICET (INSUGEO-CEGA), Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/28639/30446>
- Aranda Álvarez, M. C. (2018). Una minería del agua: Análisis espacio temporal de la región del Salar de Olaroz: Implicancias ambientales, estrategias de sustentabilidad y crecimiento económico local ante la minería del litio (Tesis de grado). Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Recuperado de <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1731/te.1731.pdf>
- Aranda, D. (6 de junio de 2011). La fiebre del litio. *Página 12*, Recuperado de <https://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-169555-2011-06-06.html>
- Baran, E. J. (2017). Introducción. En E. J. Baran, (Ed.) *Litio: un recurso natural estratégico, desde los depósitos minerales a las aplicaciones tecnológicas*. (230, 5-10). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Edición especial. Publicaciones Científicas N°12. Recuperado de <https://docplayer.es/127902845-Litio-un-recurso-natural-estrategico-desde-los-depositos-minerales-a-las-aplicaciones-tecnologicas-editor-enrique-j-baran.html>
- Cabrera, A. L. (1951). Territorios fitogeográficos de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 4(1 y 2), 21-63. Recuperado de <https://botanicaargentina.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/21-65003.pdf>
- Calvo, E. (2017). Procesos de extracción de litio de sus depósitos en salares argentinos. En E. J. Baran, (Ed.) *Litio: un recurso natural estratégico desde los depósitos minerales a las aplicaciones tecnológicas*. (230, 69-83). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Edición especial. Publicaciones Científicas N°12. Recuperado de <https://docplayer.es/127902845-Litio-un-recurso-natural-estrategico-desde-los-depositos-minerales-a-las-aplicaciones-tecnologicas-editor-enrique-j-baran.html>

- Carmona García, U., Cardona Trujillo, H. y Restrepo Tarquino, I. (junio, 2017). Gestión ambiental, sostenibilidad y competitividad minera. *Contextualización de la situación y retos de un enfoque a través del análisis del ciclo de vida*. DYNA 87(201) pp. 50-58. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/60326/59705>
- City Population, Salta (2010). *Population statistics for countries, administrative divisions, cities, urban areas and agglomerations – interactive maps and charts*. Recuperado de https://www.citypopulation.de/php/argentina-salta_s.php
- City Population, Catamarca (2010). *Population statistics for countries, administrative divisions, cities, urban areas and agglomerations – interactive maps and charts*. Recuperado de https://www.citypopulation.de/php/argentina-catamarca_s.php
- de la Hoz, G. M., Martínez, V. R. y Vedia, J. L. (diciembre, 2013). El litio: desde los salares de la Puna a nuestros celulares. *Temas de Biología y Geología del NOA*, 3(3), 58-67. Instituto de Bio y Geociencias del NOA. Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/2588>
- Dorador Ortiz, C. (2021). Conservación de salares: Aprendizajes desde los microorganismos. En R. Morales Bacázar (Coord.) *Salares Andinos. Ecología de Saberes por la Protección de Nuestros Salares y Humedales*, 236, 162-169. Observatorio Plurinacional de Salares Andinos (OPSAL). Recuperado de <https://cl.boell.org/sites/default/files/2020-12/Libro%20Salares%20Andinos%20OPSAL.pdf>
- Etcheverry, R., Tessone, M., Moreira, P. y Kruse, E. (2020) Caracterización geológica de las fuentes actuales y potenciales de obtención de Litio en la República Argentina. Panorama acerca del Mercado del Litio, 31-43. En F. J. Díaz (Coord.). *El litio en la Argentina: visiones y aportes multidisciplinarios desde la UNLP*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <https://unlp.edu.ar/frontend/media/50/35250/03d14e39ff204a5cd0c0ccdefe63a493.pdf>
- Foy, P. C. (1998). Agenda 21. Desarrollo Sostenible: Un programa para la acción. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú - Fondo Editorial Instituto de Estudios Ambientales, 609 p.
- García, R., Kruse, E., Etcheverry, R., Tessone, M. y Moreira, P. (2020). Características hidrogeológicas de los salares en la Puna Argentina. En F. J. Díaz (Coord.) *El litio en la Argentina: visiones y aportes multidisciplinarios desde la UNLP*, 49-59. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <https://unlp.edu.ar/frontend/media/50/35250/03d14e39ff204a5cd0c0ccdefe63a493.pdf>
- García, R., Rocha Fasola, V., Moya Ruiz, F. y Tálamo, E. (2013). Exploración y explotación de salmueras enriquecidas en litio y potasio en salares de la Puna Argentina. En N. González, E.E. Kruse, M. M. Trovatto, P. Laurencena (Eds.). *Temas actuales de la hidrología subterránea* (421, 303-310). La Plata: Edulp. Recuperado de <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/228/204/679-1>
- Gianuzzo, A. N. (2010). Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental. *Scientiæ zudia*, 8(1), 129-156. São Paulo. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/ss/a/DcgkTxq9MkKhctCddKDnTMK/?format=pdf&lang=es>
- Godfrey, L. V., Chan, L. H., Alonso, R. N., Lowenstein, T. K., McDonough, W. F., Houston, J.,

- Bobst, A. y Jordan, T. E. (2013). The role of climate in the accumulation of lithium-rich brine in the Central Andes. *Applied Geochemistry*, (38), 92-102. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/259133228> The role of climate in the accumulation of lithium-rich brine in the Central Andes
- Hernández, M., Schalamuk, I. B., Gonzalez, N. (2013). La hidrogeología en la evaluación minera de salmueras de interés económico. En N. González, E.E. Kruse, M. M. Trovatto, P. Laurenzana (Eds.). *Temas actuales de la hidrología subterránea*, 318-323. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/228/204/679-1>
- Hongn, F. D. y Seggiaro, R. E. (2001). *Hoja Geológica 2566-III, Cachi. Provincias de Salta y Catamarca*. Buenos Aires: Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, 248. Recuperado de <https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/99/hoja%20Cachi.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- International Council on Mining & Metals (2020). Principios mineros. Estándares de desempeño. Recuperado de https://www.icmm.com/website/publications/es/principios-mineros/principios-mineros_es.pdf
- López de Azarevich, V. L., Schalamuk, I. B. y Azarevich, M. (2020). Proyecto: Instalación de una planta de carbonato de sodio en el noroeste argentino, para la producción de carbonato de litio, 221-231. En F. J. Díaz (Coord.) *El litio en la Argentina: visiones y aportes multidisciplinares desde la UNLP*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <https://unlp.edu.ar/frontend/media/50/35250/03d14e39ff204a5cd0c0ccdefe63a493.pdf>
- May, J. H., Zech, R. y Schellenberger, A., Kull, C. y Veil, H. (2011). Quaternary environmental and climate changes in the Central Andes. *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*, 247-263. Recuperado de http://www.morphohenne.de/2011_May_Ince.pdf
- Mining Press (25 de noviembre de 2020). Sal de los Ángeles concretó su primera exportación China. Recuperado de <https://miningpress.com/nota/333737/sal-de-los-angeles-concreto-su-primera-exportacion-china>
- Munk, L.A., Hynek A., S., Dwight C. B., Boutt, D., Labay, K. y Hillary Jochens, H. (2016). Lithium Brines: A Global Perspective. *Society of Economic Geologists, Inc. Reviews in Economic Geology*, 18, 339–365. Recuperado de https://geoinfo.nmt.edu/staff/mclemore/teaching/documents/14_Munketal.pdf
- Paoli, H. P., Bianchi, A. R., Yáñez, C. E., Volante, J. N., Fernández, D. R., Mattalía, M. C. y Noé, Y. E. (2002). *Recursos hídricos de la puna, valles y bolsones del Noroeste argentino*. Salta: Estación Experimental Agropecuaria. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Recuperado de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-rhp.pdf>
- Porta, A. A. y Miguel, R. E. (2020). El litio, un recurso de valor estratégico para la región. Análisis de las implicancias ambientales. Perspectivas y propuestas. En F. J. Díaz (Coord.). *El litio en la Argentina: visiones y aportes multidisciplinares desde la UNLP*, 129-140. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <https://unlp.edu.ar/frontend/media/50/35250/03d14e39ff204a5cd0c0ccdefe63a493.pdf>

- Ramos, V.A. (2017). Las provincias geológicas del noroeste argentino. En C. M. Muruaga y P. Grosse (Eds.), *Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán*, 42-56. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/320352918_Las_provincias_geologicas_del_noroeste_argentino
- Schteingart, D. y Rajzman, N. (octubre, 2021). Del litio a la batería: análisis del posicionamiento argentino. *Documentos de Trabajo del CCE 16*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Consejo para el Cambio Estructural. Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/dt_16_-_litio.pdf
- Secretaría de Minería (2004). Plan Minero Nacional. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Recuperado de http://www.infoleg.gob.ar/basehome/actos_gobierno/actosdegobierno11-5-2009-1.htm
- Seggiaro, R.E., Becchio, R., Bercheñi, V. y Ramallo, L. (2015). *Hoja Geológica 2366-III Susques. Provincias de Jujuy y Salta*. Buenos Aires: Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. 414, 1-103. Recuperado de <https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/185/Hoja%20Susques.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- Seggiaro, R. E., Becchio, R., Pereyra, F. y Martínez, L. (2007). *Hoja Geológica 2569-IV, Antofalla. Provincias de Catamarca y Salta*. Buenos Aires: Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino. 343, Recuperado de <https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/97/Antofalla.pdf?sequence=11&isAllowed=y>

CAPÍTULO 5

Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?

María Cristina Zilio, Gabriela Mariana D'Amico, Santiago Báez, María del Carmen Aranda Álvarez y Facundo Palacios

La explicación sobre el origen de los terremotos ha ido variando en función de las diferentes culturas y su forma de ver al mundo. Los textos sagrados de tres grandes religiones -cristianismo, islam y judaísmo- los atribuyen a las deficiencias en el comportamiento moral humano (Foulger *et al.*, 2018, p. 442). Esta mirada comienza a cambiar, en 1755, a partir del gran terremoto de Lisboa que, seguido por un tsunami y un incendio, destruyó la mayor parte de la ciudad y provocó más de 90 000 muertes. Por esa época, Portugal era un país muy católico, con una larga historia de inversiones en la Iglesia y en la evangelización de las colonias. Mientras que la Iglesia consideraba al sismo como un castigo de Dios, importantes pensadores, como Kant, Voltaire y Rousseau, reflexionaron sobre su origen natural o divino. Estas discusiones quedaron plasmadas en distintas publicaciones (Sáez, 2019). Las acciones implementadas por el primer ministro del país, Sebastião de Melo, futuro marqués de Pombal, marcan un punto de inflexión en la concepción del riesgo. Considerado un precursor de la sismología moderna, no sólo estimuló el estudio científico de las causas y consecuencias de un sismo (Murria, 2007, pp. 13-14). También hubo cambios normativos morales y sociales, se introdujeron reformas liberales y se inició la reconstrucción de la ciudad⁷⁸ (Sáez, 2019). Portugal es el primer país que reconoce su responsabilidad en las tareas de emergencia y reconstrucción.

Con la evolución de las ciencias geológicas, las concepciones naturalistas desarrollan explicaciones más racionales sobre las causas de los sismos y sus consecuencias catastróficas. No obstante, avanzado el siglo XX, al hablar de efectos destructivos sobre las ciudades, los geólogos todavía ponían todo el peso de la responsabilidad en los fenómenos naturales (Holmes, 1971, pp. 356-359). Más cercanos en el tiempo, Tarbuck y Lutgens (2005, p. 325) ya consideran, por ejemplo, que “los edificios de albañilería no reforzada son la amenaza más grave a la seguridad durante los terremotos”.

⁷⁸ Por temor a las epidemias debidas a los cuerpos en descomposición, Pombal ordenó que se arrojaran al mar, más allá de la desembocadura del Tajo, contrario a la tradición eclesial. Para prevenir los desórdenes, impedir el saqueo y obligar a los hombres sanos a colaborar en la reconstrucción, fue movilizadado el ejército. Un año después iniciaba la modernización de la ciudad, con la construcción de edificios “a prueba de terremotos”. En 1759, expulsó a la orden jesuita, que controlaba la política, la cultura y la educación en el país (Sáez, 2019).

Pese a estos avances, se realizó un sacrificio humano para calmar la naturaleza después del Gran Terremoto de Chile de 1960⁷⁹ (Zúñiga, 2001), y un pastor estadounidense atribuyó el sismo de Haití, en 2010, a un supuesto “pacto con el diablo” realizado por esclavos fugitivos hacia 1800 (Foulger *et al.*, 2018, p. 442).

En este capítulo, comenzamos abordando conceptos básicos de la sismología para luego analizar, desde distintos enfoques, las respuestas antrópicas a los sismos más impactantes de los últimos siglos: Chile 1960; Sumatra, 2004; Haití y Chile, 2010, y Japón, 2011.

Terremotos, sismos, tsunamis y otros conceptos

Un **sismo** es un movimiento de la superficie terrestre generado a partir de la liberación súbita de tensiones acumuladas en el interior. El **Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES)** argentino explica que “se manifiesta por desplazamientos de bloques anteriormente fracturados” (INPRES, 2017, p. 19). El punto del interior de la Tierra donde comienza la fractura que da origen al sismo es el **hipocentro** o foco (figura 1), desde donde se propagan las **ondas sísmicas** o vibraciones por el interior y por la superficie de la Tierra. El punto en la superficie que está en vertical sobre el hipocentro es el **epicentro**.

Figura 1. Elementos de un sismo



Fuente: elaborado por María Cristina Zilio.

Seísmo, sismo, terremoto y otros términos menos usados (remezón, temblor, sacudida), pueden utilizarse como sinónimos para referirse a movimientos telúricos con distintas magnitudes. Sin embargo, relacionado con la percepción de la población, se suele reservar el término terremoto para los temblores que implican tragedias. Por otra parte, cuando un terremoto ocurre en el fondo

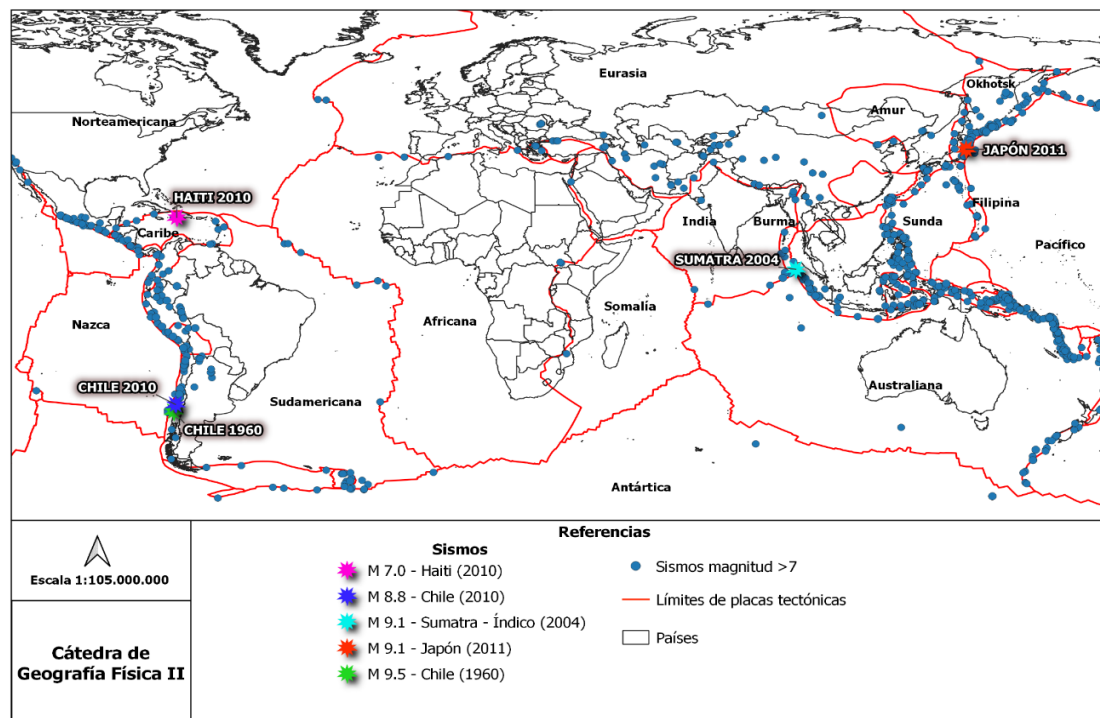
⁷⁹ Unos días después del terremoto, durante el período de fuertes réplicas, una *machi*—guía espiritual mapuche— sacrificó a un niño de cinco años para calmar a la naturaleza. Fue arrojado al mar desde un precipicio. La *machi*, los familiares y otros participantes del ritual fueron detenidos y condenados. La inmolación del niño había sido una práctica cultural de los mapuches, para quienes, mientras más grave sea la acción de un fenómeno hacia el ser humano, más grande debía ser el sacrificio para restablecer el equilibrio (Zúñiga, 2001).

del mar es un **maremoto**, que no debe confundirse con un **tsunami**. El primero es un temblor. El segundo es una ola gigante que puede ser generada por un sismo, pero también por una erupción volcánica, la caída de un meteorito o un deslizamiento abrupto de sedimentos en el fondo marino cercano⁸⁰. Las **réplicas** son sismos que suceden al evento principal, generados por un reajuste de los esfuerzos actuantes. Aun siendo menos violentos que el terremoto principal, algunos de ellos pueden ocasionar derrumbes en construcciones dañadas o debilitadas.

Causas de los sismos

La superficie terrestre parece un gigantesco “rompecabezas” en donde las piezas –placas tectónicas- encajan perfectamente entre sí. La mayor concentración de la actividad sísmica se registra en el llamado **Cinturón de Fuego del Pacífico**. Con una simple visualización de la cartografía se puede observar la coincidencia de los límites de placas con estas regiones donde las erupciones volcánicas y los sismos son más frecuentes e intensos (figura 2).

Figura 2. Placas tectónicas, sismos de magnitud mayor a 7 (1960-2021) y casos de estudio



De un total de 54 placas, en el planisferio se identifican las principales piezas y las placas menores (o microplacas) de interés para el capítulo. Fuente: elaborado por Santiago Báez, con datos de sismos provenientes del USGS y capa de placas tectónicas obtenido de GitHub.

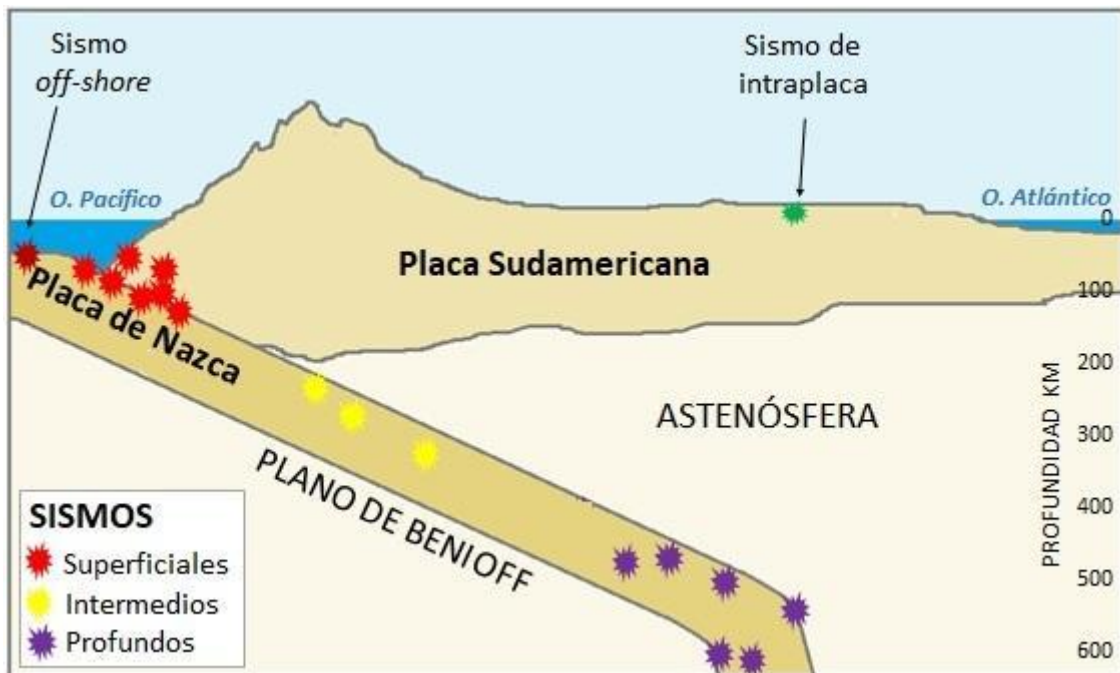
⁸⁰ Un fenómeno diferente es el “*meteotsunami*”, cuyo origen es atmosférico. Por ejemplo, la explosión del volcán Hunga-Tonga en el Pacífico Sur, el 20 de diciembre de 2021, generó un tren de ondas de presión por el aire, que se expandieron por toda la atmósfera y provocaron alteraciones en el nivel del mar incluso en la costa mediterránea, con subidas de hasta medio metro en algunos lugares de Menorca (Albalá, 2022).

Estas placas se mueven lentamente sobre el manto del núcleo, a una velocidad de 5-10 cm/año, comportándose como verdaderas cintas transportadoras que trasladan a los continentes y fondos oceánicos. Las corrientes convectivas del manto terrestre son el motor de este desplazamiento constante y su velocidad, lenta a los ojos humanos, genera desplazamientos de miles de kilómetros a lo largo de millones de años. Ya se trate de límites convergentes, divergentes o transformantes, donde dos placas hacen contacto se pueden producir diferentes fenómenos, pero en todos los casos se suelen registrar **sismos**⁸¹. En la zona de contacto de los límites convergentes no existe desplazamiento porque las placas se encuentran frenadas por asperezas. Como el empuje es continuo, se va produciendo una deformación elástica en las mismas, en cercanías a la zona de subducción (deformación intersísmica), que va aumentando hasta que se libera y se rompe (deformación cosísmica).

Los sismos se originan entre los 5 y 700 km de profundidad. Se los clasifica como superficiales cuando el hipocentro se localiza hasta los 70 km; intermedios, de 70 a 300 km, y profundos, a más de 300 km. El 90% de todos los terremotos se producen a menos de 100 km, siendo los menos profundos los que suelen provocar más daños (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 318). Comprender que los hipocentros no tienen una ubicación aleatoria sino que sus profundidades aumentan a medida que crece la distancia a la fosa, permitió reconocer la existencia del **plano de Benioff** (figura 3). En el proceso de subducción, la placa oceánica se introduce en el manto por debajo de otra placa menos densa, en forma diagonal. En nuestro país, salvo en Tierra del Fuego, la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana es responsable no solo de los grandes terremotos andinos, sino también de la formación de la cordillera homónima y sus volcanes activos y de que el centro-oeste argentino esté altamente fracturado. Un ejemplo se registra en el norte argentino. La profundidad de los focos aumenta desde la costa chilena hacia el este, hasta unos 200-250 km. A mayor profundidad hay muy escasos sismos pero, en Santiago del Estero reaparecen focos a 500-600 km de profundidad (Jaschek, 1983, p. 27).

⁸¹ Estos son sismos de interplaca, para diferenciarlos de los de intraplaca, que ocurren hacia el interior de las placas.

Figura 3. Esquema de subducción y distintos tipos de sismos



Fuente: elaborado por María Cristina Zilio.

Efectos de los sismos

La vibración del suelo durante un terremoto es la causa principal (y también la más conocida) de daños en estructuras edilicias, lo que puede ocasionar heridos y muertes. Sin embargo, existen otros fenómenos que acompañan a la sacudida y que también causan cuantiosos daños a nuestra sociedad: grietas y fracturas en el terreno, tsunamis, inundaciones y los denominados “efectos geotécnicos” (licuefacción y movimientos de ladera).

Los **tsunamis** se originan cuando un terremoto afecta un cuerpo de agua. En la superficie acuática, el sismo genera un tren de ondas concéntricas que se propagan como circunferencias de radio creciente. En aguas profundas, las olas de tsunami se desplazan hasta 800 km/h, con alturas de pocas decenas de centímetros. Se diferencian de las olas oceánicas comunes por su gran longitud de onda, es decir la distancia entre sus crestas, que puede superar los 100 km en altamar. El tiempo entre una y otra varía desde diez minutos hasta una hora. Al acercarse a la costa, debido a la menor profundidad, las olas se van frenando, la longitud de onda se acorta y su altura crece, causando un levantamiento del agua que puede ser de varios metros de altura (Estrada Roldán y Farbiarz Farbiarz, 2005, p. 87). El retiro de las aguas oceánicas es un fenómeno común en algunos tsunamis antes de su llegada inminente a la costa. Una onda tiene crestas y valles, y lo primero en llegar a la costa puede ser un valle. En ese caso, la ola que se está formando “chupa” el agua que está delante de ella y, por tanto, el mar retrocede (Sampedro, 2005).

La **licuefacción** sucede porque, durante el sismo, las vibraciones reordenan las partículas del suelo, reduciendo su volumen y aumentando la presión del agua en los poros. El material no

consolidado (generalmente arenas) se convierte en un fluido. Delgado (2011, p. 277) explica que el proceso es equivalente a rellenar un recipiente con azúcar: al sacudirlo para acomodar el producto, las partículas se desplazan levemente y cierran parte de los poros existentes entre ellas. A diferencia del azúcar, durante la licuefacción el fluido en los poros es agua, no aire. Como la sacudida dura poco tiempo, el agua de los poros no alcanza a salir de ellos, por lo que la presión que ésta ejerce se incrementa conforme se van cerrando los intersticios y se comporta como una especie de “arena movediza”. La elevada presión intersticial hace que el agua fluya hacia zonas de menor presión, frecuentemente la superficie del terreno, para lo cual aprovecha las zonas de debilidad -fracturas, grietas, etc.- que puedan existir o que se desarrollen durante la propia sacudida (Delgado, 2011, p. 280). Al generar asientos diferenciales en la cimentación, este proceso es capaz de desplazar, hundir o volcar infraestructuras, por ejemplo, las viviendas (Delgado, 2011, p. 284).

El registro de los sismos: una cuestión de escalas

Los sismogramas son registros de las ondas sísmicas y miden el tamaño relativo de los temblores. Son generados por un **sismógrafo**, un instrumento que está formado por un sismómetro -sensor que detecta el movimiento- conectado a un sistema de registro. Existen varios tipos de sismógrafos como así también distintas escalas para medir los sismos, aunque en la actualidad coexisten tres (figura 4).

Figura 4. Tres escalas para medir los sismos

	Mercalli Modificada	Richter o magnitud local	Magnitud Momento (Mw)
Autores	Giuseppe Mercalli, 1902 (modificada por Richter, 1931)	Charles Richter y Beno Gutenberg, 1935	Thomas Hanks y Hiroo Kanamori, 1979
Mide	Intensidad	Magnitud	Magnitud
Escala	Cerrada. Doce grados (I al XII) relacionados con daños a las construcciones	Cerrada. Doce grados (crecimiento logarítmico)	Valores casi iguales a la de Richter, pero sin unidad (escala adimensional) ni límite máximo
Como se mide	Alto grado de subjetividad. No aplicable fuera de zonas urbanas	Requiere un sismógrafo con características especiales	Se puede medir con cualquier sismógrafo moderno

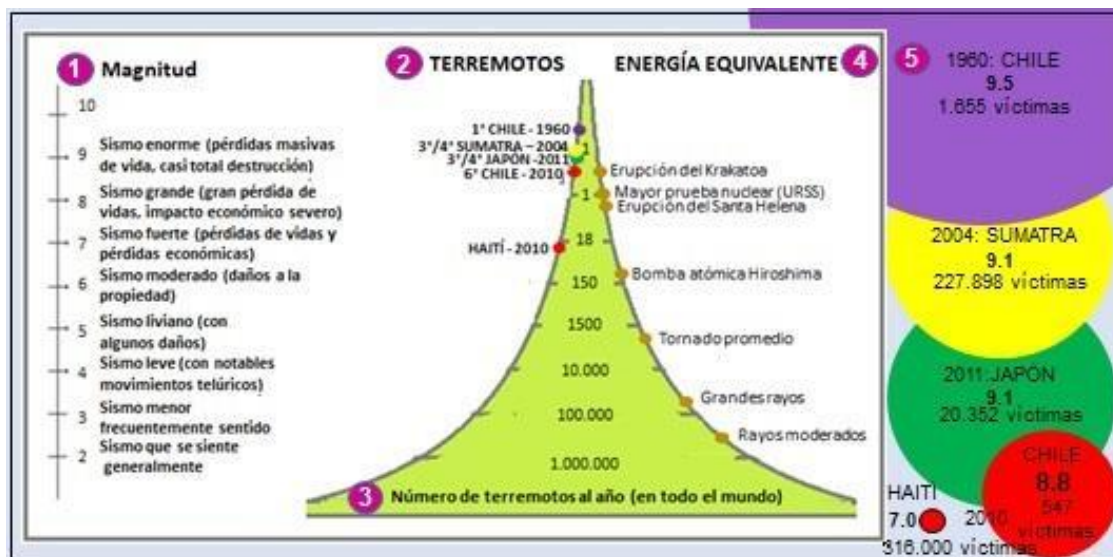
Fuente: elaborado por Santiago Báez, en base a Tarbuck et Lutgens (2005, pp. 321-323) y Rojas Hoppe y Diez Lorente (2013, p. 141).

La Tierra tiembla más de un millón de veces por año

Si bien el planeta tiembla siempre, la mayor parte de estos temblores no son percibidos por los seres humanos ya sea porque son de muy baja magnitud o porque se producen en zonas deshabitadas. Según el *Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS, 2011)*, cada año se producen un millón de temblores de magnitud 2 y por cada incremento de magnitud, el número anual de terremotos disminuye (aproximadamente) por un factor de 10 (figura 5). A la inversa, al aumentar una magnitud, cada temblor libera 30 veces más energía. De hecho, los cinco más fuertes liberaron casi la mitad de la energía producida por la totalidad de terremotos ocurridos en el último siglo.

El Servicio Geológico de Estados Unidos (en adelante, *USGS*, por sus siglas en inglés) ha listado los veinte **mayores terremotos** (*USGS*, s.f.-a), de los cuales analizaremos el primero (Chile, 1960), el tercero/cuarto (Sumatra, 2004, y Japón, 2011, con la misma magnitud) y el sexto (Chile, 2010), localizados en las figuras 2 y 5. El terremoto en Haití, en 2010, no forma parte de dicha lista porque tuvo una magnitud mucho menor, sin embargo, tuvo trascendencia mundial por ostentar el mayor número de víctimas de todos los eventos analizados (*USGS*, s.f.-b). La ausencia de una correlación directa entre magnitudes y el número de víctimas demuestra que el riesgo sísmico no es exclusiva responsabilidad de los fenómenos.

Figura 5. Magnitudes y energía liberada por los distintos terremotos



1) Clasificación por magnitud; 2) sismos analizados en el capítulo; 3) promedio de sismos anuales según magnitudes; 4) equivalente en energía liberada, y 5) doble comparación: energía liberada representada por el volumen aproximado de una esfera y número de víctimas. Fuente: modificado de *IRIS (2011)* y *Red Geocientífica de Chile (2019)* por María Cristina Zilio.

Chile, 1960: el mayor terremoto, un tsunami y mucho más

Nuestro vecino país ostenta un dramático ranking sísmico a nivel mundial. Fue afectado por dos de los mayores terremotos que se han registrado instrumentalmente. Encabeza la lista el Gran Terremoto (1960) y, en sexto lugar, el Terremoto del Maule (2010). El 22 de mayo de 1960, el **megaterremoto de Valdivia** alcanzó una M_w^{82} 9,5. Liberó el 35% de la energía de todos los temblores del siglo XX, equivalente a 12 000 bombas atómicas como la lanzada sobre Hiroshima (INPRES, 1991, p. 2). Si bien algunas fuentes hablan de una duración de diez minutos, el temblor percibido se habría extendido tres minutos y medio (Rojas Hoppe y Diez Lorente, 2013, p. 141).

Entre los efectos principales podemos mencionar:

Tsunamis. Minutos después del evento, olas gigantescas provocaron la mayor cantidad de muertes y daños a lo largo de la costa de Chile y, horas después, en muchas áreas del Océano Pacífico. Por ejemplo, Puerto Saavedra fue arrasado por olas de 11,5 m de altura y arrastraron restos de casas tierra adentro hasta 3 km. Además de las 1655 víctimas chilenas, los tsunamis son responsables de 61 muertes en Hawái (10,6 m); 185 en Japón (5,5 m); 32 en Filipinas. Hubo daños en la Isla de Pascua, en las Islas Samoa y en California (USGS, s.f.-a). En su larga historia, Japón registra un gran número de tsunamis, siendo el de 1960, el tercer evento más importante de ese país hasta ese momento⁸³ (Rhea *et al.*, 2010).

Subsidencia de tierras costeras. Provocó la ruptura de casi 1000 km de largo por 130 km de ancho, generando un hundimiento de tierras costeras y un levantamiento mar adentro. Las placas a uno y otro lado se desplazaron más de 20 metros. En comparación, el terremoto chileno de 2010 generó una ruptura de 453 km de largo por 100 km de ancho y una dislocación de 10 metros (Hayes, 2017, p. 79; USGS, s.f.-a).

Réplicas. El terremoto principal fue precedido por cuatro sismos mayores a M_w 7 y lo sucedieron muchas réplicas, cinco de las cuales fueron de M_w 7 o más (USGS, s.f.-a)

Erupción del Puyehue. Dos días después del megaterremoto, este volcán entró en actividad durante varias semanas, enviando cenizas a 6000 metros de altura (USGS, s.f.-a)

Inundación. El sismo provocó derrumbes que obstruyeron el río San Pedro, emisario del lago Riñihue. Si bien las aguas represadas inundaron viviendas, gracias al esfuerzo de obreros e ingenieros, dos meses después se evitó una posible inundación de Valdivia (Memoria Chilena, 2005).

Tsunami. Cuando Valdivia tembló, el lago Nahuel Huapi se retiró de la orilla y luego regresó bajo la forma de un oleaje de cinco metros de altura. Provocó tres muertes, destruyó el puerto de madera de San Carlos e ingresó más de 100 metros dentro de San Carlos de

⁸² Magnitud momento.

⁸³ Tener en cuenta la catástrofe de 2011.

Bariloche, provocando daños y pánico generalizado (Goldes, 2015). Suele hablarse de “lagomoto” pero es un tsunami lacustre ya que no se originó por un movimiento del fondo sino por empuje lateral⁸⁴.

Tsunami de Sumatra, 2004: turistas curiosos, sabiduría ancestral y educación

El 26 de diciembre de 2004, frente a la costa oeste de Sumatra (Indonesia), se produjo un maremoto de Mw 9.1, a 30 km de profundidad, paradójicamente conocido como “tsunami de Navidad”. Fue producto de la liberación de tensiones acumuladas durante siglos por la subducción de la placa de la India debajo de la microplaca de Burma o Birmania, a 60 mm/año (USGS, 2014; Hayes *et al.*, 2017, p. 44). La falla de empuje se elevó varios metros generando olas que cruzaron todo el océano Índico. El tsunami tardó 30 minutos en llegar a Sumatra, entre 90 y 120 minutos a Tailandia, y entre dos y tres horas a Sri Lanka (USGS, 2014). En la costa oeste de Sumatra, se observaron olas de 30 m de altura (USGS, 2014), mientras que otras zonas reportaron olas de hasta 10 m. Incluso en los lugares donde la altura no fue muy significativa, la fuerza del oleaje fue igualmente grave (Estrada Roldán y Farbiarz Farbiarz, 2005, p. 86).

Si bien, tiempo después, las cifras totales superaron los 200 000 fallecidos (USGS, 2014), las cifras iniciales hablaban de 150 000 víctimas mortales, discriminadas de la siguiente manera: Indonesia (90 000), Sri Lanka (40 000), India (10 000) y Tailandia (5000). Otros países del este africano y sur asiático también registraron muertes a causa del tsunami (Somalia, Seychelles, Kenia, Tanzania, Islas Maldivas, Malasia, Bangladesh y Myanmar) que alcanzó, incluso, la costa oeste de América. Parte de las víctimas eran turistas de distintas partes del mundo. Un volcán de lodo cerca de Baratang (Islas Andamán) hizo erupción el 28 de diciembre, tal vez como consecuencia de este terremoto (Estrada Roldán y Farbiarz Farbiarz, 2005, p. 86).

En muchas playas, el tsunami fue anunciado por un retroceso de las aguas. El comportamiento de las personas en ese momento fue dispar. En una costa tailandesa, donde el mar retrocedió 500 m en diez minutos, turistas curiosos avanzaron para verlo mejor y hubo quienes se preguntaron si se debía a la Luna llena (Sampedro, 2005). En las islas de Andamán y Nicobar (India), seis tribus antiquísimas se trasladaron hacia el interior de las islas cuando percibieron cambios en la naturaleza -como el canto de las aves y el comportamiento de animales marinos- y prácticamente no registraron víctimas (Cárdenas, 2019). Por su parte, una niña británica, a quien le habían enseñado la historia del sismo de Lisboa (1755), anunció a los gritos la llegada de un tsunami cuando el mar comenzó a retroceder en Phuket (Tailandia). Gracias a este conocimiento no se registraron víctimas en esta playa (Sampedro, 2005).

⁸⁴ Para mayor información, se puede consultar la tesis doctoral de Delménico (2018, p. 10).

Haití y Chile, 2010: estar preparados salva vidas

En 2010, en menos de dos meses, dos países latinoamericanos sufrieron intensos sismos⁸⁵. Un terremoto, con Mw 7.0, asoló la capital haitiana el 12 de enero. Otro temblor, con Mw 8.8, sacudió el centro-sur de Chile, el 27 de febrero. Chile fue afectado por un terremoto “muy grande”, mientras que Haití sufrió un terremoto “grande” (ver círculos en figura 5). Ese mismo año, otros 23 lugares en otras partes del planeta, sufrieron temblores de Mw 7.0. Pese a que el sismo chileno fue mucho más intenso, los efectos más catastróficos los sufrieron y todavía sufren los haitianos, como consecuencia de su mayor vulnerabilidad social, política y económica (figura 6).

Figura 6. Peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo en Haití y Chile

SISMO	Haití	Chile	INDICADORES SOCIALES	Haití	Chile
Fecha	12 de enero de 2010	27 de febrero de 2010	IDH (2010) ₁	0,404	0,783
Duración	1.22 min	2.45 min	IDH ajustado por desigualdad (2010) ₁	0,239	0,684
Mw	7.0	8.8	Índice de Gini (2010) ₁	0,59	0,52
Epicentro	A 25 km de Puerto Príncipe	En el mar, a 105 km de Concepción	Esperanza de vida (2010) ₂	61	79
Hipocentro	13 km	35 km	Tasa de mortalidad > 5 años (2009) ₂	81	9
Réplicas	59 > Mw 4.5	280 > Mw 5	PBI per cápita (2010) ₂	1192	12 808
			Tasa de alfabetización % adultos > 15 años ₁	61	98,6

Fuente: elaborado por María Cristina Zilio, a partir de datos de sismos (González et al., 2011, pp. 339-340) y datos sociales (1, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2011, y 2, Banco Mundial, 2010).

Terremoto tsunamigénico chileno

También conocido como “*Offshore Bio-Bio*”, es el sexto sismo más grande a nivel mundial y alcanzó su máxima intensidad en las regiones del Maule y del Bío-Bío, en el centro-sur de Chile. Como resultado de este evento, el sector comprendido entre las regiones de Valparaíso y de La Araucanía fue decretado como “zona de catástrofe”.

Se había pronosticado este temblor con una magnitud posible entre 8.0 a 8.5. Este avance se logró gracias al descubrimiento de un “*gap*” sísmico entre Concepción y Constitución, en una investigación sobre la subducción entre las placas de Nazca y Sudamérica. Esta brecha o laguna sísmica es una zona geológica en la que no ha ocurrido un sismo fuerte durante un periodo prolongado de tiempo -no hubo grandes temblores desde el comunicado por Darwin en 1835- (González et al., 2011, p. 341-342). Los receptores de GPS instalados en este *gap*, en la década

⁸⁵ Basado en el artículo *Una mirada geográfica sobre las problemáticas geológicas y geomorfológicas. Riesgo e incertidumbre en los terremotos de Haití y Chile, 2010*, de los mismos autores (Zilio et al., 2017).

de 1990, permitieron predecir un gran terremoto aunque no se pudiera determinar el momento preciso (Ruiz y Madariaga, 2012, p. 13).

Algunos de sus efectos fueron:

Tsunami. Lo más devastador no fue el terremoto, sino el tsunami que lo sucedió. Este último provocó más de 500 muertes, cientos de personas desaparecidas y millones de damnificados, afectando severamente las ciudades y pueblos de la zona -graves daños a viviendas, edificios e infraestructura vial- (Morales Muñoz, 2010, p. 45).

Según Ramírez y Aliaga Sandoval (2012), una serie de escandalosos errores y omisiones en los sistemas de información entre el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) y de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (en adelante, ONEMI) determinaron que se cancele la alerta de llegada de grandes olas, cuando aún se podrían haber salvado vidas. Una sucesión de fallas en las cadenas de mando sumados al mal asesoramiento, determinaron órdenes y contraórdenes respecto de los planes de evacuación por alerta de estas olas gigantes.

Elevación del terreno. La tierra sufrió cambios de altura con respecto al nivel del mar, por ejemplo, la ciudad chilena de Concepción se elevó 1,2 m (Morales Muñoz, 2010, pp. 45-46). Levantamientos del orden de 1,9 m a 2,0 m se han estimado para Punta Lavapié y de 1,1 m en Concepción. En la península de Arauco se detectaron alzamientos de hasta 2 m en observaciones de algas coralinas (Barrientos, 2010).

El desastre haitiano

El terremoto haitiano fue devastador: un tercio de los 9 000 000 de habitantes se vio afectado de forma directa, un millón de personas perdió su casa y más de 200 000 perdieron la vida. Los funcionarios del gobierno tuvieron grandes dificultades a la hora de responder, ante los muchos edificios, escuelas y hospitales destruidos, incluso el palacio presidencial (Naciones Unidas Y Banco Mundial, 2010, p. 117). Si bien la energía liberada por el terremoto principal fue mucho menor a la liberada en el terremoto chileno, se incrementó su potencial destructivo al tener su hipocentro a escasa profundidad y a unos 15 kilómetros de Puerto Príncipe, caracterizado por las condiciones de pobreza extrema de sus habitantes. A esta situación inicial, en Haití, se suma la falta de planificación urbana y los servicios e infraestructura carenciados y no preparados para sismos, lo cual aumenta la vulnerabilidad, tanto frente a los efectos de los subsiguientes eventos de la catástrofe como a nuevos desastres⁸⁶.

Haití, que comparte la isla de La Española con la República Dominicana, se encuentra en el límite entre dos placas tectónicas: la placa del Caribe se mueve aproximadamente 19-20 mm/año

⁸⁶ Es importante mencionar que la población haitiana, además de sus conflictos sociales, siempre está afectada por eventos naturales, como el paso del huracán Matthew, en 2016, y el sismo de Mw 7,2, en 2021.

hacia el este-noreste respecto a la placa Norteamericana. Con estas tasas de movimiento, cuando pasa tiempo suficiente, se puede llegar a acumular energía elástica capaz de producir eventos muy significativos.

¿Por qué el sismo haitiano tuvo mayor impacto que el chileno?

Si bien la menor profundidad del sismo y la cercanía a la ciudad más poblada fueron responsables de la intensidad de las ondas superficiales en Haití, la magnitud fue muchísimo menor a la del temblor chileno. Cuando se analiza específicamente a Haití, uno de los países más pobres del mundo, se observa que la catástrofe es producto no solo de una peligrosidad sísmica importante (factor que comparte con Chile), sino de una elevada vulnerabilidad relacionada con su historia.

El epicentro haitiano coincidió con el área metropolitana de Puerto Príncipe a diferencia del sismo chileno que estuvo más alejado de grandes concentraciones demográficas. Las construcciones haitianas no estaban preparadas para desastres de este estilo y por eso se produjeron más derrumbes. Si consideramos las ideas de Romero y Maskrey (1993, p. 9), debemos afirmar que es “vulnerable por origen”. En palabras de Rofman (1974), este país aún está inmerso dentro de una estructura de dominación neocolonial a diferencia de Chile que ha logrado una autonomía mayor en el desarrollo de sus fuerzas productivas.

Además de 1,3 millones de personas desplazadas por el sismo, en Haití deben contabilizarse más de 300 000 casas colapsadas o críticamente afectadas, 60% de la infraestructura administrativa y económica dañada, 80% de las escuelas y 50% de los hospitales destruidos o dañados, bloqueo parcial del puerto y obstrucción de caminos, entre los servicios e infraestructuras afectados (Cavallo *et al.*, 2010, p. 10). Por su parte, en Chile, se vieron destruidas o con daños severos unas 220 000 casas, 1 de cada 3 escuelas sufrieron daños como así también 17 hospitales y más de mil kilómetros de carreteras (Gobierno de Chile, 2011, p. 17-19).

Chile presenta mejores condiciones económicas en comparación con Haití (figura 6). Si bien el índice de Gini no acusa diferencias significativas (siguiendo la tendencia general de los países latinoamericanos), el resto de los indicadores muestran una brecha muy marcada. Con respecto al Índice de Desarrollo Humano (IDH), Chile presenta un valor alto que lo ubica en el puesto 45, en tanto Haití presenta un valor bajo y ocupa el puesto 145. Cuando se considera el IDH ajustado por desigualdad, ocupan los lugares 43 y 125, respectivamente.

Haití se encuentra prácticamente desprovisto de estrategias de prevención y, solo con posterioridad al sismo, se instalaron cuatro estaciones de monitoreo (Dorfeuille, 2013, p. 32-33). La ausencia de instituciones específicas en Haití, probablemente debido a la menor recurrencia de eventos de este tipo y a cuestiones institucionales, político-administrativas y económicas, hace necesaria la referencia a instituciones internacionales o regionales. En cuanto a instituciones legitimadas por la comunidad científica, el *USGS* posee una red de sensores en distintos lugares

del planeta, en cooperación con otras instituciones, contando, en relación a nuestro estudio, con dos en el norte de Chile y uno en República Dominicana.

Chile, en cambio, ha sabido responder con estrategias y planes para prevenir y mitigar los posibles desastres. Su historicidad sísmica ha alimentado el desarrollo de su marco normativo e institucional. Funcionan la ONEMI, dependiente del Ministerio del Interior, desde 1974, y el Centro Sismológico Nacional⁸⁷, dependiente de la Universidad de Chile, creado en 2013 en respuesta al gran terremoto ocurrido tres años antes. Cuenta con la Ley 16.282/65, sobre Disposiciones Permanentes para Sismos y Catástrofes; el Plan Nacional de Protección Civil (puesto en práctica por la ONEMI); normas nacionales para construcción de edificaciones antisísmicas, y posgrado para la especialización en Sismología en la Universidad de Chile (Sáez del Pino, 2011, ONEMI, s.f.). Las medidas de prevención y mitigación se asocian con la planificación urbana y al uso de construcciones antisísmicas, la educación y protocolos de actuación. Para los chilenos, los temblores son una constante en sus vidas y desde temprana edad participan de simulacros.

Mientras que Chile ha sabido responder con estrategias y planes para prevenir o mitigar los posibles desastres, el destino de Haití continúa, parafraseando a Beck (1989, p.12)-, “adscripto al peligro” ya que no capitaliza los mismos en políticas de prevención que reduzcan la incertidumbre.

Japón, 2011: tres catástrofes y una historia sin fin

El 11 de marzo de 2011, Japón sufrió el mayor terremoto de su historia sísmica, y el cuarto a nivel mundial desde que empezaron los registros sismográficos, sucedido por un tsunami que, a su vez, dañó la planta de energía nuclear Fukushima *Daiichi*. Asociados al terremoto y al tsunami se produjeron otros fenómenos, como desplazamientos horizontales, hundimientos, deslizamientos de tierra y procesos de licuefacción. Con más de 20 000 muertes, el balance de víctimas es elevado teniendo en cuenta que es un país que se considera especialmente preparado para resistir desastres naturales (Shibayama *et al.*, 2012, p. 12).

Un terremoto. El territorio japonés es propenso a sufrir estos eventos porque, geológicamente, se encuentra en un área de confluencia de cuatro placas tectónicas principales -del Pacífico, norteamericana, euroasiática y de Filipinas-, sin embargo en mapas actuales se ha propuesto la presencia de las microplacas de Okhotsk y de Amur. La placa del Pacífico subduce hacia el oeste, avanzando unos 80 mm/año, a lo largo de 2200 km, bajo la placa de Filipinas y de Okhotsk. Este proceso de subducción es el responsable de la creación de los arcos insulares, de las profundas fosas de Ogasawara y Japón y de la intensa actividad volcánica y sísmica (Hayes *et al.*, 2017, p. 91; Rhea *et al.*, 2010). Ese día, un sismo de Mw 9.1 (9° escala Richter) sacudió

⁸⁷ Deriva del Servicio Sismológico Nacional, creado en 2008.

la isla de Honshu. Su epicentro se registró en el mar, a varios kilómetros de la costa de la ciudad de Sendai y, su hipocentro, a 29 km de profundidad (USGS, s.f.-c). La falla se desplazó más de 50 m, sobre un área de 400 km de longitud (a lo largo del rumbo) y 150 km de ancho (en dirección descendente) y fue precedido por una serie de grandes sismos durante los dos días anteriores (Hayes *et al.*, 2017, p. 91).

Un tsunami. El área costera afectada, hacia el norte, es particularmente vulnerable a estos fenómenos ya que, al ser muy irregular, en las entradas se amplifican las olas de tsunami y causan grandes inundaciones (Hayes *et al.*, 2017, p. 91). Aunque están protegidas con rompeolas diseñadas para resistir este oleaje, no siempre consiguen contener su embate. Hacia la parte sur presenta largas playas arenosas que también poseen diques para proteger de olas generadas por vientos asociados a tifones y otras tormentas (Shibayama *et al.*, 2012, p. 7). En general, se ha registrado el impacto de olas de 5 a 10 metros de altura, pero, en la ciudad de Miyako, alcanzó los 40,5 metros sobre el nivel del mar, la máxima elevación a la que el agua se movió tierra adentro desde la costa. Cerca de Sendai, las aguas de la inundación penetraron 10 kilómetros tierra adentro (León, 2021). Olas gigantes, con menor altura, se registraron en todas las costas del Pacífico y también llegaron a la Antártida. Si bien el oleaje tenía tan sólo 30 cm de alto cuando llegó al continente frío, las ondas dispersas ocasionaron repetidas flexiones en el hielo hasta fracturarlo provocando el desprendimiento de enormes bloques de la plataforma de hielo de Sulzberger (Rincon, 2011).

Numerosos edificios y gran parte de la flota pesquera sufrieron daños. Las estructuras de defensa costeras también fueron afectadas, demostrando su utilidad en los eventos de mayor frecuencia pero menor magnitud, típicamente con un periodo de retorno de entre 50 y 160 años (Shibayama *et al.*, 2012, p. 16). Este evento tiene un periodo de retorno tan alto que lo hace relativamente único en la historia de Japón hasta este momento (Shibayama *et al.*, 2012, p. 6).

Una catástrofe nuclear. Como dice Beck (1998, p. 89), “el efecto secundario inadvertido de la socialización de la naturaleza es la socialización de las destrucciones y amenazas de la naturaleza”. Los efectos combinados del terremoto y el tsunami han provocado una tragedia no solamente para ese país sino para la humanidad. La central nuclear Fukushima *Daiichi*, integrada por seis unidades, fue diseñada con estructuras sismo-resistentes para afrontar terremotos de magnitud 7 en la escala Richter y muros rompeolas de 6,5 m de altura, pero los fenómenos excedieron considerablemente estos valores (Sajaroff, 2011, p. 3).

Cuando el agua del mar ingresó, los generadores que mantenían la planta refrigerada se detuvieron, los reactores se sobrecalentaron y se produjeron tres fuertes explosiones. La central dejó escapar radionucleidos a la atmósfera, que se depositaron en la tierra y el océano. También hubo emisiones directas al mar. Los pobladores más cercanos fueron evacuados y se impusieron restricciones a la distribución y consumo de agua potable y alimentos (Sajaroff, 2011, p. 9; IAEA, 2015, p. 1). Los residuos de combustible nuclear, que se fundieron y volvieron a solidificarse dentro de los reactores, siguen desprendiendo calor y deben enfriarse con agua constantemente. El agua de enfriamiento, además de la subterránea y de lluvia que se cuele en el edificio del reactor, está contaminada con una alta concentración de

sustancias radiactivas y, si bien es tratada en una planta de eliminación de materiales radiactivos, no se logra limpiar por completo (Naoe, 2020). Esta agua tratada sigue acumulándose en tanques con capacidad para almacenar unas 1000 toneladas, a razón de uno por semana (figura 7). Después de discusiones sobre su destino, el gobierno japonés aprobó el plan de verterlo al Pacífico, a partir de 2023. Se trata de más de un millón de toneladas de líquido tratado, pero aún con ciertos isótopos radiactivos (Vidal Liy, 2021). La agricultura y la pesca de Fukushima, que gradualmente están volviendo a ser aceptadas por el mercado, pueden verse severamente dañadas otra vez (Naoe, 2020).

Figura 7. La planta de Fukushima antes y después de la tragedia



*Ya no queda espacio para los tanques de almacenamiento de aguas tratadas (Ōkuma, prefectura de Fukushima).
Fuente: elaborado por María Cristina Zilio, sobre la base de Google Earth.*

El accidente de Fukushima reavivó las discusiones sobre el riesgo de esta tecnología y varios países se han preguntado si es necesario arriesgarse a este tipo de accidentes catastróficos para el suministro de energía (Planelles, 2021). Por ejemplo, tres meses después del tsunami japonés, Alemania aprobó el cierre de todas sus plantas nucleares para 2022. En ese momento, el 22% de la electricidad en Alemania era de origen nuclear (Planelles, 2021).

Comentarios finales

El análisis de los cinco terremotos demuestra que la magnitud no es el parámetro que determina necesariamente una catástrofe. Esta es condicionada por numerosas variables, entre las que se destacan las personas expuestas al temblor, sus características socioeconómicas, el tipo de infraestructuras, la existencia o no de una planificación territorial que considere el peligro sísmico y de planes de evacuación, la educación y el conocimiento de los fenómenos sísmicos y las estrategias de mitigación de sus consecuencias. En los eventos sísmicos, la preparación de la población es fundamental. Ya se trate de conocimiento formal

o de sabiduría ancestral, esta preparación debe ser contemplada en estrategias integrales de gestión territorial.

¿Sabías que algunos sismos son artificiales?

Si bien el motor de los sismos es la actividad de las placas tectónicas, también pueden deberse a la actividad volcánica, al impacto de meteoritos o, inclusive a la atracción luni-solar⁸⁸. Pero, además, no todos los terremotos son de origen natural, algunos son inducidos por la **actividad antrópica** (embalses, explosiones para la actividad minera en general, técnicas de fracturación hidráulica y explotación petrolífera- en particular, eliminación de aguas residuales por inyección en pozos- etc.). Por ejemplo, en la India, el trágico terremoto del embalse de Koyna (Mw 6,3), dañó la presa y mató al menos a 180 personas, en 1967 -cinco años después de haberse llenado-. Mantiene una actividad sísmica regular acompañando los cambios de nivel anuales del embalse (Foulger *et al.*, 2017, p. 442).

¿Sabías que La Plata no se ubica en una región “asísmica”?

En 1954, Gutenberg y Richter realizaron una detallada investigación sobre la sismicidad del planeta. Localizaron las áreas sísmicas a partir de la ubicación de los epicentros conocidos hasta ese momento y asignaron un carácter “asísmico” a las zonas que no registraron temblores. Sin embargo, tanto el perfeccionamiento del instrumental técnico como una mejor distribución de las estaciones han mostrado que no hay zonas totalmente “seguras” (Jaschek, 1983, p.11-12). Por ejemplo, la región en la que se encuentra la ciudad de La Plata se consideraba estable, sin embargo, el riesgo sísmico no es nulo. El registro más antiguo corresponde a 1848, con epicentro cerca de Montevideo. En 1884, un tsunami inundó parte de esa ciudad. En 1888, un sismo tsunamigénico más importante, afectó ambas costas del Río de la Plata (Sistema Nacional de Emergencias, 2019, p. 2). También hay registros de un sismo entre las localidades de Brandsen y San Vicente (1949), otro “más antiguo y menos preciso, sentido tanto en Quilmes como en Martínez”, y un sismo entre Vieytes y Magdalena, en 1971 (Jaschek, 1983, p. 12). El sismo más reciente se registró el 30 de noviembre de 2018. Con una profundidad de 25 km, tuvo su epicentro en Canning, a 50 km de La Plata. Tuvo una Mw 3,7 -3,9° Richter- (Venerdini *et al.*, 2019, p. 179). Todos

⁸⁸ Una reciente investigación arriesga una posible relación con la atracción de la Luna y el Sol. Esta fuerza es responsable de las mareas oceánicas y las terrestres. Una leve presión de estas mareas terrestres, podría desencadenar los temblores al influir en los movimientos de las rocas vecinas a las zonas de falla (Witze, 2016).

se explican cómo sismos de intraplaca (figura 3), asociados a fallas geológicas activas, que responden a los esfuerzos de compresión provenientes de la fosa chilena y la dorsal atlántica (Ballarino, 2018; Venerdini *et al.*, 2019, p. 180).

Preguntas para reflexionar

- ¿Qué estrategias son fundamentales para estar preparados frente a un potencial evento sísmico? Estos acontecimientos, ¿afectan a toda la población por igual?
- ¿Educar en la prevención y mitigación de riesgos debe ser exclusivo para quienes viven en zonas geológicas adversas? ¿Deberían deshabitarse zonas de alto riesgo sísmico?, ¿es posible?
- ¿Cómo estudiarías los sismos analizados en este trabajo desde la Teoría Social del Riesgo?

Referencias

- Albalá, A. (17 de enero de 2022). Meteotsunami en el Mediterráneo por el volcán de Tonga: el nivel del mar sube medio metro en Menorca. *20minutos.es*. Recuperado de <https://www.20minutos.es/noticia/4942441/0/meteotsunami-mediterraneo-volcan-tonga-nivel-mar-medio-metro-menorca/>
- Ballarino, F. (30 de noviembre de 2018). Por qué se produjo el temblor de hoy. *Perfil*. Recuperado de <https://www.perfil.com/noticias/ciencia/por-que-se-produjo-el-sismo-temblor-terremoto.phtml>
- Banco Mundial. Banco de Datos. Recuperado de <https://databank.bancomundial.org/home.aspx>
- Barrientos, S. E. (2010). Terremoto (M = 8.8) del 27 de febrero de 2010 en Chile. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67(3), 412-420. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262434324_Terremoto_M88_del_27_de_febrero_de_2010_en_Chile
- Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.
- Cárdenas, A. (22 de Mayo de 2019). Conocimientos ancestrales salvaron del tsunami a las tribus primitivas de la India. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/mundo/313481-conocimientos-ancestrales-salvaron-del-tsunami-a-las-tribus-primitivas-de-la-india/>
- Cavallo, E., Powell, A. y Becerra, O. (febrero, 2010). Estimating the direct economic damages of the earthquake in Haití. *Inter-American Development*, 163, 1-16. Recuperado de <https://publications.iadb.org/en/publication/estimating-direct-economic-damage-earthquake-haiti>
- Delgado, J. (2011). Efectos geotécnicos de los terremotos. *Revista de la Asociación Española inpres para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Universidad de Alicante, 19(3), 276-288. Recuperado de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/35302/1/2011_Delgado_ECT.pdf
- Delménico, A. (2018) Peligrosidad y vulnerabilidad de áreas costeras urbanas del lago Nahuel Huapi frente a eventos volcánicos y tsunamigénicos (Tesis doctoral). FaHCE. UNLP. Recuperado de <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1698/te.1698.pdf>

- Dorfeuille, J. 2013. *Diseño de la red sísmica digital por satélite haitiana* (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Madrid, 1-74. Recuperado de https://oa.upm.es/34109/7/TE-SIS_MASTER_JEAN_MICHAEL_HAENDEL_DORFEUILLE.pdf
- Estrada Roldán, B. y Farbiarz Farbiarz, J. (2005). El terremoto y posterior tsunami del 26 de diciembre de 2004 en Indonesia. *Dyna* 145, 85-90. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v72n145/a09v72n145.pdf>
- Foulger, G., Wilson, M., Gluyas, J., Julian, B. y Davies, R. (Marzo, 2018). Global review of human-induced earthquakes. *Earth-Science Reviews*, 178, 438-514. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001282521730003X>
- Gobierno de Chile (2011). Balance de la Reconstrucción a 1 año del 27-F. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de Chile. Recuperado de <https://docplayer.es/34275992-Balance-de-reconstruccion-a-un-ano-del-27-f.html>
- Goldes, G. (15 de abril de 2015). Bariloche y su extraño lagomoto de 1960. *UNCiencia*. Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de <https://unciencia.unc.edu.ar/divulgacion/bariloche-y-su-extrano-lagomoto-de-1960/>
- González, M., Alfaro, P. y Brusi., D. 2011. Los terremotos “mediáticos” como recurso educativo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(3), 330-342. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/257505/344611>
- Hayes, G.P., Myers, E.K., Dewey, J.W., Briggs, R.W., Earle, P.S., Benz, H.M., Smoczyk, G.M., Flamme, H.E., Barnhart, W.D., Gold, R.D., and Furlong, K.P., 2017, Tectonic summaries of magnitude 7 and greater earthquakes from 2000 to 2015: *U.S. Geological Survey*. Report 2016–1192, 148, Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/of/2016/1192/ofr20161192.pdf>
- Holmes, A. 1971. *Geología Física*. Barcelona, Omega.
- IAEA (2015). El accidente de Fukushima Daiichi. Organismo Internacional de Energía Atómica Informe del Director General. Viena, 235 pp. Recuperado de <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/SupplementaryMaterials/P1710/Languages/Spanish.pdf>
- INPRES (13 de diciembre de 1991). Energía del terremoto, 1-7. Recuperado de <http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/Energ%C3%ADa%20del%20terremoto.pdf>
- INPRES (2017). *Manual de Prevención Sísmica*. San Juan. Recuperado de http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/Manual_de_Prevencion_Sismica.pdf
- IRIS - Incorporated Research Institutions for Seismology (junio, 2011). ¿Con qué frecuencia ocurren los terremotos?, 3, 1. Recuperado de https://www.iris.edu/hq/inclass/fact-sheet/how_of-ten_do_earthquakes_occur
- Jaschek, E. (1983). Sismicidad del Arco de las Malvinas, Georgias y Sandwich del Sur. *Revista de la Universidad*. Edición extraordinaria, 11-32. La Plata: UNLP.
- León, F. M. (12 de marzo de 2021). Diez años después del tsunami de Tohoku, Japón. *Me-teored*. Recuperado de <https://www.tiempo.com/ram/diez-anos-despues-del-tsunami-de-tohoku-japon.html>

- Memoria Chilena (2005). Los terremotos en Chile (1570-2010). Terremoto del 22 de mayo de 1960, Valdivia. Biblioteca Nacional de Chile. Recuperado de <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-98075.html>
- Morales Muñoz, R. (noviembre, 2010). Terremoto y *Tsunami* del 27 de Febrero de 2010. Efectos urbanos en localidades de la provincia de Arauco. *Revista Urbano*. 13(22), 43-62. Recuperado de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-TerremotoYTsunamiDel27DeFebreroDe2010EfectosUrbano-5231651%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-TerremotoYTsunamiDel27DeFebreroDe2010EfectosUrbano-5231651%20(1).pdf)
- Murria, J. (2007). El terremoto de Lisboa del 1° de noviembre de 1755: ¿El primer desastre “moderno”? *EIRD*, 14, 13-16. Recuperado de <https://www.eird.org/esp/revista/no-14-2007/contribuciones.pdf>
- Naciones Unidas y Banco Mundial. 2010. *Peligros naturales, desastres evitables La economía de la prevención efectiva*. España: Gondo, 1-332. Recuperado de <https://www.gfdr.org/sites/default/files/publication/peligros-naturales-desastres-evitables-2010.pdf>
- Naoe, K. (12 de marzo de 2020). La central nuclear de Fukushima Daiichi: nueve años sin luz al final del túnel. *Nippon.com*. Recuperado de <https://www.nippon.com/es/japan-topics/q00835/>
- Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (s.f.). Marco Normativo Institucional del Sistema Nacional de Emergencias y Protección Civil. Recuperado de https://www.preventionweb.net/files/28726_marconormativoinstitucionaldelsiste.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2011). *Informe sobre Desarrollo Humano 2010. La verdadera riqueza de las naciones: Caminos al desarrollo humano*. Recuperado de https://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2010_es_complete_reprint.pdf
- Planellas, M. (9 de marzo de 2021). 10 años de Fukushima: golpe a la reputación de una energía en retroceso. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2021-03-09/10-anos-de-fukushima-golpe-a-la-reputacion-de-una-energia-en-retroceso.html>
- Ramírez, P. y Aliaga Sandoval, J. (18 de enero de 2012). *Tsunami* paso a paso: los escandalosos errores y omisiones del SHOA y la ONEMI. *Ciper*. Recuperado de <https://www.ciperchile.cl/2012/01/18/tsunami-paso-a-paso-los-escandalosos-errores-y-omisiones-del-shoa-y-la-onemi/>
- Red Geocientífica de Chile (22 de mayo de 2019). En esta imagen se muestra la comparación de la energía liberada en el terremoto de Valdivia, 1960, y otros terremotos a lo largo de la historia a nivel mundial [tuit]. Recuperado de <https://twitter.com/RedGeoChile/status/1131235938322059265>
- Rhea, S., Tarr, A., Hayes, G., Villaseñor, A. y Benz, H. (2010). Seismicity of the Earth 1900—2007, Japan and Vicinity. Open-File Report 2010-1083-D, Hoja de mapa escala 1: 5 000 000. Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/of/2010/1083/d/>
- Rincon, P. (9 de agosto de 2011). El *tsunami* de Japón generó icebergs en la Antártica. *BBC Ciencia*. Recuperado de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/08/110809_japon_tsunami_glaciares_antartica_jrg
- Rofman, A. (1974). *Dependencia, estructura de poder y formación regional en América Latina*. Buenos Aires: Siglo XXI editores.

- Rojas Hoppe, C. y Díez Lorente, S. (julio-diciembre, 2013). El terremoto chileno del 27 de febrero de 2010: análisis preliminar de las consecuencias en la ciudad de Valdivia. *Investigaciones Geográficas*. Instituto Interuniversitario de Geografía, 60, 139-153. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/34749/1/Investigaciones_Geograficas_60_08.pdf
- Romero, G. y Maskrey, A. (1993). Como entender los desastres naturales. En A. Maskrey (Comp.). *Los desastres no son naturales* (pp. 6-10). Bogotá: La Red - Tercer Mundo Editores. Recuperado de <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSon-Naturales-1.0.0.pdf>
- Ruiz, S. y Madariaga, R. (2012). Sismogénesis, Proceso de Ruptura y Réplicas del Mega Terremoto del Maule 2010. En Departamento Ingeniería Civil. Universidad de Chile. *Mw=8.8 Terremoto en Chile*. Recuperado de <http://dgf.uchile.cl/~sruiz/Papers/books/13-30.pdf>
- Sáez, C. (31 de octubre de 2019). Otro 1 de noviembre. El terremoto que ayudó a modernizar Portugal. *La Vanguardia*. Recuperado de <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/edad-moderna/20191101/471029259656/terremoto-lisboa.html>
- Sáez del Pino, J. 2011. Normativa nacional antisísmica en materia de construcción. Bases y proyecciones (Tesis doctoral). Universidad de Chile. Facultad de Derecho. Recuperado de https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-22_01-40-10102567.pdf
- Sajaroff, P. (2011). Consecuencias del terremoto y tsunami ocurridos el 11 de marzo de 2011, en Japón: estado de situación. *Sociedad Argentina de Radioprotección*. Recuperado de <https://radioproteccionsar.org.ar/downloads/informe-pedro-sajaroff.pdf>
- Sampedro, J. (8 de enero de 2005). Cómo salvarse de un 'tsunami'. *El País*. Recuperado de https://elpais.com/diario/2005/01/09/domingo/1105246353_850215.html
- Shibayama, T., Esteban, M., Nistor, I., Takagi, H., Nguyen, T., Matsumaru, R., Mikami, T., Ohira, K. y Ohtani, A. (2012). Implicaciones del tsunami de Tohoku del año 2011 para la gestión de desastres naturales en Japón. *Obras y Proyectos* 11, 4-17. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/oyp/n11/art01.pdf>
- Sistema Nacional de Emergencias (26 de agosto de 2019). *Sismos en Uruguay*. Presidencia de Uruguay, 1-5. Recuperado de <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sismos>
- Tarback, E. y Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una Introducción a la Geología*. Madrid: Pearson Educación S. A.
- United States Geological Survey [USGS] (23 de diciembre de 2014). Indian Ocean Tsunami Remembered. Scientists reflect on the 2004 Indian Ocean that killed thousands. Recuperado de <https://www.usgs.gov/news/featured-story/indian-ocean-tsunami-remembered-scientists-reflect-2004-indian-ocean-killed>
- United States Geological Survey [USGS] (26 de junio de 2019). 20 Largest Earthquakes in the World. Recuperado de <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/science/20-largest-earthquakes-world>
- United States Geological Survey [USGS] (s.f.-a). 1960-05-22 Recuperado de https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official19600522191120_30/executive

- United States Geological Survey [USGS] (s.f.-b). Mundo - M7+ en 2010. Recuperado de <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/m7-world.php?year=2010>
- United States Geological Survey [USGS] (s.f.-c). 2011-03-11. Recuperado de https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official20110311054624120_30/executive
- Venerdini, A., López, L., Orozco, P., Sánchez, G., Alvarado, P., Perucca, L. y Galván, R. (2019). Parametrización sismológica del sismo del 30 de noviembre de 2018, Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 76(3): 173-182. Recuperado de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/125096/CONICET_Digital_Nro.4f1cbad6-1c13-4ded-8126-66b49e849d04_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Vidal Liy, M. (13 de abril de 2021). Japón aprueba el polémico plan de vertido de agua de Fukushima al mar entre críticas de países vecinos. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/internacional/2021-04-13/japon-aprueba-verter-agua-contaminada-de-fukushima-al-mar.html>
- Witze, A. (12 de septiembre de 2016). Moon's pull can trigger big earthquakes. *Nature*. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/nature.2016.20551#citeas>
- Zilio, M., D'Amico, G., Báez, S., Palacios, F. y Aranda Álvarez, M. (15-16 de noviembre, 2017). Una mirada geográfica sobre las problemáticas geológicas y geomorfológicas. Riesgo e incertidumbre en los terremotos de Haití y Chile, 2010, 1-17. XIX Jornadas de Investigación. CIG. FaHCE. UNLP. Recuperado de <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=eventos&d=Jev13860>
- Zúñiga, Arturo (15 de Agosto de 2001). El Niño Inmolado. *El Mercurio electrónico*. Centro de Documentación Mapuche. Recuperado de <http://www.mapuche.info/news02/merc010815.htm>

CAPÍTULO 6

Paradoja volcánica: creación y destrucción

María Cristina Zilio, Gabriela Mariana D'Amico, Facundo

Palacios, María del Carmen Aranda Álvarez y Santiago Báez

Las ciudades romanas de Pompeya, Herculano y otros asentamientos menores desaparecieron de un momento a otro cuando el Vesubio despertó de su largo letargo, en el 79 d.C. Este es un caso emblemático pero en el mundo son numerosas las poblaciones ubicadas al pie de los volcanes, algunas de las cuales desaparecieron de un momento a otro como consecuencia de su furia. Si estas áreas son peligrosas ¿Por qué la gente las elige para vivir? ¿Qué recursos encuentran? ¿A qué distancia desaparece el peligro? Como paradoja volcánica, a la muerte y destrucción presentes en muchas erupciones se suman la fertilidad de los suelos y/o la riqueza minera, así como las aguas termales y el paisaje que actúan como un imán económico y social muy poderoso. Al respecto, Blaikie *et al.* (1996, p. 183) comentan que suele decirse que “la población que vive en zonas de alto riesgo son jugadores por naturaleza, que asumen grandes riesgos para lograr beneficios inciertos”.

En este capítulo⁸⁹, con una mirada desde la Teoría Social del Riesgo (TSR), se pretende identificar las razones de esa elección y establecer los riesgos a los que está expuesta la población. Dada la riqueza informativa, se toma como caso especial el estudio del Vesubio.

No hay dos volcanes ni dos erupciones iguales

Unos 3600 años atrás, la isla volcánica griega de **Santorini** entró violentamente en erupción y desapareció la mayor parte del territorio, sepultando a la civilización minoica. El evento puede haber dado origen al mito de la Atlántida, escrito por Platón, y a “las siete plagas de Egipto”, relatadas en la Biblia (Sánchez Crespo, 2015, p.157).

En tiempos históricos, la mayor erupción explosiva la registró el volcán **Tambora** (Indonesia), en 1815. Perdió unos 1500 metros de altura y provocó más de 60 000 víctimas. A estos efectos locales se sumó “el año sin verano” ya que las cenizas suspendidas en la estratosfera hicieron

⁸⁹ Basado en el artículo *Vivir al pie de los volcanes o el incierto encanto de habitar zonas peligrosas. Una aproximación desde la Teoría Social del Riesgo* (Zilio *et al.*, 2018).

descender las temperaturas estivales de 1816 en el hemisferio norte (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 168). Las hambrunas desencadenadas produjeron más víctimas que la erupción en sí misma. Anecdóticamente, en ese verano excepcionalmente frío y lluvioso, Lord Byron, cansado de estar encerrado en el interior de su casa, propuso a sus invitados escribir un relato de terror. Así nace el esbozo de la historia de *Frankenstein*, escrito por Mary Shelley (Sánchez Crespo, 2015, p.155).

La erupción del **Krakatoa** (Indonesia), en 1883, que destruyó casi por completo su edificio volcánico, hizo desaparecer dos tercios de la isla aunque no registró víctimas por estar deshabitada. Las 36 000 muertes son producto de tsunamis en el océano Índico, con olas que alcanzaron los 35 metros de altura. La onda llegó a registrarse en Londres (Reino Unido) y San Francisco (Estados Unidos). Las cenizas suspendidas alteraron el clima del planeta durante tres años. La violenta explosión, con un índice de explosividad volcánica 6, nunca antes percibida por los seres humanos, fue escuchada a 4800 km de distancia (Pardo *et al.*, 2011, p. 158; Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 153). Las inusuales puestas de sol que se registraron durante un año podrían haber inspirado la pintura “El Grito”, de Edvard Munch en 1892, según la hipótesis de un astrónomo noruego (El País, 2003). En el espacio que dejó el Krakatoa está creciendo su “hijo”, el activo Anak Krakatoa.

En 1902, como la boca eruptiva del **Monte Pelée** (Martinica) estaba obstruida por un tapón de lava semisolidificada, se produjo un flujo piroclástico que provocó la muerte de 30 000 personas en cuestión de minutos. Este flujo de ceniza ardiente, vapor y otros gases calientes descendió, a gran velocidad, por la ladera y la ciudad de *Saint Pierre*. Los relatos populares mencionan sólo dos sobrevivientes, un prisionero y un zapatero (Keller y Blodgett, 2007, p. 87).

Más cercano en el tiempo y en el espacio, el **Quizapu** entró en erupción en 1932. Fue en Chile, casi en el límite con Mendoza, pero la ciudad de La Plata, que quedó cubierta por un manto de casi 1 mm de espesor, habría recibido más de tres toneladas de cenizas muy finas, según cálculos del Observatorio Astronómico local (Cortelezzi y Ribot, 1982, p. 32). Ya quedan muy pocas personas que recuerden el hecho pero contaban que sus maestras les pedían que juntaran cenizas de los techos para limpiar los pupitres⁹⁰. Ellos hablaban de las cenizas del “Descabezado”. El vulcanólogo platense Eduardo Llambías (2009, p. 67) explica que el Descabezado del Maule es un conjunto de volcanes chilenos. Los geólogos que llegaron hasta ahí no pudieron identificar cuál de estos había sido. Señalando a un volcán, le preguntaron a los baqueanos si era ese. De la respuesta “Quizá, pues”, nació su nombre, “Quizapu”.

¿Qué tienen en común estos procesos volcánicos? ¿Qué diferencias hay? Hablar de elementos en común nos lleva a preguntarnos qué es un volcán. Hablar de diferencias, nos lleva a identificar las formas volcánicas, los tipos de erupción y los materiales involucrados.

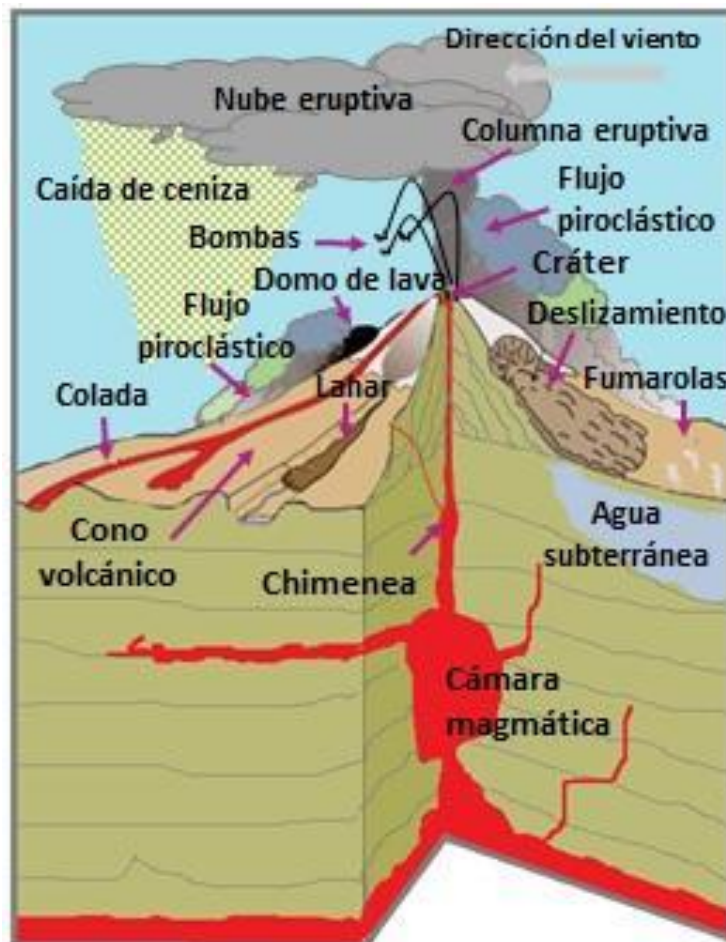
¿Qué es un **volcán**? En general lo asociamos con un relieve positivo de forma cónica, sin embargo el concepto es más complejo. Básicamente, es una acumulación de material magmático

⁹⁰ (T. Zilio, comunicación personal, s.f.).

que, de manera explosiva o efusiva, ha erupcionado –es decir, ha salido a la superficie- a través de un punto o una fisura. Es el resultado de la poderosa energía que existe en las profundidades de la Tierra y que es liberada en forma violenta y espasmódica durante las erupciones.

Recordemos que, básicamente, el interior terrestre está formado por tres capas concéntricas (núcleo, manto y corteza) y existe un importante gradiente térmico entre el núcleo y la superficie. La corteza y la parte más superficial del manto constituyen la litósfera, la envoltura rígida donde se desarrollan los procesos geológicos y la vida. Tiene un espesor de unos 80 km bajo los fondos oceánicos y unos 110 km bajo los continentes. El límite inferior de la litósfera está dado por los 1280°C, temperatura a la que empiezan a aparecer los primeros fundidos del manto. Más abajo, en la astenósfera, las rocas no son rígidas. Allí el **magma** (roca fundida) se encuentra en forma intersticial respecto a los cristales, como una pasta dental explica Llambías (2009, p. 21). Por motivos que no se comprenden bien, este magma intersticial migra y se almacena en grandes reservorios magmáticos y, desde allí, puede llegar a la superficie o almacenarse en **cámaras magmáticas** poco profundas (figura 1).

Figura 1. Estructura volcánica y peligros asociados



Fuente: modificado de USGS (2000, p. 1) por María Cristina Zilio.

El Cinturón de Fuego del Pacífico⁹¹ concentra la mayor actividad volcánica pero, cuando analizamos su distribución mundial, observamos tres tipos de ambientes volcánicos:

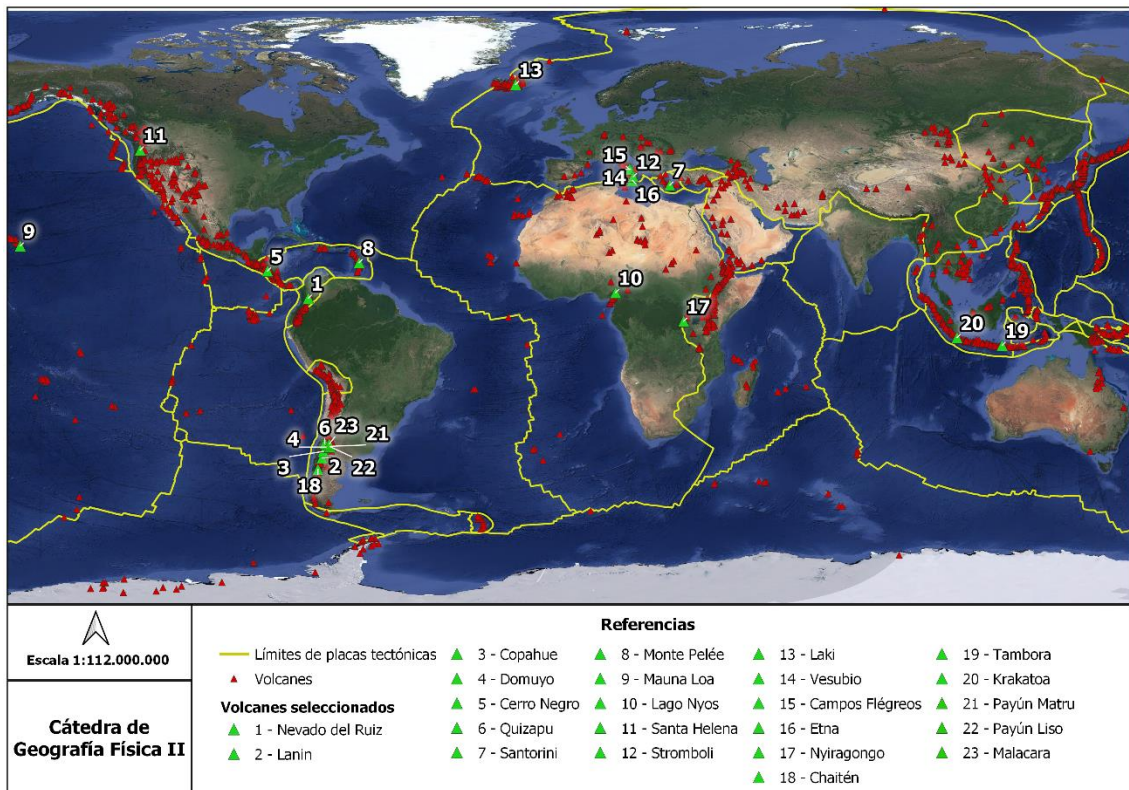
- Las **dorsales oceánicas** (cordilleras volcánicas submarinas), que se forman en los límites divergentes a partir del ascenso de magma basáltico, pobre en sílice, el cual se va agregando lateralmente a las placas. Predominan las erupciones efusivas. Islandia y Azores son áreas emergidas de la cordillera Mesoatlántica.
- Los volcanes **de arco** y **de trasarco** se forman en zonas de convergencia, donde la actividad volcánica es más compleja. Durante el proceso de subducción, la interacción con sedimentos arrastrados desde la superficie produce cambios químicos y termodinámicos que dan origen a diversidad de rocas magmáticas (basalto, andesita, etc.) y a diversidad de erupciones (desde las efusivas a las explosivas). En Sudamérica, los volcanes de arco activos se encuentran alineados con los Andes y son fácilmente reconocibles por su forma y su altura. Al otro lado de la cordillera, hacia el interior, se encuentran los volcanes de trasarco o retroarco. En estos lugares, la litosfera se estira, se agrieta y el espacio generado es rellenado con rapidez por efusión de rocas volcánicas, como ha sucedido en el campo volcánico de Payunia (Mendoza).
- La **pluma caliente** (*hot spot*) tiene su origen en el contacto núcleo-manto. El calor del núcleo forma columnas cilíndricas verticales de rocas de mayor temperatura y menor densidad (“plumas”) que fluyen hacia la superficie. La litósfera se comporta como una lámina de metal atacada por un soplete: disminuye su espesor hasta partirlo y separarlo. El complejo volcánico de Yellowstone (Estados Unidos) y la mayoría de las islas oceánicas, como Galápagos y Hawái, se relacionarían con dichas plumas. Cuando se forman varios puntos calientes alineados y son persistentes en el tiempo, probablemente se rompa la placa y se separe (Llambías, 2001, pp. 20 y 87).

A estas áreas volcánicas, debemos sumar las **zonas de silencio magmático**. Por ejemplo, el sector de la cordillera de los Andes entre los 28 y 33° de latitud Sur carece de registro de actividad volcánica desde hace 18 Ma (Sruoga, 2008, p. 221).

Si bien se desarrolla como caso de estudio al volcán Vesubio (Italia), en este capítulo se ejemplifican, con otros casos, los distintos fenómenos volcánicos. En la figura 2, se observa la ubicación de todos los volcanes mencionados.

⁹¹ Ver Capítulo 5. *Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?*

Figura 2. Localización de los volcanes mencionados



Fuente: elaborado por Santiago Báez sobre la base de Google Satellite y capa Volcanes de Global Volcanism Program.

Los volcanes a la luz de la Teoría Social del Riesgo

Peligrosidad

¿Son peligrosos los volcanes? Un volcán es un fenómeno natural. Se transforma en **peligro** o amenaza natural cuando hay una población expuesta, aunque no todos los volcanes tienen la misma peligrosidad. La ubicación en las placas tectónicas, la profundidad del reservorio, la viscosidad del magma y su contenido en gases son algunos de los factores influyentes.

El **magma** es una mezcla de roca fundida, gases y sólidos (cristales). Al tener menor densidad que las rocas sólidas a su alrededor, tiende a abrirse camino a través de la corteza terrestre. Los **gases**, que en profundidad permanecían disueltos en el magma debido a las altas presiones, al acercarse a la superficie se liberan como fase gaseosa independiente (desgasificación); se expanden como burbujas al abrir una botella de gaseosa. El **vapor de agua** y el **dióxido de carbono** (CO₂) suponen más del 90% del total de gases emitidos, a los que se suman monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S). Las concentraciones tóxicas rara vez alcanzan las zonas pobladas. Una trágica excepción tuvo lugar en el lago **Nyos**, ubicado en el cráter de un volcán inactivo (Camerún). Una noche de 1986, casi sin aviso salvo un ruido sordo, el lago liberó una difusa nube de gas denso, principalmente CO₂. Prácticamente inodora, la nube fluyó desde el volcán

hacia los valles, desplazándose en el aire. Se extendió silenciosamente a través de cinco poblaciones y asfixió a casi 2000 personas y muchos animales (Keller y Blodgett, 2007, p. 87).

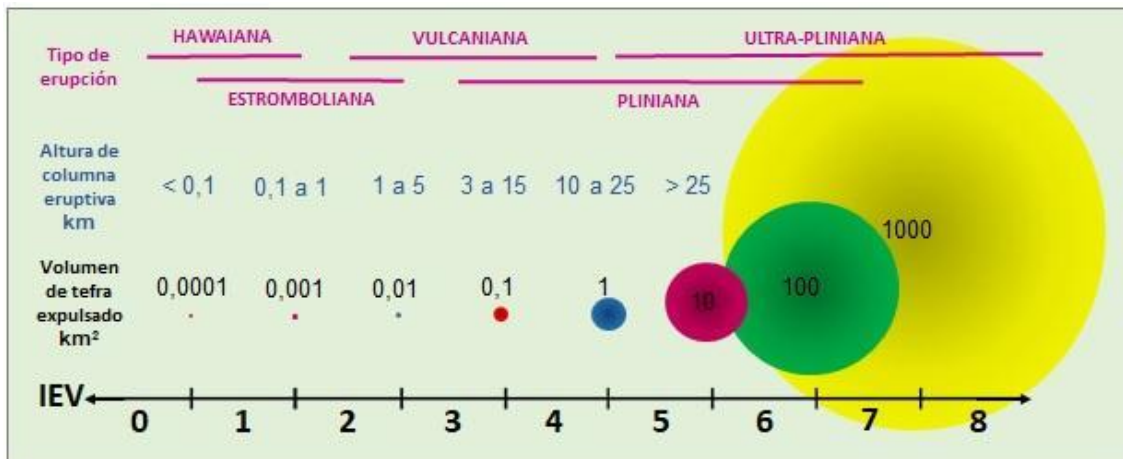
Existen distintos tipos de magmas. Su viscosidad (capacidad de fluir) depende de la temperatura, el contenido de sílice y las proporciones de sólidos (cristales) y gases que contenga. Al llegar a la superficie, la roca fundida tiene temperaturas entre 700° y 1300° C, dependiendo de su composición. Cuando el contenido en sílice (SiO₂) es menor a 50%, el magma es básico, denso y fluido, mientras que cuanto más aumenta el contenido silíceo y gaseoso, los magmas son más viscosos, explosivos y menos densos. Con más de 65% el magma es ácido (OAVV).

Podemos ver en la figura 1, los distintos peligros o amenazas asociados a los volcanes. **Peligros directos:** 1) caída de tefra o ceniza; 2) caída de tefra en trayectoria balística (los fragmentos más grandes de roca, como las bombas, pueden caer a 4 kilómetros del centro de emisión; 3) coladas de lava⁹²; 4) flujos piroclásticos y 5) gases volcánicos. **Peligros indirectos:** terremotos, tsunamis, *lahares*⁹³, avalanchas de detritos, *vog*⁹⁴ y lluvia ácida.

El **índice de explosividad volcánica** (IEV) proporciona una medida relativa de la explosividad de una erupción e identifica las erupciones mediante el volumen de productos expulsados (lava, piroclastos y ceniza volcánica), la altura de la pluma y otros factores del nivel de explosividad (figura 3).

Se trata de una escala abierta que, de 0 a 8, abarca desde las erupciones efusivas a una mega-erupción explosiva, con una columna de cenizas mayor a 25 km de altura. Cada aumento de grado equivale a una explosividad 10 veces mayor (INPRES, s.f., p. 1). No siempre refleja la magnitud del desastre.

Figura 3. Índice de Explosividad Volcánica



Fuente: adaptado de INPRES (s.f., p. 1) por María Cristina Zilio

⁹² La lava es el magma, empobrecido de gases, que ha alcanzado la superficie.

⁹³ *Lahar*: flujo de lodo que se desplaza por las laderas del volcán, asociado a grandes lluvias o deshielo.

⁹⁴ *Vog* ("v" por material volcánico y "og" por niebla -fog en inglés-) es un tipo de niebla tóxica formada por CO₂, vapor y otros gases volcánicos que afecta a varios volcanes, como a los de Hawái. Puede generar lluvia ácida.

En 1985, la erupción del **Nevado del Ruiz** (Colombia) tuvo una pequeña erupción con un IEV 3, pero dejó más de 20 000 muertos, siendo una de las erupciones volcánicas con mayor cantidad de víctimas mortales. El derretimiento de la nieve glacial de su cima (como expresa su nombre) generó un flujo de lodo y escombros (*lahar*), que sepultó a la ciudad de Armero. En 1845, un evento similar había provocado 1000 muertes, pero los depósitos dejados por este suceso produjeron un suelo rico en nutrientes que indujo a la gente a trasladarse allí para establecer granjas. Armero se convirtió en el centro agrícola del valle. Un estudio de riesgos, ignorado por completo, presagiaba un 100% de probabilidad de repetición de un evento similar. El crecimiento demográfico multiplicó por 21 el número de víctimas fatales. A principios de 1986 se estableció un centro de observación de volcanes en ese país.

Los estilos de las erupciones volcánicas se mueven entre dos extremos: la efusividad y la explosividad. Según el tipo de magma, éste puede emerger como una colada de lava que fluye con suavidad o eyectarse de manera explosiva, violenta y caótica. En los grandes volcanes esto ocurre intermitentemente. Los diferentes estilos eruptivos se clasifican entre esas dos formas extremas. Las erupciones efusivas se alimentan de cámaras magmáticas profundas situadas en la astenósfera (80-130 km), mientras que las erupciones explosivas se originan en reservorios ubicados cerca de la superficie (1-8 km). Si estas cámaras no extruyen su contenido, el magma se enfría lentamente y da origen a un **cuerpo intrusivo** o plutónico. Cuando extruyen nunca alcanzan a vaciar todo su contenido por eso debajo de un volcán siempre hay un plutón de igual composición química pero con estructura cristalina. Las rocas volcánicas también pueden contener algunos cristales visibles (Llambías, 2009, p. 37).

En las **erupciones efusivas**, el magma es fluido y contiene pocas burbujas de gas. La lava fluye y forma coladas de variada extensión. Las burbujas pueden crecer libremente porque la baja viscosidad no ofrece resistencia al aumento del tamaño. No estallan y, al enfriarse la lava, se preservan como pequeñas vesículas -escoria- (Llambías, 2009, p. 37). Presentan tres tipos de coladas: 1) **aa** o escoriáceas (fluyen a través de canales abiertos y su superficie es extremadamente rugosa); 2) **de bloques** (flujos masivos de lava que avanzan a paso de hombre) y 3) **pahoehoe** (corren debajo de una costra solidificada debido al enfriamiento de los costados y el techo y la lava que se escurre deja túneles vacíos). Estas últimas, a veces, presentan el aspecto de cuerdas, por eso se la reconoce como lava “cordada”.

Si bien las coladas de lava son las manifestaciones volcánicas menos peligrosas, igualmente pueden generar muerte y destrucción, como ha sucedido en el **Nyiragongo** (República Democrática del Congo). Este estratovolcán, ubicado en el Gran Valle del Rift⁹⁵, posee un profundo cráter con un lago de lava y un pequeño cono activo. En 1977, este lago se vació de repente, cuando la lava escapó por fisuras y provocó un centenar de muertes. Esta conducta la ha repetido en distintas ocasiones. En

⁹⁵ Único sistema de fallas activo a escala continental, podría ser el estadio inicial de una fragmentación continental similar a la que originó al mar Rojo (Báez y Zilio, 2021).

2021, la colada de lava alcanzó los suburbios de la ciudad de Goma, afectando directamente a decenas de miles de habitantes y provocando la muerte de más de 30 personas. A las peligrosidades asociadas al volcán debe sumarse una elevada vulnerabilidad, dado que, con un fuerte crecimiento demográfico, es una región en permanente conflicto -escasez generalizada, guerra civil, cientos de miles de refugiados, presencia de distintas facciones de la guerrilla, comercio ilegal con coltán⁹⁶-. A medida que la lava comienza a enfriarse, el mismo gobierno alienta a la gente a regresar a sus hogares. Las rocas todavía están calientes pero la gente está lista para empezar de nuevo. Cuánto tarda en enfriarse y solidificarse la lava no se puede responder con precisión. Cada volcán tiene un comportamiento único. Depende del tipo de lava, el espesor de la colada y la viscosidad. Pero, entre los factores que determinan la posibilidad de edificar nuevamente se encuentra la urgente necesidad de tierras para rehacer sus hogares -quienes los perdieron por la erupción- o para instalarse - para los cientos de miles de desplazados- (Báez y Zilio, 2021).

En las **erupciones explosivas**, el magma contiene gran cantidad de gases, en parte disueltos y en parte como burbujas. Su presencia determina que haya mayor presión dentro que afuera del reservorio. Esa presión fractura la superficie. La disminución brusca de la presión en la cámara separa los gases disueltos, generando nuevas burbujas e incrementando su tamaño. Por su rápido crecimiento, todas estallan al mismo tiempo y liberan un enorme volumen de energía que levanta hasta varios kilómetros de altura una columna eruptiva. Consecuencia de las explosiones, la lava se fragmenta en pequeñas trizas de vidrio o **cenizas**⁹⁷. La columna eruptiva está integrada por gases muy calientes, cenizas, piedra pómez, trozos de roca de antiguas explosiones y fragmentos de lava – transformada en vidrio y bombas volcánicas-. A cierta altura, la columna pierde la capacidad de ascenso y es arrastrada por los vientos dominantes que desparraman las cenizas (Llambías, 2009, p. 38). Parte de los fragmentos de rocas, como bombas y bloques, adquieren una trayectoria balística parabólica (similar a la de una bala de cañón), para luego caer sobre el terreno.

Las erupciones efusivas dan tiempo suficiente, en general, para la evacuación mientras que las erupciones explosivas son sumamente dañinas. Entre estos dos estilos eruptivos extremos existe una gran diversidad de combinaciones posibles. Los distintos productos volcánicos son el resultado de los diferentes tipos de magmas y las diversas morfologías volcánicas.

Cuando el material magmático es más viscoso no deja salir los gases hasta que una explosión violenta expulsa esta nube de gases junto con fragmentos de magma líquido y trozos de roca: se trata de una **erupción explosiva** o **piroclástica**. Dicha explosividad aumenta cuando el magma entra en contacto con agua superficial o subterránea (**erupción hidromagmática**).

En extremo peligroso es el **flujo piroclástico**. Esta nube ardiente está compuesta por piroclastos y gases y se caracteriza por alta temperatura y velocidad superior a los 100 km/h. Cuando la boca eruptiva está parcialmente obstruida por lava semisolidificada tiene una explosión direccional

⁹⁶ El país produce el 70 % de las reservas mundiales de columbita-tantalita o “coltán”, un mineral del que se deriva el tantalio, imprescindible para la fabricación de cualquier dispositivo electrónico.

⁹⁷ A diferencia de la verdadera ceniza, la ceniza volcánica no es producto de la combustión sino roca pulverizada.

como en la erupción del Monte Pelée, en 1902. En otras ocasiones, la erupción es vertical y cuando esta columna colapsa, cae al suelo y fluye a gran velocidad por las laderas, lo cual recuerda el anillo de las explosiones nucleares (“**surge**” **piroclástico**). En Pompeya, después de la abundante caída de ceniza y piedra pómez, llegó material hidromagmático proveniente de un surge piroclástico. La mayoría de las víctimas perdió la vida en ese momento (Barberi, 1995, p. 50).

No es la lava la que causa los desastres globales. Gases y cenizas inyectados en la atmósfera durante grandes erupciones han sido los responsables de cuatro de las cinco grandes extinciones masivas. La última de éstas, que marcó el fin de la “era de los dinosaurios”, hace 66 Ma⁹⁸, no se debería únicamente al impacto de un meteorito en Yucatán. En las antípodas de México, una gruesa secuencia de coladas basálticas escalonadas -los *traps*-, modeló 500 000 km² de la meseta del **Decán** (India). Para algunos investigadores, el meteorito y la liberación de grandes cantidades de CO₂ a partir de estas erupciones fisurales habrían alterado significativamente el clima del período Cretácico (Tarbuck y Lutgens, 2005, pp. 155 y 276; Pardo *et al.*, 2011, p. 151).

Otros ejemplos, de menor escala a la extinción biológica muestran el impacto de la actividad volcánica en la escala global. Se trata de las tres erupciones más devastadoras de los últimos tiempos: el Tambora y el Krakatoa, ya presentados, y el **Laki**. La erupción de este último volcán, entre 1783 y 1784, provocó miles de víctimas en Islandia y alteró el equilibrio climático en toda Europa durante meses. La erupción de fisura, de unos 100 km de longitud y con unos 130 volcanes activos, emitió lava y nubes tóxicas de ácido fluorhídrico y SO₂. Las consecuencias en el país fueron devastadoras. Entre el 20% y el 25% de la población murió debido a la hambruna y/o al envenenamiento por flúor. Se perdió el 80% de las ovejas y el 50% de las vacas y caballos. La mortandad se extendió por Europa a causa de las enfermedades y el hambre. Conforme la nube tóxica se dispersó, la temperatura aumentó y posteriormente disminuyó, produciendo veranos muy fríos en todo el planeta. Para algunos investigadores habría sido el detonante de la Revolución Francesa (Pardo *et al.*, 2011, p. 158; Sánchez Crespo, 2015, p. 18).

Exposición y vulnerabilidad

Las erupciones volcánicas son como algunas epidemias, afirman Blaikie *et al.* (1996), por cuanto representan un límite al empleo del análisis de la vulnerabilidad. Ponen en peligro

a cualquier persona que viva dentro de la zona de alto riesgo, sea rica o pobre, terrateniente o peón sin tierra, hombre o mujer, viejo o joven, miembro de mayorías o minorías étnicas (...) Los niveles de ingresos, la calidad de la construcción de la casa y el tipo de ocupación, todo parece tener poco peso sobre la capacidad dife-

⁹⁸ Ver cuadro de eras geológicas en Capítulo 2. *El Antropoceno: el precio de la tecnología*.

rencial de la población para resistir el arsenal volcánico de emisiones de gas caliente, impacto de la descarga, flujos de lava, proyectiles, avalanchas volcánicas (lahares) de lodo y el depósito de la ceniza (Blaikie *et al.*, 1996, p. 182),

En las erupciones volcánicas, la exposición varía en función de la peligrosidad. Las erupciones efusivas afectan principalmente a la población expuesta en las laderas del volcán, pero las erupciones explosivas pueden afectar a población que reside en áreas muy distantes. La vulnerabilidad, entendida como la población que presenta las características socio-económicas más deficientes, puede influir en la recuperación de la población posterior a una erupción volcánica. Asimismo, si se tiene un efectivo conocimiento de la peligrosidad de un volcán en donde las erupciones predominantes son efusivas, la población con mayores recursos puede optar por habitar zonas relativamente “seguras”.

Incertidumbre

Si bien los procesos volcánicos son conocidos por la comunidad científica, algunos volcanes se encuentran mejor estudiados y monitoreados que otros. A mayor conocimiento de un volcán, menor es su incertidumbre técnica. Vinculada a ésta, la incertidumbre social es menor cuantas más estrategias de gestión eficientes se desplieguen en un territorio con riesgos volcánicos.

Respecto del estado del conocimiento (tanto científico como de la población), existen numerosos ejemplos de volcanes que no eran considerados activos por el largo período de reposo desde su última erupción. La **predicción** de las erupciones es compleja debido a las características únicas de cada edificio volcánico. Su comportamiento no es homogéneo. Algunos volcanes presentan actividad secundaria (**fumarolas, solfataras, mofetas**, etc.), que sugiere actividad reciente, pero otros estaban “dormidos” y se han reactivado violentamente, situación que los hace más peligrosos porque es difícil elaborar planes de emergencia a corto y mediano plazo. El caso más destacado es la erupción del **Chaitén** (Chile), en 2008, ya que hacía 9000⁹⁹ años que no mostraba actividad (Llambías, 2009, p. 69). En algunos volcanes, el tiempo entre el comienzo de su actividad y el momento culminante es de semanas o meses, como el volcán **Santa Helena** (Estados Unidos) que comenzó a dar señales dos meses antes de la erupción de 1980. La mayor parte de su lado norte explotó, perdiendo 400 m de altura de sus 2900 m s.n.m. La avalancha de escombros, la descarga horizontal, los flujos piroclásticos y los *lahares* devastaron un área de 400 km² (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 136). Un equipo de científicos lo venía estudiando por un abultamiento en el flanco norte, sin embargo, los movimientos sísmicos disminuyeron en los dos días anteriores. El desencadenante fue un terremoto de magnitud media. Al tratarse de un área boscosa protegida, solo fallecieron 59 personas. Los vientos llevaron las cenizas hacia el este. La localidad de Cougar debió ser evacuada. El Observatorio Volcanológico de Cascades (USGS), realiza el monitoreo sísmico y volcánico de la región.

⁹⁹ Un volcán se considera inactivo si no tuvo una erupción en los últimos 10 000 años o no presenta señales medibles de actividad (fumarolas, sismicidad o deformación de la superficie).

Unos volcanes pueden tener erupciones regulares, como el **Stromboli**, en Italia; otros erupcionan con frecuencia y otros, como vimos, tienen períodos de recurrencia muy largos. Otros no avisan y entran en erupción violentamente.

Ahora la población tiene más acceso al conocimiento que incluye una conciencia del riesgo volcánico, aunque para la vulcanología es un reto reducir la probabilidad de una falsa alarma. Tomemos el caso de los **Campos Flégreos**¹⁰⁰, caldera volcánica¹⁰¹ italiana afectada por **bradisismos**. Variaciones en el volumen de una cámara poco profunda provocan que el terreno se eleve o descienda bajo la ciudad de Pozzuoli, en el centro de la caldera. En su puerto, se ven huellas históricas de este proceso, como las columnas del *Serapeum*, un mercado romano. En épocas más recientes hubo tres crisis bradisísmicas, acompañadas de intensa actividad sísmica. Un levantamiento masivo de suelo, que sumó tres metros, acompañado de más de 10 000 temblores en el área obligó, hacia 1983, a evacuar a 40 000 personas debido a la vulnerabilidad sísmica de los viejos edificios del centro histórico. A fines de 1984, todos los fenómenos anómalos se fueron calmando gradualmente (Kilburn *et al.*, 2017, p. 2. En caso de reactivación se espera que unas 200 000 personas deban ser evacuadas antes del comienzo de la erupción. Decidir cuál es el momento preciso para dar la alarma no es simple. Esperando la aparición de todas las señales, puede alcanzar un estadio muy cercano a la erupción y ser demasiado tarde, o, como en los Campos Flégreos, puede volver a atenuarse.

Riesgo volcánico

Como vemos en la figura 4, Tilling y Bailey (1985, modificado en Tilling, 1993, p. 8) han elaborado una pirámide que abarca todos los pasos que se deben seguir en la gestión de riesgo volcánico. En la base del diagrama se encuentra el **estudio geológico** de un área volcánica. Con esa información se deben confeccionar los **mapas de riesgo**: erupción más fuerte, frecuencia de las erupciones, evento máximo esperable, posible dimensión del área afectada, el tipo de fenómenos eruptivos esperados (coladas de lava, flujos piroclásticos, caída de cenizas, flujos de lodo, etc.), acumulaciones de hielo y nieve (potencial peligro de *lahares*). En la cartografía se van a distinguir los peligros cercanos de los más lejanos -que pueden alcanzar los miles de kilómetros, asociados a la emisión y caída de cenizas-. Este último aspecto nos lleva a hablar de la “paradoja de las cenizas”, como menciona Villarosa (2021, 15m02s). Las últimas erupciones que afectaron a nuestro país se originaron en Chile, pero Argentina fue la más afectada debido a la dirección de los vientos predominantes.

¹⁰⁰ Tan solo una decena de kilómetros los separan del volcán Vesubio.

¹⁰¹ Una caldera se forma cuando una gran cantidad de magma extruido en una erupción explosiva genera el desplome de la parte superior del volcán -al quedar la cámara parcialmente vacía-.

Figura 4. Gestión del riesgo volcánico



Fuente: adaptado de la pirámide de Tilling y Bailey (1985, modificado en Tilling, 1993, p. 8) por María Cristina Zilio.

Se requieren acciones de **vigilancia**, **predicción** y **prevención**. Es imposible evitar las destrucciones provocadas por los flujos piroclásticos, pero la sociedad ha demostrado tener capacidad para controlar las coladas lávicas, por ejemplo en el volcán **Etna** (Italia). El monitoreo volcánico ayuda a predecir las erupciones. Algunas de las señales que anuncian el movimiento ascendente del magma son la hinchazón de la superficie, los enjambres de pequeños terremotos y los cambios en la emisión de gases, en la temperatura del agua subterránea y en el campo magnético (Keller y Blodgett, 2007, p. 98).

Esta información debe ser sistematizada y deben protocolizarse las actividades a seguir. Excepto los códigos de color para la aviación, no existe un sistema internacional estandarizado de niveles de **alerta de volcanes** (Global Volcanism Program). Cada país crea sus propios protocolos para las responsabilidades, la comunicación y la colaboración interinstitucionales. En la Argentina, el **Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica** (OAVV), dependiente del SEGEMAR, se encarga del estudio y monitoreo de nuestros volcanes y genera alertas tempranas, dando aviso a las autoridades de Protección Civil y la población, a fin de mitigar el riesgo volcánico. Ha elaborado un semáforo de alerta volcánica que indica los niveles de peligrosidad y el comportamiento de la población.

Paralelamente a la vigilancia, se debe llevar adelante un proceso de **concientización** sobre los peligros que involucra la educación de la población en general, de los medios de comunicación y de los niveles de decisión y políticas públicas.

En la punta de la pirámide se suele observar un quiebre entre los sistemas de generación de información y los sistemas de decisión. En general se actúa en la emergencia y/o contingencia. No se trata de una **gestión de riesgo** sino de crisis. La gestión presenta distintos grados de complejidad que tienen que ver con la interacción de diferentes factores, como problemáticas en la interfaz ciencia-gestión (sistemas de protección civil).

Caso de estudio: Vesubio

Diversas razones influyeron en la selección de este volcán como caso principal: (1) la descripción de la erupción del año 79 d.C. es no sólo la más antigua sino la más famosa, llevada incluso al cine; (2) posee el observatorio vulcanológico más antiguo del mundo, motivo por el cual tiene un mejor seguimiento de su comportamiento; (3) concentra una de las mayores densidades demográficas en terrenos volcánicos y (4) en función de los registros de su comportamiento se considera que se encuentra en un período de inactividad temporal pero que puede tener una erupción explosiva (figura 5).

Figura 5. Volcán Vesubio



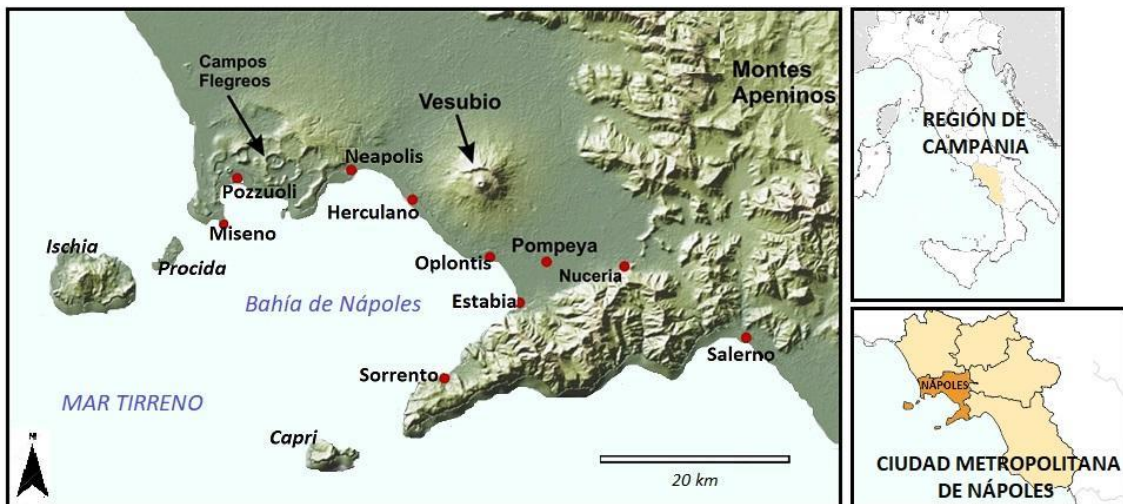
a) Vista desde Sorrento y la bahía o golfo de Nápoles; b) Un túnel volcánico; c) Cráter vesubiano y su actividad fumarólica y d) Vista desde las ruinas de Pompeya (el cráter a la izquierda y la cresta del Monte Somma a la derecha). Fotografías: María Cristina Zilio (2020).

Peligrosidad

El territorio italiano es producto de un complejo comportamiento de las placas tectónicas y esta complejidad se visibiliza en la formación de las cordilleras, elevada sismicidad y numerosos volcanes. Al menos diez de ellos son activos: *Stromboli*, Etna, Vesubio, *Colli Albani*, Campos Flégreos, Ischia, Lipari, Vulcano, Pantellería, Isla Ferdinandea. Si bien sólo los dos primeros tienen erupciones continuas o separadas de períodos cortos de descanso -de meses a algunos años-, todos estos volcanes pueden producir erupciones en un corto o mediano tiempo (INGV).

El 24 de agosto del 79 d.C., la dirección del viento fue la responsable de que Oplontis, Pompeya y Estabia, ciudades situadas en las faldas del **Vesubio**, acabaran sepultadas por hasta tres metros de material volcánico (figura 6). El aire arrastró los gases tóxicos provocando la muerte instantánea de numerosos habitantes. En **Pompeya**, en menos de 24 horas, murieron más de 2000 de sus 20 000 habitantes (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 150). **Herculano**, en cambio, quedó cubierta por la lava incandescente que corrió volcán abajo hacia el oeste. Nola, Sorrento y Neapolis (Nápoles), quedaron gravemente dañadas por los temblores que acompañaron la erupción y que provocaron un pequeño tsunami en la bahía (Castillo, 2017, p. 25).

Figura 6. Ubicación del volcán Vesubio y alrededores



Fuente: adaptado de Soto Bonilla (2014, p. 1) por María Cristina Zilio.

Plinio el Joven, funcionario romano, se encontraba a unos 30 km de distancia y describió los eventos de la erupción. En su honor, este tipo de erupciones se denominan plinianas¹⁰². Para, Soto Bonilla (2014, p. 5), el nombre debería incluir la contribución del tío, **Plinio el Viejo**, quien

¹⁰² Se caracterizan por explosiones que producen columnas eruptivas que pueden elevarse decenas de kilómetros y que pueden afectar áreas ubicadas a cientos y miles de kilómetros del volcán.

murió en el cumplimiento de su deber como almirante de la flota del Tirreno, tratando de salvar vidas. Considera que su labor debería ser reconocida como pionera en la defensa civil.

A partir de 1748, el descubrimiento de huecos que habían contenido restos humanos, en la ceniza solidificada, estimuló la excavación sistemática de Pompeya. En 1863, se comenzó a inyectar yeso líquido en esos vacíos, obteniendo así un calco de los cadáveres. En la actualidad se utilizan resinas sintéticas que permiten recoger mayor número de detalles (Castillo, 2017, p. 26). Las figuras resultantes muestran los últimos momentos de la vida de los pompeyanos. Un estudio multidisciplinar (Mastrolorenzo *et al.*, 2010, p. 1) ha determinado que las víctimas no sufrieron una larga agonía, sino que perdieron la vida al instante por exposición a temperaturas al menos de 250°C, en Pompeya, y 500°C, en Herculano. Teniendo en cuenta la altura de la columna piroclástica, que se habría elevado unos 30 kilómetros de altura, y la velocidad de la nube que provocó su derrumbe, se determinó que el tiempo de tránsito de esta nube tóxica sobre Pompeya fue de poco más de un minuto. Los moldes de los cuerpos presentan “espasmo cadavérico”, una postura adoptada únicamente cuando la muerte es instantánea (Mastrolorenzo *et al.*, 2010, p. 6).

Si bien el evento del año 79 d.C. es el más famoso, no es la única erupción vesubiana. Para comprender su evolución debemos tener en cuenta que es un estratovolcán y, a simple vista, su perfil presenta una doble cima ya que está compuesto por el antiguo **volcán Somma**, transformado en caldera, y el Vesubio, crecido en su interior. Se calcula que hace 19 000 años se terminó de formar el primer volcán, del que hoy solo queda una cresta asimétrica conocida como Monte Somma. El Vesubio mide 1281 m s.n.m y posee un cráter de 500 m de diámetro y unos 300 m de profundidad (Orsi *et al.*, 2001, pp. 7 y 9). En su compleja historia, que supera los 300 000 años, alternan períodos de actividad eruptiva, durante los cuales el conducto del volcán está abierto, y períodos de inactividad, en los cuales el conducto está obstruido. Durante los primeros, se suceden intervalos cortos de erupciones efusivas y explosivas de baja energía que se producen cuando el magma, que va llenando el conducto, alcanza el cráter. Luego, el conducto se obstruye y el material se acumula en una cámara magmática. En general, terminan con una erupción explosiva que es tanto más violenta cuanto más largo es el período de quietud que lo precedió (Orsi *et al.*, 2001, p. 13). Sufrió siete erupciones plinianas (INGV), con IEV 5 o 6. La erupción de 1944, "terminal", de naturaleza mixta (explosiva y efusiva), marcó el paso del volcán a un estado de actividad de conducto obstruido (INGV). Desde esa fecha, las señales se han restringido a actividad fumarólica, principalmente dentro del cráter, y terremotos pequeños. Su comportamiento anterior y su estado actual sugieren que puede reanudar su actividad eruptiva y que puede ser explosiva. En síntesis, el Vesubio es peligroso (Orsi *et al.*, 2001, p. 13).

Exposición

Su cráter se encuentra a unos 15 km del centro de Nápoles. Con 940 940 habitantes y una densidad de 7911 hab/km², es la comuna más poblada de la Ciudad Metropolitana de Nápoles (CMN), que suma más de tres millones de habitantes (Tuttitalia, 2021). La intensa urbanización

sobre sus laderas ha aumentado dramáticamente el riesgo volcánico. Debido al carácter urbano de la CMN, predominan las actividades industriales, los servicios y el comercio. La fertilidad del suelo permite el desarrollo de los viñedos que, sobre las laderas del Vesubio, crecen en terrazas. Se destaca la producción del *Lacryma Christi*, famoso vino de la región.

Vulnerabilidad

Italia presenta valores altos tanto en el Índice de Desarrollo Humano (IDH) como en el IDH ajustado por desigualdad, siendo de 0,887 y 0,784 respectivamente, sin embargo, su desarrollo no es homogéneo en todo el territorio. Un periódico económico determina anualmente la calidad de vida de las ciudades italianas. De un total de 107 lugares, la ciudad de Nápoles, en 2020, se ha ubicado en el 92°. Este lugar resulta del promedio de diversas variables que, observadas por separado, descienden en su posición: números de enfermeros por habitante (100°), tasa de ocupación (105°), empresas en quiebra (106°), denuncia de extorsiones cada mil habitantes (103°), índice de riesgo climático (100°), jóvenes que no trabajan ni estudian (99°) y espacio habitable en metros cuadrados por componentes de familia (107°). La elevada densidad, la falta de servicios, la inseguridad, el crimen organizado son algunos de sus mayores problemas (*// Sole 24 Ore*, 2020).

El plano urbano es irregular, adaptado al relieve, a la línea de costa y a la presencia de construcciones antiguas. Muchas calles estrechas recuerdan que “Neapolis” fue una colonia griega. El tráfico es complejo, con atascos y caos circulatorio. No se respetan las reglas de tránsito. Nápoles es una ciudad violenta debido a la Camorra, su criminalidad organizada. La mafia napolitana se asocia tanto a asesinatos como a comercios legales (construcción, recolección de residuos, entre otros) e ilegales -contrabando y droga- (González, 2006).

Incertidumbre

La actividad histórica del Vesubio está bien documentada ya que posee el observatorio más antiguo del mundo (1848). Esta reconocida institución realiza un monitoreo continuo sobre la sismicidad, deformación del suelo y emisiones de gases del volcán. Ha reconstruido la evolución morfológica del volcán a partir de fuentes históricas e iconográficas sobre su actividad en los últimos siglos (INGV, s/f).

Se estima que podría registrarse una erupción subpliniana similar a la de 1631, en el corto a mediano plazo. Si bien la erupción real podría ser más modesta, se ha tomado como base para formular un plan de emergencia (Orsi *et al.*, 2001, p. 30). Como dice Barberi (1995) “se puede estimar con buena aproximación una erupción del Vesubio en los próximos 20 años, pero no podemos establecer con certeza si habrá o no erupción del Vesubio en este período

de tiempo” (p. 52). Han pasado 27 años desde esa afirmación y no registró mayor actividad de la normal.

Para el plan de evacuación actual se calcula una duración superior a 20 días tras el preaviso de erupción. Hacia la década de 1990, escribía Barberi (1995, p. 52), en caso de una erupción, se necesitaban tres semanas para realizar una evacuación ordenada de los 600 000 habitantes del área -ahora el número de habitantes se ha multiplicado por cinco-.

Riesgo

La peligrosidad de la CMN es alta. Además del Vesubio, incluye otros dos volcanes activos y peligrosos (Campos Flégreos e Ischia), que también pueden dar erupciones explosivas. La exposición y la vulnerabilidad son elevadas por concentrar más de tres millones de personas, con alta densidad de población, dominio de la mafia, trazado complejo y tráfico caótico. Cada uno de estos elementos restringe una rápida evacuación potencial. Si bien posee el *Osservatorio Vesuviano* y la gente tiene conciencia del peligro, hay incertidumbre sobre el comportamiento volcánico ya que es imposible predecir antes de la erupción, con el conocimiento actual, su dinámica eruptiva y la cantidad de magma emitida. El análisis de estas cuatro dimensiones nos lleva a considerar al Vesubio y sus alrededores como una de las áreas con mayor riesgo volcánico del mundo.

El incierto encanto de habitar zonas peligrosas

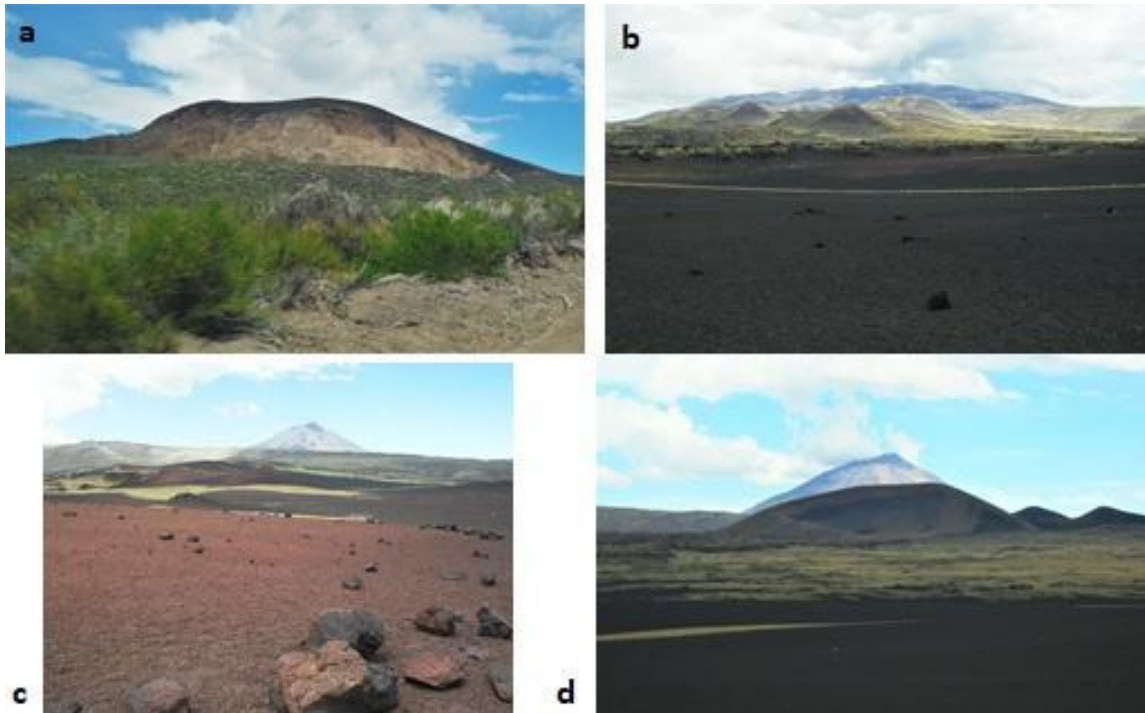
Si bien son innumerables los riesgos volcánicos, también lo son los efectos benéficos de sus productos. No es accidental que la densidad de población sea alta cerca de los volcanes. En el mundo, solo el 1% de los suelos está formado por cenizas volcánicas pero albergan el 10% de la población mundial (*Global Volcanism Program*). La meteorización de estas cenizas fertiliza los suelos que sustentan cultivos como los arrozales (Indonesia, Filipinas y Japón), la caña de azúcar (América Central) y los viñedos (Italia). Las abundantes cenizas de la erupción del **Cerro Negro** (Nicaragua, 1992) auguraban una crisis agrícola, sin embargo, a los diez meses se lograron buenas cosechas de los fértiles suelos entremezclados con cenizas volcánicas (Blaikie *et al.*, 1996, p. 183). Los volcanes generan productos minerales, tanto durante la erupción (piedra pómez y escoria), como a partir de fenómenos post volcánicos (azufre y otros minerales), utilizados en industria y construcción. Los reservorios de vapor o agua caliente en campos geotérmicos se han aprovechado tanto para calefaccionar como para generar electricidad. Los mayores productores, en 2000, fueron: Estados Unidos, Filipinas, Italia, México, Indonesia, Japón, Nueva Zelanda, Islandia, Costa Rica y El Salvador (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 608). El uso médico y recreativo de las fuentes termales también se ha reconocido en todo el mundo por miles de años, por ejemplo, las Termas de **Copahue**, Neuquén. Los volcanes

también son un atractivo turístico, con gran beneficio económico para las comunidades locales, como el ascenso hasta la cima volcánica -**Lanín**, Neuquén-; la visita a géiseres - **Domuyo**, Neuquén- o a la **Payunia**, “meca de los vulcanólogos”.

¿Sabías que la Payunia es un laboratorio volcánico a cielo abierto?

La reserva provincial de Payunia (Mendoza) se ha presentado como candidata a Patrimonio Mundial (figura 7). Claro ejemplo de vulcanismo de trasarco, presenta diversidad de expresiones volcánicas. La homogeneidad de colores negruzcos y rojizos es solo interrumpida por la presencia escasa de coirones amarillentos, única cubierta vegetal. Es uno de los diez campos volcánicos más importantes del planeta y posee ejemplos de todos los tipos de erupciones, todos los tipos de volcanes y todas las formas volcánicas que puedan existir. Presenta 1) **conos** formados en distintas erupciones (poligenéticos), como la caldera volcánica del **Payún Matrú** (3715 m s.n.m) y el **Payún Liso** (3680 m s.n.m), con su cima truncada; 2) la erupción hidromagmática del volcán **Malacara** (1876 m s.n.m) y 3) alrededor de 800 conos formados por un solo evento eruptivo (monogenéticos), muchos de los cuales son “aportillados”, semejantes a una herradura. Sobre extensos campos de lapilli (fragmentos sólidos de entre 2 y 64 mm), abundan lavas aa, *pahoehoe* y de bloques, tubos de lava y fisuras expuestas.

Figura 7. Campo volcánico de la Payunia



Payunia y alrededores. a) Volcán Malacara; b) campo de lapillis y, de fondo, la caldera del Payún Matrú y conos adventicios; c) campos de lapillis oxidados y, de fondo, el Payún Liso; d) campo de lapillis, coirones, un cono aportillado y la cima truncada del Payún Liso. Fotografías: María Cristina Zilio (2012).

¿Sabías que Misiones y Corrientes son territorios volcánicos?

Durante el pasado geológico, grandes sectores continentales fueron cubiertos por lavas basálticas muy fluidas, extruidas por fisuras. En períodos geológicamente cortos (cerca de un millón de años), coladas sucesivas, algunas de hasta 50 metros de espesor, enterraron el relieve previo. Estos mantos -conocidos como *plateau* basálticos, provincias ígneas gigantes o basaltos de inundación- estarían asociados a la presencia de una pluma caliente con una cabeza de tamaño considerable (Tarbuck y Lutgens, 2005, pp. 155-156 y 167).

El nacimiento del Atlántico estuvo precedido, hace unos 130 Ma, por la irrupción de estos basaltos. Cuando el océano comenzó a formarse, este gigantesco *plateau* basáltico dio origen a las provincias basálticas de Paraná, en Sudamérica, y de *Etendeka*, en África (Tarbuck y Lutgens, 2005, pp. 383-384). En nuestro país, tiene más de 1 000 000 km² de superficie, casi 2000 metros de profundidad, y se visibiliza en Misiones y gran parte de Corrientes. Estos mantos lávicos cubren gran parte de los estratos arenosos que contienen al Sistema Acuífero Guaraní. Otros fenómenos asociados son la formación de saltos –Cataratas del Iguazú, Saltos del Moconá-; la “tierra colorada” -suelo originado en la meteorización del basalto, rico en hierro- y la formación de geodas, como las amatistas –variedad de cuarzo-.

¿Sabías que es un *maar*?

Un *maar* es un amplio cráter volcánico de bajo relieve formado por erupciones explosivas – generalmente hidromagmáticas- poco profundas. Estos cráteres suelen llenarse de agua (USGS, 2022). Como ejemplo encontramos al lago Albano¹⁰³, a unos 20 km de Roma. Este se encuentra en el complejo Montes Albanos (*Colli Albani*, en italiano), un gran estratovolcán con una caldera pleistocénica de 10 km de diámetro. Las erupciones posteriores enterraron parcialmente a la caldera. El mayor de estos cráteres posteriores es el lago Albano, un *maar* compuesto de 2,5 por 4 km construido en múltiples etapas. Son inciertas las erupciones históricas informadas durante el período romano, pero se han registrado enjambres sísmicos que duraron hasta dos años (Global Volcanism Program).

Lo interesante de este lago de cráter, el más profundo de Europa (167,5 m), es que debido a los repetidos desbordamientos catastróficos¹⁰⁴ desde el borde del mar, se desarrolla una de las primeras obras de mitigación de riesgo. Los antiguos romanos excavaron, en 394 a. C. un túnel de drenaje para mantener el nivel del lago a una altura segura de 70 m por debajo del borde del cráter (De Benedetti *et al.*, 2008, pp. 387 y 404).

¹⁰³ Famoso porque en su orilla se encuentra el Palacio Pontificio de Castel Gandolfo, residencia veraniega de los papas.

¹⁰⁴ El último desbordamiento catastrófico se describe como “consecuencia de la ira de Poseidón contra los romanos, en el 398 a. C., por su guerra contra los etruscos” (De Benedetti *et al.*, 2008, p. 387).

Preguntas para reflexionar

- Vivir en la ladera de un volcán ¿es peligroso *per se*?
- Al pensar en riesgo volcánico, debemos referirnos a un espectro muy amplio ¿Podrías pensar en dos ejemplos completamente diferentes?
- ¿Qué factores influyen en la peligrosidad de un volcán? ¿Cuáles son los mayores peligros? Si aumenta el índice de explosividad, ¿aumenta el peligro? ¿Por qué?
- Si bien la exposición y vulnerabilidad están íntimamente relacionadas con la distancia, ¿desaparece el riesgo estando lo suficientemente distantes de un volcán? ¿Qué acciones deberían tomarse para reducir el riesgo volcánico?
- ¿Por qué se habla de destrucción y creación al hacer referencia a los volcanes?

Referencias

- Báez, S. y Zilio, C. (noviembre, 2021). Edificar sobre la lava caliente. Peligrosidades y vulnerabilidades asociadas a las erupciones del volcán Nyiragongo y la ciudad de Goma (RDC), República Democrática del Congo. E-ICES 16. ICES – UNCUYO – CNEA – UTN – Ag. Recuperado de <https://icesuncuyo.wixsite.com/e-ices16/p%C3%B3sters-galeria-1>
- Barberi, F. (1995). Mitigación de riesgos volcánicos. En Instituto Tecnológico Geominero de España. *Reducción de riesgos geológicos en España* (49-54). Madrid: Tiasa Gráfica.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. y Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. Bogotá: La Red.
- Castillo, E. (2017). Pompeya. Barcelona: Serie Arqueología.
- Cortezzi, C. y Ribot, A (1982). Registro histórico de caída de cenizas volcánicas en La Plata. En: Laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente. Municipalidad de La Plata. La Plata: de la ciudad antigua a la ciudad nueva. Sueños y realidades. La Plata: Municipalidad de La Plata.
- El País (11 de diciembre de 2003). El cielo de 'El Grito' de Munch es 'realista'. Recuperado de https://elpais.com/cultura/2003/12/11/actualidad/1071097201_850215.html
- Global Volcanism Program. *Smithsonian Institution*. Sitio web oficial. Recuperado el 4 de agosto de 2021 de <https://volcano.si.edu/>
- De Benedetti, A., Funciello, R., Giordano, G., Diano, G., Caprilli, E. y Paterne, M. (octubre de 2008). Vulcanología, historia y mitos del lago Albano maar (volcán Colli Albani, Italia). *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica* 176(3):387-406. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/223208765_Volcanology_history_and_myths_of_the_Lake_Albanomaar_Colli_Albanivolcano_Italy
- González, E. (3 de noviembre de 2006). La Camorra se hace con Nápoles. Reportaje. El País. Recuperado de https://elpais.com/diario/2006/11/03/internacional/1162508401_850215.html

- Il Sole 24 ore (2021) *Le province più vivibili d'Italia. Qualità della vita 2020*. Recuperado de <https://lab24.ilsole24ore.com/qualita-della-vita/>
- INGV. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanología. Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano. Sitio Web Oficial. Recuperado el 20 de abril de 2021 de <https://www.ingv.it/it/>
- INPRES (s.f.). Índice de explosividad de un volcán, 1-4. Recuperado de <http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/%C3%8DNDICE%20DE%20EXPLOSIVIDAD%20UN%20VOLC%C3%81N.pdf>
- Kilburn, C., De Natale, G. y Carlino, S. (15 de mayo de 2017). Progressive approach to eruption at Campi Flegrei caldera in southern Italy. *Nat Commun* **8**, 1-8. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/ncomms15312>
- Keller, E. y Blodgett, R. (2007). *Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Llambías, E. (2001). Geología de los cuerpos ígneos. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Universidad Nacional de Tucumán. Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO), pp. 7-10, 88-93 Y 95-99.
- Llambías, E. (2009). *Volcanes. Nacimiento, estructura, dinámica*. Buenos Aires: Vazquez Mazzini Ediciones.
- Mastrolorenzo, G., Petrone, P., Pappalardo, L. y Guarino, F. (junio, 2010). Lethal Thermal Impact at Periphery of Pyroclastic Surges: Evidences at Pompeii. *Revista científica Plos One*. 5 (6), 1-12. Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0011127>
- OAVV. Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica. *Sitio Web Oficial de SEGEMAR*. Recuperado el 22 de abril de 2021 de <https://oavv.segemar.gob.ar/>
- Orsi, G., Cuna, L., De Astis, G., de Vita, S., Di Vito, M.A., Isaia, R., Nave, R., Pappalardo, L., Piochi, M., Postiglione, C., Sansivero, F. (2001). I vulcani napoletani: pericolosità e rischio. *Osservatorio Vesuviano*. Recuperado de: https://www.ov.ingv.it/ov/doc/vulcani_napoletani_HQ.pdf
- Pardo, A., Keller, G. y Adatte, T. (2011). De México a India: en busca de las causas del ocaso de los dinosaurios. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2011 (19.2), 148-160. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/280298299>
- Sánchez Crespo, A. (2015). *El general que se alió con las arañas*. Madrid: Guadarramistas Historia. 1-282.
- Soto Bonilla, G.J. (2014). Los Plinius, el Vesubio, Pompeya y el Imperio Romano de la segunda mitad del siglo I. Universidad Latina Campus Heredia (Tesis doctoral). Costa Rica. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/281359457>
- Sruoga, Patricia (2008). Volcán Maipo ¿Una amenaza latente? En CSIGA (Ed.). *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina* (215-227). 46(I) Buenos Aires: SEGEMAR.
- Tarback, E. J. y Lutgens, F. 2005. *Ciencias de la Tierra. Una Introducción a la Geología*. Madrid: Pearson Educación S. A.

- Tilling, R. (1993). Apuntes para un Curso Breve sobre Peligros Volcánicos. Organización Mundial de Observatorios Vulcanológicos. 2-3 de julio de 1989. Santa Fe. Estados Unidos. p. 8 Recuperado de <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Volcanes/pdf/spa/doc4482/doc4482-contenido.pdf>
- Tuttitalia (1 de enero de 2021). Comuni nella città metr. di Napoli per popolazione. En *Guida ai Comuni, alle Province ed alle Regioni d'Italia*. Recuperado de <https://www.tuttitalia.it/campagna/provincia-di-napoli/73-comuni/popolazione/>
- USGS (octubre, 2000). ¿Cuáles son las amenazas o peligros volcánicos? USGS Fact Sheet 144-00. Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/fs/fs144-00/fs144-00.pdf>
- USGS (2022). Maar. Recuperado de <https://volcanoes.usgs.gov/vsc/glossary/maar.html> el 3/6/2022.
- Villarosa, G. (4 de junio de 2021). La erupción del Cordón Caulle del 4 de junio de 2011: aportes científicos a problemas de gestión. En: *GEA-IPATEC. Cómo integramos la ciencia a la gestión del riesgo desde la perspectiva geoambiental. Grupo de Estudios Ambientales del Instituto IPATEC (Conicet-UNCo)*. Ciclo de charlas. 1° Encuentro. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=C2ITMSHLG-8&ab_channel=Comunicaci%C3%B3nUNCoBariloche
- Zilio, M., D'Amico, G., Palacios, F. y Aranda Álvarez M. (2018). Vivir al pie de los volcanes o el incierto encanto de habitar zonas peligrosas. Una aproximación desde la Teoría Social del Riesgo. VII Congreso Nacional de Geografía de Universidades Públicas y XXI Jornadas de Geografía de la UNLP. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/110357>

CAPÍTULO 7

Humedal de la Bahía Samborombón: uso y sobreuso de los suelos

María del Carmen Aranda Álvarez

La llanura costera bonaerense es una de las regiones de Argentina que ha sufrido más transformaciones debido al factor antrópico, durante los últimos siglos. Sobre las costas del Río de la Plata, se despliega la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA), que cuenta aproximadamente con 15 millones de habitantes. Hacia el sur, contrastando con el paisaje anterior, con muy baja densidad poblacional, se encuentra el **humedal de la Bahía Samborombón**. Designado **sitio Ramsar**¹⁰⁵, comprende uno de los ecosistemas más valiosos del planeta. Sus suelos, en un frágil equilibrio, son el sustento de un mosaico de microambientes de gran biodiversidad (Canziani *et al.*, 2013, p. 95).

A partir de la década de 1990, se intensifican y expanden las actividades agropecuarias y mineras en la provincia de Buenos Aires afectando, directa e indirectamente, a los suelos de la llanura costera. Si bien los sectores bajos de la Bahía Samborombón no son del todo propicios para la ganadería y mucho menos para la agricultura, estas producciones se incorporan a la economía del humedal. En los relieves positivos, la explotación de los cordones de conchilla representa uno de los recursos más rentables de la región (Volpedo *et al.*, 2005, p. 97).

En este contexto espaciotemporal, el objetivo de este capítulo es aportar conocimiento acerca de las repercusiones ambientales de los cambios en el uso del suelo del humedal de la Bahía Samborombón. El procedimiento metodológico para alcanzar esta propuesta consiste en un estudio en el que se cruzan variables antrópicas y naturales, lo que permite analizar los resultados ambientales de dicha interacción, destacando la importancia del suelo como un componente basal para el ecosistema.

¹⁰⁵ La Convención Ramsar es un tratado intergubernamental, aprobado en el año 1991 por la República Argentina, que proporciona el marco para la acción nacional y la cooperación internacional, con el objetivo de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos (Volpato, 2017, p. 32).

El humedal como Sitio Ramsar

La Bahía Samborombón se extiende a lo largo de 180 kilómetros sobre la margen occidental del estuario del Río de la Plata, entre Punta Piedras (57° 8'W- 35° 27' S) y Punta Rasa (56° 45' W – 36° 22' S). Los límites, oeste y sur, de su sector continental, están comprendidos por la Ruta Provincial N° 11 (figura 1). En cuanto a la división política, comprende la franja sur del partido de Punta Indio; la zona oriental de los partidos de Chascomús, Castelli y Tordillo; y la zona norte de General Lavalle y del Municipio Urbano de la Costa. La superficie total fue estimada en 243 965 ha, correspondiendo aproximadamente 147 245 ha al sector terrestre y 96 720 ha al sector de aguas. La franja terrestre tiene un ancho variable de 2 km, en Punta Piedra a 23 km, en Canal 1 (Rodríguez, 1996, párr. 1-4). Sus dimensiones lo convierten en el humedal costero más extenso de Argentina. Su localización, en una zona de confluencia de aguas del Río de la Plata y del Océano Atlántico, lo categorizan como un humedal mixohalino¹⁰⁶, donde la interacción entre ecosistemas acuáticos y terrestres, sustenta una notable biodiversidad (Volpedo *et al.*, 2005, p. 90).

Figura 1. Bahía Samborombón: ubicación y paisajes



Ubicación del humedal de la Bahía Samborombón; 2) Terrenos anegados de uso ganadero; 3) Bosque de tala al fondo de una cantera de conchilla en cese. Fuente: 1) Elaboración propia sobre imágenes Bing Satellite, MAYS/IDE Ambiental y WMS/IGN; 2) Imagen Google Street View y 3) Fotografía: María del Carmen Aranda Álvarez.

¹⁰⁶ Ambiente, en general costero, que presenta diferentes grados de salinidad, producto de la interacción entre el agua marina y el agua dulce (Volpedo *et al.*, 2005, p. 91).

El tratado Ramsar (1971), en su artículo 1°, define a los **humedales**: “A los efectos de la presente Convención, son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas (...), cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, 1994). Determinados humedales, debido a su valor excepcional, son seleccionados e incluidos a una “Lista” de sitios Ramsar, asignándoles una calidad de importancia internacional como recurso natural. La Bahía Samborombón ha sido incorporada a dicha lista en el año 1997. La más relevante de las razones para su inclusión, es que constituye un hábitat para las aves migratorias que, al traspasar las fronteras de diferentes países, son consideradas como un recurso internacional (Secretaría de la Convención Ramsar, 2010, p. 21). Además, es uno de los últimos reductos de los pastizales pampeanos y el lugar donde habitan los pocos ejemplares existentes del venado de las pampas (Bilenca y Miñarro, 2004, p. 99). Asimismo, representa un sitio de importancia arqueológica, por haberse detectado abundantes concentraciones de material cultural de ocupaciones aborígenes (Aldazabal y Eugenio, 2008, p. 55).

Es importante destacar que, en la 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre Humedales, se determina que si un sitio Ramsar, o parte del mismo, pierde los elementos, los procesos y los servicios por los que se le incluyó en la Lista, puede considerarse su retirada de la misma o la reducción de su área (COP9, 2005, p. 5).

Los suelos del humedal

Propiedades y funciones

El **suelo** es uno de los componentes basales del ecosistema. Panigatti (2010) junto a José A. Ferrer¹⁰⁷, elaboraron una precisa definición:

El suelo es una formación de origen natural que se halla en la intersección de la litosfera, hidrosfera, biosfera y atmósfera. Resulta del accionar de los elementos ambientales, esencialmente clima, biota, roca y geoforma, y aún de la actividad antrópica. Posee constituyentes minerales y orgánicos en estado sólido, líquido y gaseoso, los que están interrelacionados conformando distintos niveles de organización con variaciones espaciales así como temporales (Panigatti, 2010, p. 29).

Las variaciones de las condiciones biofísicas del ambiente producen heterogeneidades laterales en el manto terrestre, delimitando clases de suelo de acuerdo a sus características o posi-

¹⁰⁷ El geólogo José A. Ferrer es mencionado por Panigatti como participante en su libro Argentina: 200 años, 200 suelos.

bles usos antrópicos. También se presentan diferencias verticales, organizadas en niveles u horizontes, que definen distintos perfiles de suelo¹⁰⁸. Si las propiedades (físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas) de los horizontes superficiales son propicias, se favorece el desarrollo de la biota (Panigatti, 2010, p. 29; FAO, 2009, p.1).

El suelo posee cinco funciones esenciales: 1) regulación del ciclo hidrológico, al participar en el control del movimiento de las aguas y de los solutos que esta conlleva; 2) sostén de la vida animal y vegetal, factor clave para la diversidad y la productividad de los seres vivos; 3) filtrado y capacidad amortiguadora de potenciales sustancias contaminantes, a través de los minerales y microorganismos que filtran, degradan, inmovilizan y desintoxican materiales orgánicos e inorgánicos, incluyendo productos industriales; 4) almacenaje, transformación y reciclado de nutrientes, como Carbono, Nitrógeno y Fósforo¹⁰⁹; y 5) provisión de estabilidad física y soporte para las plantas, y también para estructuras antrópicas (Imbellone y Bellinson, 2020, p. 4).

El conocimiento del suelo es fundamental para realizar un manejo adecuado del mismo, planificar sus usos y remediar su deterioro. De forma tal, que no se alteren sus propiedades y conserve sus funciones.

Geomorfología y características edáficas

La llanura costera bonaerense comprende el ámbito que se desarrolla al pie de la llanura pampeana. Es una extensa planicie, aún en proceso de formación, cuyo sector central, la llanura costera Ajó, contiene al humedal de la Bahía Samborombón (Roig *et al.*, 2013, p. 299; Violante *et al.*, 2001, p. 53). Se encuentra en una zona intermareal que corresponde al estuario del Río de la Plata, donde desembocan dos ríos principales, el Salado y el Samborombón, y varios arroyos y canales (Volpato, 2017, p. 32). Durante las transgresiones marinas del Cuaternario, debido a las variaciones climáticas globales, las oscilaciones del nivel del mar causaron sucesivos desplazamientos de la línea de costa¹¹⁰. Los consecuentes procesos de erosión y acumulación de sedimentos dieron origen a diferentes formaciones como planicies de mareas, barreras y cordones litorales, dunas, marismas, estuarios y albuferas, que definen diferentes ambientes geomorfológicos (Fucks y D'Amico, 2017, p. 129; Violante *et al.*, 2001, p. 52). Rodríguez (1996) diferencia dos subáreas geomorfológicas principales en esta llanura: la costa subreciente y actual y los cordones litorales de conchilla.

La **costa subreciente y actual** conforma la planicie aluvial del Río de la Plata. Comprende las zonas bajas, de relieve plano y pendiente casi nula, entre 0 y 1 m s.n.m. (alcanza en pocos lugares los 2 m s.n.m.), por lo que se encuentra sometida al flujo de mareas. Presenta una napa freática poco profunda y una importante red de cursos de agua superficiales. En general, sus

¹⁰⁸ Ver suelos en Capítulo 14. *Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos*.

¹⁰⁹ Ver ciclos en Capítulo 14. *Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos*.

¹¹⁰ Para ampliar la información, consultar el trabajo de Fucks y D'Amico (2017).

suelos son de tipo aluvial, debido a los sedimentos que arrastran las corrientes de agua; sódicos, por la presencia de sodio que supera el 15%, y salinos, por su exceso de sales solubles (Sánchez y Curetti, 2006, p. 11; Rodríguez, 1996, párr. 7-9); mal drenados y de lenta permeabilidad. Estas condiciones determinan suelos saturados de agua y asociados a un tipo de vegetación hidrohalófito (Rodríguez, 1996, párr. 11; Pereyra, 2003, p. 77). El aporte de sedimentos proviene del Océano Atlántico, del Río de la Plata y de otros ríos y canales que desembocan en la bahía. También proviene de fuentes eólicas, que son las responsables de transportar los sedimentos "pampeanos"¹¹¹ (Volpedo *et al.*, 2005, 93). Las características texturales presentan un elevado tenor de arcilla (40 - 70 %), que los ubica en el Orden Vertisol. Hacia el sur, en las cercanías de Punta Rasa, aumenta la influencia de la deriva litoral. Es un ambiente de dunas costeras, donde los altos porcentajes de fracción de arena disminuyen aún más el desarrollo de los suelos (Imbellone *et al.*, 2010, p. 190, Volpedo *et al.*, 2005, 93).

En las zonas altas, en un terreno ondulado, se encuentran los **cordones de conchilla**, que conformaban una antigua línea de costa de origen holoceno¹¹². Se presentan alineados, cubiertos por una capa de suelo o aflorando en superficie. Sus dimensiones comprenden una altura que ronda los 6 - 8 m s.n.m., una longitud que puede alcanzar los 100 km, un ancho entre 30 y 80 metros, y una profundidad que suele llegar a los 3,5 metros. Están constituidos por restos fósiles de valvas de crustáceos y moluscos, inmersos en una matriz arenosa con estructura lenticular (Arrospide y Coriale, 2005, Rodríguez, 1996, párr. 7-9). Este material sedimentario, de alta permeabilidad, favorece la recarga directa a partir de la infiltración de la lluvia, lo que permite la formación de lentes de agua dulce en los cordones de conchilla (Roig *et al.*, 2013, p. 299). Los suelos que suprayacen a los cordones, muestran perfiles sencillos. Son texturalmente gruesos, bien drenados y con tenores bajos de salinidad. El horizonte superficial es de tipo mólico, rico en materia orgánica, mientras que el horizonte inferior está formado por abundantes fragmentos de conchillas. Por las características de este sustrato, se asocia a la formación boscosa denominada "talar" (Pereyra, 2003, p. 77). Los cordones de conchilla constituyen el límite lateral occidental del ambiente de marismas (Fucks *et al.*, 2010, p. 34).

Microambientes del humedal

El clima de la bahía es lluvioso, templado, subhúmedo a húmedo, con vientos importantes del Sudeste y Este (Bértola y Morosi, 1997, p. 2). Estas características climáticas juntamente con la variación periódica de los niveles de las aguas (superficiales y subterráneas) y el aporte de flujos

¹¹¹ La designación "sedimentos pampeanos" hace referencia principalmente a dos unidades litoestratigráficas (cuerpos definidos de estratos sedimentarios), las Formaciones Ensenada y Buenos Aires, que en conjunto representan a todo el Pleistoceno (Tonni, 2011, p. 75).

¹¹² Ver su ubicación temporal en el Capítulo *El Antropoceno: el precio de la tecnología*.

continentales y mareales, condicionan las características físico-químicas del suelo y del ecosistema en general (Carol *et al.*, 2015, p. 98). Los suelos hidromórficos del humedal presentan un escaso desarrollo. Sin embargo, su contenido de materia orgánica es constante debido a la particular distribución de la biota en el sustrato (Bértola y Morosi, 1997, p. 1), resultado de una asociación entre las condiciones edáficas y la diversidad de microambientes.

Uno de los microambientes típicos de la bahía es el **talar**, que representa una de las pocas formaciones boscosas autóctonas que subsisten en la provincia de Buenos Aires (Athor *et al.*, 2006, p. 12). Se desarrolla en suelos sueltos, bien drenados, y no inundables, asociados a situaciones de relieve como los cordones de conchilla (Parodi, 1940, citado en Deluchi y Torres Robles, 2010, p. 146). El tala (*Celtis tala*) está acompañado por otras especies, como sombra de toro (*Jodina rhombifolia*), aramo (*Acacia caven*), molle (*Schinus longifolius*), y coronillo (*Scutia buxifolia*), entre otras (Haene, 2006, p. 52). Alberga gran variedad de aves, como el cardenal (*Paroaria coronata*), la tijerilla (*Xenopsaris albinucha*) y el carpinterito común (*Picumnus cirratus*); lepidópteros, como la mariposa bandera argentina (*Morpho epistrophus*), destacándose el tuco-tuco del talar (*Ctenomys talarum*), entre los mamíferos (Fundación de Historia Natural “Félix de Azara”, 2006, p. 100). Los **pajonales** y **pastizales** se caracterizan por la comunidad del flechillar (*Stipa* sp. *Piptochaetium* sp. y *Aristida* sp.). En estos terrenos bajos y húmedos, también es dominante la paja colorada (*Paspalum quadrifarium*) y hay especies como el duraznillo blanco (*Solanum glaucophyllum*) y el duraznillo negro (*Cestrum parquii*). El venado de las pampas (*Ozotocerus bezoarticus celer*) se encuentra en los pastizales (Volpedo *et al.*, 2005 p. 94).

Los **cañadones naturales** y los **cuerpos de agua lénticos** presentan juncales (*Schoenoplectus californianus*) y hunquillares (*Juncus acutus*), cuyos detritos aportan importantes cantidades de materia orgánica al sustrato costero y constituyen el hábitat de aves como el pato maicero (*Anas georgica*) y el cisne de cuello negro (*Cygnus melacoryphus*). El coipo (*Myocastor coypus*) y el carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) son algunos de sus mamíferos (Narosky e Yzurieta, 1993 y Redford y Essemberg, 1992, citados en Volpedo *et al.*, 2005, pp. 94 y 95).

Los **ambientes de marismas y pantanos salobres de entremareas** ocupan grandes áreas del humedal (Cagnoni 1999, citado en Pérez Carusi, 2015, p. 10). Una de sus geoformas, los **canales de marea**, presentan especies vegetales tolerantes a altos tenores salinos, como la *Salicornia ambigua*, cuyas propiedades están siendo aprovechadas por la industria alimenticia y farmacéutica. En los **cangrejales** es conspicua la espadaña (*Zizaniopsis bonariensis*). Este ambiente presenta tres especies de cangrejos de gran importancia en la cadena trófica marina: *Chasmagnathus granulata*, que habita terrenos bajos, fangosos y anegadizos, *Uca uruguayensis*, que vive en terrenos más consolidados, y *Cryptograpsus angulatus* que habita en la zona intramareal (Boschi, 1988 y Spivack, 1997, citados en Volpedo *et al.*, 2005, p. 95).

En la zona de **médanos costeros o dunas**, existen comunidades de ciperáceas. Las cortaderas (*Cortadeira seollana*) y las serruchetas (*Eryngium pandanifolium*) se encuentran en las áreas planas arenosas (Volpedo *et al.*, 2005, p. 95). Especialmente, en Punta Rasa, se concentran grandes cantidades de aves migratorias, como el playerito canela (*Tryngites subruficollis*),

el chorlo ártico (*Pluvialis squatarola*), el chorlo pampa (*Pluvialis dominica*) y la becasina de mar (*Limosa haemastica*), entre otras (Di Giácomo, 2007, p. 46).

De alterarse algunos de los constituyentes del suelo, o su dinámica, se vería afectado el ecosistema que sustenta y con el que está asociado.

Sobreúso y potencial degradación

El conservacionista estadounidense Georfe Perkins Marsh (1864) se pronuncia en referencia a la relación del hombre con la naturaleza: “El hombre es en todas partes un agente perturbador. Dondequiera que planta sus pies, las armonías de la naturaleza se convierten en discordias” (p. 36). Pero, indefectiblemente, la supervivencia de la humanidad depende de los recursos del planeta por lo que es imposible no perturbar la naturaleza.

Los suelos se encuentran, en gran medida, condicionados por factores antrópicos debido a los diferentes usos y sobreúsos, históricamente producidos. La costa de la provincia de Buenos Aires ha sido afectada por múltiples actividades antrópicas desde mediados del siglo XVI. Para Darwin (1942): “Según los principios tan bien expuestos por M. Lyell, pocos países han sufrido cambios más notables desde el año 1535, en que desembarcó el primer colono (el español Pedro de Mendoza) con 72 caballos en las orillas del Plata” (p.160). Esta memorable expresión da testimonio de los inicios de estas intervenciones en el territorio de la costa bonaerense.

El humedal de la Bahía Samborombón, debido a una serie de limitaciones en la aptitud de sus suelos, ha sido un **relicto de la biodiversidad autóctona** de la región. Habiendo de diversas áreas protegidas, se ha intentado resguardarlo. Pero, la exigencia a una mayor productividad de las actividades económicas primarias ha causado cambios en el uso del suelo que dificultan su protección. Si bien los suelos del humedal no se encuentran mayormente alterados, están siendo amenazados por usos antrópicos que pueden acentuar procesos de erosión hídrica y eólica, salinización, alcalinización y compactación. La degradación del suelo puede derivar en pérdida de su capacidad productiva y afectar al resto de los componentes ecosistémicos (Pereyra, 2018, p. 69), poniendo en riesgo la biodiversidad y excepcionalidad biológica. En consecuencia, la calidad de sitio Ramsar del humedal se encontraría en peligro (COP6, 1996, p. 3).

Debido a los factores limitantes de los suelos de la llanura costera de la Bahía Samborombón, como su mal drenaje, la lenta permeabilidad y la salinidad, tienen una capacidad de uso¹¹³ de categorías VII ws y VIII ws (*Soil Conservation Service*, 1961, citado en Rodríguez, 1996, párr. 11). La clase VII indica que el uso se restringe al pastoreo, forestación o conservación de fauna silvestre. Los suelos de la clase VIII sólo pueden destinarse a la recreación o conservación de fauna silvestre. Los sufijos significan: (w) drenaje deficiente, exceso de humedad, napa freática poco profunda,

¹¹³ Ver figura 2 en Capítulo 14. *Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos.*

sujetos a inundaciones, y (s) limitación en la zona de actividad de las raíces (Manejo y Conservación de Suelos, 2018, pp. 26-27). Estas limitaciones, han obstaculizado el avance de la frontera agrícola que sólo involucra 0.8% de la superficie del humedal (Volpato, 2017, p. 47), a diferencia de la ganadería y la minería de conchillas, que presentan un amplio desarrollo.

Hacia el oeste de la llanura costera, se extiende la llanura pampeana, cuyos suelos tienen una excelente aptitud para los cultivos, contrastando con la baja productividad del humedal. La agricultura pampeana se caracteriza por un importante uso de agroquímicos. Estos aditivos, tienen efectos adversos sobre el suelo y los cursos de agua, que en su mayoría descargan y desbordan en la Bahía Samborombón. Por un lado, la contaminación proviene de los nitratos y fosfatos de los fertilizantes, que producen la eutrofización de los cursos de agua. Por otro lado, sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulativas en la cadena trófica, provienen de los biocidas. De este modo, la agricultura de las tierras del oeste, puede producir contaminación de las aguas del humedal, y en los eventos de inundación y anegamiento, trasladar este efecto adverso a los suelos. Otras actividades, como las pequeñas industrias alimenticias y textiles, siguen el mismo proceso de contaminación que la agricultura (Volpato, 2017, p. 51). Se desarrollan en localidades cercanas al humedal y, al no contar con un adecuado tratamiento de efluentes, vierten sus aguas directamente a los ríos.

En las últimas décadas, la **cría extensiva de bovinos** se ha expandido hacia la planicie costera de la bahía. Una de las principales causas de este corrimiento hacia una región, donde la calidad del suelo para la implantación de pasturas es baja, se explica por la intensificación y expansión de la agricultura en la llanura pampeana, desde de la década de 1990. Este proceso, empujó a la ganadería hacia sitios marginales. Sumado a ello, a partir del año 2000, se incrementó notablemente el valor de la carne vacuna, lo que también condujo a un aumento de la densidad de población bovina en el humedal (Pérez Carusi 2015, pp. 14-15). Esta práctica ganadera, si no se realiza de manera sustentable, puede generar sobrepastoreo y sobrepisoteo, ir en detrimento de la calidad del suelo y amenazar la conservación de los pastizales naturales (Volpato, 2017, p. 47).

La dificultad que representan las áreas anegadas del humedal para el desarrollo de las actividades agropecuarias y las edificaciones urbanas, ha intentado sortearse modificando el escurrimiento superficial por medio de diversas obras ingenieriles (Borzi, 2018, p. 63). Canalizaciones y rectificaciones se realizan en terrenos donde es preciso direccionar el drenaje. Para evitar que las aguas inunden determinados sectores, se construyen terraplenes y se realizan tareas de relleno. En ambas situaciones, la intención es ganar territorio no anegable.

Los principales **canales artificiales o rectificados**, construidos para drenar el excedente hídrico, son los canales 15, 9, A, 1 y 2, que desembocan en la Bahía Samborombón, (Borzi, 2018, p. 59). En épocas de fuertes precipitaciones y crecidas, la preponderancia de los movimientos verticales del agua -infiltración y evaporación-, ante los horizontales -escurrimiento- (Forte Lay *et al.*, 2007, p. 1) y la escasa profundidad del nivel freático, hacen que las canalizaciones no aumenten la capacidad de drenaje del área de forma considerable (Borzi, 2018, p. 92). El consecuente anegamiento, puede incrementar la salinidad de los suelos y favorecer otros procesos de contaminación, afectando también la napa freática. Empeora la situación, la proliferación de canales clandestinos, construidos por pobladores locales (Volpedo *et al.*, 2005, p. 101). Además,

estas modificaciones del terreno conllevan la remoción de suelo, que suele permanecer en las márgenes de los canales (Borzi, 2018, p. 118), obstaculizando el escurrimiento y elevando el nivel de base de los cursos de agua por el arrastre de sedimentos. En general, el problema del anegamiento no se soluciona, sino que se traslada hacia otros sectores.

Los **terraplenes** son montículos de tierra que se erigen en llanuras de inundación, comúnmente para soportar construcciones viales, con la función de evitar el flujo mareal o restringir la escorrentía de origen pluvial o fluvial. Su altura aproximada es de 1,5 m por sobre la cota de la marisma y suelen tener compuertas para el drenaje. En los sectores donde se practica ganadería extensiva, los rellenos se realizan para aumentar el área de pastoreo, mientras que en zonas lindantes a ciudades, como General Lavalle, terraplenes y rellenos tienen el propósito de aumentar el área apta para construcciones urbanas (Carol *et al.*, 2015, pp. 99-101; Borzi, 2018, p. 92).

La alteración de los flujos mareales para disminuir la extensión de la marisma, modifica el contenido de cloruros de los suelos, afectando a la biota asociada a los mismos. Carol *et al.* explican dos posibles resultados de esta intervención para los casos en que eventos de mareas o tormentas inunden la marisma. Si la cota del terraplén o relleno, es inferior a la altura de la pleamar extraordinaria, el flujo mareal superará esa altura. Luego, en bajamar, el terraplén impedirá el drenaje natural, anegando zonas hasta que el agua se evapore. Por consiguiente, las sales del agua precipitarán y aumentarán su concentración en el suelo. Si la cota es superior a la de pleamar extraordinaria, el flujo mareal nunca la va a superar. En este caso, habrá sectores donde solo se acumulará agua de lluvia que, al infiltrarse, lava las sales del suelo, disminuyendo la salinidad natural de los mismos (Carol *et al.*, 2015, pp. 102-103).

La **explotación de los cordones holocenos de conchillas** es una de las actividades económicas más importantes de la región. Las zonas de canteras que han sido más explotadas se ubican, mayormente, desde la localidad de Los Talas, partido de Berisso¹¹⁴, hasta unos 10 km al sur del Canal 15 (Cerro de la Gloria), en el partido de Castelli. Los tradicionales destinos de la producción han sido la fabricación de cemento y el relleno de caminos. En las últimas décadas, con el aumento de la demanda de la vecina RMBA y con la diversificación de los usos del material calcáreo, como carbonato de calcio en alimentación animal, fertilizante en agricultura, y su aplicación en diversas industrias -construcción, cristalería, siderurgia, pinturas y farmacéutica- (Aranda Álvarez *et al.*, 2017, p. 1), la explotación de conchillas se ha incrementado, lo que ha llevado casi al agotamiento de los depósitos conocidos. Esta situación ha resultado en la implementación de una estrategia común: la profundización de la explotación de labores de antiguas canteras (Borzi, 2018, p. 121).

La minería de conchillas utiliza, como guía para su prospección, la presencia del bosque nativo "talar", asociado al suelo desarrollado sobre los cordones. La presencia del tala garantiza que bajo sus raíces el recurso es abundante y de fácil extracción (Aranda Álvarez *et al.*, 2017, p. 6). Antes de iniciar la explotación, que es a cielo abierto y mecanizada, se prepara la superficie

¹¹⁴ Los partidos de Berisso y Magdalena no tienen jurisdicción sobre el humedal de la Bahía Samborombón. Ambos partidos tenían importantes depósitos de conchilla que han sido agotados casi en su totalidad.

del terreno mediante tareas de destape, durante las cuales se desmonta la vegetación y se separa el o los horizontes de suelo para dejar libre el cordón de conchilla. En algunos casos se debe deprimir el nivel freático para extraer completamente el material de interés (Arrospide y Coriale, 2005). Una vez extraída, la conchilla es lavada *in situ* mediante pozos de bombeo ubicados en el mismo cordón. Las labores en desuso se suelen rellenar con el material de descarte -arena- y eventualmente se realiza la revegetación del predio afectado (Borzi, 2018, p. 122).

El **acuífero lenticular** alojado en los cordones de conchilla, como se ha mencionado, se forma a partir de la infiltración de la lluvia. Estas lentes representan la única **fuentes de agua dulce** que abastece a los habitantes del lugar. El acuífero de la planicie costera es salino (Roig, 2013, p. 299), y el agua superficial que llega por los ríos y canales, es en general salobre y contiene una gran carga de sedimentos y altos niveles de contaminación, por lo que no es apta para el consumo humano o animal (Auge y Hernández, 1983, citado en Canziani *et al.*, 2013, p. 79). La remoción del suelo y los cordones puede alterar el sistema hidrogeológico del humedal, y terminar con este valioso recurso. Desde principios del siglo XX, a causa de la explotación de conchillas, se han perdido importantes reservorios de agua dulce, esenciales tanto para pobladores rurales como para el ecosistema (Tanjál *et al.*, 2021, párr. 3; Tejada *et al.*, 2011, p. 58). Por otra parte, en las canteras abandonadas, la ocasional formación de espejos de agua, debido al afloramiento del nivel freático y al aporte pluvial, expone al sistema hídrico a constantes procesos de contaminación (Martínez, 1989).

La capacidad de uso de los suelos formados sobre los cordones de conchilla, según la clasificación de la *Soil Conservation Service* (1961, citado en SISINTA, s.f.), es de categoría IV. Los suelos de esta clase tienen limitaciones muy severas para los cultivos –pendientes pronunciadas, escasa profundidad del suelo, baja capacidad de retención de agua, susceptibilidad a la erosión eólica-. Sin embargo, representa el sustrato idóneo para el desarrollo del bosque de tala (Manejo y Conservación de Suelos, 2018, pp. 24-27). Las **actividades extractivas** son la principal causa del retroceso del “talar”. Las labores, que requieren la remoción de la vegetación y del suelo fértil sobre los conchiles, eliminan las condiciones para su existencia. La regeneración natural del bosque es reducida, ya que tiende a ocurrir en montículos bajo alambrados y en bordes de canales, donde el sustrato no reúne las condiciones adecuadas para su crecimiento (Arturi y Goya, 2004, p. 9; Plaza Behr, 2017, p. 4). Además, la reforestación, que suele producirse como parte de las exigencias al cese de la explotación, se realiza frecuentemente con *Celtis australis*, vegetación introducida que compite y desplaza al autóctono *Celtis tala* (Fundación de Historia Natural “Félix de Azara”, 2006, p. 100).

Prácticas y propuestas para el cuidado ambiental

En referencia a los **impactos ambientales** provenientes de las actividades agropecuarias y de las construcciones para el control hídrico, puede extractarse lo siguiente:

- 1) La agricultura, debido a las limitaciones del suelo, prácticamente no se lleva a cabo en el humedal. Sin embargo, al ser el límite oriental de la llanura pampeana, región agropecuaria

argentina por excelencia, tiene sus consecuencias, como la importación de contaminantes a través de los cursos de agua;

- 2) La baja calidad de los suelos para la ganadería, acentúa los procesos erosivos y de compactación, debidos al pisoteo y pastoreo, propios de la actividad;
- 3) Las obras para ganar tierras no inundables, pueden distorsionar la estructura y las características físico-químicas naturales del suelo.

En general, los impactos ambientales de los sectores bajos del humedal, pueden encontrar una solución mediante la revisión y la observación del cumplimiento de las normas de los comités de cuenca de los ríos que desaguan en la bahía (Carol *et al.*, 2015, p. 106). Evitar o minimizar la degradación del suelo requiere de una gestión centralizada, que integre el trabajo de las diferentes jurisdicciones relacionadas con el humedal (Volpato, 2017, p. 76). La pertenencia a un sitio Ramsar, desde sus resoluciones entre partes contratantes, permite avanzar en esta articulación.

En lo que respecta a los impactos de la explotación de conchillas, practicada intensamente en los cordones del humedal, afectan directamente a la biota autóctona y constituyen un peligro para las lentes de agua dulce alojadas en los cordones. Actualmente, esta minería, acorde con el nuevo compromiso de la economía hacia el cuidado ambiental, se está reorientando a la búsqueda de áreas de provisión de materiales fuera de las zonas más vulnerables, con criterios que reemplazan a los tradicionales que utilizaban a los talares como guía de prospección (Aranda Álvarez *et al.*, 2017, p. 1).

Áreas protegidas de distintas jurisdicciones intentan resguardar la calidad ambiental del humedal de la Bahía Samborombón. Desde el ámbito internacional, además de Ramsar, la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (RHRAP), en el año 2011, declara al humedal Sitio de Importancia Internacional (Celsi *et al.*, 2016, p. 501). La entidad civil Aves Argentinas, miembro de *BirdLife International*, designa varios sitios como AICA o “Área Importante para la Conservación de las Aves” (Di Giacomo, 2007, p. 46). Por su parte la Fundación Vida Silvestre, selecciona como áreas valiosas de pastizal (AVPs) a las superficies considerables de pastizales naturales en buen estado de conservación (Bilenca y Miñarro, 2004, p. 50). También de reconocimiento internacional, el humedal incluye la zona sur de la Reserva de Biósfera Parque Costero del Sur. De jurisdicción Provincial, en el año 1988, se crea la Reserva Natural Integral Rincón de Ajó; y en el año 1997, conjuntamente con la declaración de sitio Ramsar, se inaugura la Reserva Natural Integral Bahía Samborombón. Bajo el ámbito municipal, se encuentra la Reserva Natural “Punta Rasa”, en el Partido de la Costa, desde el año 1991. En General Lavalle, en el año 2009, se crea el Parque Nacional Campos del Tuyú (Canziani *et al.*, 2013, p. 9). Si bien en las Reservas Naturales Integrales y en los Parques Nacionales, no pueden realizarse actividades productivas, otras áreas de protección lo permiten bajo ciertas restricciones, no muy precisas. Asimismo, parte del territorio de la bahía es de propiedad privada, donde no existe una clara regulación que garantice su conservación (Arturi y Goya, 2004, p. 2). Estos desajustes normativos deberían ser revistos y resueltos para que las áreas protegidas cumplan adecuadamente su función.

Consideraciones finales

El desarrollo económico configura escenarios complejos y la generación de impactos negativos es inevitable. Pero, la conciencia hacia el cuidado ambiental también ha progresado. Se ha introducido en la educación de todos los niveles y es un tema prioritario para la investigación científica. Asimismo, ha logrado plasmarse en normas legislativas de distinta jerarquía y jurisdicción. Ante estos requerimientos y presiones sociales, el sector productivo, ha comenzado a realizar prácticas acordes a una adecuada gestión territorial, orientadas a la sustentabilidad ambiental. Aún está por verse si este nuevo enfoque hacia un desarrollo sustentable se convertirá en un nuevo paradigma.

¿Sabías que el humedal puede ser eliminado de la “Lista” Ramsar?

La explotación de recursos naturales no renovables y las actividades agropecuarias se han intensificado en la provincia de Buenos Aires, a partir de la década de 1990. En ese contexto de crecimiento poblacional y profundización del liberalismo económico, se ha presionado al agro y a la minería para que aumenten la productividad y expandan territorialmente sus actividades, lo que conlleva cambios en el uso del suelo. Esta exigencia, puede ocasionar la degradación de los suelos, con la consecuente repercusión en la biota de cada microambiente. El sector continental de la Bahía Samborombón, un humedal de importancia internacional, brinda productos y servicios fundamentales para la vida local y para distintas actividades económicas de alcance local, regional y nacional. Sin embargo, si el crecimiento económico prioriza la obtención de ganancias a la sustentabilidad del ambiente, estos beneficios pueden verse amenazados. Y, en el marco político-ambiental internacional, el humedal de la Bahía Samborombón, podría perder su calidad de sitio Ramsar.

Preguntas para reflexionar

- El suelo sobre los cordones de conchilla es el sustrato ideal para el crecimiento del talar ¿Existen depósitos de conchilla que no estén asociados a los talares?
- La Región Metropolitana de Buenos Aires es un gran centro de demanda de materiales calcáreos y su fuente de provisión más cercana está representado por los cordones de conchilla del sector continental de la Bahía Samborombón ¿Puede desestimarse la cercanía que abarata los costos de transporte y abastecerse de fuentes más lejanas?
- En un contexto post-pandémico, en el cual la mayoría de los países experimentaron grandes pérdidas en sus economías ¿Es posible un giro económico global hacia un desarrollo sustentable?

Referencias

- Aldazabal, V. y Eugenio, E. (2008). La colonización humana en el Holoceno tardío del Humedal de la Bahía Samborombón. En L. A. Borrero y N. V. Franco (Comps.), *Arqueología del extremo sur del continente americano, resultados de nuevos proyectos* (55-81). Buenos Aires: CONICET. Recuperado de http://www.imhichu-conicet.gov.ar/html/Publ_Libros/ArgDextrem_sur_cont_amer.pdf
- Aranda Álvarez, M., Marchionni, D. y Correa, M. (2017). La explotación de conchillas en la llanura costera bonaerense y sus implicancias ambientales. XIX Jornadas de Investigación y Enseñanza de la Geografía, CIG-FaHCE (UNLP). La Plata, 15 y 16 de noviembre de 2017. Centro de investigaciones Geográficas, Departamento de Geografía. Inédito.
- Arrospide, M. y Coriale, N. (2005). Yacimientos calcáreos organógenos de la zona costera de la provincia de Buenos Aires. XVI Congreso Geológico Argentino. En R. E. de Barrio, E. J. Llam-bias, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé (Edits.), *Relatorio, Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires*. XIX: 441-445. La Plata: UNLP. Asociación Geológica Argentina.
- Arturi, M. F. y Goya, J. F. (2004). Estructura, dinámica y manejo de los talaes del NE de Buenos Aires. En M. F. Arturi, J. L. Frangi. y J. F. Goya (Edits), *Ecología y Manejo de los bosques en Argentina* (1-23). Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata: EDULP. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Juan-Goya/publication/268273065_Estructura_dinamica_y_manejo_de_los_talaes_del_NE_de_Buenos_Aires/links/546f9c590cf2d67fc03119bd/Estructura-dinamica-y-manejo-de-los-talaes-del-NE-de-Buenos-Aires.pdf
- Athor, J., Baigorria, J. y Mérida E. (2006). Proyecto “Estrategias para la conservación de los talaes Bonaerenses”. En E. Mérida y J. Athor (Edits), *Talaes bonaerenses y su conservación* (259, 12-13). Buenos Aires: Fundación de Historia Natural “Félix de Azara”. Recuperado de <https://www.fundacionazara.org.ar/img/libros/talaes-bonaerenses-2016.pdf>
- Bértola, G. R. y Morosi, M. (junio, 1997). Caracterización textural de depósitos de ambientes de marea de la Bahía Samborombón (Buenos Aires, Argentina). *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología AAS* 4(1): 1-13. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1853-63601997000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Bilencia, D. y Miñarro, F. (2004). *Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil*. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina. Recuperado de http://awsassets.wwfar.panda.org/downloads/libro_avps_bilencia_y_minarro_2004.pdf
- Borzi, G. E. (2018). Influencia de la actividad antrópica en la geohidrología de la cuenca del Río Samborombón. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. (Tesis doctoral). La Plata. Centro de Investigaciones Geológicas – CONICET Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71746>
- Canziani, O. F., Canziani, P. O., Fernández Cirelli, A., Cirelli, J. O., Codignotto, J. O., Gimenez, J. C., Giraut, M. A. y Volpedo, A. V. (2013). Análisis de vulnerabilidad al Cambio Climático del Sitio

- Ramsar Bahía Samborombón y su zona de influencia. En F. Miñaro (Coord.), *Aportes para abordar la adaptación al cambio climático en la bahía Samborombón*, 8-171. *Boletín técnico de la Fundación Vida Silvestre*. Recuperado de: [http://awsassets.wwf.org/downloads/aportes-para-abordar-la-adaptacion-al-cc-en-la-bahia-samborombon_fvsa_baja.pdf](http://awsassets.wwf.org/downloads/aportes-para-abordar-la-adaptacion-al-cc-en-la-bahia-samborombon-fvsa-baja.pdf)
- Carol, E. S., Kruse, E. E. y Cellone F. A. (2015). Salinización de suelos en marismas. Caso de estudio: Humedal de la Bahía Samborombón, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 47(2), 97-107. Mendoza: UNCUYO. Recuperado de <https://bdigital.uncu.edu.ar/7606>
- Celsi, C.E., Cenizo, M., Sotelo, M. y Salas, R. (2016). Las Áreas Naturales Protegidas de la Costa Bonaerense. En J. Athor y C. Celsi (Edits.) *La Costa Atlántica de Buenos Aires: Naturaleza y Patrimonio Cultural*, 487- 527. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural “Félix de Azara”. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/314887241_Las_Areas_Naturales_Protegidas_de_la_Costa_Bonaerense
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (13 de julio de 1994). Texto Final. Oficina de Normas Internacionales y Asuntos Legales Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current-convention_s.pdf
- COP6 (marzo, 1996). Convención sobre Humedales Ramsar (Ramsar, Irán, 1971). Anexo a la Resolución IV.1, 1996. 6ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales. Brisbane (Australia). Recuperado de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/res/key_res_vi.01_s.pdf
- COP9 (noviembre, 2005). Convención sobre Humedales Ramsar (Ramsar, Irán, 1971). Anexo a la Resolución IX.6, 2005. 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales. Kampala (Uganda). Recuperado de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/key_res_ix_06_s.pdf
- Darwin, Ch. (1942). *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*. Buenos Aires: Ateneo. Recuperado de <http://www.bibliotecanacionaldigital.gob.cl/visor/BND:8401>
- Deluchi, G. y Torres Robles, S. (2006). Las especies vegetales invasoras en los talaes bonaerenses. En E. Mérida y J. Athor (Edits.), *Talaes bonaerenses y su conservación*, 146-165. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural “Félix de Azara”. Recuperado de <https://www.fundacionazara.org.ar/img/libros/talaes-bonaerenses-2016.pdf>
- Di Giacomo, A. S., De Francesco, M.V. y Coconier, E. G. – edits.- (2007) *Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina. Sitios Prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Temas de Naturaleza y Conservación*, 5. Buenos Aires: Aves Argentinas / Asociación Ornitológica del Plata. Recuperado de https://www.avesargentinas.org.ar/sites/default/files/Areas%20importantes%20para%20la%20Conservacion%20de%20las%20Aves_opt.pdf
- FAO (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Recuperado de <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>

- Forte Lay, J. A., Kruse, E. & Aiello, J. L. (2007). Hydrologic scenarios applied to the agricultural management of the northwest of the Buenos Aires Province, Argentina. 9 p. Published online: 8 April 2008. *GeoJournal*. 70:263–27. Recuperado de <http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/documentos/sipcyt/bfa004827.pdf>
- Fucks, E. E. y D'Amico, G. (2017). Litoral Pampeano. En E. Fucks y M.F. Pisano (Coords.), *Cuaternario y Geomorfología de Argentina. Distribución y Características de los Principales Rasgos Geomorfológicos*, 129-140. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata. Recuperado de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/134059/CONICET_Digital_Nro.ed42c122-5c7f-4dcf-9c2c-e7bc5715d98b_K.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Fucks, E. E., Schnack, E. J. y Aguirre, M. L. (agosto, 2010). Nuevo ordenamiento estratigráfico de las secuencias marinas del sector continental de la Bahía Samborombón, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67(1), 27-39. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222010000400004
- Fundación de Historia Natural “Félix de Azara” (2006). Conclusiones de la comisión: Biodiversidad del talar. Jornadas por la conservación de los talaes bonaerenses. 2004. Buenos Aires. En E. Mérida y J. Athor (Edits.), *Talaes bonaerenses y su conservación*, 100-101. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural “Félix de Azara”. Recuperado de <https://www.fundacionnazara.org.ar/img/libros/talaes-bonaerenses-2016.pdf>
- Haene, E. (2006). Caracterización y Conservación del Talar Bonaerense. En E. Mérida y J. Athor (Edits), *Talaes bonaerenses y su conservación*, 46-70. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural “Félix de Azara”. Recuperado de <https://www.fundacionnazara.org.ar/img/libros/talaes-bonaerenses-2016.pdf>
- Imbellone, P.A., Giménez, J.E. y Panigatti, J.L. (2010). *Suelos de la Región Pampeana: Procesos de Formación*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_suelos_de_la_regin_pampeana.pdf
- Imbellone, P. y Bellinson, E. (2020). Módulo Geología Ambiental–Pedología. Seminario Geología Ambiental. Material teórico, Maestría en Ingeniería Ambiental–Universidad Tecnológica Nacional de La Plata. Inédito.
- Manejo y Conservación de Suelos. Ingeniería Forestal (2021). Curso. Unidad Didáctica A1. Aptitud de Uso de los Suelos. Clasificaciones Utilitarias. Herramientas. Material teórico. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Recuperado de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/plugin-file.php/75126/mod_resource/content/3/Tirada%20Interna%20UDA%20A1%20Aptitud%20de%20Uso%20y%20Clasificaciones%20UtilitariasArchivo-Forestal.pdf
- Marsh, G. P. (1864). *Man and Nature*. London: S. Low, Son and Marston. Recuperado de <https://publicdomainreview.org/collection/man-and-nature-1864>
- Martínez, S. (1989). Problemas ambientales de la minería superficial de los partidos de La Plata, Magdalena y Castelli, Provincia de Buenos Aires. Informe Preliminar de Beca. Facultad de Ciencias Naturales y Museo - Instituto Nacional de Tecnología Minera (Inédito). Recuperado de la base de datos de Instituto de Recursos Minerales. UNLP.

- Panigatti, J. L. (2010). Argentina: 200 años, 200 suelos. Buenos Aires. Ediciones INTA, 2010. Recuperado de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-200-suelos.pdf>
- Pereyra, F.X. (2003). *Ecorregiones de la Argentina*. Anales 37. SEGEMAR. Buenos Aires. Recuperado de: <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2953?show=full>
- Pereyra, F. X. (2018). *Geomorfología de la Provincia de Buenos Aires*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Serie Contribuciones Técnicas. Ordenamiento territorial 9. Buenos Aires. Recuperado de <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2776?show=full>
- Pérez Carusi, L. C. (2015). Estudio de las interacciones entre venados de las pampas (*Ozotoceros bezoarticus*) y ungulados introducidos (ganado vacuno y chanchos cimarrones) en el Refugio de Vida Silvestre Bahía Samborombón, Argentina: implicancias para su conservación (Tesis doctoral) Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Recuperado de https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis_n5798_PerezCarusi
- Plaza Bher, M. C. (2017). Evaluación de estrategias de rehabilitación de los bosques de *Celtis ehrenbergiana* "Talares" en canteras de conchilla abandonadas en el partido de Castelli, Buenos Aires (Trabajo final de grado). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/59256/Documento_completo_.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Rodríguez, M. B. (1996). Ficha informativa sobre los humedales de Ramsar. Bahía Samborombón, Argentina. La Plata: Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, Subsecretaría de Pesca y Recursos Naturales, Dirección de Administración y Conservación de Recursos Naturales, Departamento Áreas Protegidas y Difusión Conservacionista. Recuperado de <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/AR885RIS.pdf>
- Roig, A., Carol, E. y Kruse, E. (2013). Análisis de la variación de espesor de agua dulce en cordones de conchillas del Humedal de Bahía Samborombón, Argentina. En N. González, E. Kruse, M. Trovato y P. Laurencena (Edits.) *Agua Subterránea. Recurso Estratégico*, II., 299 – 304. Editorial de la Universidad de La Plata. Recuperado de <http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/documentos/sipcyt/bfa004412.pdf>
- Sánchez E. y Curetti, M. (junio, 2006). Los suelos salinos y sódicos. Características y diferenciación. Modos de recuperación y recomendaciones. *Revista Fruticultura & Diversificación*. Gral. Roca: INTA (49) 10-13. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_los_suelos_salinos_y_sdcicos_fruticultura_diver.pdf
- Secretaría de la Convención de Ramsar (2010). *Designación de sitios Ramsar: Marco estratégico y lineamientos para el desarrollo futuro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional*. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 17. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). Recuperado de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/hbk4-17sp.pdf>
- SISINTA, s.f. Sistemas de información de suelos. INTA. Recuperado de <http://sisinta.inta.gob.ar/es/perfiles/2664>

- Tanjal, C.V., Santucci, L., Carol E. S. y Richiano, S. M. (2017). Recursos Hídricos vs Explotación minera: monitoreo de la calidad del agua como base de la gestión de lentes de agua dulce. PROIMCA-PRODECA 2017. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/118283>
- Tejada, M., Carol, E., Kruse, E. (septiembre, 2011). Límites y potencialidades de las reservas de agua dulce en el humedal de la Bahía de Samborombon, Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, (27) 57 – 61. Buenos Aires: Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería. Recuperado de <https://www.editoresasagai.org.ar/ojs/index.php/rgaia/article/view/128/115>
- Tonni, E. P. (2011). Ameghino y la estratigrafía pampeana, un siglo después. Publicación Especial 12. Vida y obra de Florentino Ameghino, 69-79 Asociación Paleontológica Argentina. Recuperado de <http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/documentos/sipcyt/bfa001889.pdf>
- Violante, R., Parker, G. y Cavalloto, J. (marzo, 2001). Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía de Samborombón y la laguna de Mar Chiquita. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56(1), 51- 56. Buenos Aires. Recuperado de <https://revista.geologica.org.ar/raga/issue/view/18/1>
- Volpato, G. G. (diciembre, 2017). Estudio de caso: La Valoración del Humedal de la Bahía de Samborombón. Un enfoque desde el desarrollo local (Maestría de desarrollo local). Universidad Nacional de San Martín. Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de <https://ri.unsam.edu.ar/handle/123456789/287>
- Volpedo, A. V., Yunes Nuñez, T. y Fernández Cirelli, A. (2005). El humedal mixohalino de Bahía Samborombón. Conservación y Perspectivas. En J. Peteán y J. Cappato (Comps), *Humedales Fluviales de América del Sur. Hacia un manejo sustentable*. (561, 89-106). Santa Fe: Fundación PROTEGER. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/265443472_EL_HUMEDAL_MIXOHALINO_DE_BAHIA_SAMBOROMBON_CONSERVACION_Y_PERSPECTIVAS

CAPÍTULO 8

Gestión de cuencas hidrográficas: comparación de tres experiencias

Santiago Báez

Históricamente, los ríos han tenido una marcada importancia en el devenir de la sociedad, ya sea en ámbitos rurales como urbanos. Desde actividades tales como la navegación, la pesca, la captación de agua para consumo y actividades productivas, la generación de energía hidroeléctrica, hasta los problemas generados por crecidas repentinas, las inundaciones, la erosión hídrica, etc., la relación entre los cursos de agua y la sociedad asume sus particularidades en cada rincón del planeta. Ya sea un río de montaña o un río de llanura, las alteraciones que se han producido sobre las cuencas hidrográficas (ese sistema del cual un río forma parte), la gran mayoría por decisiones fragmentarias, ha significado en algunos casos la necesidad de re-pensar la forma de abordar el desarrollo de la sociedad, la planificación territorial y el cuidado del ambiente. Como respuesta a ello, el concepto de gestión de cuencas comenzó a surgir en algunos países, teniendo su auge y consolidación en el continente americano durante el siglo XX, donde también encontró su decadencia, aunque distintas experiencias vinculadas a ese proceso todavía hoy se encuentran vigentes.

Es por ello que, en el presente capítulo, se pretende presentar tres experiencias de gestión de cuencas hidrográficas en tres países distintos del continente americano, de forma tal que se puedan identificar similitudes y diferencias entre ellas y reflexionar en torno a la importancia que reviste una adecuada gestión de las mismas. Las experiencias seleccionadas corresponden a tres momentos históricos distintos, con las particularidades que adquiere cada una por su contexto económico, social y ambiental, como así también por sus características naturales. Ellas son: la **Autoridad del Valle del Tennessee** (TVA, por sus siglas en inglés) en Estados Unidos; la **Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca** (CVC) en Colombia; y la **Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo** (ACUMAR) en Argentina.

Se priorizará un abordaje metodológico de carácter cualitativo, a través del cual se recurrirá al relevamiento de bibliografía vinculada a la temática en general y a cada experiencia en particular, para así poder identificar características, historia, objetivos, iniciativas y particularidades de cada una, lo cual será acompañado por mapas. En un primer momento se procederá a presentar el concepto de cuenca hidrográfica, sus componentes, tipos y características principales, para luego dar lugar a las nociones de gestión de cuencas hidrográficas. Posteriormente, se procederá a realizar brevemente un recorrido por las tres experiencias mencionadas y finalmente

se dejará un espacio para unas conclusiones preliminares y algunas preguntas que se pretende sirvan para incentivar la reflexión.

¿Qué es una cuenca hidrográfica?

La conceptualización más tradicional y física de las cuencas hidrográficas la define como un área cóncava en la que se desarrolla un sistema fluvial, involucrando una determinada superficie terrestre y procesos hídricos de dirección establecida por las diferencias de altura (Adamo *et al.*, 1989). En el plano político-institucional de Argentina se pueden identificar definiciones tales como la de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica, la cual entiende a la cuenca como una porción del territorio en la que una determinada superficie tiende a desagotar por un mismo punto de salida. Al mismo tiempo, plantea que sus límites no tienen relación con los límites interprovinciales o internacionales. En una escala menor, la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Buenos Aires define, en su sitio web, las cuencas hidrográficas como unidades físicas que sirven para la planificación y gestión del desarrollo sostenible. Así, la cuenca se constituye en una unidad adecuada para la planificación ambiental del territorio, dado que sus límites fisiográficos se mantienen un tiempo considerablemente mayor al de otras unidades de análisis, además involucra una serie de factores y elementos tanto espaciales como sociales, que permiten una comprensión integral de la realidad del territorio.

Algunos autores como, por ejemplo, González y Natenzon (2002, p.169), arriesgan una definición que le otorga más peso a la dimensión social, a partir de la cual conceptualizan a la cuenca hidrográfica como un recorte territorial específico en el que se entretajan procesos de índole natural, como el funcionamiento del sistema hídrico, y procesos sociales como la localización de población y actividades productivas, infraestructuras, etc. De esta forma, las autoras entienden que en una cuenca hidrográfica convergen múltiples intereses con sus propias lógicas contradictorias, configurando un espacio de alta incertidumbre política y técnica.

Figura 1. Corte transversal de una cuenca hidrográfica



Fuente: elaborado por Cristina Zilio.

Al colocar el foco de análisis al interior de una cuenca hidrográfica y, específicamente, su faceta geomorfológica, es posible identificar distintos componentes, tales como: la existencia de una red de drenaje conformada por un curso de agua principal y sus afluentes, planicies o llanuras de inundación, terrazas de inundación, humedales, paleocauces, laderas o vertientes, divisorias de agua, puntos de aforo o desembocadura. A su vez, es posible también reconocer numerosas subcuencas, es decir, unidades más pequeñas en términos de superficie, donde se desarrolla una red de drenaje. En la figura 1 se observa un corte transversal de la cuenca que permite identificar algunos de estos componentes mencionados.

Asimismo, si se toma el trabajo de Cotler Ávalos *et al.* (2013, p.10) es posible reconocer zonas funcionales distintas al interior de una cuenca, teniendo en cuenta la dinámica hidrográfica. Por un lado, la cuenca alta, también llamada zona de captación o cabeceras, involucra áreas próximas a las divisorias de agua y es donde se forman los primeros cursos de agua que paulatinamente se comienzan a unir para dar lugar a cursos de mayor envergadura. En la cuenca media, también conocida como zona de transición, estos arroyos continúan en proceso de confluencia y aumentando cada vez más su caudal, por lo que su capacidad de transporte aumenta al igual que su potencial erosivo. Aquí, las concentraciones de sedimentos y remanentes de actividades que puedan realizarse en distintos tramos comienzan a tener una presencia más significativa en el agua. La cuenca baja, por último, es el tramo en el que el curso de agua principal desemboca en un cuerpo de agua (lago, mar o un río de mayor caudal). La presencia de actividades humanas suele ser mucho mayor en estas áreas, y es donde finalmente se manifiestan todos los impactos que puedan ocurrir a lo largo y ancho de la cuenca hidrográfica.

¿Qué se entiende por gestión de cuencas?

De acuerdo a Dourojeanni y Jouravlev (1999, p. 29-32), la cuenca hidrográfica es reconocida como la unidad territorial más adecuada para la gestión integrada de los recursos hídricos, universo que a su vez contempla el manejo o gestión de cuencas hidrográficas como una instancia de la gestión ambiental. Según plantean los autores, el manejo o **gestión de cuencas hidrográficas** nace de la traducción literal del término *management* que en español tiene hasta cuatro acepciones: gestión, administración, ordenamiento y manejo; se traduce *water resources management* como “administración de recursos hídricos” y *watershed management* como “manejo de cuencas”. El enfoque clásico de manejo de cuencas proviene de Estados Unidos y es concebido en el sentido de “manejarla” o “manipularla” para regular la descarga de agua. No obstante, los autores establecen que ello se inscribe como una actividad mixta que combina aspectos de protección, conservación y aprovechamiento de recursos. Desde una visión similar, Alvino (2012, p.106) plantea la multidimensionalidad del concepto y piensa a la gestión de cuencas como un proceso, como un sistema y como un conjunto de actividades organizadas secuencialmente, que toma a la cuenca como unidad para el análisis, la planificación y la gestión ambiental.

Sin embargo, se trata de un escenario que no está exento de confrontaciones, en tanto las relaciones entre diversos actores suponen la existencia de conflictos. Dourojeanni y Jouravlev (1999, p. 1) plantean que para llevar adelante procesos de gestión integrada de cuencas se deben realizar alianzas o concertaciones entre múltiples actores que normalmente actúan en forma sectorializada. Estas relaciones conflictivas muchas veces se traducen en medidas que benefician a unos al tiempo que perjudican a otros, y pueden muchas veces incurrir en un factor desencadenante o potenciador de problemas ambientales. La gestión de cuencas, entonces, puede pensarse como un proceso que busca la resolución de problemas interrelacionados, a través de la cooperación y colaboración de actores sociales e instituciones (Cotler Ávalos *et al.* (2013, p.16). Después de todo, como plantea la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de Argentina, existe un consenso a nivel mundial acerca del agua como un recurso que no debe gestionarse según límites políticos, sino que debe ser organizado a partir de las cuencas hidrográficas, y más específicamente, entes a cargo de la gestión. Estos entes son conocidos como comités de cuenca interjurisdiccionales, que consisten en ámbitos en los cuales distintos actores involucrados dialogan sobre el uso del agua que pretende cada uno e intentan llegar a un acuerdo sabiendo que sus acciones afectarán directa o indirectamente a las demás jurisdicciones.

Estas entidades pueden tener escalas diversas: desde una escala local en una cuenca pequeña, a escala internacional si es que se trata de una cuenca hidrográfica que abarca más de un país. A continuación, se presentan tres experiencias de gestión de cuencas que se desarrollan en tres países de América: la Autoridad del Valle del Tennessee en Estados Unidos, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca en Colombia y la Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo, en Argentina.

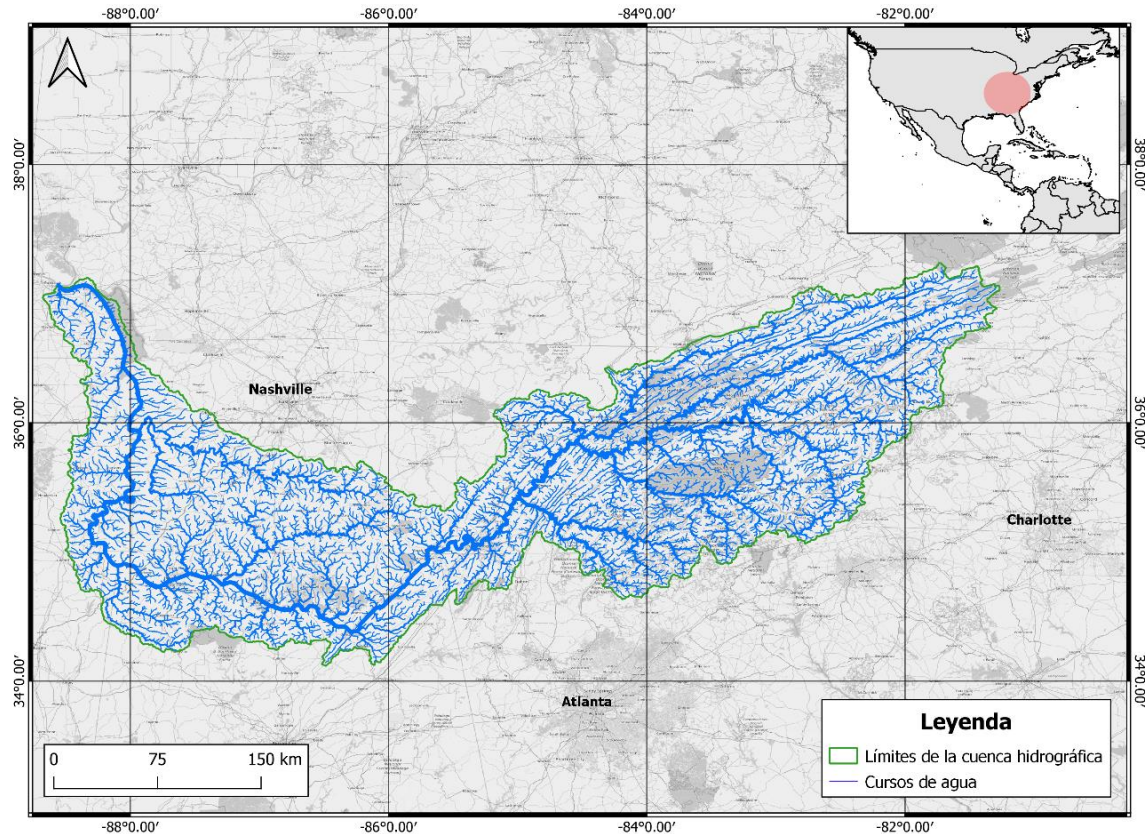
Algunas experiencias de gestión de cuencas hidrográficas en el continente americano

La Autoridad del Valle del Tennessee – Estados Unidos

De acuerdo con el Servicio Geológico de Estados Unidos (*USGS*, por sus siglas en inglés), la cuenca del río Tennessee (figura 2) abarca un área de aproximadamente 106 000 km², lo que convierte a este río en el tributario más grande del río Ohio. El curso de agua principal tiene más de 1200 km de longitud, desde sus nacientes en los Apalaches hasta la confluencia con el río Ohio, recorrido durante el cual atraviesa siete estados: Virginia, Carolina del Norte, Tennessee, Alabama, Georgia, Mississippi y Kentucky. La cota más alta del Tennessee se encuentra en el Monte Mitchell, en el estado de Carolina del Norte, a 2037 m s.n.m. Es reconocida internacionalmente como una de las más importantes por su abundancia y diversidad de especies de peces de agua dulce (240 especies) y de moluscos, aunque también posee una gran cantidad de especies en peligro de extinción (51 especies de peces y moluscos).

El 18 de mayo de 1933, como parte de los programas del *New Deal*, impulsados por el presidente Roosevelt en respuesta a la gran depresión de 1929, se creó la **Autoridad del Valle del Tennessee (TVA)**, por sus siglas en inglés), un organismo federal de planificación para todo el territorio de la cuenca del río Tennessee, con el objetivo de crear puestos de trabajo y producir energía eléctrica para el área rural del Valle del Tennessee. La Autoridad fue pensada como una agencia federal que se encargaría no sólo de proveer energía eléctrica a la región sino de impulsar su desarrollo.

Figura 2. Cuenca del río Tennessee, Estados Unidos



Fuente: elaborado por Santiago Báez sobre la base de OpenStreetMap. Capas de hidrografía y cuencas creadas por Lehner y Grill (2013).

Si bien fue creada por el Estado, la Autoridad tiene carácter de corporación gubernamental pero con ciertos niveles de flexibilidad propios de una empresa privada, lo que le permite estar librada de los procesos tradicionales a los que se ven ligados los entes y órganos públicos, y también le posibilita hacerse cargo del empleo de sus propios trabajadores, sus salarios y las condiciones de trabajo. Asimismo, la Autoridad puede desarrollar sus propios programas por encima de las subdivisiones jurisdiccionales de distintas instituciones (es decir, de manera integral), aunque tiene por obligación colaborar con los entes locales correspondientes. Así, en vez de depender de un departamento gubernamental específico, depende del Congreso Nacional y del Presidente. En sus inicios, la estructura de la *TVA* estaba conformada por tres grandes bloques

o secciones lo que permite ver a las claras los ejes de trabajo perseguidos: la planificación económica y social; la política agrícola y producción de fertilizantes; y la política energética (Franquesa y Corominas, 2015, p.15).

Como se mencionó más arriba, el objetivo central de la creación de la *TVA* era promover el desarrollo regional. El diagnóstico realizado por los impulsores de la propuesta destacaba, por un lado, que la región se encontraba atrasada con respecto al resto del país en términos económicos, y por el otro, que la única industria manufacturera allí asentada era la maderera lo cual significaba un problema en términos de deforestación. Esto, a su vez, afectaba la capacidad de almacenamiento de agua por parte del suelo, facilitaba los procesos erosivos y favorecía la ocurrencia de inundaciones. Por otra parte, las variaciones estacionales del río Tennessee dificultaban su navegación (Franquesa y Corominas, 2015, p. 14-15). De esta forma, el organismo procedió con la realización de intervenciones territoriales orientadas a controlar inundaciones, garantizar la navegación fluvial para barcos de mayor calado, producir y distribuir energía eléctrica. En simultáneo, se idearon planes de repoblación forestal para controlar la erosión del suelo, programas de agricultura y de asentamientos industriales y urbanos en general (Franquesa y Corominas, 2015, p.15; Lagendijk, 2019, p. 317-318).

Así, en los últimos 80 años, según narra el sitio web del Servicio Geológico de Estados Unidos, el flujo natural del río ha sido severamente alterado, principalmente a partir de la construcción de 49 represas durante los años 1920 y 1960, tanto en su curso principal como en sus tributarios. Las que se encuentran sobre su curso principal fueron construidas con el objetivo de mejorar la navegación fluvial y generar energía hidroeléctrica, mientras que aquellas ubicadas en los tributarios se idearon como grandes reservorios para controlar las inundaciones periódicas que allí se producían.

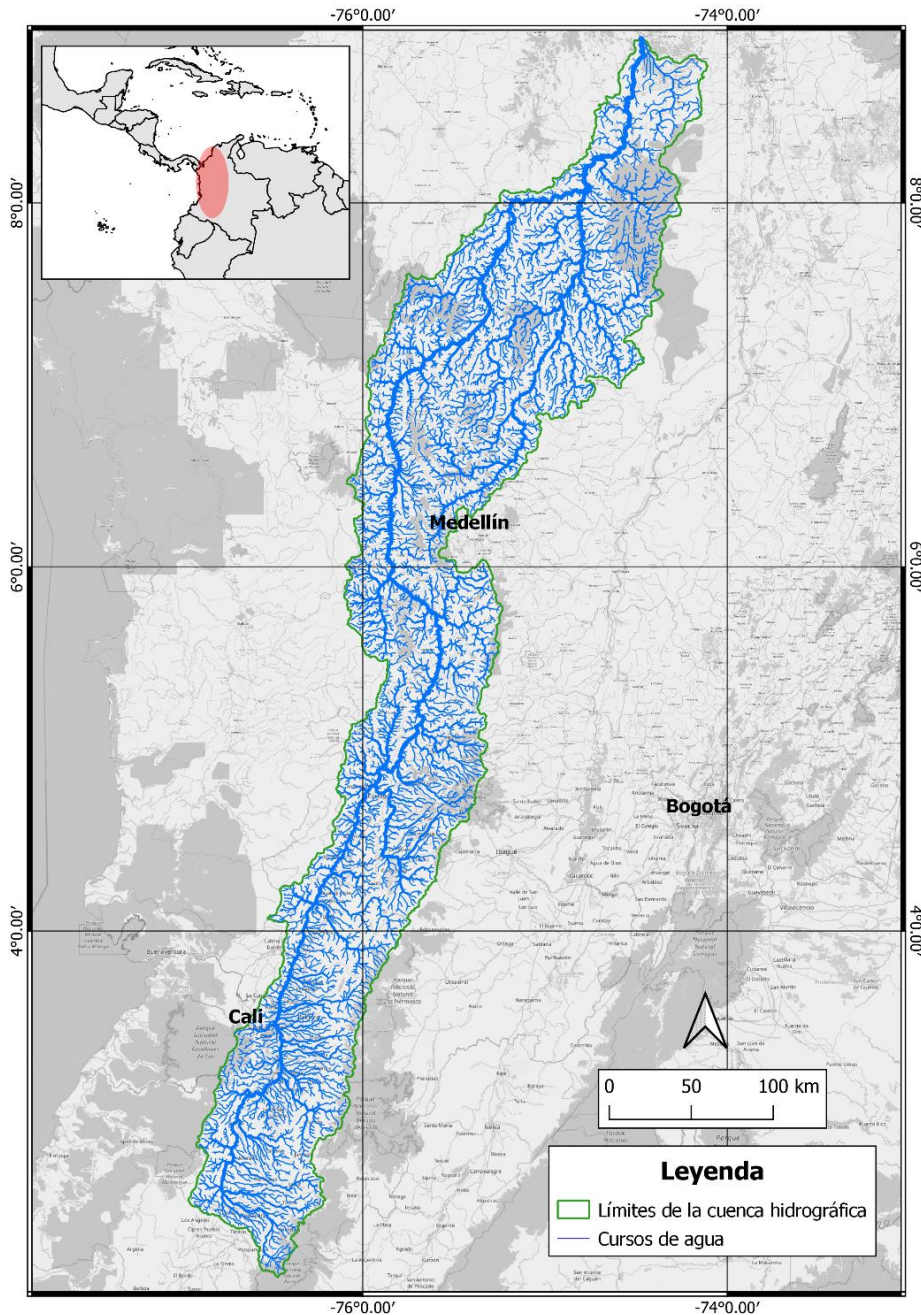
Programas tales como la creación de la *TVA* eran vistos como intentos de dominar la naturaleza y controlar el territorio, y no se restringían únicamente al territorio norteamericano, sino que por esos años y a nivel global, proyectos similares eran impulsados por ejemplo, en la Unión Soviética y en Japón. Estas iniciativas, si bien eran presentadas como motores de desarrollo, algunos autores las han sabido interpretar como expresiones del imperialismo reinante en la época (Lagendijk, 2019, p.320). Luego de la Segunda Guerra Mundial, en la cual la región del Tennessee tuvo un importante rol en el abastecimiento de energía y armamento para el ejército estadounidense, la experiencia de la *TVA* pasó a formar parte de las “buenas prácticas” y del “manual de desarrollo” pregonado tanto por el Banco Mundial como las Naciones Unidas (Lagendijk, 2019, p. 321), lo que explica su influencia en algunos países de Latinoamérica tales como Colombia, Perú, México y Brasil.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - Colombia

Uno de los países en los cuales la *TVA* tuvo una gran influencia fue Colombia donde, el 22 de octubre de 1954, se creó la **Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)**, con el objetivo de promover el desarrollo integral del Valle del Alto Cauca (figura 3). El río Cauca

nace en el Macizo Colombiano y posee una longitud de 1360 kilómetros hasta su desembocadura en el río Magdalena, al norte de Colombia, lo que lo ubica como el segundo río en importancia de dicho país. La cuenca alta tiene un área aproximada de 22 900 km², de la cual el 47% se encuentra en el Departamento del Valle del Cauca y el 32% se encuentra en el departamento contiguo, el del Cauca (Cortéz-Landázury y Gómez-Sánchez, 2017, p.73). Por más confuso que parezca, el departamento del Cauca también cuenta con un organismo de gestión llamado **Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC)**, que no será abordado en este trabajo.

Figura 3. Cuenca del río Cauca, Colombia



Fuente: elaborado por Santiago Báez sobre la base de OpenStreetMap. Capas de hidrografía y cuencas creadas por Lehner y Grill (2013).

Según versa en el sitio web de la CVC, originalmente, en la década de 1930 cobró fuerza la idea de crear un organismo para buscar soluciones ante los desastres ocasionados por inundaciones, desbordes y deslizamientos que se producían de forma recurrente no sólo en el curso de agua principal sino también en sus tributarios. Así, en la década de 1950, el Banco Mundial y el presidente de la TVA fueron consultados para iniciar un trabajo de diagnóstico y propuesta. De allí fue que se produjo la creación de la CVC, en tanto que un estudio socioeconómico de la región y del país reconoció la zona como punto estratégico para crear la primera entidad estatal que orientara los planes requeridos para “incrementar el bienestar de sus habitantes”. De hecho, el primer presidente de la entidad dispuso que los ejes de trabajo de la CVC estuvieran orientados principalmente a la solución del problema de energía, la adecuación de tierras y el manejo de los recursos naturales.

Según Buitrago Bermúdez (2014, p. 107), por ese entonces en el país dominaba la idea de aplicación de técnicas ingenieriles hidráulicas para dominar y controlar el agua de los ríos andinos. Esto ocurría dado que para el entonces gobierno militar, la ingeniería civil era la herramienta fundamental para lograr el desarrollo. Por lo tanto, la planificación tomando la cuenca hidrográfica como unidad, se basaba principalmente en obras de ingeniería para manejar la escorrentía y el control de deslizamientos. La creación de la CVC siguió este paradigma, dando como resultado un emprendimiento regional que optó por la ingeniería como mecanismo para controlar el agua para la producción de energía eléctrica, la agricultura y la industria. No obstante, el avance de las obras se produjo sin contar con un adecuado conocimiento técnico y social de las áreas intervenidas, lo que supuso pensar la cuenca hidrográfica como algo independiente de la superficie terrestre y de las relaciones sociedad-naturaleza (Buitrago Bermúdez, 2014, p. 108).

Más aún, el autor establece que en las últimas décadas, Colombia ha promulgado una extensa cantidad de normativas vinculadas a la gestión del agua, aunque sigue predominando el enfoque técnico con formas de participación reducidas (Buitrago Bermúdez, 2014, p. 110). Actualmente, según figura en el sitio web, la CVC se orienta a la ejecución de políticas, planes y programas vinculados al ambiente y a los recursos naturales renovables. Sus objetivos, en tanto, apuntan hacia tener un adecuado conocimiento ambiental de las cuencas hidrográficas, formular instrumentos de planificación ambiental de forma articulada con la participación de actores sociales, ejecutar iniciativas de conservación y mejoramiento ambiental, promocionar y transferir tecnología y asesoría de prácticas sostenibles tanto domésticas como económicas, entre otros.

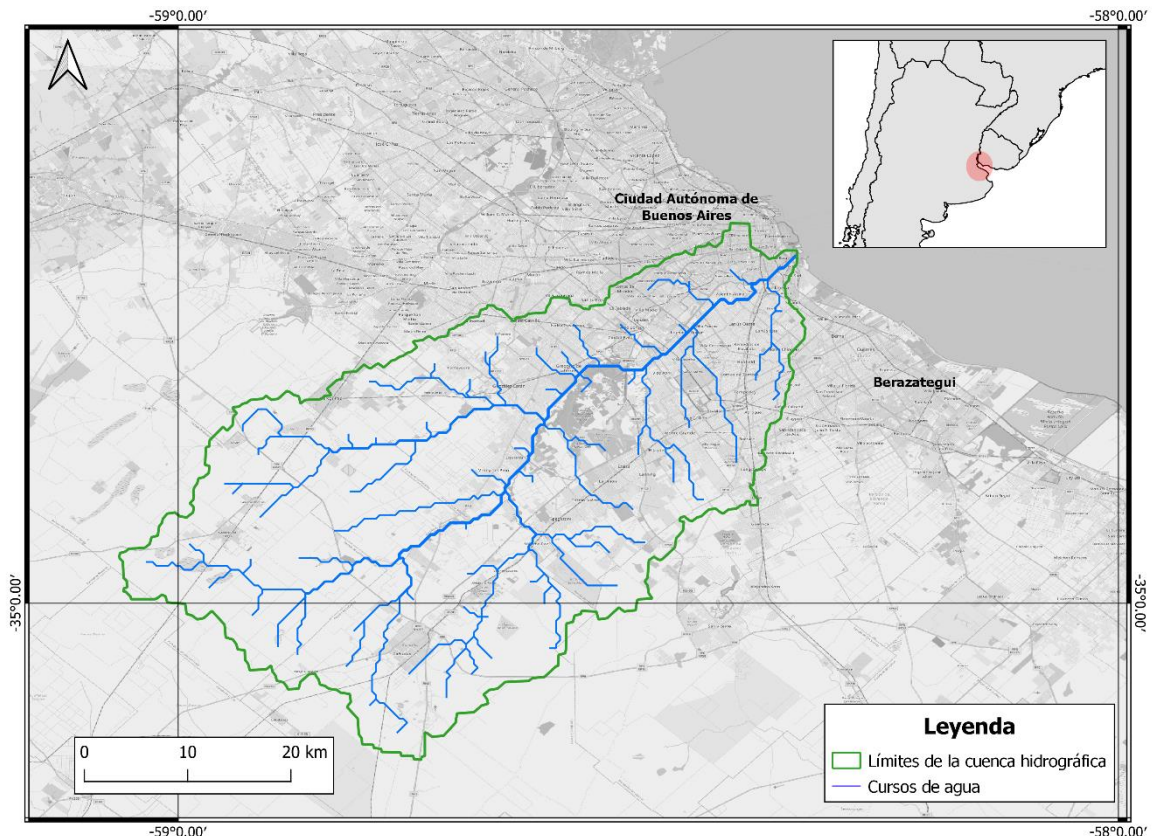
La Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo – Argentina

La cuenca Matanza-Riachuelo (figura 4) se ubica en la Región Metropolitana de Buenos Aires, Argentina, tiene una superficie de 2240 km², un ancho medio de 35 km, una longitud de 75 km. Está conformada por la confluencia del río Matanza con el Riachuelo, el cual desemboca en el Río de la Plata. En su interior, es posible reconocer una gran cantidad de usos del suelo diversos, existiendo usos predominantemente rurales en la cuenca alta, mientras que la densidad de la

urbanización se incrementa fuertemente entre la cuenca media y baja, localizándose allí numerosos emprendimientos industriales, asentamientos populares y usos portuarios (Cappuccio y Mignaqui, 2012).

La **Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR)** es un ente autónomo, autárquico e interjurisdiccional que nuclea no solo a distintos partidos de la provincia de Buenos Aires, sino también a representantes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y del gobierno nacional. Fue creado en el año 2006 por disposición de la Ley nacional 26 168 como consecuencia del fallo de la Corte Suprema de Justicia de la Nación (CSJN) por la “causa Mendoza” (Merlinsky, 2016, p. 399-400). Tiene facultades de regulación, control y fomento respecto de las actividades industriales, la prestación de servicios públicos, y cualquier otra actividad con incidencia ambiental en la cuenca; puede intervenir administrativamente en materia de prevención, saneamiento, recomposición y utilización racional de los recursos naturales, y también en la planificación del ordenamiento ambiental del territorio afectado a la cuenca.

Figura 4. Cuenca de los ríos Matanza y Riachuelo, Argentina



Fuente: elaborado por Santiago Báez sobre la base de OpenStreetMap. Capas de hidrografía y cuencas creadas por Lehner y Grill (2013).

Según versa en su sitio web, tiene como principio la participación social activa en tanto metodología de trabajo, la cual se basa en involucrar activamente a las organizaciones sociales en las mesas de trabajo, concebidas como instancias en las que múltiples actores abordan colectivamente problemáticas territoriales específicas. Impulsa, también por indicación de la CSJN, un

plan integral de saneamiento ambiental, cuyos objetivos apuntan a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la cuenca, recuperar el ambiente en todos sus componentes (agua, aire y tierra) y prevenir daños con suficiente y razonable grado de predicción, entre otras cuestiones.

Así, desde el año 2009 se implementa un Plan Integral de Saneamiento Ambiental (PISA) que define las acciones llevadas adelante por el ente y detalla los lineamientos a seguir en materia de gestión y control. A fines del año 2015 la Justicia solicitó la actualización de este plan, proceso que se llevó adelante en el año 2016 y que permitió revisar, continuar y crear nuevas acciones a fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos centrales del PISA.

Similitudes y diferencias entre las experiencias presentadas ¿Por qué es importante llevar adelante una gestión integrada de cuencas hidrográficas?

Como se puede observar, se trata de experiencias vinculadas a la gestión de cuencas hidrográficas bien disímiles, no sólo por la localización de cada iniciativa sino por sus propósitos. Si bien se destaca una cierta contemporaneidad entre la TVA y la CVC, es indudable que esta última nace siguiendo los preceptos de la primera, especialmente en lo que refiere al control de problemáticas tales como las inundaciones, los deslizamientos y los desbordes, y el posterior enfoque hacia la gestión del agua para actividades tales como la agricultura y el uso industrial. La TVA, por su parte, fue concebida como un proyecto que impulsaría el desarrollo de un área “atrasada” de Estados Unidos a través de la generación de energía, entre otras actividades, además del control de inundaciones periódicas.

Ahora bien, la experiencia de ACUMAR, si bien se trata de un caso de gestión de cuencas hidrográficas, difiere notablemente de las otras dos por distintos motivos. En primer lugar, su tamaño y zona de desarrollo: es una cuenca pequeña en comparación a las otras y se desarrolla en su totalidad en una zona de llanura, es decir, su comportamiento hidrológico es absolutamente distinto al de una cuenca de montaña (como ocurre con la del Cauca y en parte, la del Tennessee). La escorrentía superficial es más lenta dada su escasa pendiente, los procesos erosivos son menores, aunque la sedimentación es mayor, y las planicies de inundación son “requeridas” con mayor frecuencia por el curso de agua principal dado el lento escurrimiento luego de lluvias intensas. Segundo punto que se ata casi directamente con el tercero: contexto temporal y espacial. ACUMAR fue creado, como bien se dijo, en el año 2006, medio siglo después que la CVC, y de hecho, no tiene ningún tipo de relación con esta ni con la TVA, más allá de ser formas distintas de gestionar una cuenca. En términos espaciales, su desarrollo abarca ámbitos rurales y urbanos casi por igual (la Región Metropolitana de Buenos Aires), una combinación por demás compleja con múltiples actividades, usos del suelo y problemas ambientales. Y esto último nos lleva al tercer punto: el motivo de su creación. ACUMAR no fue una iniciativa creada por el gobierno de turno para tender al desarrollo de un área ni para prevenir inundaciones (aunque en

parte sí), sino que surgió de una resolución judicial que dio lugar a un reclamo por las condiciones ambientales de la cuenca.

Indudablemente las tres experiencias son casos únicos por más que puedan compartir ciertas cuestiones. Lo clave es entender que la gestión de cuencas hidrográficas no aplica únicamente para algunas, sino que puede ejecutarse en cualquiera: cuenca grande, chica, con múltiples jurisdicciones, actividades humanas, etc. ¿Son casos ejemplares? Sí y no. Las tres tienen sus puntos positivos y negativos que no son analizados en este trabajo, y difícilmente exista alguna experiencia que pueda ser considerada como el modelo a seguir en términos económicos, sociales, ambientales, porque gestionar implica negociaciones, diálogos, enfrentamientos, conflictos, donde siempre habrá ganadores y perdedores. Lo clave es lograr un balance que tienda al beneficio general -y no de unos pocos- y que, principalmente, contribuya a preservar ecosistemas naturales que resultan esenciales para el control de las inundaciones, la purificación del agua, y el desarrollo general de actividades que sin saberlo, dependen de manera directa de estos.

En un contexto en el que se debate sobre el Antropoceno como nueva época geológica, donde la presión ejercida por la sociedad para con la naturaleza ha alcanzado niveles críticos y donde los desastres ¿naturales? están a la orden del día y son noticia asiduamente en diversas partes del mundo, la gestión de cuencas hidrográficas puede ser una herramienta útil para atender un cúmulo de problemáticas que no se vinculan únicamente con la ocurrencia de inundaciones. Esta herramienta va más allá al interpelar a la sociedad en general a sortear obstáculos propios que derivan de la imposibilidad de lograr acuerdos entre múltiples actores y jurisdicciones.

¿Sabías que existen distintos tipos de cuencas hidrográficas de acuerdo a dónde desemboca la red de drenaje?

Las cuencas exorreicas son aquellas cuya red de drenaje desemboca en el mar, mientras que las endorreicas son aquellas que desembocan en un lago, laguna u otro curso de agua de mayor envergadura. Las arreas, por su parte, son aquellas cuencas cuya red de drenaje no llega a desembocar en ningún otro punto dado que el caudal de agua no suele ser suficiente para lograr su desarrollo. En estos casos, el agua superficial se infiltra y/o se evapora, generando que el curso de agua desaparezca. ¿Se te ocurren ejemplos de cada caso?

¿Sabías que la gestión de cuencas hidrográficas a nivel latinoamericano tuvo su auge a mediados del siglo XX pero luego fue perdiendo su vigencia?

Luego de la creación de la TVA, se registraron numerosas experiencias en diversos países latinoamericanos, aunque pocos fueron los que efectivamente lograron su cometido. En la práctica, la política de cuencas hidrográficas estuvo sujeta a un abordaje como simple sustrato físico y proveedor de recursos naturales, sin lograr el ensamblaje con aspectos sociales (Cabral

Barajas, 2006, p. 610-611), y en muchos casos se buscaron replicar modelos creados para territorios con características específicas.

¿Sabías que la Causa Mendoza, marcada como el evento que derivó en la creación de ACUMAR surgió de una demanda colectiva por los severos problemas de contaminación del agua, del aire y del suelo que padecían?

En el año 2004 un grupo de personas, encabezados por Beatriz Mendoza presentaron una acción judicial contra el Estado Nacional, la Provincia de Buenos Aires, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y 44 empresas reclamando daños y perjuicios sufridos en consecuencia a la contaminación de la Cuenca Matanza-Riachuelo y la recomposición del ambiente (FARN, 2020). En el año 2006, la Corte Suprema de Justicia se declaró competente ante la demanda presentada, y ordenó la creación de una política de recomposición ambiental de dicha cuenca con el objetivo de garantizar la calidad de vida de sus habitantes.

Preguntas para reflexionar

- ¿Podés identificar algún otro caso de Argentina donde la cuenca hidrográfica sea utilizada como unidad de planificación? ¿Qué actividades y argumentos se plantean en esa experiencia? ¿Por qué te parece que gestionar una cuenca hidrográfica de montaña puede ser diferente a una de llanura?
- Pensando en términos de escalas, ¿por qué te parece que la gestión de cuencas hidrográficas debe contemplar una visión multiescalar para ser adecuada?

Referencias

- Adamo, S., Calvo, A., Miraglia, M., Natenzon, C., Roldán, I., Sabassi, F., Tissera, S. y Villa, A. (1989). Cuenca hidrográfica: una exploración sobre el concepto. [Ponencia] Seminario-Taller sobre "Uso tradicional de recursos naturales en ecosistemas de montaña". UNJ/MAB-UNESCO/IUBS. Jujuy, Argentina.
- Alvino, S. (2012). La gestión y el manejo de las cuencas hídricas en la Región Metropolitana de Buenos Aires. En M. Di Pace y A. Barsky (dir.). *Agua y Territorio. Fragmentación y complejidad de la gestión del recurso hídrico en la Región Metropolitana de Buenos Aires*, 101-121. Buenos Aires: Editorial Ciccus.

- Buitrago Bermúdez, O. (2014) La gestión de cuencas hidrográficas en Colombia y su papel en la solución de conflictos por el uso del agua. *Caderno Prudentino de Geografía*, Presidente Prudente, Volume Especial(36), 106-125. Recuperado de <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/download/3175/2661>
- Cabrales Barajas, L. (2006). Geografía y Ordenamiento Territorial. En D. Hiernaux y A. Lindón (dir.), *Tratado de Geografía Humana* (601-627). México: Anthropos.
- Cappuccio, S. y Mignaqui, I. (2012). Planificando la cuenca Matanza-Riachuelo: estrategias de ordenamiento territorial y ambiental en debate [Ponencia] I Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana. UADER, FCyT. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://studylib.es/doc/8274251/cappuccio-mignaqui-planificando-la-cuenca-matanza>
- Cotler Ávalos, H., Galindo Alcántar, A., González Mora, I.D., Pineda López, R.F., y Ríos Patrón, E. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Cuadernos de divulgación ambiental. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Recuperado de https://www.produccion-animal.com.ar/aqua_cono_sur_de_america/80-Cuencas_hidrograficas.pdf
- Cortéz-Landázury, R. y Gómez-Sánchez, A.M. (2017) De la degradación hídrica y las innovaciones institucionales, a la sociedad civil ambientalizada: un análisis de la problemática de la calidad del agua en la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Revista Luna Azul*, (45), pp.71-106. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321753629006>
- Dourojeanni, A. y Jouravlev, A. (1999) *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- FARN (25 de junio 2020) Causa Mendoza (Riachuelo). Recuperado de <https://farn.org.ar/proyecto/causa-mendoza-riachuelo/#:~:text=La%20causa%20%E2%80%9CMendoza%20significa%20un,a%20la%20cuenca%20Matanza%20Riachuelo>
- Franquesa, J. y Corominas, M. (2015). Tennessee Valley Authority: una experiencia de planificación territorial modélica. *Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 10(28), 11-32. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/16650>
- González, S. y Natenzon, C. (2002) Cuenca hidrográfica y riesgo ambiental. Dos estrategias de resolución de incertidumbre. *Anejo de Boletín de Estudios Geográficos* (97), Instituto de Geografía, FFyL, UNCuyo
- Legendijk, V. (2019) Streams of knowledge: river development knowledge and the TVA on the river Mekong, *History and Technology*, 35(3), 316-337. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07341512.2019.1680156>
- Lehner, B. y Grill G. (2013) Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. *Hydrological Processes*, 27(15): 2171–2186.
- Merlinsky, G. (2016). Efectos de las causas estructurales en el largo plazo: la causa Riachuelo. *Dereito & Práxis*, 07(14), 397-420. Recuperado de <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistaceaju/article/view/22954>

Sitios web consultados

Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo. Recuperado el 18 de febrero de 2022 de <https://www.acumar.gob.ar/>

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Recuperado el 19 de diciembre de 2021 de <https://www.cvc.gov.co/acerca-de-cvc>

Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Dirección de Hidráulica. Ministerio de Infraestructura. Recuperado el 30 de enero de 2022 de <https://www.gba.gob.ar/hidraulica/>

Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica. Ministerio de Obras Públicas. Recuperado el 2 de marzo de 2022 de <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/infraestructura-y-politica-hidrica/politica-hidrica/cuencas>

Servicio Geológico de Estados Unidos. *Tennessee River*. Recuperado el 17 de diciembre de 2021 de <https://tn.water.usgs.gov/lten/tenn.html>

CAPÍTULO 9

Transformaciones territoriales en las costas bonaerenses

*Gabriela Mariana D'Amico, Alfonsina Zurqueta
y Marcelo Calabró*

Introducción

Los litorales son espacios geográficos anfibios. Constituyen un escenario de interrelación entre materialidades y dinámicas acuáticas y terrestres, incluyendo la zona de interposición efectiva, donde dichos medios confluyen dando lugar a procesos de erosión y sedimentación, que producen distintas formas litorales: playas, acantilados, dunas, entre otras. Sin embargo, su dinamismo no está dado únicamente por los procesos geomorfológicos que modelan el litoral, sino también por las transformaciones territoriales derivadas de la apropiación y ocupación de los territorios litorales a lo largo del tiempo. Es por ello que se los considera espacios geográficos dinámicos y complejos.

En el presente capítulo se analizan transformaciones territoriales del espacio costero argentino en base a tres recortes territoriales situados en la llanura costera bonaerense (Violante, 1988)¹¹⁵. El primer estudio de caso aborda la cuestión del Antropoceno y las modificaciones geomorfológicas en la costa ribereña de Hudson (partido de Berazategui), focalizando en los primeros años del siglo XXI. En el segundo caso, el objetivo es describir y analizar las transformaciones del paisaje costero en Pinamar a partir de la década de 1990 hasta la actualidad. Se analiza el avance de urbanización en los campos de dunas y zonas forestadas a partir de imágenes satelitales y bibliografía complementaria. El tercer caso de estudio indaga las transformaciones territoriales en el Balneario Parque Mar Chiquita (partido homónimo) entre 1957 y 2018, en base a los cambios en la cobertura del suelo. En cada caso de estudio se exploran distintos conceptos y técnicas para abordar transformaciones territoriales en los distintos periodos seleccionados (figura 1).

¹¹⁵ Ver otra mirada sobre este recorte espacial en Capítulo 10. *Impactos ambientales y Cambio Climático en la franja costera atlántica bonaerense*.

Figura 1. Localización de los recortes territoriales estudiados



Fuente: elaborado por Gabriela Mariana D'Amico en base a capa de provincias del Instituto Geográfico Nacional e imagen satelital base de ArcMap 10.1.

El litoral y la costa bonaerense: territorios desiguales

Los términos litoral y costa presentan numerosas acepciones. El origen etimológico del término **litoral** proviene del latín *litus* o *lituris*, que significa costa. En el idioma español, el litoral puede constituir un adjetivo para aquello que pertenece a la orilla o costa del mar, tanto desde el ámbito acuático como terrestre, o significar como sustantivo la costa de un mar, país, territorio o río. Por otro lado, **costa** proviene de su homónimo latino, que significa costilla, implicando el encontrarse “al lado de”. Se la asocia a una franja a la orilla de un cuerpo de agua que incluye la tierra que está cerca de ella. Sin embargo, litoral y costa, al igual que otros términos anfibios, adquieren numerosas acepciones que replantean el significado que le atribuye el diccionario de la Real Academia Española (RAE). Para el presente trabajo, denominaremos como costa una franja de territorio, de dimensiones variables para cada caso, que se encuentra lindante al estuario del Río de la Plata o al Mar Argentino. En cuanto a litoral, éste también constituye una franja

territorial, que incluye tanto al sector continental (costa) como al sector acuático lindante. En este sentido, reconocemos que en los litorales, territorios anfibios, los procesos naturales y sociales también atraviesan los espacios dominados por el agua.

La organización del territorio litoral bonaerense ha sido un proceso complejo y desigual. Si bien varios grupos originarios poblaron las costas estuariales y marítimas tempranamente en sitios puntuales, las áreas más densamente pobladas en la actualidad coinciden con los sitios que han sido ocupados primariamente por colonizadores españoles. Las costas estuariales fueron las primeras valoradas por los navegantes y comerciantes de ese país, quienes apreciaron las particularidades que este medio ofrecía (por ejemplo, aguas calmas para la localización de puertos) según sus necesidades comerciales y de residencia. Las costas marítimas fueron pobladas con posterioridad, en función de actividades portuarias, pesqueras y turísticas, principalmente.

En las últimas décadas, sectores de la costa bonaerense han sido transformados en pos de la valoración paisajística para la construcción de urbanizaciones cerradas de distintos tipos. La localización de estas nuevas urbanizaciones se vincula, además, con las vías rápidas de acceso a la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA). Así, el litoral bonaerense presenta una configuración territorial actual donde las urbanizaciones se localizan en sitios puntuales, perdiendo continuidad hacia el sur de la conurbación de la RMBA.

Modificaciones antropocénicas y geomorfológicas de la costa ribereña de Hudson (2001-2021)

Características geomorfológicas de la costa ribereña previas

La costanera de **Hudson**, ubicada en el litoral del estuario del Río de la Plata, integra el circuito fluvial rioplatense, parte de la llanura costera bonaerense que constituye una franja de terreno con relieve llano. En algunos sitios, esta llanura costera tiene aproximadamente 6 kilómetros de ancho. Posee una gran variedad de flora y fauna que le permite la denominación de “selva marginal” o de “bosque ribereño” (Galafassi y Centeno, 1998, p. 134). Al pertenecer al dominio fitogeográfico relacionado con la zona paranaense, propia del dominio amazónico, se desarrolla una de las selvas subtropicales más australes por los sedimentos y semillas que recibe de los ríos Paraná y Uruguay, aunque también contiene especies provenientes de la zona chaqueña.

El arroyo denominado “Conchitas”, situado en el límite entre Plátanos y Hudson, desemboca en el estuario del Río de la Plata irrigando parte del terreno, así como también lo hacen arroyos efímeros que no suelen poseer denominación porque su caudal se ve afectado por el régimen de precipitaciones y crecidas. Éstas hacen que temporalmente queden desbordados, generándose pequeñas celdas de agua, las cuales se mantienen por un tiempo prolongado por su cercanía a la zona litoral del río y su desnivel.

La zona posee un suelo poroso, con altos valores de material orgánico y niveles de sales solubles, apto para el desarrollo de la horticultura y floricultura, además de cierta acumulación de arcillas y tosca a poco más de un metro de profundidad (Rodríguez, 1998, pp. 12-14). A su vez, los horizontes¹¹⁶ *gleyzados* (con escasez de hierro) con capas endurecidas impiden el enraizamiento de las plantas. Este suelo limita el desarrollo de muchas especies, excepto algunas especies de frutales, árboles o plantas ornamentales (Rodríguez, 1998, p. 18).

Las modificaciones espaciales antropocénicas

Entre los años 2001 y 2021, la zona de la costanera de Hudson sufrió modificaciones geomorfológicas en el proceso de creación de barrios cerrados¹¹⁷. Si bien los proyectos datan de principios de los años 1990, la crisis de 2001 no permitió su explotación planificada de manera inmediata hasta diez años después de la misma.

Hasta el año 2011, las imágenes satelitales muestran una continuidad del uso del espacio en relación con las explotaciones agrícolas previas, como también la única vía de conexión existente, la cual para octubre de 2013 se oficializa y finalizan las obras de la avenida 63 hacia lo que es la costanera de Hudson (ver figuras 2, 3 y 4). Comienza entonces la modificación territorial, dado que anula un conjunto de arroyos efímeros y un arroyo de cabecera (Arroyo Baldovino).

Figura 2. Comparativa satelital de la localidad de Hudson, 2001 – 2021



Fuente: Elaborado por Marcelo Calabró en base a Google Earth.

¹¹⁶ Ver perfil del suelo en Capítulo 14. *Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos*.

¹¹⁷ Ver Capítulo 13. *Modelar la naturaleza: urbanizaciones cerradas en humedales*.

Figura 3. Imágenes del perímetro de Avenida 63



Fuente: fotografías tomadas por Marcelo Calabró.

Figura 4. Construcción del barrio Sebastián Elcano – Proyecto Pueblos del Plata



Fuente: elaborado por Gabriela Mariana D'Amico en base a imagen satelital de Google Earth (2022).

La avenida 63 se erigió con una altura promedio de 5 m s.n.m., altura uniforme en su extensión desde la Autopista Buenos Aires - La Plata (Ricardo Balbín) hacia la costa del río. En su finalización, se observa un murallón costero que contiene el ingreso típico del río hacia las tierras más bajas, lo cual impide el drenaje natural desde el continente.

Posterior a dicha obra emergen los proyectos de Puerto Trinidad, Pueblos del Plata y Cristal Lagoon. Este último fue frenado por orden judicial y falta de fondos. Los emprendimientos ponen el resto de la cota de nivel al mismo aspecto que la avenida, suprimen la flora y fauna existente y propias del bañado costero, e instalan su formato “pólder”¹¹⁸ en su interior, cuyo público de adquisición está ligado a la compra de la “naturaleza” (Calabro y Ortega, 2019), modificando definitivamente el territorio en un periodo de 10 años.

Este proceso de cambios se enmarca en el Antropoceno¹¹⁹, por las modificaciones en las cotas de nivel, creación de nuevas geoformas, la supresión de los ciclos de reabastecimiento del humedal, y la instalación de especies exóticas y hábitat humano en el lugar, lo cual genera la imposibilidad de reversibilidad a su estado anterior (Svampa, 2016).

Transformaciones ambientales en el paisaje costero de Pinamar desde los años 90 hasta la actualidad

El paisaje en Pinamar a lo largo de su organización territorial

En el litoral marítimo bonaerense se han efectuado diversas transformaciones en el paisaje a lo largo del tiempo, atravesadas principalmente por el modelo económico vigente en cada periodo. Este proceso se intensifica a partir del avance de la globalización y en el neoliberalismo debido a la mercantilización urbana (De Mattos, 2008, pp. 3-4). Las transformaciones del paisaje costero en **Pinamar** están atravesadas por el turismo como la actividad económica predominante y por las urbanizaciones exclusivas.

Se entiende al paisaje “como producto social que resulta de la transformación que ésta impone sobre la naturaleza, derivando en lo que se denomina dimensión cultural de la sociedad” (Nogué y Font, 2007, pp. 122-123). Esta perspectiva crítica permite entender al paisaje como una interpretación y producto social, el cual es cambiante, se encuentra en constante transformación por los agentes que inciden en él y es condicionado por los elementos que posee.

¹¹⁸ Un pólder es una obra de elevación del terreno realizada con el fin de drenar el agua superficial e impedir el anegamiento del terreno.

¹¹⁹ Ver Capítulo 2. *El Antropoceno: el precio de la tecnología*.

En este sentido, el turismo representa una valorización de un determinado paisaje. Se consolida como una práctica social y una actividad económica clave en el litoral bonaerense, y principalmente en el partido de Pinamar. El paisaje costero no solo es un objeto de consumo sino también soporte de la actividad turística.

El caso de estudio es Pinamar. Se desarrolla desde la Ruta Provincial N°11 (RP 11) hasta el Océano Atlántico. Las localidades que comprende son **Cariló, Ostende, Pinamar y Valeria del Mar**. Es reconocida por su arquitectura distintiva con casas con jardines amplios y bosque de pinos. El turismo es la principal actividad económica desarrollada durante el verano y fines de semana y está dirigido hacia un sector social de clase media/alta.

La localidad se encuentra emplazada en la unidad geomorfológica denominada cordón costero medanoso (Parker y Violante, 1989), un sector de la llanura costera bonaerense que se extiende desde Punta Rasa (partido de La Costa) hasta la laguna de Mar Chiquita (partido homónimo). Presenta un ancho de 2 a 4 km y se divide en dos sub-unidades: médanos (pudiendo alcanzar hasta 30 m s.n.m.) y playa (Rodrigues Capítulo *et al.*, 2012).

Desde fines del siglo XIX hasta 1930 se dio el proceso de valoración de la playa con fines turísticos en el cordón costero medanoso de la provincia de Buenos Aires, que se basó en la fundación de villas balnearias, principalmente se inicia y constituye en Mar del Plata. Los asentamientos balnearios se caracterizaron por ser propios de una clase de élite (Hernández, 2009, p. 7). En Pinamar durante este periodo se empieza con el proceso de fijación del campo de dunas por medio de plantaciones de especies foráneas como los pinos y la instalación de un vivero. En 1943, ya en un contexto de turismo de masas, se fundó la ciudad de Pinamar. El arquitecto Bunge diseñó el Plan Director de Urbanización bajo el concepto ciudad jardín, con una traza de calles en forma de arabescos y curvas para respetar las dunas y ondulaciones del paisaje. En 1945, se vendieron los primeros lotes y comenzó la construcción de un núcleo de viviendas permanentes y de casas para veraneo. En ese mismo año se inauguraron la primera cancha de golf, la escuela, la sala de primeros auxilios, la Iglesia Nuestra Señora de la Paz, la Cooperativa de Agua y Luz, el teléfono público, el correo y el muelle primitivo. En 1978 Pinamar se conforma como Municipio, separándose de General Madariaga. En 1983 se integran las localidades Ostende, Valeria del Mar y Cariló al partido.

El paisaje neoexclusivista

A partir de los años 1990, con el avance de la globalización y el neoliberalismo, se configuró el paisaje neoexclusivista, en donde se producen procesos de mercantilización del espacio urbano (Hernández, 2009, p. 9). Esto se consolida en el año 2000 con un cambio en la normativa, por el Código de Ordenamiento Urbano del Partido de Pinamar, que bajo el rótulo de turismo de sol y playa, permite que se urbanice y se construyan balnearios sobre la primera línea de méda-

nos, corriéndose de los límites del plano fundador. Esto deriva en el incremento de las construcciones, servicios, infraestructura y equipamiento como hotelería, cancha de golf, canchas de polo, *shopping* y balnearios sobre la playa.

Este proceso implica una transformación ambiental debido a la construcción de casas y balnearios sobre primera línea de médanos que modifican la posición de la línea de costa e incrementan la erosión. Las causas de la erosión costera pueden estar en un principio relacionadas a dinámicas naturales, que se ven potenciadas en episodio de mareas extraordinarias y/o tormentas¹²⁰ y por ciertas materializaciones en el territorio, derivados de la urbanización en la costa y que pueden actuar como factores potenciadores de este proceso. Este es el caso del litoral septentrional marítimo bonaerense, donde se asiste en la actualidad a la problemática de “erosión inducida”, que se suma a la erosión natural (D’Amico, 2008, p. 5-6).

Otra de las consecuencias que deriva del avance de la urbanización son las grandes cantidades de agua que se extraen de la napa freática, generando una reducción, agotamiento y salinización de éstas. Además, la pavimentación, la construcción y la forestación foránea impiden la retroalimentación que se produce por la absorción del agua de lluvia, que trae aparejado inundaciones en la zona. El uso de cuatriciclos también genera una compactación del suelo que impide la absorción del agua hacia las napas.

Dichas transformaciones se pueden evidenciar a partir del análisis de imágenes satelitales. En la figura 5 (arriba), correspondiente al año 1990, se puede observar que hacia el noreste, en la localidad de Pinamar, hay grandes cordones de campos de dunas sin implantación de vegetación. En el 2020 (figura 5, abajo) se pueden identificar plantaciones de especies foráneas y una zona urbana que actualmente se llama La Frontera Norte, caracterizada por sus grandes mansiones. Hacia el noreste también se ubica Costa Esmeralda, una urbanización cerrada que si bien pertenece al partido de la Costa, tiene un acceso más directo a Pinamar. Aquí se modificó el ambiente a partir de la plantación arbórea, apertura de calles, centros comerciales, casas y paradores sobre la playa. Se puede identificar en la localidad de Ostende (figura 5, arriba) en el límite con la RP 11, una zona de médanos que luego fue urbanizada para el año 2020. También se observa que el centro urbano se densifica, lo mismo sucede en Valeria del Mar. En Cariló se amplió el Bosque de Cariló, que luego en el año 2006 se convierte en una Reserva Natural Protegida, en donde no sólo se avanzó en la implantación de pinos sino también se intensificó y extendió el centro urbano. En resumen, se puede evidenciar una transformación ambiental a partir del avance de la urbanización, la implantación de especies foráneas, la densificación de los centros de las localidades y la construcción de infraestructura.

¹²⁰ En toda el área de estudio de este capítulo, las sudestadas, fenómeno meteorológico caracterizado por fuertes vientos del sureste, representan uno de los eventos con mayor potencial erosivo.

Figura 5. Imágenes satelitales de la localidad de Pinamar para los años 1990 y 2020

Fuente: elaborado por Alfonsina Zurueta en base a Google Earth.

Otra de las transformaciones que deriva de la década de 1990 es el avance de las urbanizaciones exclusivas. Se comienzan a efectuar ciertas dinámicas, referidas a un mercado inmobiliario que apunta a la mercantilización y uso del suelo como recurso para recrear paisajes escenográficos y apuntar hacia el consumo de la imagen. Las estrategias y promoción de marketing son centrales para el mercado inmobiliario ya que promueven discursos referidos a “vivir en la naturaleza” o “urbanizaciones verdes”. Pero se pueden establecer algunas contradicciones sobre las estrategias, ya que se construye sobre espacios que son ambientalmente dinámicos y frágiles.

Las urbanizaciones exclusivas se definen por compartir algunas lógicas con las urbanizaciones cerradas pero con características diferenciales. En las lógicas compartidas como es el caso de Los Pioneros, La Herradura, Villa del Mar y Renata Norte, se da el consumo de la ciudad a

tiempo parcial. La promoción y venta basada en el paisaje enfatiza en la “experiencia natural”, poblaciones temporales y segundas residencias que apuntan un público de élite. También la infraestructura y construcciones de lujo son algunas de sus particularidades. Las características diferenciales derivan en que no todas tienen el perímetro cerrado o con amenities, acceso único y controlado. Pinamar Norte, La Frontera Norte y Cariló, por ejemplo, no son centros urbanos cerrados, sino ciudades o zonas semi-cerradas, en donde el acceso queda limitado a un sector medio-alto, incorporando algunas lógicas de las urbanizaciones cerradas.

El paisaje como bien de uso y bien de cambio

El avance de las urbanizaciones exclusivas sobre el paisaje costero lo convierte en un bien de uso para el consumo de su imagen y un bien de cambio para la valorización del suelo, por lo que el paisaje adquiere un rol específico. Se produce una transformación referida estas urbanizaciones exclusivas con emprendimientos privados que proveen a un segmento exclusivo el goce pleno de la naturaleza, con ciertas garantías como confort y seguridad, produciendo una apropiación, una modificación y degradación de los ecosistemas marítimos (Vidal-Koppmann, 2015, p. 11). Bajo un lema de naturaleza “cuidada” y un estilo de “vida verde” apunta a generar un efecto de distinción de la élite y una segmentación urbano ambiental.

El paisaje costero forma parte de la estrategia de promoción turística de las urbanizaciones exclusivas que se refiere a un público de clase media- alta y alta. Asimismo, el sector estatal también ha propiciado el avance de las urbanizaciones desde la década de los 90, por medio de cambios en la normativa para el avance de la urbanización no sólo en lo que refiere a las exclusivas sino también sobre el frente costero. El sector inmobiliario es central ya que instaure determinadas lógicas mercantiles y son los que invierten en este espacio para la promoción del desarrollo inmobiliario. Esto trajo aparejado una serie de transformaciones en términos sociales a partir de la promoción de un turismo para la élite y también ambientales debido a la degradación sobre el ambiente a partir del avance de las urbanizaciones exclusivas.

Transformaciones territoriales en el Balneario Parque Mar Chiquita (1957-2020)

El **Balneario Parque Mar Chiquita** es una urbanización costera que se encuentra en el partido homónimo, al sureste de la provincia de Buenos Aires. Limita hacia el norte con la parte de la Reserva de Biósfera Parque Atlántico Mar Chiquito, y hacia el sur se encuentra una zona rural que se extiende hasta la urbanización de Mar de Cobo. Se desarrolla desde la RP 11 hasta la costa sobre el Mar Argentino, y presenta una morfología cuasi-triangular. Es atravesada por dos cursos de agua: el arroyo Vivoratá y el Cangrejo -canal de marea- (figura 6), ambos afectados por las pleamares y bajamares diarias. La urbanización se asienta sobre tres sub-unidades geomorfológicas dentro de la llanura costera: cercano a la RP 11 se desarrolla un conjunto de cordones conchiles; a continuación,

una llanura marginal (marisma) en el antiguo cauce de la laguna costera Mar Chiquita; cercano al mar, se localiza el cordón medanoso costero (Fayó y Espinoza, 2014, 512-513).

Para identificar las transformaciones territoriales acontecidas en los últimos 60 años, se analizaron los cambios en la cobertura del suelo. Se seleccionó una fotografía aérea del año 1957, obtenida de la Dirección de Geodesia del Ministerio de Infraestructura de la provincia de Buenos Aires, y una imagen satelital del año 2018, obtenida del programa Google Earth. Ambas imágenes fueron incorporadas en un Sistema de Información Geográfica. Se identificaron luego las coberturas del suelo agua, vegetación (separando la arbórea y herbácea), suelo desnudo y construcciones (separando las estructuras costeras) en base a la fotolectura de tramas y tonos/colores. Para el año 2018, la fotolectura fue complementada con observaciones en campo.

Transformaciones territoriales detectadas en base al análisis de las coberturas del suelo

Al igual que Pinamar, la urbanización del Balneario Parque Mar Chiquita surge a mediados del siglo XX. La región donde se localiza la localidad se encontraba en un contexto de desarrollo impulsado por los procesos vinculados a la etapa de Industrialización por sustitución de importaciones: el ascenso de la clase media, las vacaciones pagas, entre otros factores. A ello, se le sumó la pavimentación de la ruta Buenos Aires - Mar del Plata (Ruta Nacional N° 2) en 1938 (Nicolao *et al.*, 2017, 167), beneficiando a la localidad al encontrarse a unos 40km al norte de Mar del Plata. En este contexto, surge el primer atractivo turístico de la localidad, que estuvo relacionado al uso recreativo - especialmente pesca y navegación- de un sector de la laguna costera, conocido localmente como “canal” (curso que conecta la laguna costera con el mar). En 1930 se construyó la hostería El Refugio en un sector de este canal, donde se localiza hoy el Centro de Atención al Visitante, y en 1943 se creó el Club de Regatas y Pesca (Nicolao *et al.*, 2019, 195-196).

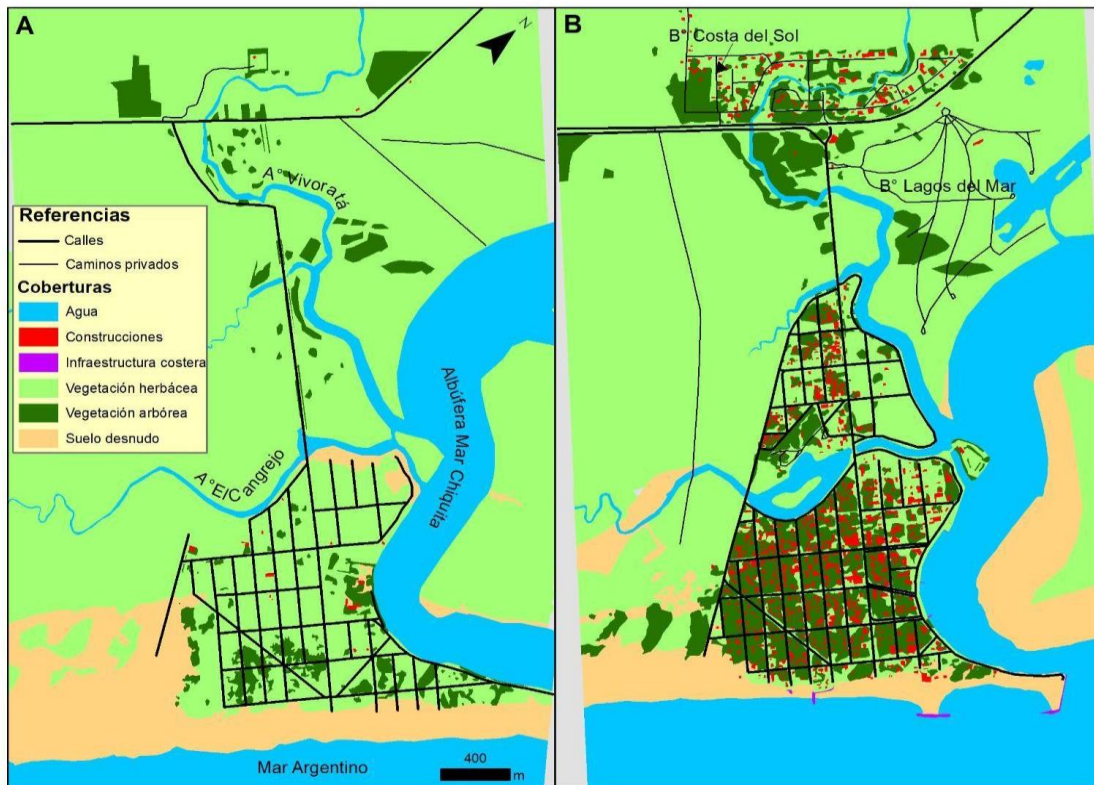
El primer loteo urbano se realizó en 1949¹²¹, según la normativa vigente para la época - ley N°3487 de 1913- (Azzanesi, 2004), que no consideraba las características naturales de las costas. Los planos de las urbanizaciones costeras se realizaban en abstracto (Bertoncello, 1992). Como ocurrió en otras localidades (por ejemplo, Mar del Tuyú en el partido de La Costa -D'Amico, 2009-), las transformaciones territoriales más importantes comenzaron con el replanteo del plano en campo, a partir del trazado de las calles. Las mismas se extendían hasta lindar con la playa, sin considerar la topografía medanosa preexistente.

En el mapa correspondiente al año 1957 se puede observar el trazado de la cuadrícula de calles desde el arroyo Cangrejo hacia el océano (figura 6, A). En las cercanías de la RP 11 se observan algunas plantaciones en el actual barrio Costa del Sol, y otros parches de vegetación aislados. Las

¹²¹ El plano fue aprobado por el expediente n° 69-25-49 de la Dirección de Geodesia de la Provincia de Buenos Aires (Nicolao *et al.*, 2019).

construcciones eran escasas, estando la mayoría de las manzanas sin ocupación. A diferencia de otras localidades costeras, no se observan construcciones en las manzanas cercanas a la línea de costa. Se destaca la hostería El Refugio en la margen izquierda del canal. En el sector medanoso, dentro de la cuadrícula urbana, se visualizan árboles implantados -y cuadrículas a implantar- para fijar los médanos. No se observan obras significativas en los cursos de agua ni estructuras costeras.

Figura 6. Coberturas del suelo para el año 1957 (A) y 2018 (B)



Fuente: modificado de D'Amico (2022).

Hacia 2018, los cambios más significativos están representados por la mayor presencia de vegetación arbórea y construcciones (en general, segundas residencias), que se localizan dentro de toda la cuadrícula urbana (figura 6, B). Un sector de ésta, entre el arroyo Vivoratá y Cangrejo, presenta escasas construcciones dado que ha sido recientemente parcelado. Sobre el sector cercano a la RP 11, se desarrollan los barrios cerrados Costa del Sol, creado en 1974, y Lagos del Mar, creado en 2013, aún no en funcionamiento. En el sector correspondiente a este barrio, se excavó un cuerpo de agua artificial en la década de 1970. Se observan cambios en la marisma en torno al canal, y en el curso de agua del Arroyo Cangrejo, donde se construyó una pequeña isla (figura 7, A). Sobre la costa marítima, se observa la pérdida de la línea frontal de manzanas que estaba presente en 1957, por erosión costera (Merlotto y Bértola, 2008). La franja medanosa ha sido fijada casi en su totalidad, excepto por un sector al sur del balneario. Se visualizan estructuras costeras (espigones) que fueron construidas para captar arena y aumentar la superficie de las playas (figura 7, B). El sector de la punta del canal, con respecto a la imagen anterior, se presenta más corto y angosto (figura 7, C).

Figura 7. A) Arroyo Cangrejo e isla, B) escollera, C) boca del canal y D) enquinchado

Fuente: fotografías tomadas por Gabriela D'Amico.

En síntesis, las principales transformaciones territoriales están vinculadas a la mayor superficie ocupada por las coberturas arbórea y de construcciones, y a cambios en sectores de la cobertura de agua. Estas transformaciones se traducen en una densificación de la ocupación del suelo sobre la marisma y paleomarisma asociada a la laguna, que ha sido modificada mediante el alteo de terrenos, y cuya transformación más reciente se relaciona a los trabajos efectuados para acondicionar el sector de la urbanización cerrada Lagos del Mar, actualmente en litigio. En cuanto al sector cercano a la playa, los procesos erosivos han provocado el desplazamiento de la línea de costa hacia el continente, disminuyendo inicialmente el espacio de la playa. Debido a ello, se construyeron espigones que se combinaron con otras obras duras (protección del pie de médano con escombros) y blandas (enquinchado¹²² en el sector sur de la localidad, y actualmente también hacia el norte -figura 7 D-) para captar arena en playa.

Comentarios finales

Los tres casos de estudio analizan transformaciones territoriales acontecidas en los últimos 60 años, para el caso del Balneario Parque Mar Chiquita, y en las últimas décadas, para el caso de Pinamar y Hudson, que dan cuenta de los cambios en la topografía y de la cobertura del suelo en función de distintos usos del territorio. Las urbanizaciones de Pinamar y Balneario Parque

¹²² El enquinchado es una técnica de captación de arena que consiste en la colocación de palos y ramas ubicados sobre la playa, de forma perpendicular a los vientos dominantes. Sobre estas estructuras se acumula sedimento (arena en este caso) y se conforman, con el tiempo, pequeños médanos.

Mar Chiquita y los nuevos barrios cerrados de la localidad de Hudson, se han construido sobre la llanura costera, una unidad geomorfológica que se caracteriza por su topografía plana, de escasa pendiente, con sectores propensos a la anegabilidad. Las transformaciones más recientes, vinculadas a la construcción de urbanizaciones cerradas, deben ser consideradas en las estrategias de gestión territorial dado que introducen cambios en la topografía que pueden modificar el escurrimiento natural del terreno.

¿Sabías que la Ruta Provincial N° 11 (provincia de Buenos Aires) está construida sobre cordones de conchilla?

Los tres recortes territoriales de este trabajo tienen algo en común. Además de ser áreas costeras, se encuentran unidas por un corredor vial interconectado, que varía en tipo y topónimo, pero que presenta la misma particularidad: se localiza paralelo a la línea de costa. Para llegar desde Hudson a Mar Chiquita, deberíamos tomar primero la autopista Buenos Aires - La Plata y, a continuación, la RP 11. Ésta última ruta, cuya construcción inició en 1936, se extiende entre Punta Lara y Mar del Sur, está construida sobre un conjunto de cordones conchiles formados durante el Holoceno¹²³. Además, entre los partidos de La Plata y Punta Indio, la ruta representa el límite entre dos unidades geomorfológicas: la llanura costera y la llanura continental.

En zonas con relieve de escasa pendiente, los terrenos elevados han sido históricamente valorados para la construcción de caminos. Según Miguez (2003, 71), parte del trayecto de la RP 11 (hasta Magdalena) fue utilizado primariamente por pueblos originarios, y en la época colonial constituyó el último del Camino Real, una vía de comunicación que conectaba diversas regiones del continente americano.

Preguntas para reflexionar

- ¿Por qué los territorios costeros son caracterizados generalmente como frágiles?
- ¿Cuáles son los factores que influyen en la localización de las urbanizaciones costeras?
- ¿Qué otras problemáticas afectan a los territorios litorales en la actualidad?

¹²³ Ampliar información sobre cordones de conchilla en Capítulo 7. *Humedal de la Bahía Samborombón: uso y sobreuso de los suelos*.

Referencias

- Azzanesi, J.C. (2004). *Orígenes del Partido de Mar Chiquita. Sus Pueblos e Instituciones*. La Plata: Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires.
- Bertoncello, R. (1992). Configuración socio espacial de los balnearios del Partido de la Costa. Buenos Aires: Serie monográfica.
- D'Amico, G. (2008). Fragilidad de los espacios litorales. Lineamientos para comprender el proceso de erosión costera potenciada por factores antrópicos en la localidad bonaerense de Mar del Tuyú. X Jornadas de Investigación del Centro de Investigaciones Geográficas y del Departamento de Geografía. Recuperado de https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.807/ev.807.pdf
- D'Amico, G. (2009). Fragilidad de los espacios litorales: Lineamientos para comprender la erosión costera inducida en el litoral marítimo bonaerense. El caso de la localidad de Mar del Tuyú. *Geograficando*, 5 (5), 1-18. Recuperado de https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revisitas/pr.4448/pr.4448.pdf
- D'Amico, G. (2022) Cambios en la cobertura del suelo del Balneario Parque Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina) como indicador de cambios geomorfológicos. VIII Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Actas en prensa.
- Calabro, M. y Ortega, F. (2019). Entre la esponja natural y la laguna artificial: El caso de los humedales de Hudson. XXI Jornadas de Geografía de la UNLP. Recuperado de https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.13509/ev.13509.pdf
- De Mattos, C. (2008). Globalización, negocios inmobiliarios y mercantilización del desarrollo urbano. En Córdoba Montúfar, M. *Lo urbano en su complejidad: una lectura desde América Latina*. Quito: FLACSO.
- Fayó, R., y Espinosa, M. A. (2014). Reconstrucción paleoambiental de la planicie costera de Mar Chiquita (Provincia de Buenos Aires, Argentina) durante el Holoceno, basada en diatomeas. *Ameghiniana*, 51 (6), 510-528.
- Galafassi, G. y Centeno, N. (1998). Gestión ambiental en el área metropolitana. El caso de las reservas naturales de la franja costera sur del Gran Buenos Aires. *Revista de geografía Meridiano*, 6, 133-140.
- Hernández, F. (2009). Nuevas espacialidades y paisaje turístico. El neoexclusivismo en el litoral marítimo bonaerense, Argentina. *Nadir: Rev. Electron. Geogr. Austral*, 1(2), 44-59.
- Miguez, H. G. (2003). El desarrollo urbano a lo largo del Camino del Sur en el trayecto Buenos Aires-Parque Pereyra Iraola. *Anales Linta*, 3, 71-80.
- Merlotto, A. y Bértola, G. R. (2008). Evolución urbana y su influencia en la erosión costera en el balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. *Papeles de geografía*, 47-48, 143-158.
- Nicolao, J., Araya, J. M., Ferrer, E., Zuccarino, M., Sarthou, N. y Lora, R. (2019) Historia del partido de Mar Chiquita. - Segunda Parte-. De 1865 a 1949. Tandil: CEIPIL-UNICEN y Municipalidad de Mar Chiquita.
- Nogué, J. y Font, J. N. (2007). *La construcción social del paisaje*. Madrid: Biblioteca Nueva.

- Parker, G. y R. A. Violante, 1989. *Geología y Geomorfología. Regiones I y II. Punta Rasa - Faro Querandí*. Provincia de Buenos Aires. Convenio Consejo Federal de Inversiones y Servicio de Hidrografía Naval, Informe final.
- Rodríguez, A. (1998). Cambios de uso de la tierra en el entorno periurbano del Gran Buenos Aires: estudio de caso partido de Berazategui. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires. Recuperado de http://repositorio.filo.uba.ar/bitstream/handle/filodigital/2881/uba_ffyl_t_1998_891738.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodriguez Capítulo, A., Kruse, E., y De Bernardi, P. (2012). Influencia de la evolución geomorfológica Pleistocena–Holocena en la dinámica del acuífero medanoso costero de Pinamar. *Actas del Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, 263-272.
- Svampa, M. (13 de agosto de 2016). El Antropoceno, un concepto que sintetiza la crisis civilizatoria. *La Izquierda Diario*. Recuperado de <https://www.laizquierdadiario.com/El-Antropoceno-un-concepto-que-sintetiza-la-crisis-civilizatoria>
- Vidal-Koppmann, S. (2015) Urbanizaciones privadas en zonas costeras: Del goce pleno de la naturaleza a los negocios inmobiliarios. La costa atlántica argentina y las estrategias de ordenamiento territorial. *Revista Argentina como Geografía*, 1, 101-115. Recuperado de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/42507/CONICET_Digital_Nro.155e43c0-ad7f-47c2-a88a-bf38ed080862_B.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Violante, R. A. (1988). Geología de la planicie costera entre Villa Gesell y Faro Querandí, Provincia de Buenos Aires. (Tesis doctoral). Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata.

SEGUNDA PARTE

Otras miradas sobre las transformaciones territoriales

CAPÍTULO 10

Impactos ambientales y Cambio Climático en la costa atlántica bonaerense

María Inés Botana y Edgardo Salaverry

Introducción

El espacio costero bonaerense constituye la interfaz entre la atmósfera, la hidrósfera y la litósfera cuya dinámica lo convierte en un ambiente único y vulnerable a los embates de origen antrópico. La diversidad de recursos que presenta, transforma la franja litoral en un espacio de atracción que concentra alrededor del 60% de la población de la provincia de Buenos Aires, con el consecuente desarrollo de actividades productivas, administrativas, comerciales y recreativas que alteran y modifican la configuración ambiental.

La consolidación de un crecimiento urbano sostenido en sentido perpendicular a la costa es consecuencia del aumento de la actividad turística y el incremento de áreas residenciales y comerciales permanentes demandadas por una creciente población estable. La construcción de redes viales, pluviales y cloacales, junto el tendido de agua potable y gas natural, acompañan la extensión de las ciudades dando origen a una alteración del clima y microclima conocido como “islas de calor”. Este fenómeno se caracteriza por cambios en el clima a escala local, cuyos efectos influyen y se ven influenciados por el **Cambio Climático (CC)**, entendido como el “cambio en las condiciones atmosféricas atribuido directa o indirectamente a la actividad humana” (Organización de las Naciones Unidas, 1992, p. 3).

La ocurrencia y recurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos junto a una intensificación de la temperatura superficial en las áreas urbanas, ponen en el centro de atención al avance del CC. Los impactos del fenómeno de **El Niño – Oscilación Sur (ENOS)** y **La Niña** en la frecuencia e intensidad del viento y las precipitaciones junto a los efectos de la **sudestada** en la región, generan un impacto negativo en el ambiente costero. A partir de la indagación de documentos oficiales, fuentes periodísticas, análisis de datos, mapas, fotografías e imágenes satelitales, se aborda un análisis integrado que dan cuenta de los impactos ambientales asociados al CC y la carencia de gestión ambiental en la construcción y transformación del espacio.

El objetivo de este aporte es identificar y analizar los impactos ambientales asociados al CC y su relación con el desarrollo del espacio costero, en las últimas décadas, en las ciudades de Pinamar (Partido de Pinamar), Villa Gesell (cabecera de Partido homónimo) y Mar del Tuyú y

Santa Teresita (ciudades balnearias del Partido de la Costa)¹²⁴. A partir del abordaje de las características ambientales de la región, se emprende el análisis de las transformaciones territoriales en el área de estudio como consecuencias de la expansión urbana, el desarrollo de actividades económicas, la especulación inmobiliaria y el rol de los actores sociales en la apropiación del espacio costero. Es importante destacar que la confección de la cartografía y el estudio de la misma se realizan en el marco de los Proyectos de Incentivos a la Investigación (FaHCE, UNLP. 2020-2024; H932).

Caracterización del ámbito de estudio

La **franja costera** de la provincia de Buenos Aires presenta una longitud de 1900 Km desde la desembocadura del arroyo del Medio al norte de San Nicolás de los Arroyos (33° 21' S y 60° 03' O) hasta Punta Redonda al sureste del Partido de Patagones (41° 03' S y 63° 23' O). En su extensión se distinguen tres sectores bien diferenciados: las costas fluvio–estuariales del Río de la Plata al norte, las costas marinas de la llanura pampeana en su desarrollo central y las costas marinas de la meseta patagónica la sur (Perillo *et al.*, 2014).

Estos angostos espacios presentan características propias debido a su carácter transicional entre el continente y los cuerpos de agua lindantes. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (*IPCC*, por sus siglas en inglés), las áreas costeras se definen como el hábitat por debajo del nivel del mar (< 50m de profundidad) hasta la línea de costa y en los espacios emergidos, desde la línea de costa hasta un máximo de 100 km o 50 m de altitud (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

En la provincia de Buenos Aires, aproximadamente el 60% de la población se asienta a menos de 200 km de la costa en importantes aglomerados urbanos, dando lugar a una densidad media de 80 hab/km² equivalente al doble del promedio mundial (Juárez y Mantobani, 2006). Las localidades balnearias más cercanas al Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) comprenden cinco partidos bonaerenses asentados en la región del “Tuyú”, vocablo con el cual los pueblos originarios locales llamaban a las tierras del este de los humedales pampeanos, de suelo arcilloso, frecuentemente anegados por las intensas lluvias, interrumpido por una barrera de dunas y extensas playas de arena sobre la costa. Este ambiente comprende nuestra área de estudio, más precisamente las localidades de Villa Gesell, Pinar, Santa Teresita y Mar del Tuyú.

Según datos de Perillo *et al.* (2014), la influencia del océano Atlántico en la región define las características del clima asociadas al templado oceánico, con una temperatura media anual de

¹²⁴ Ver otra mirada sobre este recorte espacial en Capítulo 9. *Transformaciones territoriales en las costas bonaerenses*.

14°C, mientras que, la media en verano es de 20°C y la marca promedio invernal alcanza los 8°C. Las precipitaciones alcanzan valores de 934 mm anuales, registrando los índices máximos durante el verano con la persistencia de chaparrones y tormentas luego de las jornadas cálidas y soleadas. Estas precipitaciones de tipo convectivas se forman por el calentamiento del suelo que genera una marcada inestabilidad del aire, favoreciendo la formación de nubes (cumulonimbus) con importante carga de humedad.

Asimismo, la época con mayor intensidad de vientos, en términos generales, es de septiembre a enero, con dirección de los sectores este y nordeste por la influencia del anticiclón del Atlántico y la baja presión continental. Contrariamente, durante los meses de invierno, la situación se revierte debido a la acción de un centro de alta presión en el continente, predominando los vientos de los cuadrantes oeste y sudoeste.

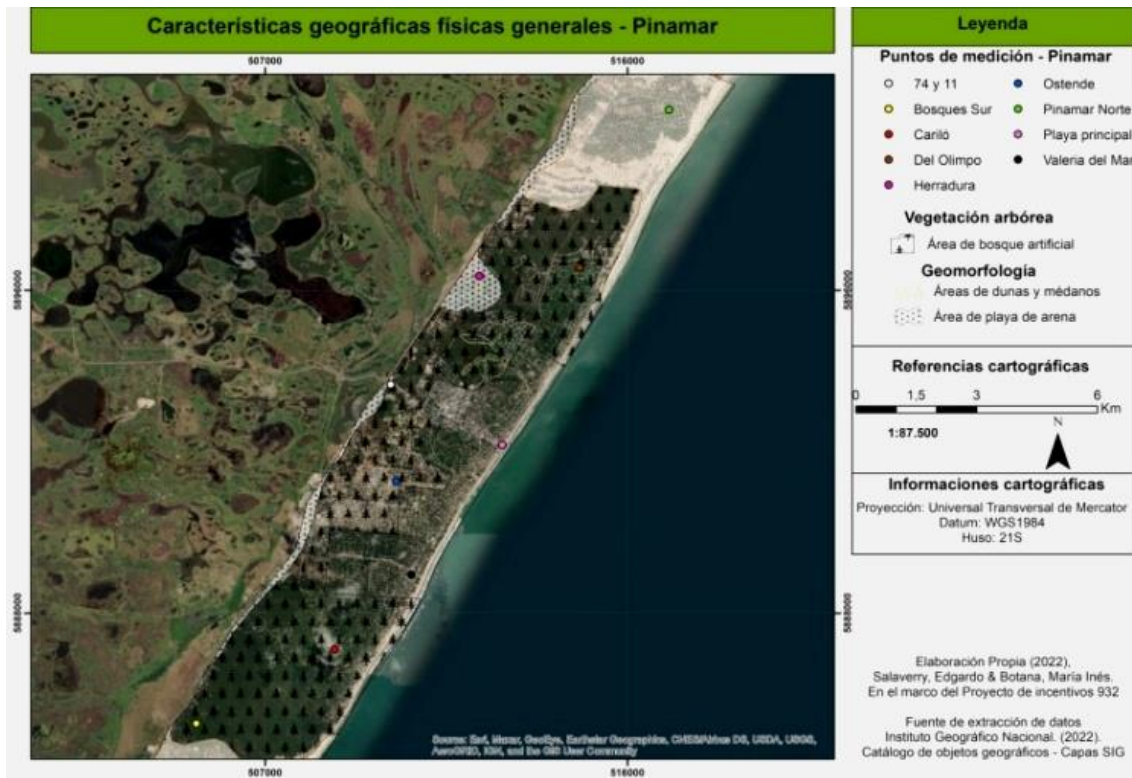
El ambiente costero y sus improntas locales

El área de estudio es el denominado litoral norte de la provincia de Buenos Aires, ubicada en el centro este y comprende los Partidos de la Costa, Pinamar y Villa Gesell, caracterizados por constituir unidades administrativas con características ambientales, económicas, sociales e históricas particulares. La configuración de su territorio ha sido signada por la fragmentación del espacio como resultante de la inserción de sus economías locales al modelo nacional prevaleciente en cada momento histórico.

El partido de **Pinamar** limita al norte con el distrito de La Costa, al oeste con la Ruta Provincial N° 11 (RP 11), al sur con el municipio de Villa Gesell y al este con el océano Atlántico. El distrito tiene un perfil netamente turístico, cuyo recurso natural son las playas, a las que se le suma el alto nivel de equipamiento e infraestructura que ofertan los balnearios de Monte Carlo, Pinamar, Ostende, Valeria del Mar y Cariló (figura 1).

La ciudad cabecera del partido intenta conservar los patrones de planificación originarios con una importante concentración de edificios en altura, negocios y paseos comerciales en centro. Sin embargo, el diseño territorial “combina tres semicírculos unidos, que de manera de cola de pavo real expanden su diámetro y se encuentran enlazados por un eje transversal a la costa que actúa como vía vertebral que comunica la localidad con la ruta 11” (Benseny, 2010, p. 24).

Figura 1. Características geográficas de Pinamar



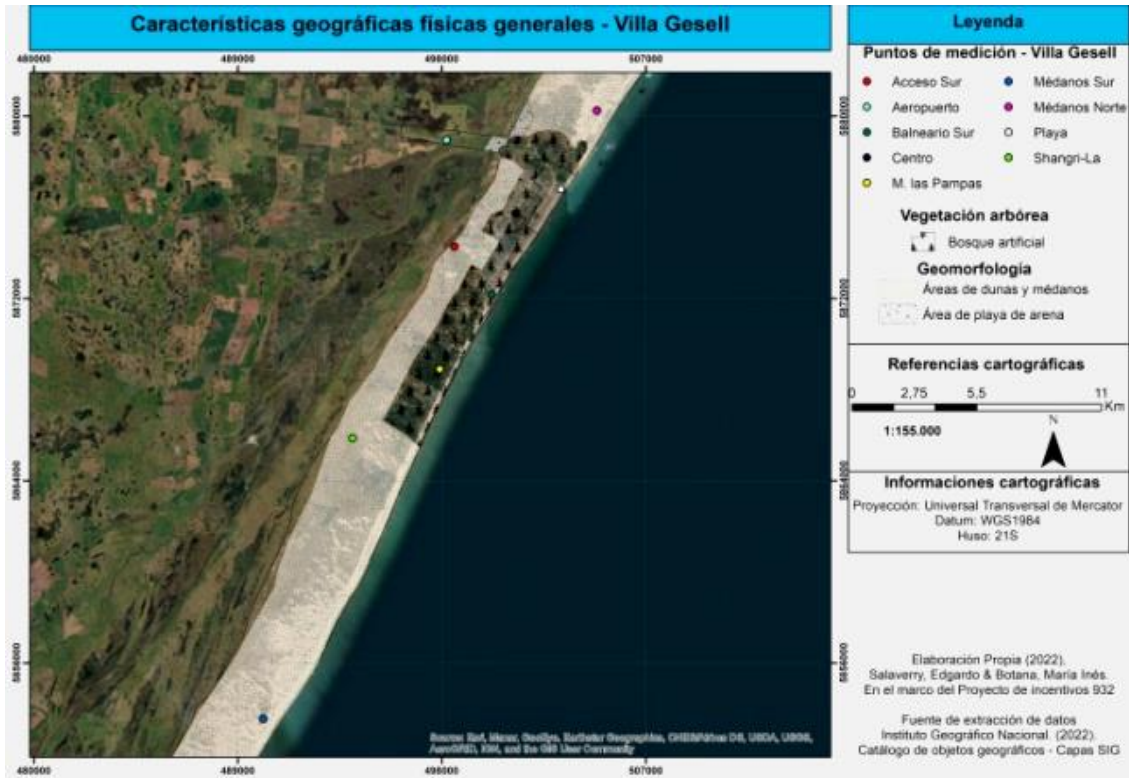
Fuente: elaborado por Edgardo Salaverry y María Inés Botana (2022).

El partido de **Villa Gesell**, limita al norte con el distrito de Pinamar, al sur con el municipio de Mar Chiquita, al oeste con el de General Juan Madariaga y al este con el océano Atlántico. Las localidades balnearias que conforman el partido son Villa Gesell, Mar de las Pampas, Las Gaviotas y Mar Azul.

Villa Gesell cuenta con 10 km de playas con aguas cálidas y dunas vírgenes, que se combinan con las distintas tonalidades de verde que le aporta su bosque (figura 2). La localidad presenta

(...) un desarrollo intensivo y consolidado con fuerte presión sobre la zona costera con edificios altos y calles pavimentadas, con alta concentración en la zona céntrica y dispersión a lo largo de todo el litoral. Las restantes localidad del Partido adoptan un comportamiento diferente: Las Gaviotas es una urbanización incipiente con un crecimiento lento; Mar de las Pampas posee una abundante forestación, un tramado urbano sinuoso que respeta las elevaciones de los médanos, predominan unidades multifamiliares integradas al paisaje, un importante complejo comercial y un marcado crecimiento urbano a partir del año 2001 y Mar Azul adopta un diseño de cuadrícula y combina un crecimiento moderado, que alterna con viviendas uni/multifamiliares y comercios dispersos (Benseny, 2010, p. 11).

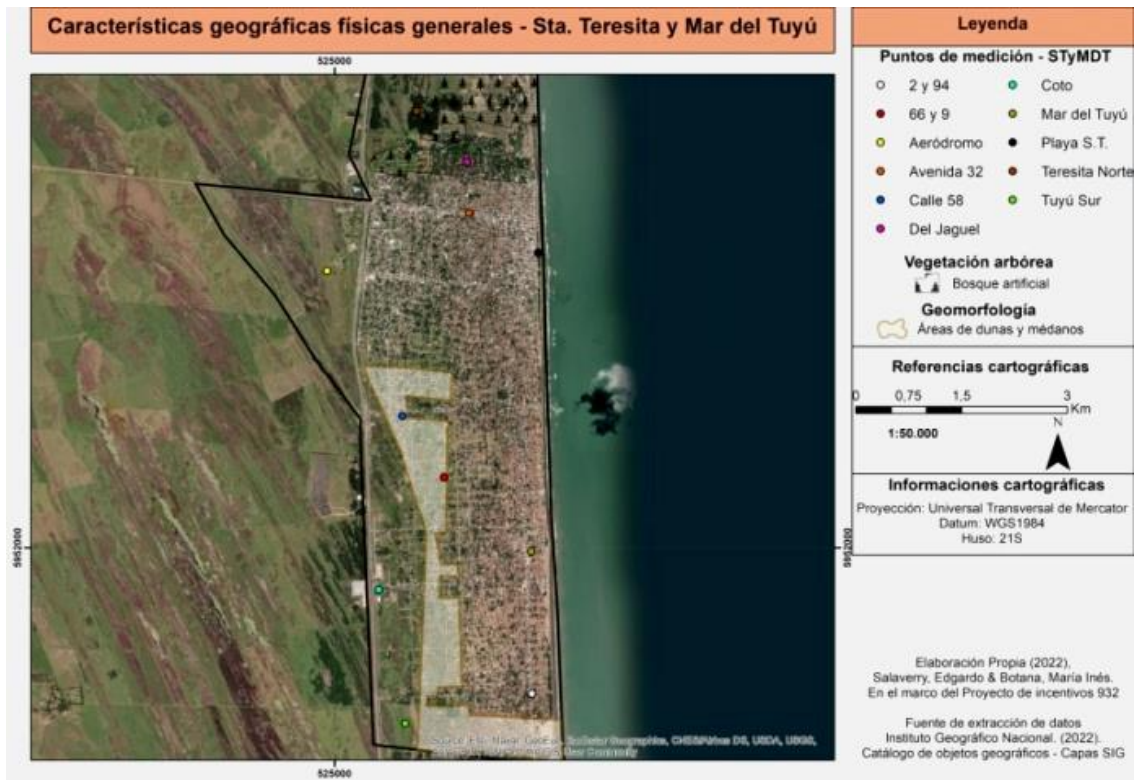
Figura 2. Características geográficas de Villa Gesell



Fuente: elaborado por Edgardo Salaverry y María Inés Botana (2022).

Las ciudades de **Mar del Tuyú** y **Santa Teresita** forman parte del partido de La Costa. El suelo donde se asientan estas urbanizaciones es arenoso caracterizado por amplias playas, y posee escasa vegetación, con excepción de algunos sectores, donde hay plantaciones de pinos.

La expansión urbana ejerce una importante presión sobre la línea costera particularmente en la localidad de Santa Teresita donde la avenida costanera ocupa el espacio donde existía la franja de las dunas (figura 3). La apertura de calles perpendiculares a la costa con pendiente hacia el mar provoca fuertes flujos de agua durante los períodos de lluvias afectando los sedimentos de las playas. La impermeabilización del suelo, como consecuencia del avance de edificaciones, infraestructura y equipamientos, con materiales duros, incide en la absorción, escorrentía y niveles de reflexión solar.

Figura 3. Características geográficas de Santa Teresita y Mar del Tuyú

Fuente: elaborado por Edgardo Salaverry y María Inés Botana (2022).

La incidencia del Cambio Climático en la costa atlántica bonaerense

El **Cambio Climático (CC)** se define como “un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Convención Marco de las Naciones Unidas ¹²⁵, 1992, art. 1). Este fenómeno, que está afectando todo el planeta, tiene sus impactos en el ambiente por las actividades antrópicas relacionadas al uso de combustibles fósiles, los cambios en los usos del suelo, el avance de las urbanizaciones y la deforestación de selvas y bosques.

Una de las secuelas generadas por el CC en los espacios urbanos es la generación de las “**islas de calor urbana**”, producidas por las superficies artificiales que componen las calles, andenes, edificios, techos, etc., y se manifiesta en un aumento de temperatura en comparación con las áreas circundantes con mayor cobertura vegetal. “El fenómeno isla de calor depende de factores como la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la topografía, el tamaño de la ciudad y la

¹²⁵ La Convención Marco de las Naciones Unidas 1992 es también conocida como “Convención de Río” llevada a cabo en Río de Janeiro, Brasil.

estabilidad atmosférica. Este efecto se potencializa en países tropicales” (Oke, 1995, p. 17). Las islas de calor urbanas son causadas por el desarrollo de los centros urbanos y los cambios en las propiedades térmicas e irradiancias de su infraestructura, dando lugar a su distribución dependiendo de los tipos de cobertura. La disparidad de los microclimas urbanos difiere de acuerdo a las características de las ciudades y la influencia de la radiación total sobre las edificaciones de acuerdo a su configuración espacial y los materiales de construcción utilizados. Al mismo tiempo, el viento se ve influenciado

(...) debido a la rugosidad urbana, a la canalización del aire en las calles (efecto corredor) como así también por influencia de la isla de calor que origina vientos térmicos que modifican la temperatura local. Al circular el aire entre los edificios se genera turbulencia y vórtices en un flujo (que altera su recorrido y velocidad) constantemente en función de la forma, altura y disposición de unos con respecto a los otros (Zapperi, 2020, p. 3).

Por otro lado, la identificación de la erosión en la costa atlántica bonaerense como consecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos nos invita a entender la incidencia de estas manifestaciones en este espacio como consecuencia de un proceso de cambios en el manejo costero. Esta erosión costera es el resultado de la remoción excesiva de sedimentos en un determinado segmento de la playa en un período establecido, cuyas fluctuaciones a corto plazo nos brindan un saldo decreciente en la extensión de playas y volúmenes de arena. Las actividades antrópicas cuando no respetan la dinámica de este ambiente, entran en conflicto agravando la vulnerabilidad de las áreas costeras frente al Cambio Climático.

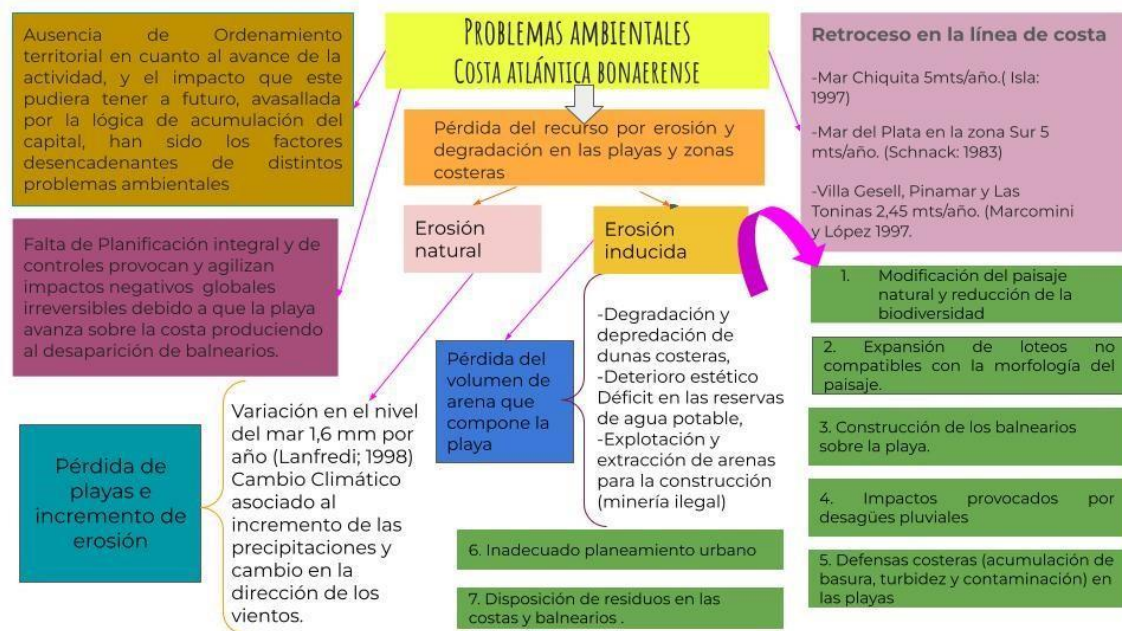
Un Informe del Instituto Nacional del Agua de una universidad uruguaya sostiene que “la constante acción del oleaje y el impacto de los eventos de tormenta severos (sudestadas) son los responsables primarios de la dinámica erosiva de la costa bonaerense” (Proyecto INA, 2020, p. 6). Estudios referidos a obras puntuales como la instalación de rompeolas para prevenir erosión en la zona de acantilados, la ejecución de defensas costeras para protección de rutas o los planes de modificación de las escolleras refuerzan la necesidad de contar con un manejo costero integral y planificado.

En las últimas décadas, la costa atlántica bonaerense asiste en la actualidad a numerosas problemáticas ambientales derivadas principalmente de un proceso de organización territorial que se ha llevado a cabo paralelamente al desarrollo y la creciente masificación de la actividad turística en nuestro país (figura 4). La ausencia de un ordenamiento territorial que regule el avance de las actividades en la región da lugar a un embate de apropiación y reconfiguración territorial signado por la lógica de acumulación capitalista que provocan distintos problemas ambientales.

Los **eventos hidroclimáticos extremos** afectan a los sistemas naturales y las sociedades que los habitan dando origen a una problemática de carácter ambiental. La identificación de los cambios en la intensidad y frecuencias de estos fenómenos tales como incremento de las temperaturas extremas, inundaciones, tormentas severas o sequías constituyen una herramienta estratégica para el estudio y seguimiento del CC. La acción de los temporales caracterizados por

su violenta irrupción, generan un fuerte oleaje que promueve la remoción de material de la playa y lo deposita en los sectores sumergidos del perfil generando bancos de arena. Estos procesos provocan grandes modificaciones en el área costera con consecuencias diferenciales en cada uno de los balnearios. Un ejemplo de ello es la tormenta que afectó la costa atlántica bonaerense desde el 28 de febrero de 2008 y por varios días, con vientos de 50 km/h y la caída de 370 mm de lluvia en 12 horas, afectando principalmente las localidades de Santa Teresita y Mar del Tuyú con el derrumbe de 40 metros de la costanera y una inundación que llegó hasta la RP 11 con un total de 650 evacuados (La Nación, 2008).

Figura 4. Problemas ambientales en la costa bonaerense



Fuente: Botana y Gliemmo (2019)

Dentro de estas problemáticas ambientales, la **erosión costera** es una de las más significativas (Marcomini y López, 2008) por los procesos de remoción y transporte efectuado por las olas, las corrientes marinas y de deriva; junto a la acción del viento que traslada la arena de un lugar a otro y la deposita en forma de dunas. De esta manera, el movimiento de los sedimentos puede desplazarse en forma paralela a la costa o transversalmente a la misma. Si bien la erosión costera se desarrolla por causas naturales notablemente potenciadas en episodios climáticos y de tormentas, también surgen ciertas herencias territoriales que pueden inducir la aceleración de dicho proceso. Las mismas se pueden clasificar en causantes directas (cuando la erosión se produce sobre la morfología natural) e indirectas (cuando una modificación en el territorio tiene sus consecuencias en el mediano plazo).

En este sentido, la potencia de la erosión genera pérdida de playas por las siguientes causas:

- Variación en el nivel del mar 1,6 mm por año por incremento de las precipitaciones medias y cambio en la dirección de los vientos producto del Cambio Climático (Lanfredi *et al.*, 1998).
- Prolongados períodos de sequía.

- Aumento en los episodios pluviales (Lanfredi *et al.*, 1998).
- Carencia de cubierta vegetal.
- Suelos con sedimentos sueltos.

A su vez, la erosión inducida (antrópica) genera pérdida de un importante volumen de arena que compone la playa como consecuencias de la **degradación y depredación de dunas costeras**, como producto de la extracción del material generando la modificación de la morfología natural del terreno (Marcomini y López, 2006). Estas actividades se suman al trazado de calles y avenidas, las modificaciones en el escurrimiento superficial, la evacuación de excedentes pluviales al mar y la circulación de vehículos en la zona de playa y dunas.

En las últimas décadas del siglo XX y principios del siglo XXI, han surgido nuevas lógicas de desarrollo turístico y ocupación que han modificado el ambiente costero de la mano de una intensa urbanización sobre la costa y la transformación de las playas. El auge de centros exclusivos en los partidos de Villa Gesell y Pinamar ha propiciado una intensa intervención territorial centrada en la valoración paisajística con férreos criterios especulativos. Estas interacciones son a menudo conflictivas o mutuamente excluyentes, por lo que se requiere un marco de gestión integral, a fin de planificar y coordinar los usos de la costa, evitando tales conflictos. El proceso de antropización sobre las playas ha generado una modificación de los paisajes asociados al deterioro del ecosistema, la pérdida de la biodiversidad y la intromisión de nuevas especies forestales exóticas o no nativas, invasoras y al mismo tiempo, una aceleración del proceso erosivo.

La persistencia y recurrencia de tormentas alteran la frecuencia y altura de las olas que impactan con mayor fuerza sobre la costa barriando importantes volúmenes de arena de las playas. El aumento del nivel del mar de 1 a 2 mm anuales promedio, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2014), constituye otro de los factores que dan cuenta de la incidencia del Cambio Climático sobre las franja costeras, como consecuencia del incremento de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, el aumento de la temperatura del aire y el derretimiento de los glaciares y casquetes polares. Al mismo tiempo, la construcción de defensas costeras incrementa la persistencia de basura y la concentración de contaminantes como consecuencia del ineficaz servicio de recolección y tratamiento de residuos. La contaminación por residuos de origen antrópico en las costas, particularmente en las playas, se incrementa considerablemente durante la estación estival con la presencia de colillas de cigarrillos, papeles, bolsas de *nylon*, vidrios y plásticos que tienen su impacto en la estética del paisaje y la calidad de las aguas marinas (Isla y Villar, 1992).

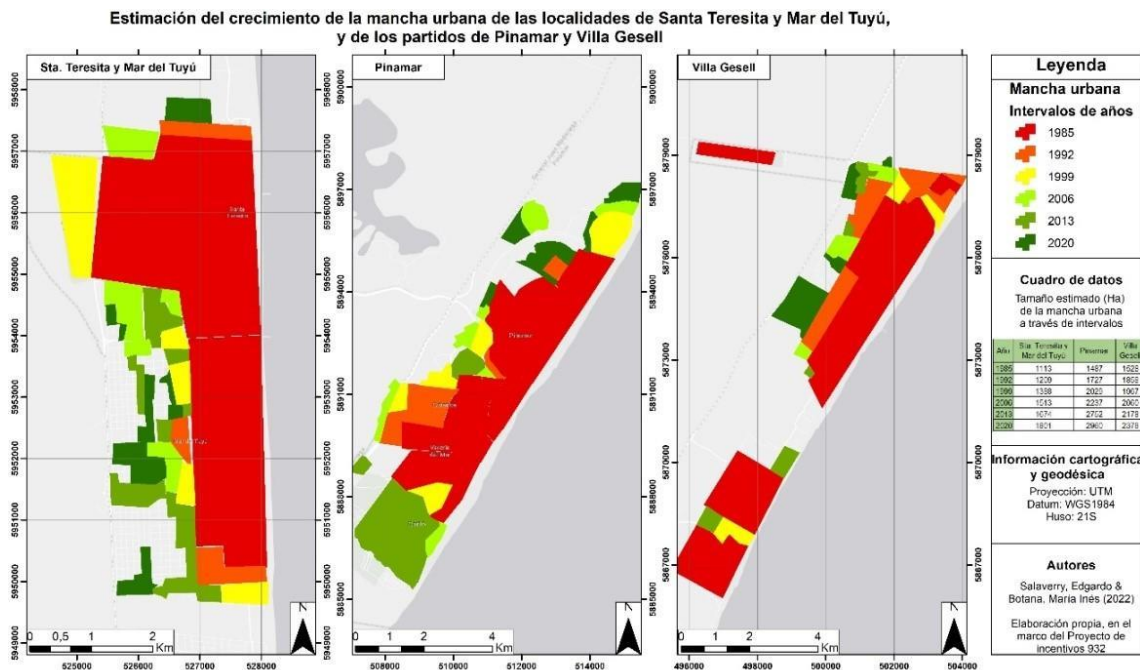
La prevalencia del espacio urbano

El proceso de urbanización en las localidades de Villa Gesell, Pinamar, Santa Teresita y Mar del Tuyú, comparte la generación de una dualidad en el asentamiento espacial de la población. Por un lado, encontramos un territorio que pone en valor la costa con fines turísticos definido por

una alta concentración de alojamientos hoteleros, de gastronomía, recreación; con una importante provisión de servicios para la población turística asentada durante el verano, para transformarse en un espacio ocioso durante el resto del año.

Por otro lado, tenemos el territorio ocupado por la población residente que comprende las zonas alejadas o periféricas, con baja frecuencia de turistas y en ocasiones desprovista de infraestructura y algunos servicios (Benseny, 2012). Desde hace varias décadas, el patrón de ocupación del suelo se concentra en el espacio próximo a las playas, tal como lo muestran las imágenes cartográficas (figura 5) con la presencia de propiedades con fines turísticos que privilegian la cercanía al mar.

Figura 5. Estimación del crecimiento urbano



Fuente: elaborado por Edgardo Salaverry y María Inés Botana (2022).

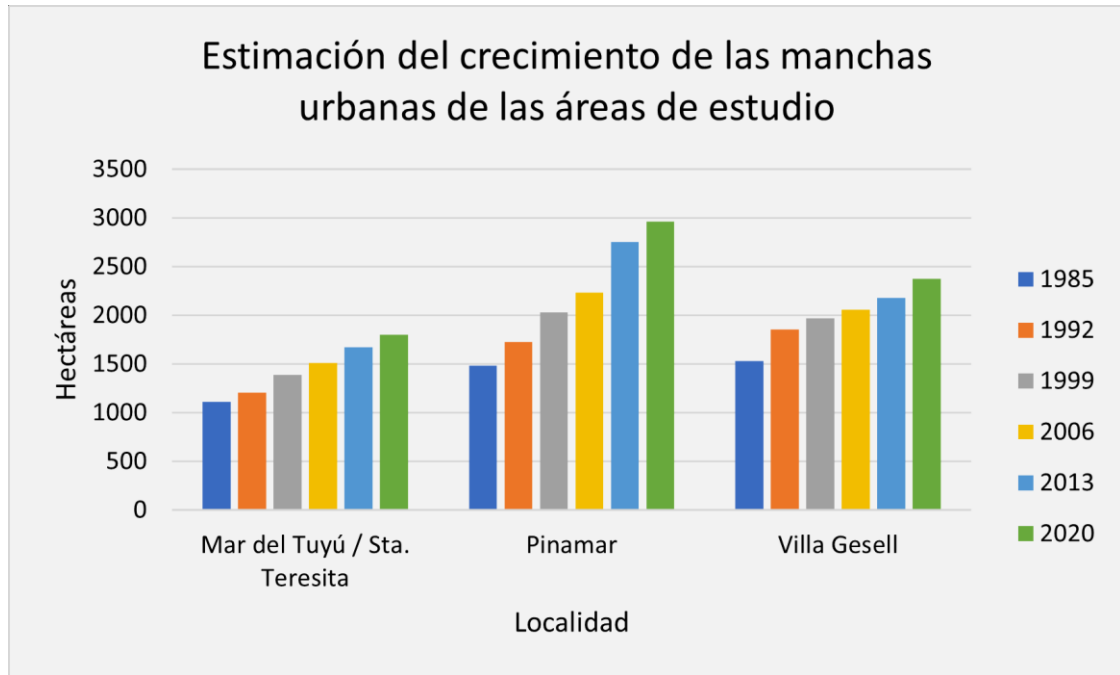
En los últimos años se ha podido observar una fragmentación y subdivisión de los terrenos próximos a la costa como consecuencias de una especulación inmobiliaria que busca la máxima explotación del valor del suelo.

Asimismo, en la trama urbana litoral de cada uno de los partidos se diferencian tres zonas: norte, centro y sur; que comparten la presencia de un importante equipamiento turístico destinado a la población temporaria. Según Benseny (2012), desde el punto de vista ambiental, las zonas céntricas han alterado la dinámica costera con mayor impulso al decapitar los cordones de médanos y al concentrar los edificios más altos de las ciudades cabeceras. Sin embargo, hacia fines de la década de los años 90, el proceso de ocupación muestra mayor desarrollo en grandes terrenos linderos a la RP 11, con el afloramiento de nuevos modelos de urbanizaciones cerradas que incluyen *apart-hotel*, residencias equipamientos deportivos,

accesos controlados, vigilancia privada y subdivisión de los predios para la construcción de viviendas estilo chacras.

La sostenida expansión urbana en las localidades estudiadas, tal como lo muestra la figura 6, fue acompañada por un proceso de transformación residencial que trajo como consecuencias la puesta en vigencia de excepciones a los códigos de planeamiento y/o edificación en cada uno de los municipios.

Figura 6. Expansión de la mancha urbana



Fuente: elaborado por Edgardo Salaverry y María Inés Botana (2022).

Entre los años 1985 y 2020, el crecimiento de la mancha urbana ha conservado un incremento sostenido en los partidos analizados. En el caso del partido de La Costa, las localidades de Mar del Tuyú y Santa Teresita muestran una ampliación del tejido urbano en un 55%, mientras que la localidad de Villa Gesell alcanza un promedio del 53%. La localidad de Pinamar, en cambio, presenta un crecimiento del 94% con un salto exponencial en los últimos dos períodos con la llegada de nuevos tipos de urbanización.

Cabe destacar que en la provincia de Buenos Aires, el marco legal que regula la creación de estas nuevas urbanizaciones lo constituye el Decreto provincial N° 3202/06. Establece los supuestos mínimos para la creación y expansión de núcleos urbanos con aplicación sobre los frentes costeros. Esta disposición junto al Decreto Ley N° 8912 de Uso del suelo y Ordenamiento territorial sancionada en el año 1977 en plena dictadura cívico militar, determinan los criterios a seguir en la creación y/o ampliación de núcleos urbanos, lo que provoca contradicciones en el ordenamiento territorial costero (Vidal-Koppmann, 2015).

La isla de calor urbano como problemática ambiental

Estos cambios en los usos del suelo, tienen sus consecuencias en el comportamiento de la temperatura de emisión superficial que distinguen a las urbes. El fenómeno de la **isla de calor** se define como el exceso de calor generado en un ambiente urbano por efecto de la acción de procesos físicos y antrópicos, cuya forma e intensidad están determinadas por distintos factores geográficos y estructurales de la ciudad que lo genera (Oke, 1995). La observación de las imágenes nos muestra que la intensidad de la isla de calor urbano-costero presenta un tendido de isotermas paralelas a la costa con los valores máximos que señalan el corredor céntrico de los centros urbanos.

Los cambios en la cobertura del suelo ocasionados por la expansión de las ciudades son parte de los mayores impactos antropogénicos sobre el ambiente, con la construcción de edificios que modifican el intercambio de calor entre la superficie y la atmósfera. Una herramienta importante para el descubrimiento y la localización de cambios en el comportamiento térmico de la superficie es la **teledetección satelital**. Picone (2021, p. 1) explica:

La teledetección consiste en un conjunto de técnicas que permiten obtener información de un objeto a través del contacto electromagnético sin estar en contacto con el mismo, es decir, a distancia. Las fuentes de radiación electromagnética pueden ser naturales (Sol) o artificiales (radar, láser).

La teledetección se concibió en principio como una herramienta para la obtención de datos por su integración con otras capas de información.

Los componentes de un sistema información medioambiental, sin un interés de teledetección son: la fuente de energía, la cubierta terrestre, los sensores remotos, las estaciones receptoras, los programas informáticos y el usuario. Respecto de la fuente de energía, la más habitual es el sol, en cuyo caso se habla de teledetección pasiva ya que los sensores dependen de esta fuente de energía externa. Los objetos de la cubierta terrestre (masas de vegetación, mantos de nieve, cuerpos de agua, suelos o superficies urbanas), reaccionan de forma distinta ante el flujo de energía incidente, acorde a sus características. Una parte de este flujo es absorbido por los objetos, otra es transmitida a los objetos vecinos y, finalmente, otra parte del flujo es reflejada (Picone, 2021, p. 3).

Esta energía reflejada es captada por el sensor y codificada digitalmente en un rango cuyos valores dependen de la resolución radiométrica del sensor (256 niveles-ETM-Landsat-, 1.024 niveles -AVHRR-NOAA-, 2.048 niveles -KONOS, QuickBird- y hasta 65.536 valores en algunos sensores, como MODIS y los radares de ERS y Radarsat).

Si los cuerpos absorben o transmiten mucha energía y reflejan poca, los valores registrados por el sensor serán bajos. Es el caso de las masas de agua en algunas regiones espectrales del

visible (verde y rojo); por el contrario, si los cuerpos son muy reflectivos el sensor registrará valores elevados como es el caso de las masas vegetales en el infrarrojo cercano, de los mantos nivales o de los suelos descubiertos, de origen calizo, en la región espectral del visible.

Los datos digitales almacenados a bordo del satélite son enviados, periódicamente, a las estaciones receptoras distribuidas convenientemente en la superficie terrestre; donde se graban los datos y, tras diversos procesos, las imágenes son distribuidas a los usuarios mediante diferentes políticas y canales de comercialización (Picone, 2021, p. 5).

Las imágenes son tratadas visual o digitalmente, mediante programas informáticos de tratamiento digital, por el intérprete para elaborar luego cartografía temática y otros productos (variables biofísicas tales como humedad del suelo o de la vegetación, temperatura de superficie terrestre y marina o salinidad entre otras) que pueden ser integrados con otra información geográfica.

Recientemente, se lanzaron al espacio sensores de baja resolución espacial y alta resolución temporal especialmente diseñados para el monitoreo de la cobertura terrestre, entre los cuales destacan MODIS y SPOT–*Vegetation*. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) es un sensor particularmente interesante; tiene 36 bandas espectrales (de las cuales 7 son útiles para estudiar la cobertura terrestre contando con una resolución espacial inicial de 1x1 km). MODIS está a bordo de dos satélites (*Terra* y *Aqua*), permite tener imágenes diarias de toda la superficie terrestre y existen una gran cantidad de productos derivados disponibles en internet” (García Mora, 2011, p. 2).

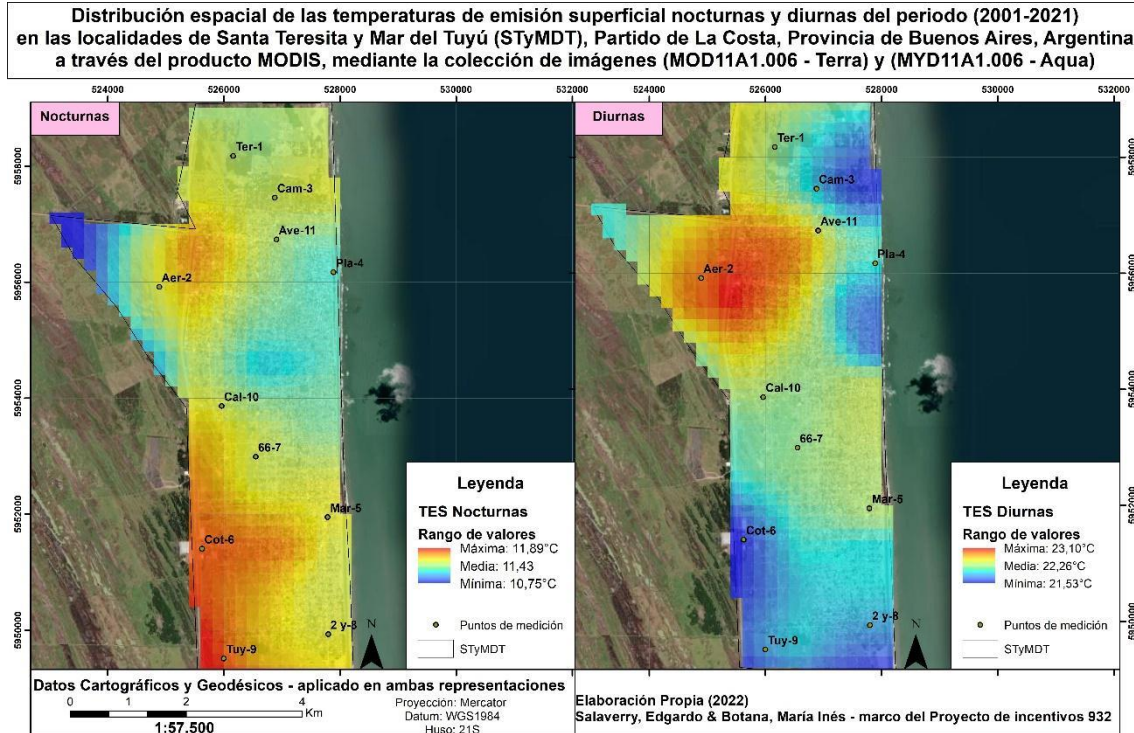
Dado su fácil acceso, la teledetección como herramienta ofrece grandes posibilidades para la realización de avances en el conocimiento e interpretaciones de condiciones físico-ambientales constituyendo una fuente de información y desempeñando un papel significativo en el campo del conocimiento geográfico.

Utilizando este instrumento, se analizan imágenes MODIS diurnas y nocturnas tomadas en el período 2001-2021 y se comparan los valores máximos y mínimos promedios anuales de temperatura superficial obtenidos para comparar el comportamiento de dichos índices. Además, se emplearon dos **remuestreos bilineares**¹²⁶, de 400 y 200 metros para limpiar la resolución espacial inicial del producto. Como se puede apreciar en las imágenes de Santa Teresita y Mar del Tuyú (figura 7), durante el día los valores más altos de temperatura se concentran en los espacios residenciales con alta concentración de construcciones edilicias y escasa cobertura vegetal;

¹²⁶ Remuestrear (*Resample* en inglés) corresponde a una herramienta que permite cambiar la resolución espacial de un producto raster, definiendo las reglas para agregar o interpolar valores en los tamaños del pixel del producto raster de salida.

mientras que, en horas nocturnas, las cifras más elevadas acompañan el continuo urbano sobre la costa y el tendido de la RP 11.

**Figura 7. Distribución espacial de las temperaturas superficiales.
Partido de la Costa (2001-2021)**



Fuente: elaborado por Edgardo Salaverry y María Inés Botana (2022).

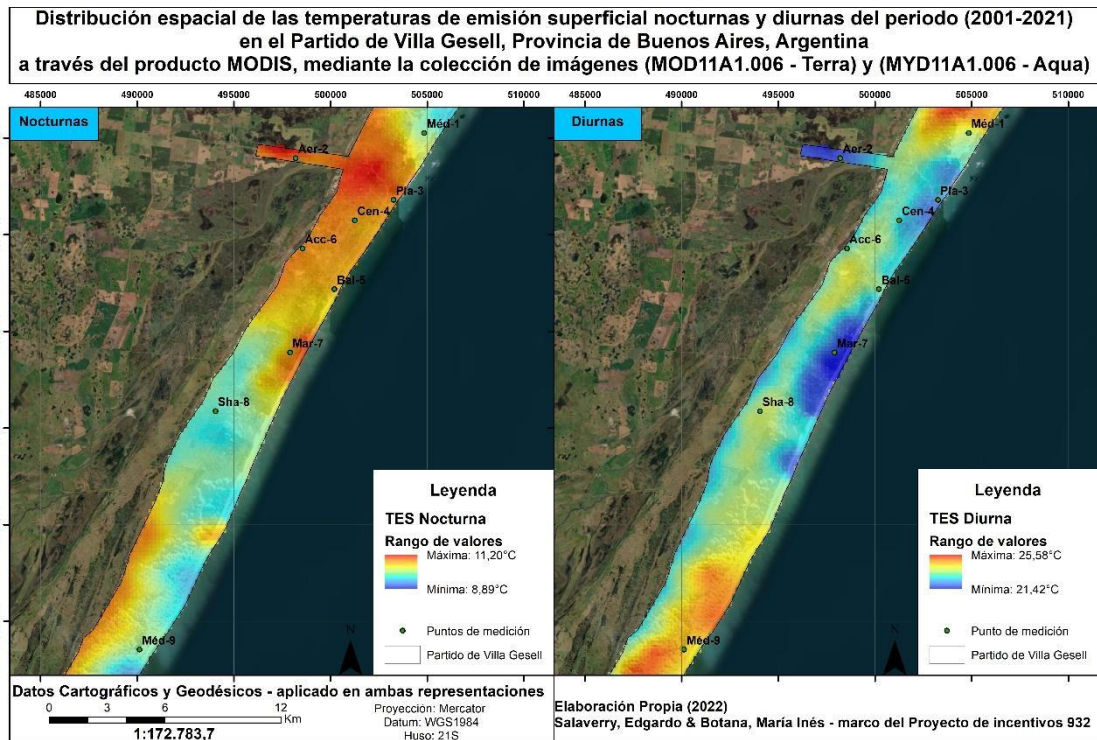
Como nos muestran las imágenes satelitales, existe una diferenciación positiva en los valores de temperaturas de emisión superficial, tanto de noche como de día, siendo más significativos los montos registrados durante las horas diurnas. Las temperaturas de emisión superficial nocturnas nos presentan un incremento promedio interanual, pero de características débiles tal como lo demuestran los valores de los coeficientes de correlación, denominado R^2 . En cinco de los once puntos las variaciones porcentuales interanuales son negativas y esto se debe a que 2003, 2006 y 2007 fueron extremadamente más fríos que el resto de los años analizados.

En segundo lugar, las temperaturas superficiales diurnas presentaron mayores incrementos en sus montos con respecto al marco temporal. Las mayores variaciones positivas se registraron en zonas urbanas, dos localizados en la playa (Playa de Santa Teresita y Mar del Tuyú) y uno en el interior urbano (Av. 32 de Sta. Teresita). La mayor temperatura superficial nocturna y diurna se presenta en la zona del aeródromo (10,7°C y 22,9°C respectivamente). Por otro lado, Santa Teresita registra la menor temperatura durante las noches, marcando un promedio anual de 10,3°C; mientras que en las horas diurnas, la menor temperatura (21,6°C) se registra en Camino de Jagüel al norte de la localidad.

En el Partido de Villa Gesell (figura 8), en cambio, se puede ver a simple vista el desarrollo de la isla de calor durante el día y la isla de frío durante la noche con una amplitud térmica de

14° C en sus valores máximos. Esto se debe a la incidencia térmica de los materiales que encontramos en las ciudades junto a la emisión de calor antrópico generado por las emisiones de GEI de los vehículos, los sistemas de refrigeración y calefacción y las alteraciones del espacio costero.

**Figura 8. Distribución espacial de las temperaturas superficiales.
Partido de Villa Gesell (2001-2021)**

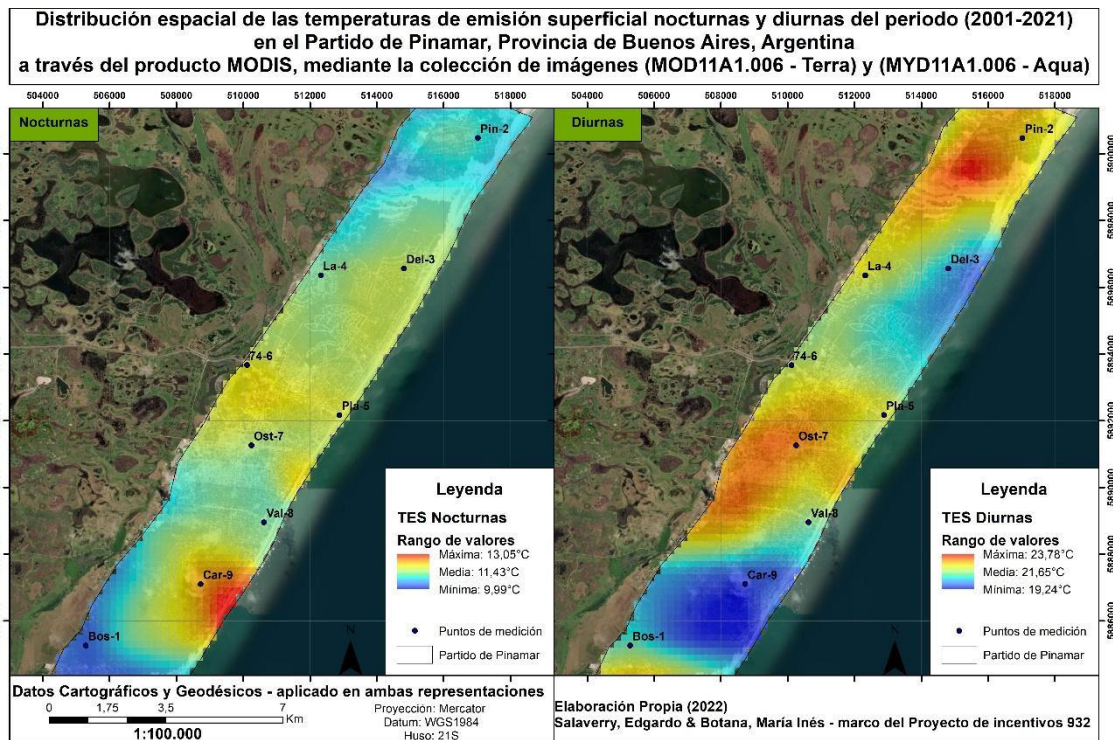


Fuente: elaborado por Edgardo Salaverry y María Inés Botana (2022).

En este caso, se exhiben diferencias positivas en los valores de las temperaturas de emisión superficial de las horas nocturnas y diurnas, siendo levemente más significativas en durante el día. Con respecto a los valores de los coeficientes de correlación y determinación, se puede afirmar que existen variaciones positivas pero muy débiles de las temperaturas nocturnas, y débiles a moderadas en las temperaturas diurnas. Siendo más significativo en Mar de las Pampas, durante las noches, y Balneario Sur, durante las horas diurnas. No obstante, los valores de los coeficientes de determinación son por lo general bajos, aunque el de Balneario Sur, durante las horas diurnas, es levemente más significativo que el resto.

En el caso de Pinamar (figura 9), las temperaturas de emisión superficial muestran débiles variabilidades diurnas y nocturnas, pero sostenidas en el tiempo.

**Figura 9. Distribución espacial de las temperaturas superficiales.
Partido de Pinamar (2001-2021)**



Fuente: elaborado por Edgardo Salaverry y María Inés Botana (2022).

Los indicadores diferenciales presentan relaciones lineales en su comportamiento durante el día y la noche, con valores bajos en la zona de Bosques Sur, ubicado al SO de Cariló y un coeficiente de correlación negativo del -0,42 diurno en Pinamar Norte, lo que evidencia que el modelo señala una disminución débil de los montos de temperaturas a lo largo del período de medición. Sin embargo, los coeficientes de determinación R^2 como medida de asociación lineal de la temperatura de los nueve puntos de control varían entre 1 y 13% en los montos nocturnos, y entre 0 y 20% en los valores diurnos; lo que explica una significativa variabilidad de los índices nocturnos en el sector Sur y un incremento de los valores durante el día en la zona Norte del Partido. Esto demuestra que la distribución de las emisiones de temperatura superficial guarda una estrecha relación con los elementos y características del tejido urbano.

Consideraciones finales

Como ha ocurrido con la mayoría de las localidades de la costa bonaerense, el proceso de urbanización se llevó a cabo bajo la ausencia de una gestión integral que contemplara la importancia del espacio litoral y la fragilidad del recurso playa; ocasionando un costo ambiental significativo. La apropiación y explotación de la franja costera desde una lógica expansionista está provocando el deterioro irreversible de los procesos dinámicos que mantienen el paisaje natural,

donde el resultado no sólo sería indeseable desde el punto de vista ambiental, sino también preocupante para la economía y el turismo regional por la pérdida de recursos naturales y la biodiversidad, el deterioro de la calidad escénica, un aumento sostenido de la erosión costera, el agotamiento de acuíferos, un incremento de la contaminación y la ocurrencia y recurrencia de eventos hidroclimáticos extremos.

Al mismo tiempo, la expansión urbana en el área de estudio acompaña el desarrollo del fenómeno de la “isla de calor” como problemática ambiental que consolida al CC. La urgencia de la puesta en vigencia de un modelo de planificación integral que involucre todos los municipios afectados desde una visión sostenible, multidisciplinaria y con la intervención y compromiso de todos los actores sociales involucrados, cada día recobra mayor importancia.

La creación de nuevas espacialidades en las últimas décadas, está ligada a emprendimientos que impulsan un novedoso modelo turístico destinado al consumo de las elites, signado por inversiones con fines especulativos. Sin dudas, la reestructuración del territorio litoral turístico tiene el compromiso de involucrar a todos los actores sociales que hacen a su configuración, para definir y reordenar su entorno como primera estrategia para alcanzar una urgente sustentabilidad ambiental. La valoración del espacio costero como sistema y como ambiente supera las lógicas de mercado, y es por ello que resulta fundamental conocer y entender su dinámica para alcanzar el abordaje de la ciencia en relación a la política de gestión en materia de planificación territorial y a partir de allí plantear objetivos que brinden la oportunidad de consolidar la proyección de ciudades sustentables y resilientes.

¿Sabías que comienza a considerarse el rol de la infraestructura para definir el clima del planeta?

En el informe “Infraestructura para la acción por el clima” -publicado de forma conjunta por la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (*UNOPS*, por sus siglas en inglés), la Universidad de Oxford y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- se explora el rol que desempeña la infraestructura a la hora de definir el clima del planeta. En el informe se hace un llamado a hacer cambios radicales en la forma en que los gobiernos planifican, diseñan y gestionan la infraestructura para apoyar un futuro resiliente y bajo en emisiones. Resolver problemas de infraestructura de manera aislada, sin considerar cómo estos repercuten en otras cuestiones, acarrea nuevas problemáticas (*UNOPS*, 2022, p. 4).

Teniendo en cuenta que “la infraestructura es responsable del 79% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero y del 88% de los costos totales de adaptación”, Grete Faremo, directora ejecutiva de la *UNOPS*, ha afirmado que “este informe es una contribución para garantizar que las decisiones en materia de infraestructura de hoy respondan a las necesidades climáticas y de desarrollo de mañana” (*UNOPS*, 2022, p. 4).

Preguntas para reflexionar

- ¿Qué impactos genera la expansión urbana sobre zonas costeras y como inciden las mismas en el Cambio Climático?
- ¿Porque es importante la herramienta de teledetección en estudios ambientales?
- ¿Qué acciones se pueden establecer para minimizar la situación actual y lograr territorios más resilientes al Cambio Climático?

Referencias

- Botana, M., Gliemmo, F. (2019). Valorización turística de la Costa Atlántica bonaerense: Análisis de las transformaciones del espacio costero. XXI Jornadas de Geografía de la UNLP, 9 al 11 de octubre de 2019, Ensenada, Argentina. Actas. Recuperado de https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.13687/ev.13687.pdf
- Benseny, G. (2010). *La percepción ambiental del turista en destinos del litoral. Estudio comparativo entre Villa Gesell y Pinamar (Argentina)*. Centro de Investigaciones, Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Benseny, G. (2012). *Turismo y territorio. La cuestión ambiental en urbanizaciones costeras de la Provincia de Buenos Aires (Argentina)*. San Miguel de Tucumán: IX Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales.
- Convención Marco de las Naciones Unidas (1992) Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Cambridge University.
- La Nación (28 de febrero de 2008). Un fuerte temporal azotó a Santa Teresita. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/un-fuerte-temporal-azoto-a-santa-teresita-nid991268/>
- García Mora, T. y Mas, J. F. (2011). Evaluación de imágenes del sensor MODIS para la cartografía de la cubierta vegetal del suelo en una región altamente diversa de México. Bol. Soc. Geol. Mex. 3(1). Ciudad de México.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2014). Resumen para los formuladores de políticas, Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambridge University Press.
- Isla, F. y Villar, M. (1992). *Ambiente Costero. Pacto ecológico*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Senado de la Provincia de Buenos Aires, La Plata.
- Juárez, V. y Mantobani, J. (2006). La costa bonaerense un territorio particular. En F. Isla y C. Lasta (Ed.). *Manual de manejo costero para la Provincia de Buenos Aires*. Eudem Mar del Plata.
- Janfredi, N., Pousa, J., & D'Onofrio, E. (1998). Sea-Level Rise and Related Potential Hazardson the Argentine Coast. *Coastal Research*, 47-60.
- Marcomini, S. C., y López, R. Á. (2008). *Erosión y manejo costero de Villa Gesell*. Villa Gesell, Argentina: Unión por Gesell.

- Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (2022). Infraestructura para la acción por el clima. Recuperado de https://content.unops.org/publications/Infrastructure-for-climate-action_ES.pdf?mtime=20211008124956&focal=none
- Organización de las Naciones Unidas (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Nueva York: ONU. Recuperado de <https://bit.ly/34TOqhq>.
- Oke, T.R. (1995). La isla de calor de la capa límite urbana: características, causas y efectos. En J. E. Cermak, y A. Davenport (Ed). *El viento y el clima en las ciudades*, pp. 81-109. Kluwer-Academic Publ. Norwell.
- Perillo, G., Piccolo, M., Bustos, M., Huamantínco Cisneros, M., London, S., Scordo, F., Rojas, M. (2014). Evolución de los ambientes costeros de la Provincia de Buenos Aires (Argentina): ¿Cambio climático o efectos antrópicos? *Revista digital REDESMA 7, Número Especial: Cambio climático y sistema socio ecológico*, pp. 37 -48. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280157244_Evolucion_de_los_ambientes_costeros_de_la_Provincia_de_Buenos_Aires_Argentina_Cambio_climatico_o_efectos_antropicos
- Picone, N. (2021). Uso de Reflectancia de Superficie y Temperatura de Superficie en los productos Landsat Colection 2. Curso de posgrado “Aportes de la Climatología urbana para lograr ciudades sostenibles y sustentables”. Universidad Nacional de San Juan.
- Proyecto INA (2020). *Atlas de riesgo e impacto del cambio climático sobre la costa marítima de la provincia de Buenos Aires*. Informe 5.1. Laboratorio de Hidráulica, Instituto Nacional del Agua (LH-INA, Argentina), Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad de la República (IMFIA-U de la R, Uruguay).
- Vidal-Koppmann, S. (2015) Urbanizaciones privadas en zonas costeras: Del goce pleno de la naturaleza a los negocios inmobiliarios. La costa atlántica argentina y las estrategias de ordenamiento territorial. *Revista Argentina como Geografía, 1*, 101-115. Recuperado de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/42507/CONICET_Digital_Nro.155e43c0-ad7f-47c2-a88a-bf38ed080862_B.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Zapperi, P. A., Montico, A. y Santanafessa E. (2020). Sellado de suelo y planeamiento urbano. Análisis de su relación en la ciudad de Bahía Blanca. *Geograficando, 16(2)*. Recuperado de <https://www.geograficando.fahce.unlp.edu.ar/article/view/GEOe075>

CAPÍTULO 11

Depositación y erosión inducida por obras portuarias en los estuarios

*Gabriela D'Amico, Claudia Carut, Dardo Arbide
y Marta Crivos*

Introducción

Los puertos se definen como lugares de resguardo para las embarcaciones, pudiendo existir un conjunto de componentes físicos (obras e instalaciones) y actividades, que permiten a la sociedad aprovechar un lugar con características favorables al intercambio entre el ámbito terrestre y marítimo.

Son sus funciones garantizar el acceso y resguardo de las embarcaciones y la circulación de bienes y personas entre la tierra y el agua, lo cual demanda la realización de obras de infraestructura. Toda obra en la interfaz tierra-agua impacta significativamente en la dinámica natural.

Las propuestas de valorización de un puerto a nivel nacional, regional e internacional implican la ampliación o transformación de su infraestructura, lo cual afecta su área de influencia.

En este trabajo presentamos el recorte territorial del **Puerto La Plata** (Provincia de Buenos Aires, Argentina) a partir de la implementación del Plan Director por el Consorcio de Gestión en el año 2000. Entre las obras planificadas se considerarán la elongación de la escollera sudeste, la profundización del canal de acceso, el ensanchamiento del área de Cuatro Bocas y la construcción de la nueva terminal de contenedores (TECPLATA) sobre la margen berissense (figura 1).

En esta aproximación, se parte de la descripción de la geomorfología e hidrografía de este sector de la costa del estuario del Río de la Plata deteniéndonos en los procesos geomorfológicos (depositación y erosión), para luego ponerlos en relación con aquellas obras portuarias que modifican su dinámica. Para ello, se focaliza en las transformaciones de la costa de la **Isla Paulino**, surgida a partir de la construcción del puerto a fines del siglo XIX. Se utilizan herramientas de análisis cartográfico, bibliográfico y de observación en campo que permiten interrogarse sobre el reconocimiento y comprensión de estos procesos en el territorio.

Figura 1. Mapa del área de estudio



Fuente: realizado por Gabriela D'Amico

Geomorfología e hidrografía del área de estudio

La región donde se localiza el puerto La Plata presenta dos geoformas contrastantes: la **planicie continental** y la **planicie costera**.

Hacia el continente, se desarrolla la **planicie continental**, un área elevada por sobre los 5 m s.n.m., conformada durante el Pleistoceno¹²⁷, donde se localiza actualmente el partido de La Plata. El límite con la planicie costera está representado por un pequeño paleoacantilado -ubicado aproximadamente a lo largo de la avenida 122- (Fucks *et al.*, 2017). Durante el último pulso regresivo del nivel del mar ocurrido en el Holoceno, se conformaron los actuales bañados de Berisso y Ensenada y el conjunto de cordones conchiles¹²⁸ donde se localizan los cascos urbanos de ambas ciudades.

Dentro de la planicie costera, la formación del sector donde actualmente se encuentra el puerto y las islas -Santiago Este y Santiago Oeste- es más reciente. Se trata de depósitos fluviales tanto provenientes del estuario como del sistema fluvial continental, principalmente del sistema fluvial Santiago-El Pescado. Por efecto de la deriva litoral (que discurre en sentido sureste-noroeste), estos depósitos han formado un delta paralelo a la costa cuyos sedimentos son retrabajados por el estuario (Fucks *et al.* 2014).

¹²⁷ Ver su ubicación temporal en el cuadro de eras geológicas en Capítulo 2. *El Antropoceno: el precio de la tecnología*.

¹²⁸ Ampliar información sobre cordones de conchilla en Capítulo 7. *Humedal de la Bahía Samborombón: uso y sobreuso de los suelos*.

Para conocer la geomorfología del área previa a la construcción del Puerto La Plata es necesario indagar la cartografía histórica. Una carta topográfica de 1884 (Archivo Histórico Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos, Provincia de Buenos Aires) muestra la **espiga litoral** de Santiago, que encerraba para la época el sector conocido como **Ensenada de Barragán** (figura 2, la ensenada aparece como río Santiago). Las condiciones naturales de abrigo a los vientos dominantes, propias de la ensenada, y la ausencia de un fondo rocoso, y la ausencia de un fondo rocoso fueron valoradas en un principio para resguardo de embarcaciones y posteriormente para la ubicación del puerto de la Ensenada.

Figura 2. Sector donde se emplaza actualmente el puerto La Plata, previo a su construcción



Fuente: modificado, por Gabriela D'Amico, de la Carta topográfica de 1884 (Archivo Histórico Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos, Provincia de Buenos Aires).

El actual Puerto La Plata se terminó de construir en el año 1890. Encomendado al ingeniero holandés Juan Waldorp, su diseño considera la escasa amplitud de mareas en su sitio de emplazamiento. Considerando esta particularidad, se construyó el nuevo puerto dotado de una serie de canales perpendiculares al estuario, para que las mareas -dos pleamares y dos bajamares por día-, facilitaran con su vaivén la renovación de las aguas y la limpieza del Canal Central. A tal fin, se cavó un canal principal de 5 km de largo y 140 m de ancho con una leve desviación hacia el noreste. Este canal escindió la espiga litoral inicial -isla Santiago- en dos: **Santiago Oeste** y **Santiago Este**.

Para esa época, la salida de la ensenada hacia el estuario se había cerrado casi en su totalidad debido a la colmatación natural y al crecimiento del delta del río Santiago. El nuevo canal portuario redujo la circulación del agua de la ensenada al encauzar parte de las aguas por el canal de acceso (Fucks *et al.*, 2014), potenciando el cierre de la misma.

La canalización del arroyo Zunda (ver *zoom* en figura 1) separó parcialmente a la isla Santiago Este del área que luego se llamaría **Isla Paulino**. El sedimento extraído del canal portuario por medio de dragas fue depositado en la margen de esta isla.

A partir de la construcción del puerto y durante el siglo XX, se incorporaron al sistema hídrico regional canales secundarios asociados a las actividades realizadas en el entorno portuario. Asimismo, el arroyo El Gato, proveniente de la planicie continental, aumentó su caudal debido a obras de canalización en la planta urbana platense.

El impacto de las obras portuarias en los cambios de la línea de costa de la Isla Paulino

Para analizar el impacto de las obras portuarias en la línea de costa de la Isla Paulino, se seleccionaron fotografías aéreas verticales e imágenes satelitales correspondientes al período 1936 - 2016¹²⁹.

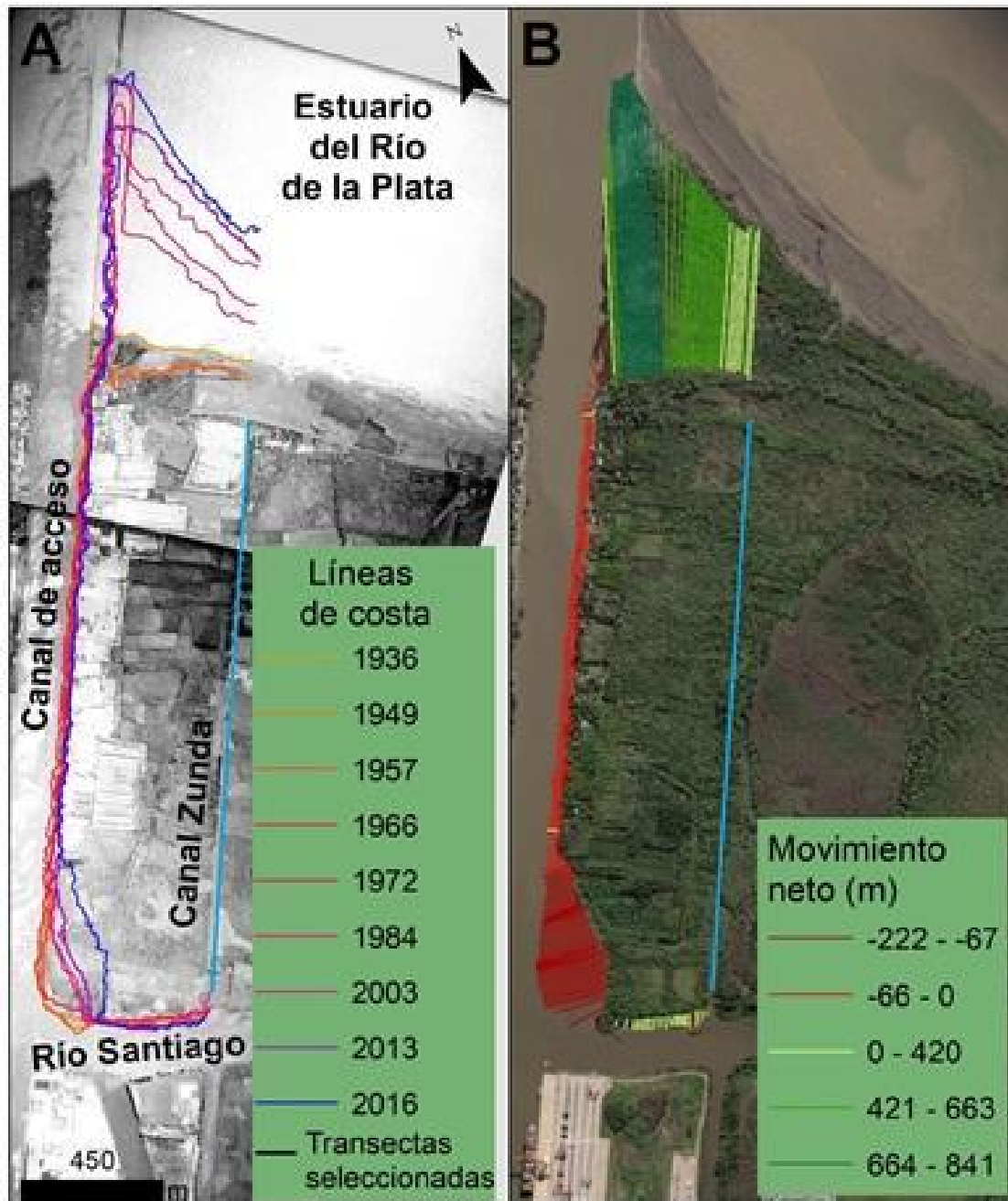
Excepto las imágenes de 2013 y 2016, las restantes fueron georreferenciadas utilizando puntos de control GPS tomados en campo, complementados con puntos extraídos en las imágenes satelitales *Digital Globe* para *ArcMap* 10.1.

Se realizó una digitalización manual de la línea de costa a escala de detalle (D'Amico, 2020), utilizando como indicador el borde de vegetación costera. Con la aplicación *Digital Shoreline Analyst System* en *ArcMap* 10.0, se calculó el **movimiento neto de la línea de costa** (MNL), constituido por la distancia lineal (en metros) entre la línea más antigua y la más actual.

Los valores de MNL para la costa isleña sobre el estuario oscilaron entre 359 y 841 m entre 1936 y 2016 (figura 3). Entre 1936 y 1949 se observó un retroceso lineal de entre -30 y -145 m, siendo éste mayor en el área más poblada, cercana al embarcadero de la isla (ver su localización en figura 1). Entre estas fechas, la sudestada del 14 de abril de 1940 fue un evento de gran poder erosivo que puede haber provocado el retroceso de la línea de costa.

¹²⁹ Las fotografías aéreas del período 1936-1949 fueron obtenidas en la Base Aeronaval de Punta Indio, mientras que las del período 1957-1992 fueron adquiridas en la dirección de Geodesia del Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires (hoy bajo la órbita de la Agencia de Recaudación de esta provincia).

Figura 3. Líneas de costa entre 1936-2016 sobre fotografía aérea de 1936 y B) Movimiento neto de la línea de costa entre 1936-2016



Fuente: fotografía aérea de 1936 -imagen A- (Base Aeronaval de Punta Indio) e imagen satelital de 2021 -imagen B- (Maxar para ArcMap). Elaborado por Gabriela D'Amico.

A partir del fotograma de 1957 se observa un paulatino avance de la línea de costa hacia el estuario. La superficie acrecionada se consolidó entre 1972 y 1984 con la formación de un albarcón y el asentamiento de vegetación sobre el mismo. Este proceso encerró un área de humedal (figura 4 a) que se alimenta con las mareas del estuario.

La nueva área ha sido valorada para el uso turístico a partir de 2004, actividad que ha modificado la vegetación de la marisma en algunos sectores (figura 4 b).

Las obras de infraestructura portuaria favorecieron la acumulación sedimentaria en este sector. El tablestacado inicial del puerto y la escollera construida en 2007 (figura 4 c), incluida como una de las

obras fundamentales del Plan Director portuario, han actuado como barrera para la deriva litoral de sedimentos que discurre de sureste a noroeste. Todo esto coadyuvó al aumento progresivo de la superficie de la isla en su costa estuarial, lo cual implicó una ganancia de 20 ha de terreno.

Figura 4. Algunas imágenes



A) Humedal (2019); B) campings (2021); C) escollera actual, y tablestacado inicial del puerto (2021); D) barras y canchales vegetados parcialmente, al fondo, albarcón ya vegetado (2021); E) playa y escollera (2021); F) tablestacado de cemento (2019); G) tablestacado (2021). Fotografías: Claudia Carut (A y F) y Gabriela D'Amico (B, C, D, E, G).

En la actualidad, es posible distinguir en campo algunos rasgos geomorfológicos de este proceso acrecional, como albardones vegetados, barras y canaletas, y una extensa playa con pendiente ascendente hacia la escollera (figura 4 d y e).

En el sector de **Cuatro Bocas** (ver localización en figura 1), el retroceso de la línea de costa entre 1936 y 2016 fue de -4 a -222 m lineales, concentrando los valores mayores en el vértice de la isla (cruce del canal de acceso y Río Santiago, ver figura 1). Si bien este sector se amplió en varias ocasiones, en 2012 se ensanchó para permitir la entrada de buques post-Panamax a la Terminal de Contenedores (localización en figura 1). Si se consideran los años 2003 y 2016, años de las imágenes satelitales disponibles anteriores y posteriores a la ampliación, el máximo desplazamiento de la línea de costa fue de -106 m. Esto generó una pérdida de 0,12 km² de superficie emergida.

En el sector de la costa sobre el río Santiago, los valores de MNL oscilaron entre -5 y 30 m para todo el periodo, siendo el sector con menores cambios para toda la isla.

En la costa isleña sobre el canal de acceso portuario, el retroceso máximo entre 1936 y 2016 fue de -8 a -36 m. En campo, pueden observarse algunos rasgos erosivos como pequeñas barrancas provocadas por la erosión (figura 4 f). Desde 2015, el puerto construyó un tablestacado de cemento como obra de defensa costera (figura 4 g).

Comentarios finales

A lo largo del presente texto se da cuenta del impacto que han tenido las obras del puerto La Plata sobre un área de formación reciente (en términos geológicos). Sobre la costa estuarial, los cambios en la línea de costa se manifiestan en procesos acrecionales, siendo su resultado el crecimiento de la isla hacia el estuario. Sobre el sector de Cuatro Bocas, se registraron cambios significativos por la ampliación realizada para el giro de embarcaciones de gran porte, lo cual resultó en la pérdida de terreno de parte de la isla.

¿Sabías que “Río de la Plata” es un topónimo?

Usualmente denominamos al “Río de la Plata” como un **río**. Pero, ¿qué es un río? Según la Real Academia Española, es una “corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar”. Sin embargo, el Río de la Plata tiene otras características. Constituye la porción final de una gran cuenca, la del Plata, que abarca una superficie de 3 100 000 km² -segunda cuenca más grande de Sudamérica después de la del Amazonas- (Espinach Ros y Fuentes, 2000). El gran caudal de esta cuenca desemboca formando un **estuario**, un área de transición entre los ambientes fluviales y marinos, con forma de embudo, que recibe la influencia de las mareas desde el Océano Atlántico. Por lo tanto, el Río de la Plata es

un estuario, que conserva el término “Río”, utilizado históricamente en referencia al mismo, como parte de su topónimo.

Preguntas para reflexionar

- ¿Por qué los estuarios suelen ser valorados para la construcción de puertos?
- ¿Por qué es importante considerar las dinámicas litorales a la hora de construir un puerto?
- ¿Qué factores influyen en la variación de la línea de costa? ¿Cuál es el interés geográfico del estudio de los cambios en la misma?

Referencias

- D'Amico, G. (2020). *Un camino fluctuante para el análisis del territorio en el devenir del espacio geográfico: El estudio de la costa estuarial bonaerense* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Recuperado de <http://se-dici.unlp.edu.ar/handle/10915/111471>
- Espinach Ros, A. y Fuentes, C. M. (2000). Recursos pesqueros y pesquerías de la Cuenca del Plata. En S. I. Bezzi, R. Akselman y E. E. Boschi (Eds.). *Síntesis del estado de las pesquerías marítimas argentinas y de la Cuenca del Plata*, 353–388. Mar del Plata, Argentina: Instituto de Investigación y Desarrollo Pesquero.
- Fucks, E., Schnack, E., Pisano, M., Briones, L., Nuccetelli, G., y Charó, M. (2014). Procesos de formación y colmatación de la ensenada de Barragán, partido de Ensenada, provincia de Buenos Aires. En XIX Congreso Geológico Argentino. Córdoba. Geología costera y marina.
- Fucks, E., D'Amico, G., Pisano, M. F., y Nuccetelli, G. (2017). Evolución Geomorfológica de la Región del Gran La Plata y su relación con eventos catastróficos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 74(2), 141-154. Recuperado de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/56559/CONICET_Digital_Nro.74b83667-8e42-47e0-8fc2-a94877c8ee4a_B.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Archivo Histórico de la Dirección de Geodesia del Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires (1884). Puerto La Plata (plano).

CAPÍTULO 12

Problemáticas ambientales asociadas a la transformación del paisaje

Andrea A. Pérez Ballari y Ludmila Cortizas

Introducción

A lo largo de los años, de la mano de distintas actividades económicas que generan cambios en los usos del suelo, se produjeron en nuestro país una serie de modificaciones de las geofor­mas, con improntas territoriales que desencadenaron en diversas problemáticas ambientales. En este capítulo se propone reconocer dichos problemas ambientales provocados por la transformación del paisaje, especialmente la modificación del relieve ligado al avance de la urbanización en áreas de riesgo. Se profundiza en áreas puntuales del partido de La Plata, donde estos problemas adquieren envergadura, como la planicie de inundación del arroyo El Pescado y la implantación de cavas en la zona sudeste del partido, identificando las manifestaciones directas en el territorio.

Este estudio es abordado desde la Teoría Social del Riesgo, haciendo hincapié en los indicadores de **peligrosidad**, entendida como el peligro potencial inherente a los fenómenos naturales, que puede profundizarse por acciones humanas, y **exposición**, es decir, la distribución de lo que es potencialmente afectable, como la población y los bienes materiales y que están expuestos al fenómeno peligroso. Con ello, se busca comprender la importancia del reconocimiento de las características del territorio, y los impactos de su transformación para la planificación ambiental del mismo.

Desde el punto de vista metodológico, para la realización de este capítulo, se utilizaron fuentes directas e indirectas, además de lectura e interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas, para la posterior elaboración de cartografía. De forma complementaria, se llevó a cabo un relevamiento y observación en terreno para cada caso.

El trabajo se organiza partiendo de la definición de categorías de análisis que nos ayudan a comprender el marco en el cual nos posicionamos. En primer lugar, se define la concepción adoptada de paisaje, el concepto de problema ambiental y de expansión urbana y, a su vez, se realiza un abordaje sintético de la Teoría Social del Riesgo y sus indicadores. Posteriormente se reconocen e identifican las transformaciones del paisaje urbano y en particular, la modificación del relieve y los posibles problemas ambientales producidos en la zona sudeste del partido de La Plata, a través del abordaje de dos ejemplos. Por un lado, se explica el

avance de la urbanización sobre la planicie de inundación del Arroyo El Pescado (Villa Garibaldi), y por otro, la implantación de cavas ubicadas entre las calles 7, 630, 122, y 619 (zona este del partido de La Plata).

Nociones conceptuales para el abordaje del problema

A lo largo de la historia de la geografía, durante el siglo XIX, y en particular el siglo XX, los geógrafos se dedicaron a elaborar las diversas concepciones respecto del término **paisaje** predominando la confrontación entre los distintos representantes de las diversas escuelas. En términos generales existieron dos divisiones y nociones básicas sobre la categoría de paisajes: la noción de paisaje natural y la de paisaje cultural.

No obstante ello, en este último tiempo, la discusión fue dirigida más que a resaltar las diferencias, a buscar lo común, a encontrar una plataforma unitaria, que permitiera, incluso a diversas concepciones filosóficas, buscar entendimientos básicos sobre la categoría.

Entendida de maneras muy diversas, en dependencia de la corriente filosófica y la escuela científica usada en su interpretación, en la actualidad la mayoría de los geógrafos la consideran en una doble acepción: como totalidad del sistema natural que conforma el espacio geográfico, como la propia fisonomía, morfología o forma del espacio, y como la percepción que tiene la población de su propio entorno (Zoido, 2001, citado en Mateo Rodríguez, 2005, p. 22). En este sentido y desde el punto de vista que nos ocupa, dichas acepciones podrían entenderse de manera interconectada y no como contradictorias.

Por lo tanto, el concepto de paisaje es considerado como un sistema espacio-temporal, complejo y abierto, que se origina y evoluciona en la interfaz naturaleza-sociedad, en un constante intercambio e interacción entre los componentes tanto naturales, como técnico-económicos y socio-culturales (Salinas Chávez y Quintela Fernández, 2001). Asimismo, el paisaje puede ser entendido como un grupo de formas, objetos y elementos que definen a un espacio geográfico, producto de interrelaciones sociales, económicas y culturales con el medio natural, y las transformaciones que éste fue experimentando. Asimismo, en el paisaje existen formas y estructuras, que reflejan el dominio, el sometimiento, el poder y la religiosidad, volviéndolo antropizado (Seguinot, 1996, citado en Mateo Rodríguez, 2005, p. 1).

En síntesis, se entiende que el **paisaje** es natural en tanto está formado por todos los componentes naturales, y es antroponatural, cuando esa naturaleza es modificada por objetos artificiales, técnicos o humanizados; pero también es social y cultural, porque es percibido, usado, valorado y cambiado por grupos sociales (Mateo Rodríguez, 2005, p. 18). Todo lo expuesto, conduce a pensar que, en una visión de lo ambiental, es imprescindible la categoría de paisaje ya que el concepto permite la articulación de las dimensiones sociales y naturales.

Ahora bien, a medida que el paisaje se va transformando y va adquiriendo nuevas formas, que lo natural va siendo reemplazado por un ambiente con nuevas improntas, materializándose con objetos y acciones que lo artificializan, que tienen que ver con el devenir de la cultura y de

la forma de vivir que tienen los distintos grupos sociales que lo habitan, con sus estilos, intereses, reacciones, hábitos, etc., van apareciendo distintos problemas asociados a esa transformación.

Dichos problemas son ambientales en tanto el sistema sociedad-naturaleza y su interacción se ven amenazados. Al respecto, Fernández (2000) sostiene que un **problema ambiental** se produce cuando se manifiesta una deficiencia (merma o carencia) de racionalidad entre expresiones del sistema natural y del sistema social. Aclara, además, que la deficiencia, desajuste o déficit, cuantificable o no, depende en su caracterización objetiva de la noción de racionalidad que se aplique, indicando que una racionalidad ambiental procura el máximo beneficio social con mínimo deterioro natural. Es necesario apuntar que el problema ambiental se manifiesta como tal en relación a un sujeto social que recibe tal afectación y que deriva en redes de problemas que se transfieren de un sistema a otro. Siguiendo a Cuello Gijón (2003), los problemas ambientales pueden caracterizarse por:

- ser persistentes;
- estar en continuo aumento;
- ser, en la mayoría de los casos, de difícil reversibilidad;
- responder a múltiples factores (en ellos se entrelazan aspectos de diversa naturaleza, pueden ser ecológicos, económicos, sociales, culturales, éticos, etc.);
- tener consecuencias más allá del tiempo y el espacio donde se generan;
- ser parte de otro problema más complejo y a la vez suma de otros problemas.

Distintos problemas recurrentes en el ámbito urbano son generados por el proceso de **expansión urbana**. Este proceso consiste, en términos físicos, en el crecimiento de la ciudad, expresado en los procesos de densificación de las áreas centrales y pericentrales -a partir de la verticalización, o crecimiento en altura, también llamado proceso de compactación (Abramo, 2011)-, en la expansión casi indefinida de los suburbios, y el desarrollo discontinuo del tejido urbano existente. En las últimas décadas se dio un proceso de expansión de la ciudad sobre áreas periféricas, periurbanas, bajas y de humedales, contribuido por la inversión en infraestructuras de circulación vehicular. El avance de la ciudad puede tener múltiples expresiones, y una de ellas responde al proceso de suburbanización sobre áreas de riesgo, como llanuras de inundación de arroyos y ríos, áreas costeras, zonas que antes estaban destinadas a otros usos y podrían experimentar situaciones de contaminación, entre otras.

Cuando de **riesgo** se trata, significa que existe una probabilidad de que se produzca un daño. Según Lavell (1996) para que exista riesgo tiene que haber una amenaza (o peligro) y una población vulnerable a sus impactos. Es una condición potencial y su grado se relaciona con la intensidad probable de la amenaza y los niveles de vulnerabilidad existentes. Desde esta perspectiva el riesgo es una condición dinámica, cambiante y técnicamente controlable. Desde el punto de vista sociológico, Beck (2000) avanzando en su Teoría de la Sociedad del Riesgo, sostiene que el riesgo es equivalente a una amenaza de destrucción (o daño). Pero es la percepción cultural del riesgo lo que determina pensamiento y acción, ya que está directamente relacionada con su mediación y conocimiento, con la historia y los símbolos de la propia cultura.

Dichas percepciones están atravesadas por la clase, etnia, género, edad, experiencias previas de los actores (Lavell, 1996) y van a ser necesarias para que conozcan las amenazas, sepan cuál es su propia vulnerabilidad y la capacidad de autogestión de soluciones.

Siguiendo este enfoque, en el marco de una **Teoría Social del Riesgo**¹³⁰, se pueden identificar tres componentes: **peligrosidad, vulnerabilidad y exposición**, diferenciables analíticamente, pero vinculados entre sí. Considerarlos implica incorporar otras dimensiones en la conceptualización de riesgo, y apunta a disminuir el análisis asociado a las consecuencias catastróficas (Natenzon, 1995).

La peligrosidad se refiere al “potencial de peligro inherente a los fenómenos naturales que puede agudizarse por acciones humanas” (Andrade *et al.*, 2003, p.73). La vulnerabilidad es

(...) un estado de ciertos grupos sociales que puede comprobarse; es consecuencia de un proceso de acumulación de factores socioeconómicos, ambientales, habitacionales, sanitarios, nutricionales e incluso psicosociales. Es la sumatoria de estos elementos la que conduce a la sociedad, o a partes de ella, a encontrarse en un estado de debilidad social, de incapacidad para absorber, amortiguar o mitigar cualquier evento que salga de los carriles habituales (Herzer, 1990, p.5).

Asimismo, la exposición es la distribución de lo que es potencialmente afectable, como la población y bienes materiales (Andrade *et al.*, 2003). Es consecuencia de la relación entre peligrosidad y vulnerabilidad, y se expresa territorialmente como construcción histórica que vincula los procesos físico naturales con las relaciones socioeconómicas (González *et al.*, 2001).

En síntesis, para que exista **riesgo** tiene que haber una amenaza, pero también una población vulnerable a sus impactos. Por esto, su grado está relacionado con la intensidad probable de la amenaza y con el nivel de vulnerabilidad existentes. Entonces, el riesgo es considerado como una condición dinámica, cambiante y como una construcción social, ya que no depende solo de condicionantes físico-naturales, sino también de cuestiones sociales, económicas, culturales e institucionales. La importancia de considerar esta perspectiva y los indicadores relacionados entre sí, complejizan el abordaje del problema y las posibles soluciones buscadas.

En los ejemplos que nos ocupan en el presente capítulo, tanto la expansión urbana sobre planicies de inundación de la cuenca del arroyo El Pescado como la implantación de cavas de la zona sudeste del partido, van modificando el paisaje y provocando distintas problemáticas ambientales asociadas al riesgo.

¹³⁰ Ver Capítulo 1. *Teoría Social del Riesgo: de la ira divina a la explicación ambiental.*

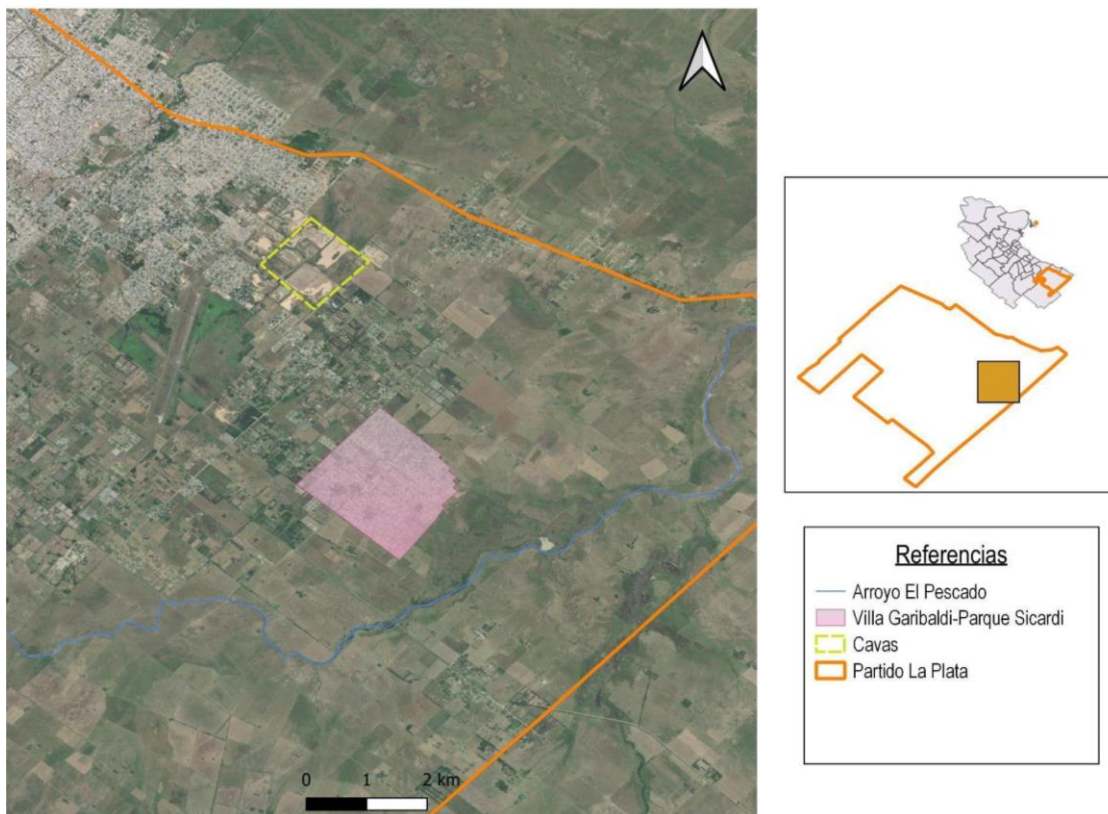
Transformaciones del paisaje y modificaciones en el relieve: de la expansión urbana al desvío del curso del arroyo

Antes de adentrarnos en la identificación de las transformaciones del paisaje del sudeste platense y el abordaje de cada caso con sus características y particularidades, se considera pertinente espacializarlos. De allí la importancia de contar con una herramienta como el mapa, no solo como medio de comunicación gráfica y visual, sino también para construir un problema desde un lenguaje común.

Expansión urbana sobre la planicie de inundación del arroyo El Pescado (Villa Garibaldi - Parque Sicardi, La Plata)

La localidad de **Villa Garibaldi - Parque Sicardi** se ubica al sureste del partido de La Plata, a unos 11 kilómetros aproximadamente del centro de la ciudad (figura 1). Se conforma tras la necesidad de descentralizar las zonas del municipio de acelerado crecimiento, y para otorgar soluciones y respuestas rápidas y satisfactorias a los vecinos (Concejo Deliberante La Plata, 2016). La complejidad de la expansión radica en que la trama urbana avanza sin precedentes sobre la planicie de inundación correspondiente al **arroyo El Pescado** (figura 2).

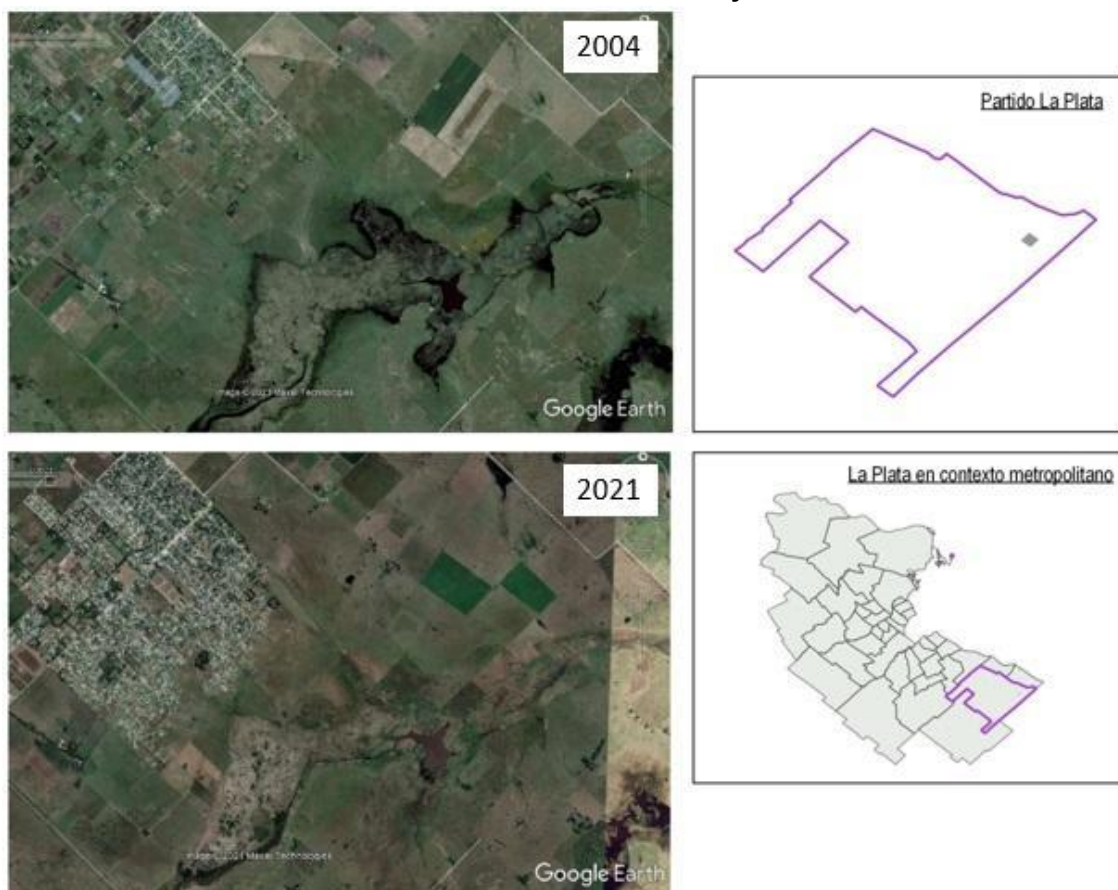
Figura 1. Ubicación de los casos de estudio en el partido de La Plata



Fuente: elaborado por Andrea A. Pérez Ballari y Ludmila Cortizas en base a imágenes satelitales Google Earth 2022.

Se trata de un arroyo de llanura, con un curso sinuoso sobre la planicie de inundación, que atraviesa pastizales, cañadas y bañados. En su recorrido de aproximadamente unos 40 km el paisaje es de un relieve llano y deprimido, con un nivel freático elevado. Estas características hacen que realmente sea un área no propicia para la instalación de asentamientos urbanos sobre ella o en su proximidad.

Figura 2. Avance de la mancha urbana sobre la planicie de inundación del arroyo El Pescado entre los años 2004 y 2021



Fuente: elaborado por Andrea A. Pérez Ballari y Ludmila Cortizas en base a imágenes satelitales de Google Earth para los años 2004 y 2021.

El arroyo El Pescado pertenece junto con otros arroyos a la vertiente del Río de la Plata con rumbo general de escurrimiento SO-NE y desagua en la Planicie Costera del Río de la Plata, entre el Balneario Bagliardi y La Balandra, partido de Berisso. Dicha cuenca¹³¹ se diferencia de otras ubicadas en esta vertiente por su mayor superficie –en gran parte situada fuera del Partido de La Plata– y por la dirección de su curso de agua permanente (O-E, cambiando a una dirección casi S-N a unos 7 km del cruce con la Ruta Provincial N° 11), la de sus afluentes y la de los

¹³¹ Ver concepto de cuenca en Capítulo 8. *Gestión de cuencas hidrográficas: comparación de tres experiencias.*

interfluvios que los separan, con cotas entre 20 y 25 m s.n.m. Las pendientes varían entre 0,10 y 0,15 % y sus longitudes son muy variables oscilando entre 200 y 1000 m aproximadamente (Hurtado *et al.*, 2006, p. 11).

El balance hídrico medio mensual permite apreciar la existencia de un pequeño déficit de agua en el suelo durante el verano y un exceso, que es más importante entre finales de otoño y principios de primavera.

Los suelos del sector son hidromórficos, característicos de depresiones, planicies de inundación y otros ambientes de drenaje deficiente, a los que además del agua de precipitación reciben aportes adicionales por escurrimiento superficial desde áreas más elevadas y por agua freática cercana a la superficie (Hurtado *et al.*, 2006, p. 8).

Es destacable que la amenaza por inundación está directamente ligada al volumen de agua y sedimentos que transportan los ríos, variando notablemente en espacio y tiempo. En ocasiones, con los excesos de precipitación, el lugar por donde corre habitualmente el flujo de agua no basta para contener ese volumen y tampoco los sedimentos que el curso transporta, por lo que estos corren sobre las superficies adyacentes a los cauces permanentes. Estas superficies son llamadas **llanuras aluviales de inundación**, trazadas por el mismo a través del tiempo. El sector sur de Villa Garibaldi está localizado en una planicie de inundación, que la hace susceptible a este tipo de fenómenos naturales.

Sin embargo, hace algunos años se fue observando un fuerte crecimiento asociado a sectores de recursos medios con intenciones de acceder, con menores costos, a su casa propia en un área de la ciudad más tranquila y en contacto con la naturaleza, evidenciándose un ascenso en la cantidad de lotes y superficie ocupada sobre la planicie de inundación del arroyo El Pescado. Según Pérez Ballari y Plot (2017) la superficie que suman los lotes ocupados en 2004 respecto del 2016 evidencia un incremento del 747,5%. Al año 2022, según estimaciones realizadas a partir de fotolectura con *Google Earth*, se puede precisar que la planicie de inundación en este sector del curso del arroyo está ocupada por el uso residencial en un 42%. El resto de la superficie corresponde a tierras vacantes ya loteadas por lo que este carácter posibilitaría aún más la ocupación de zonas inundables.

La implantación de cavas en el sudeste del partido: desde su construcción hacia el desvío del curso del arroyo

El impulso del proceso de expansión urbana también llevó a la generación y explotación de **canteras**, de uso extractivo. Dicha actividad tiene como función producir casi exclusivamente suelo y ladrillos para fundaciones, nivelaciones y relleno, con destino al mercado urbano de la construcción (Sangrá, 2019). Con ella, se produce una gran **decapitación de los suelos**, ya que en las cavas se extraen los horizontes A y B hasta el primer nivel freático, mientras que en los

hornos de ladrillos se suele emplear el horizonte A superficial¹³². Tal degradación no es solo natural, sino que al localizarse en zonas donde la ciudad comienza a expandirse, pasa a ser un problema ambiental.

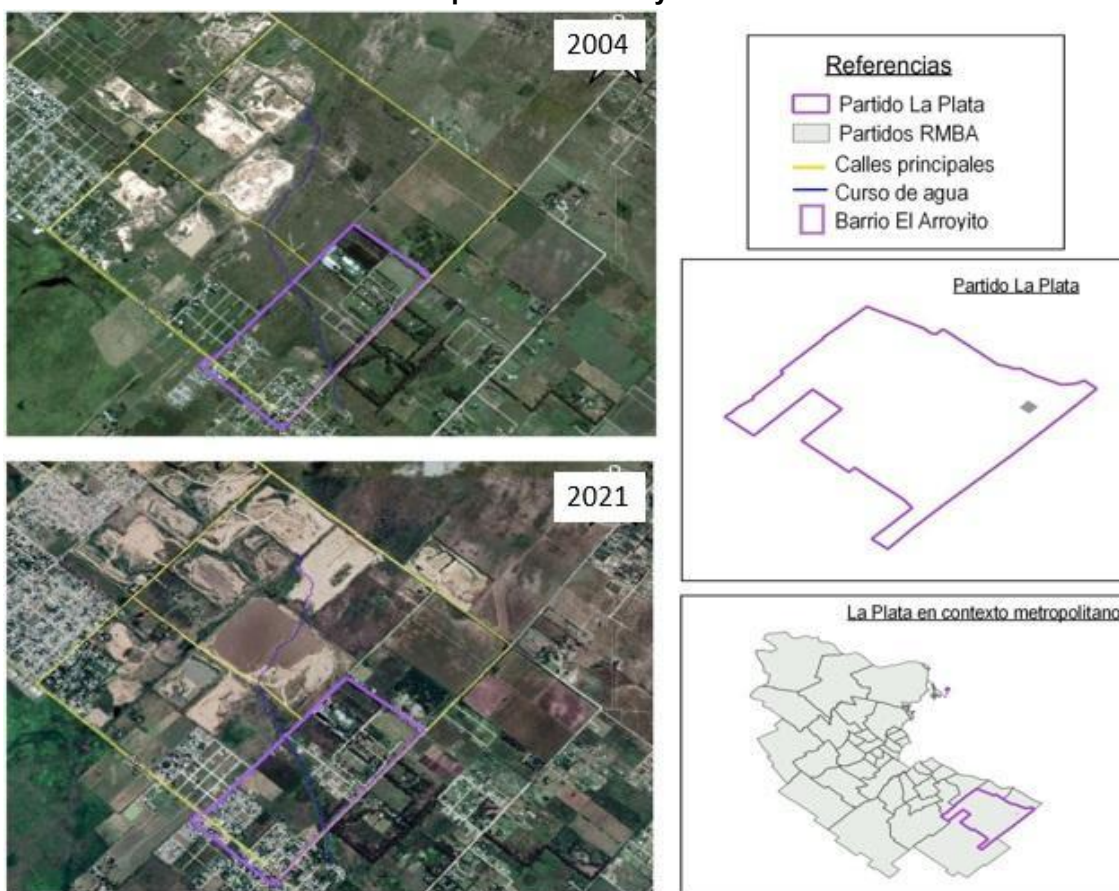
En particular, al sudeste del partido platense, las cavas se vieron fuertemente explotadas, y en la actualidad algunas de ellas se encuentran abandonadas o clausuradas. Al realizar una observación del área, en particular aquellas cavas ubicadas entre las calles 7, 630, 122 y 619, a través de la selección de imágenes satelitales en dos cortes temporales distintos, se aprecia la manera en que con el correr de los años las canteras que en 2004 estaban iniciando su explotación, ya para el 2021 presentan una profundidad tal que permite que el agua se acumule por varios días y queden en desuso.

A su vez, se produce una incompatibilidad con otros usos tales como la explotación agropecuaria, la ocupación residencial y la expansión urbana. Las cavas comienzan a obstaculizar la continuidad de la trama urbana y a producir ciertos riesgos para quienes viven en sus alrededores. A ello se le suma, la presencia de cavas en cercanía a cursos de agua, produciendo una significativa incidencia en el riesgo de contaminación de los arroyos por escurrimiento hacia ellos del agua contaminada estancada en las cavas ya sea en forma artificial (por bombeo para desagote de las cavas) o natural por la topografía del terreno (Sangrá, 2019).

En el caso de estudio, tal como se puede observar en la figura 3, la cava ubicada en calle 630 y calle 2 se encuentra sobre el curso del **arroyo Garibaldi** produciendo una interferencia notable en la red de drenajes naturales. Ligado a ello, la modificación del paisaje se produjo en dos momentos: en primer lugar, para llevar adelante la actividad extractiva, el relieve natural fue realmente alterado, no solo por las excavaciones sino por la construcción de terraplenes para proteger la cantera del ingreso de agua de este arroyo. Por otro, junto a la construcción del terraplén se lleva a cabo la desviación del curso del arroyo a través de un canal clandestino que circunda a la cantera con la intención de que el agua no ingrese a la misma. A raíz de esa modificación, y agravada porque el canal realizado se encuentra a una cota más elevada que la del normal funcionamiento del curso natural del arroyo, cuando se producen precipitaciones, los vecinos de los barrios circundantes sufren situaciones de anegamiento. Asimismo, el arroyo desde esta intervención ha sufrido consecuencias de incremento en el nivel del agua por pérdida de velocidad de escurrimiento, y estancamiento de sus aguas, con el avance de un proceso de eutrofización que puede ser fácilmente identificado por ejemplo, en la intersección de las calles 7 y 659.

¹³² Ver perfil del suelo en Capítulo 14. *Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos*.

Figura 3. Avance de la trama urbana y profundización de cavas en el eje sudeste del partido en 2004 y 2021



Fuente: elaborado por Andrea A. Pérez Ballari y Ludmila Cortizas en base a imágenes satelitales de Google Earth 2022.

Problemáticas ambientales desde los indicadores de peligrosidad y exposición

Teniendo presente las modificaciones producidas, se identificaron una serie de problemas ambientales ligados a dichas transformaciones, y que a su vez, llevan a situaciones de riesgo, dimensionado a partir del abordaje y descripción de los indicadores de peligrosidad y exposición.

Con respecto a la **implantación de canteras**, y a la gran modificación que implicaron en el relieve, el riesgo por probabilidad de ocurrencia de accidentes o problemas derivados están íntimamente ligados principalmente a las características de las nuevas geoformas creadas, por ejemplo profundidad, superficie, taludes, presencia y profundidad de agua. Es decir, producen un gran deterioro del ambiente ya que implica la pérdida total del sustrato y hasta la pérdida irreversible de suelo (improductividad y desertificación), además de la interrupción del entramado urbano (Cabral *et al.*, 1998, citado en Hurtado *et al.*, 2006, p.109). Por su parte, aquellas que están abandonadas, suelen convertirse en vaciaderos clandestinos de residuos cuyos lixiviados pueden afectar las aguas subterráneas. Asimismo, las que se encuentran inundadas se convierten en balnearios improvisados que han cobrado numerosas vidas. Las paredes suelen ser casi

verticales, haciéndolas susceptibles a derrumbes con los consiguientes riesgos de accidentes cuando se encuentran cerca de caminos, calles, construcciones u otras instalaciones. Y también, generan un fuerte impacto visual, lo que redundaría en una desvalorización paisajística e inmobiliaria (Hurtado *et al.*, 2006, p.110)

Para determinar el riesgo causado, Hurtado *et al.* (2006) hacen referencia al Índice de Peligrosidad de Canteras (IPC), que califica a cada una a través de la combinación de indicadores específicos tales como: vías de acceso, estado general, vigilancia, señalización, cercado y perímetro protegido, existencia de agua y su profundidad máxima, presencia de basura, talud de las paredes, profundidad de la cava, cercanía a caminos, zonas urbanizadas, entre otros. Mientras que para la exposición, se tiene presente otros indicadores tales como la presencia de población cercana a las mismas, accesibilidad, localización de otros usos de suelo (productivo, industrial, etc.) más allá del uso residencial. Teniendo esto presente, las cavas de estudio presentan las siguientes características:

- Algunas de ellas tienen una gran profundidad -existiendo la posibilidad de que se generen derrumbes-, y presencia de agua, por fluctuación del nivel freático y sobre todo durante épocas de lluvias. Respecto del caso de estudio, y según herramienta de *Google Earth*, las canteras poseen una profundidad de entre 4 y 12 m.
- El cerco perimetral fue contemplado para evitar el ingreso de personas al predio y evitar accidentes.
- No hay presencia permanente de vigilancia. La misma coincide con los momentos en los cuales se está trabajando y por lo general en aquellas canteras que están inundadas.
- Están dentro del área urbana, rodeadas de residencias (figura 4). Cuanto más lejos se encuentre la cantera de la urbanización, menos expuesta estarán las personas al peligro de accidentes.
- En el cuadrante de estudio, hasta el momento, no se han detectado vertederos de residuos domiciliarios.
- Con respecto a la superficie, este sector de cavas ocupa aproximadamente 177 hectáreas.
- En cuanto al talud de las paredes, el ángulo de inclinación es superior a los 45°.
- Su accesibilidad está dada a través de calles barriales de tierra hasta la Avenida 7, única vía de acceso a este sector de la Zona Este del Partido de La Plata y a la localidad de Villa Garibaldi-Parque Sicardi.
- Estas canteras se encuentran actualmente en explotación, excepto aquella que se encuentra con agua en su interior que ya ha dejado de ser explotada. Como se puede observar en la evolución temporal (figura 3) a medida que las canteras en explotación van adquiriendo una profundidad considerable y son ocupadas por agua, en las proximidades van surgiendo nuevas superficies que van siendo destinadas a nuevas canteras produciendo una expansión considerable de este tipo de uso del suelo. No se observan sistemas de bombas de agua que depriman el nivel freático para que continúen en explotación.
- No cuentan con señalización adecuada excepto aquellas que están inundadas que poseen cartelera de "prohibido pasar".

Figura 4. Zona residencial próxima a la cava, senderos, y camiones en actividad

Fuente: imagen satelital tomada de Google Earth 2022.

En tanto, la **expansión urbana sobre áreas anegables** dada por la urbanización sobre las planicies de inundación de los arroyos o sobre la planicie costera, se considera de muy alto impacto por las consecuencias sociales, sanitarias y económicas que se producen ante cada desborde, además de la alteración de la dinámica hídrica que origina en muchos casos perturbaciones aguas arriba. Por otro lado, la construcción en estas áreas requiere de la elevación de los terrenos mediante suelo seleccionado, el cual se extrae de canteras cuyos problemas asociados se han hecho referencia en el párrafo anterior.

Dicha ocupación de terrenos con relieves bajos que se encuentran por debajo de la cota de inundación, produce que la peligrosidad esté dada por estas características intrínsecas y naturales del área en función de su relieve, los suelos, vegetación, pero que es “saldada” a partir de intervenciones que van a dar como resultado una transformación del paisaje con sus respectivas consecuencias.

Dado que se trata de terrenos comprendidos en su mayoría sobre llanuras aluviales, en la mayoría del partido de La Plata se da el fenómeno que llamaremos de la “cultura del relleno”, una manera de franquear el problema del “terreno bajo” a partir del cambios en el modelado del relieve por procesos de relleno. La necesidad de relleno para la elevación del nivel de cota de los terrenos cambia el escurrimiento natural de las aguas impidiendo el mismo, más cuando se efectúa a nivel de parcela individual, sin un tratamiento en conjunto. En este sentido, cada terreno, es tratado de manera individual, franqueando su propia inundación pero en perjuicio de las áreas circundantes.

Por otra parte se produce un endicamiento sobre calles sobre nivel, impidiendo el escurrimiento superficial de las aguas sin canalizaciones adecuadas que posibilitan de algún modo el drenaje. Debido a la necesidad de expansión del área urbana y a la construcción de vías perimetrales se alteró sustancialmente la red natural de drenajes, al rellenar algunas cuencas para la adecuación de terrenos o efectuar cortes transversales a la dirección de los cauces provocando el endicamiento de las aguas. Por la deficiencia de los drenajes subterráneos instalados, el relleno causa un taponamiento parcial del cauce al no permitir el flujo normal de las aguas de infiltración, produciéndose una sobresaturación del suelo.

Asimismo, por el contrario y a causa de la intervención sobre el relieve, muchas veces se produce un escurrimiento veloz al no poder ser absorbida el agua de manera correcta, con un marcado predominio de los procesos que involucran la erosión superficial sobre todo en aquellos sitios que son desprovistos de cobertura vegetal por la misma urbanización.

El para qué: conocer el territorio para la planificación ambiental

Se entiende que el estudio de las transformaciones del territorio y los problemas ambientales derivados es un campo de conocimiento complejo por la diversidad de aristas a contemplar y, según el cual, se busca llegar a un abordaje del territorio desde el punto de vista integral y con perspectiva ambiental. A su vez, dicho abordaje puede ser interesante para el trabajo con fines pedagógicos tendientes al cambio de conductas en la sociedad en general, y como una herramienta de planificación y gestión (fines profesionales) para dar respuesta a los diversos problemas permitiendo planificar obras de saneamiento, control y recuperación.

Pudimos observar que las problemáticas abordadas producen una gran degradación de las geoformas y del paisaje estudiado y por sobre todo, como consecuencia, se transforman en sitios donde prima la peligrosidad y la exposición como componentes del riesgo.

A modo de repaso, se sintetiza que las **canteras** más expuestas al riesgo corresponden a cavas sin actividad, abandonadas, lo cual implica ausencia de vigilancia, inapropiada protección, deficiente señalización y presencia de agua. Estas características son comunes para casi todas las canteras donde se interrumpe la explotación y no se toman recaudos necesarios para evitar accidentes, como por ejemplo suavización de taludes, control de la capa freática con bombeo, la colocación de un cercado olímpico completo, etc. En el caso contrario, en las canteras que están en actividad, la vigilancia generalmente es permanente, hay señalización adecuada, y lo que es más importante, no hay agua, a consecuencia del bombeo que se realiza para poder proseguir con la explotación a mayores profundidades. A su vez, es importante la pérdida del suelo y la gran modificación que la actividad produce en el ambiente.

En este sentido, se podría desalentar el uso del suelo como material de construcción, investigar sobre el uso de materiales alternativos y hacer cumplir reglamentaciones municipales¹³³ referentes a ubicación y acondicionamiento de canteras para reducir su peligrosidad y carácter degradante del ambiente. Para las cavas localizadas dentro de la zona urbana que no están inundadas y donde sus taludes sean suavizados, podría realizarse un uso recreativo, cultural o deportivo, mediante una adecuada parquización. Con presencia de agua por el afloramiento del nivel freático o intensas lluvias, se podrían realizar distintas actividades náuticas sin motores para evitar la contaminación del agua. También es posible pensar en el aprovechamiento para paseo

¹³³ A nivel municipal, la ordenanza 10703 y el Decreto reglamentario 1007, hacen referencia a la actividad extractiva y cavas, y reglamenta el uso y requisitos vinculados a la extracción del horizonte "A".

de compras, ferias artesanales; anfiteatros abiertos o cerrados para conciertos; para la construcción de depósitos, galpones o cocheras. Sin embargo, los usos que no estarían contemplados por sus consecuencias en el ambiente serían aquellos referidos a rellenos sanitarios, enterramiento de basura, y uso industrial.

En tanto para las **planicies de inundación** se vislumbra una necesidad de la planificación de estos sectores respetando los ambientes naturales y la dinámica de los cursos de agua y su entorno, ya sea a partir de la identificación de cotas de nivel, la vegetación y los suelos. Es necesario tener en cuenta que muchas actividades no deberían ocupar estos espacios y que por su importancia ecológica deben ser preservados. Considerar a la hora de la planificación de estos espacios las normativas vigentes, como por ejemplo los caminos de sirga (no ocupación de espacios laterales a ambos lados de los cursos de agua) y proponer su ocupación de manera sustentable ya sea a partir de su consideración como áreas verdes, sitios de paseo o de preservación. A la hora de tener que urbanizar, es preciso hacerlo a partir de modelos que puedan adaptarse a estas áreas, como por ejemplo, viviendas sobre palafitos o similares evitando cualquier tipo de relleno que, como ya se mencionó, impide el escurrimiento superficial y la infiltración de las aguas. A su vez, es imprescindible que la provisión de servicios de infraestructura básica acompañe de manera consciente a la misma, porque, como vimos, la expansión de la urbanización descontrolada sobre áreas anegables produce situaciones de riesgo que con una planificación integral podría evitarse.

¿Sabías que hay más de 75 canteras en el partido de La Plata?

Hacia el año 2013, la Dirección de Planeamiento Urbano del Municipio de La Plata registró 75 canteras en el municipio (Sangrá, 2019). La mayor cantidad de ellas se encuentra en la localidad de Villa Elvira, siguiendo de cerca Los Hornos y Melchor Romero. El 75% están sin actividad y, sólo el 16% tiene proyectos de recuperación territorial. Lo que vuelve la situación aún más riesgosa es que casi el 70% de las cavas se encuentran en situación de ilegalidad,

A nivel provincial, y en particular en el partido platense, las actividades extractivas constituyen la principal causa de pérdida y degradación de suelos (Hurtado, 2006). Provocan la pérdida irreversible de este bien común en amplias superficies del territorio y desencadenan en conflictos ambientales por incompatibilidad con otros usos. Teniendo esto presente, y porque está demostrado que afecta de manera perceptible y cuantificable distintos elementos ambientales (es decir, naturales y sociales), la actividad extractiva y sus instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos, se consideran como un **pasivo ambiental** y quienes realizan esta actividad debieran cargar con la obligación y la deuda derivada de la restauración, mitigación o compensación por el daño ambiental o impacto no mitigado.

Por otro lado, existen actores que no desaprovechan el tiempo, y desde el discurso de la recuperación, motorizaron en el partido la construcción de grandes obras (Naveiro, 2022). Por un lado, la empresa IRSA propuso la construcción de un mega-complejo comercial en la cantera de Camino Belgrano y 514. Contempla la instalación de las oficinas comerciales y el patio gastronómico, así como un espacio de entretenimiento para chicos y hasta salas de cine, y luego en

una segunda etapa, se espera la construcción de un apart-hotel, oficinas, y un estacionamiento descubierto. Otro proyecto es el encarado por el grupo desarrollador ABES, conocido como Distrito Benoit, que implicará unidades de hasta diez pisos de altura, edificios corporativos, un complejo universitario y un centro de salud en avenida 25 entre 514 y 517.

¿Cuál sería el problema en recuperar una cantera con proyectos urbanos de tal magnitud? El problema radica en que la recuperación implica nuevas modificaciones en el territorio y el paisaje urbano para dar paso a la urbanización, y por lo tanto una gran impermeabilización de hectáreas que hasta el momento son áreas verdes. En definitiva, la implantación de canteras y el avance de la urbanización terminan siendo procesos ligados que responden a diferentes intenciones del capital de avanzar sobre áreas de la ciudad que lejos están de intentar recuperarse para su preservación, para crear espacios verdes recreativos o para fines turísticos, entre otros usos más sustentables.

Preguntas para reflexionar

- ¿Hacia dónde debe expandirse la ciudad en la cual vivís?
- La actividad extractiva es necesaria para sostener otros sectores de la economía (como por ejemplo el de la construcción) por lo tanto nos preguntamos ¿dónde debe permitirse este tipo de actividad y cómo?
- ¿Cuál es el tipo de ocupación y manejo que deben tener las áreas inundables o planicies de inundación desde la planificación?

Referencias

- Abramo, P. (2011) *La producción de las ciudades latinoamericanas: mercado inmobiliario y estructura urbana*. Quito: OLACCHI.
- Andrade M. I., Plot B., Infesta M., Scarpati O., Pintos. P, Papalarado M., Vallejos H., Montes M. Gratti P., Losano G., Carut C., Benitez M., Del Rio J. (2003) Problemática de Inundaciones en el Gran La Plata: Mapa de Riesgo Hídrico desde la Teoría Social del Riesgo. En P. Pintos (comp). *Pensar La Plata. Políticas públicas, sociedad y territorio en la década de los noventa. Contribuciones desde la Geografía* (71-99). La Plata: Ediciones Al Margen. Colección Universitaria.
- Beck, U. (2000) Retorno a la teoría de la sociedad del riesgo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 30, 9-20. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-ReturnoALaTeoriaDeLaSociedadDelRiesgo-1122543.pdf>
- Concejo Deliberante La Plata (2016) Sesión ordinaria N°30: modificación e incorporación de artículos a la Ordenanza 7888 y sus modificatorias. Recuperado de <https://www.concejodeliberante.laplata.gob.ar/digesto/or11500/or11443.html>
- Cuello Gijón A. (2003) *Problemas ambientales y educación ambiental en la escuela*. Documento de trabajo para la Estrategia Andaluza de Educación Ambiental. España. Recuperado de http://www.uhu.es/aepect/taller_archivos/Cuello%202003.pdf

- Fernández R. (2000) *La Ciudad Verde. Teoría de la Gestión Ambiental Urbana*. Buenos Aires: CIAM.
- González, S., Barrenechea, J., Gentile, E., y Natenzon, C. (abril-mayo 2001) Riesgos en Buenos Aires. Caracterización preliminar. *Mundo Urbano*, 10. Recuperado de <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sites/sistema-nacional-emergencias/files/documentos/publicaciones/PON-Gonzalez-Barrenechea-Gentile-Natenzon-Riesgos%20en%20Buenos%20Aires.pdf>
- Herzer, H. (1990) Los desastres no son tan naturales como parecen. *Medio Ambiente y Urbanización*, 8 (30).
- Hurtado, M., Giménez, J. y Cabral, M. I. (2006) Análisis ambiental del partido de La Plata: Aportes al ordenamiento territorial. Buenos Aires: Consejo Federal de Inversiones. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27046/Documento_completo.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Lavell, A. (1996) Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. En M.A. Fernández (comp.) *Ciudades en riesgo*, 2-30. Panamá: La Red.
- Mateo Rodríguez, J. M. (2005) *La concepción sobre los paisajes vista desde la geografía*. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana, pp. 1-29.
- Natenzon, C. (1995) Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre. *Flacso. Serie de Documentos e Informes e Investigación*, 197. Recuperado de <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sites/sistema-nacional-emergencias/files/documentos/publicaciones/PUB-Natenzon-Catastrofes-naturales-riesgo-e-incertidumbre.pdf>
- Naveiro, J. (11 de abril de 2022). Shopping, cantera y más: así están las grandes obras de La Plata paralizadas por la crisis. *0221.com*. Recuperado de <https://www.0221.com.ar/nota/2022-4-11-8-48-0-shopping-cantera-y-mas-asi-estan-las-grandes-obras-de-la-plata-paralizadas-por-la-crisis>
- Pérez Ballari A.A. y Plot, B. N. (2017). Expansión urbana en áreas de riesgo hídrico. Estudio de caso: Arroyo El Pescado. Partido de La Plata. En M. Sagua, G. Calderón, y M. Tomadoni (Comp.) *Jornadas de Hábitat y Ambiente: sustentabilidad territorial y urbana. Indicadores de gestión ambiental: ponencias*. Buenos Aires: UNMdP. Recuperado de https://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=22126&inst=yes&capitulos=yes&detalles=yes&capit_id=7578082
- Salinas Chávez, E., y Quintela Fernandez, J. A. (2001) Paisajes y ordenamiento territorial: obtención del mapa de paisajes del estado de Hidalgo en México a escala media con el apoyo de los SIG. *Alquiba*, N° 7, 517-527. Recuperado de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Alquibla_7.pdf
- Sangrá, P. D. (2019) *Conflictividades ambientales generadas por actividades extractivas en el partido de La Plata. Lineamientos estratégicos en materia de gestión ambiental* (Tesis de licenciatura inédita). Recuperada de la base de datos de la Universidad Nacional de Lujan <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/497/TE-SIS%20PAULA%20D.%20SANGR%C3%81%20E.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

CAPÍTULO 13

Modelar la naturaleza: urbanizaciones cerradas en humedales

Patricia Pintos

Introducción

¿Cómo fue que los humedales metropolitanos pasaron a ser espacios disputados por el mercado de producción residencial para los segmentos de mayor poder adquisitivo de la población?, ¿cómo incidió esto en la progresiva desnaturalización de estos ambientes?, ¿qué tipo de conflictos ecológico-distributivos producen en sus entornos? Estas son algunas de las preguntas que intentaremos responder en las páginas que siguen.

Al calor de las políticas neoliberales de los años noventa, en la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA), se inicia y consolida una tendencia a la expansión residencial de carácter extensivo -en grandes superficies y con baja densidad de ocupación- que rompe con el modelo de ciudad compacta que había sido la marca distintiva de la metrópoli en las décadas anteriores. De esta manera, las **urbanizaciones cerradas** (UC), forma genérica que agrupa a los clubes de campo y barrios cerrados, pasan a ser la única oferta de suelo para uso residencial generada por el mercado desarrollador inmobiliario.

A lo largo de los años, y como resultado de una progresiva diferenciación de los productos ofrecidos, que busca capturar niveles diferenciales de renta del suelo, la corriente suburbanizadora avanzó decididamente sobre áreas de extrema fragilidad ambiental como los humedales y las cuencas de los ríos y arroyos de la región, ocasionando una progresiva vulneración de ecosistemas de gran importancia para la sustentabilidad socioambiental del aglomerado metropolitano.

Esta tendencia alcanzó su máxima intensidad sobre algunos sectores de los valles de inundación de los ríos Luján, Reconquista y Paraná de las Palmas y, en tiempos más recientes, sobre la ribera sur del Río de la Plata (municipios de Avellaneda, Quilmes y Berazategui). Capturados por una lógica de mercado, estos espacios de naturaleza, antes considerados marginales para la gran ciudad, fueron progresivamente revalorizados a partir de la construcción del sistema de autopistas metropolitanas, constituyéndose en nuevos espacios de deseo para los sectores urbanos de mayor capacidad económica, a merced de una oferta residencial ligada a una naturaleza artificializada, de tipo escenográfica, producida a partir de paisajes y visuales que tienen al agua como elemento focal, en las llamadas urbanizaciones acuáticas o urbanizaciones cerradas polderizadas (Ríos, 2005; Pintos y Narodowski, 2012).

Desde una matriz ideológica neodesarrollista (Zibechi, 2010; Svampa, 2011, Félix y López, 2012), que asume a la inversión en proyectos inmobiliarios como una oportunidad de oro para dinamizar sus economías, los gobiernos locales, han sido facilitadores de las demandas del mercado, lo cual pone de relieve la convergencia entre estas tendencias suburbanizadoras del tipo *urban sprawl*, y modelos de gestión del territorio que patentizan el ejercicio del llamado urbanismo neoliberal (Theodore *et al*, 2009).

Cambios de la expansión residencial en el aglomerado metropolitano

En los años noventa del pasado siglo, la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) fue una destinataria principalísima del “cambio de época” que significó la irrupción del neoliberalismo en las distintas esferas de la vida urbana, plasmado en un conjunto de nuevas dinámicas y procesos de transformación: áreas centrales reconvertidas o adaptadas, nuevas centralidades emergentes, fuertes inversiones en infraestructuras y autopistas, y viejos polígonos industriales del período fordista transformados en nuevos espacios para el consumo, el ocio y equipamientos de nuevo cuño (un conjunto de nuevas universidades públicas). Pero probablemente, el cambio más importante tuvo lugar en la morfología urbana, en relación con las transformaciones del hábitat residencial, en su variante formal, que desde entonces ha sido determinante en el continuo desplazamiento de las fronteras de la gran ciudad.

Por su parte, la convergencia entre los cambios macroeconómicos impulsados por el neoliberalismo y una drástica reforma del Estado que implicó el desmontaje de las instituciones propias del Estado de bienestar, abonó el terreno para la constitución de nuevas formas de articulación entre sociedad, el Estado y, fundamentalmente en esta etapa, los actores del mercado.

En un primer momento, el de los años de neoliberalismo intenso, ello estuvo favorecido por corrientes de inversión de capitales locales y extranjeros enfocados sobre aquellos sectores más dinámicos, los que fueron avanzando acorde se producía el retroceso del papel regulador del Estado, a tono con la modernización selectiva del neoliberalismo en la ciudad.

La literatura académica retrató estos cambios desde las perspectivas de la privatización del crecimiento metropolitano (Pírez 2006), los cambios en la relación entre economía y ciudad (Ciccolella y Mignaquí, 2009), la mercantilización del suelo urbano orientada al sub-mercado de mayor solvencia (Fernández Wagner y Varela, 2003; Pintos y Narodowski, 2012; Pintos, 2017), el crecimiento del mercado inmobiliario informal (Cravino, 2008), la suburbanización de las elites (Torres, 2003) y la colaboración del Estado con la especulación del suelo (Fernández Wagner, 2010); cuestiones que permitieron poner el foco sobre las asimetrías constitutivas de la nueva configuración metropolitana en esta etapa de capitalismo global.

En este orden de cosas, las tipologías urbanas basadas en el cerramiento de sus perímetros hicieron eclosión, expandiéndose en base a un ideario de alto impacto emotivo y sensorial basado en mensajes publicitarios asociados con el “regreso a la naturaleza”, una ruralidad idílica, la seguridad y la “exclusividad masiva”.

De esta forma, el mercado inmobiliario fue modelando a la medida de sus aspiraciones especulativas vastísimas superficies de suelo periurbano o directamente rural, a expensas de una brutal expansión del tejido residencial sobre tierras productivas, y más tarde, cuando las empresas consideraron necesario diversificar la oferta, lo hizo sobre territorios de humedales y riberas fluviales, en total abstracción de sus impactos socio-ambientales.

Bienes comunes: tensiones entre “lo individual” y “lo colectivo”

La transformación de estos valiosos ecosistemas metropolitanos no difiere demasiado de otras prácticas extractivistas en distintos territorios de nuestra geografía, que implican el acaparamiento de vastas superficies y la destrucción permanente de bienes comunes de la naturaleza, sometidos a la acción de una matriz productivista que los transforma en mercancías, con prescindencia de cualquier otra forma de valoración que no sea el sólo beneficio empresario. Esa misma lógica empuja a la **privatización de bienes naturales** de alta significación para las poblaciones relacionadas con ellos, ya sea por sus vínculos históricos o de vecindad física o por ser receptores directos o indirectos de sus beneficios. He aquí el significado profundo de la idea de bienes comunes o de “lo común”, en el entendido de que su existencia adquiere trascendencia para todo un conjunto social, y por lo tanto es superior al interés individual o al que pudiera involucrar a unas minorías,

Los mecanismos de mercado que funcionan de esta manera, alimentan la lógica de acumulación de un conjunto de empresas (en este caso del mercado desarrollador inmobiliario), que obtienen beneficios extraordinarios mediante la comodificación de la naturaleza (Romero, 2009) debido a sus particulares atributos, lo cual resulta en “un proceso ideológico de construcción, naturalización, conservación y ampliación de un imaginario individualizado capaz de conquistar constantemente nuevos espacios, ‘lugares comunes’ de cuya existencia poco a poco se pierde conciencia” (Mattei, 2013, p. 19).

La tradición occidental moderna otorga un valor supremo a la existencia y defensa de la propiedad privada individual y de las sociedades anónimas, devenidas en artífices centrales de la transformación de los bienes comunes en diferentes formas de capital concentrado, razón principalísima que empuja a “una dramática escasez de bienes comunes y una sobreabundancia de capital” (Mattei, 2017 p. 166).

La apropiación de bienes comunes de la naturaleza, como mecanismo de salida a las crisis de acumulación del capitalismo, ha traído consigo importantes cambios sobre las dinámicas territoriales, el desplazamiento de los pobladores históricos y la consumación de otras modalidades

de injusticia espacial, como las derivadas de las externalidades de estos cambios sobre las poblaciones de sus entornos.

En este concierto de cosas, los **humedales** aparecen como **bienes comunes** de vital importancia por los servicios ecológicos que ofrecen, nada más señalar que constituyen verdaderos ecosistemas estratégicos, activos fundamentales que contribuyen en la regulación de las temperaturas, a morigerar los efectos de las inundaciones, por su capacidad de retención de los excedentes hídricos, y de atenuar los efectos de las sequías prolongadas. También contribuyen en la disminución del potencial erosivo de las tormentas y en estabilizar las líneas de costa; y por su capacidad depuradora, aportan a mejorar la calidad del agua para el consumo y la producción. No menos relevante es su aporte en el secuestro de carbono, lo que los coloca como ecosistemas clave en la mitigación de la actual crisis climática global, la disminución de los impactos debidos a la contaminación, la provisión de un hábitat adecuado para la flora y fauna autóctonas, la conservación de la biodiversidad, etcétera.

En la figura 1 estos bienes y servicios pueden visualizarse organizados por su valor de uso, pero también por su valor de “no uso”, valor que los individuos le dan a estos bienes de la naturaleza independientemente de su uso presente o futuro.

Figura 1. Componentes de la valoración de un humedal

VALOR DE USO			VALOR DE NO USO
Valor de uso directo	Valor de uso indirecto	Valor de opción Valor de cuasi-opción	Valor de existencia Valor de legado
-Pesca -Agricultura -Leña -Recreación -Transporte -Recolección de especies -Energía	-Retención de nutrientes -Control de inundaciones -Protección contra tormentas -Recarga de acuíferos -Alimentación de ecosistemas Estabilización microclimática -Estabilización del borde costero	-Usos futuros potenciales -Valor futuro de la información	-Biodiversidad -Cultura -Herencia -Seguridad

Fuente: modificado de Cruz Cerón (2005).

Por lo anterior, resulta necesario asegurar la existencia y conservación de ecosistemas que revisten una doble valoración: por un lado, su valor intrínseco¹³⁴ y por otro, por su condición de bienes y servicios ecosistémicos de gran importancia para las comunidades que están vinculadas a ellos; caso contrario, como sostiene Gabriel Cruz Cerón,

puede darse que cualquier persona encuentre argumentos o incentivos de tipo privado para sobreexplotarlos y así, asignarlos de manera ineficiente a usos que le determinen a la sociedad beneficios escasos, nulos o incluso negativos, conllevando en muchos casos a la degradación, deterioro o agotamiento del recurso (Cruz Cerón, 2005, p. 31).

Un modelo de destrucción de humedales

A pesar de que existe una idea generalizada acerca del impacto relativamente menor que tendrían los emprendimientos residenciales cerrados sobre las áreas receptoras, por tratarse de **desarrollos urbanísticos** de baja densidad de ocupación, inferiores aún a las de la urbanización compacta tradicional, lo cierto es que los cambios que se introducen sobre la geomorfología local de un río de llanura durante sus distintas fases de construcción, tiene directa incidencia sobre la dinámica del escurrimiento del río y sus afluentes y de manera particular sobre sus planicies de inundación.

Como señala el geólogo Eduardo Malagnino

Debe tenerse en cuenta que la llanura de inundación de un sistema fluvial, corresponde a una unidad geomórfica que debe ser calificada con el máximo nivel de Peligrosidad geológica ya que constituye la superficie sobre la cual se desplaza naturalmente el agua en forma recurrentemente a lo largo de ciclos anuales. Es además una geoforma que se encuentra en un delicado equilibrio con todas las variables que intervienen en la dinámica fluvial (Malagnino, 2011).

Lo anterior invita a reflexionar sobre los impactos que producen estas formas de ocupación residencial, ya que aun contando con las obras hidráulicas exigidas por los organismos provinciales intervinientes en el proceso de aprobación, muchos son los perjuicios que afectan a los

¹³⁴ Refiere al valor objetivo de los ecosistemas por el solo hecho de su existencia, con total independencia de su contribución al valor de cualquier otra entidad humana o no humana. Por ello, sus atributos son independientes de los seres humanos y permanecen aún en ausencia de éstos.

habitantes de las áreas próximas a estos emprendimientos, como se constata en los antecedentes de eventos de inundación ocurridos en los últimos años¹³⁵.

Por otro lado, en un futuro no tan lejano, deberán considerarse también los efectos del cambio climático sobre la hidrología superficial y el avance de las aguas sobre las áreas litorales, como queda reflejado en el informe de la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático (2007), y que se espera tenderá a agravarse en los próximos años. En ese informe se asevera que la proliferación de barrios cerrados a lo largo de la costa, pero en particular en el frente del delta del Paraná, ha creado una nueva situación de exposición y riesgo al peligro de inundación (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina, 2007, p. 106).

Urbanizaciones cerradas polderizadas en la cuenca inferior del Río Luján

El proceso de transformación de humedales en la cuenca baja del río Luján tuvo su inicio a partir de 1999, con el lanzamiento del barrio La Alameda, el primero de la **mega urbanización cerrada Nordelta**, de la empresa Consultatio. Desde entonces todo sucedió como reguero de pólvora: en un período menor a 25 años, este tipo de urbanizaciones colonizó grandes superficies de humedales en este sector de la cuenca, alcanzando los 86 emprendimientos en 2021, y más recientemente ha comenzado a expandirse sobre la ribera sur del Río de la Plata en los municipios de Avellaneda, Quilmes y Berazategui¹³⁶. La figura 2 permite dar una idea de la ubicación de estas urbanizaciones en la cuenca baja del río Luján, por debajo de la cota 7,5 m.s.n.m. (línea verde)¹³⁷.

¹³⁵ Según datos de la Estación Experimental de Mercedes y Estación Agrometeorológica de la Universidad Nacional de Luján, entre los años 2012 y 2015, el río Luján registró unas doce crecidas importantes y al menos cuatro provocaron inundaciones severas, con miles de evacuados y daños incalculables a la propiedad. Las estadísticas muestran que en esos tres años la ciudad de Luján sufrió más inundaciones que a lo largo del período 1967-1985 (Datos citados en Grosso Cepparo y Valverde, 2018).

¹³⁶ Ver Capítulo 9, *Transformaciones territoriales en las costas bonaerenses*.

¹³⁷ La curva de nivel de 7,5 msnm ha sido considerada crítica en relación a eventos de inundación en este sector de la cuenca. Esta curva conforma la envolvente que define con precisión el universo de urbanizaciones cerradas de tipo polderizadas referidas en este capítulo.

Figura 2. Urbanizaciones cerradas polderizadas en la cuenca baja del río Luján

Fuente: modificado de SgROI (2021).

Una parte importante de estas urbanizaciones están organizadas bajo la modalidad de **mega urbanizaciones cerradas** (mega-UC) o ciudades-pueblo (Ríos, 2005), es decir emprendimientos de gran superficie –mayores a las 850 ha- integrados por un conjunto de barrios que se habilitan por etapas. En la actualidad, en el área de la cuenca baja existen cuatro mega-UC (Nordelta y Puertos del Lago, desarrolladas por Consultatio, el Complejo Villanueva y San Sebastián, desarrolladas por EIDICO), el resto está integrado por pequeñas y medianas urbanizaciones, que en conjunto superan largamente las diez mil hectáreas de superficie.

Por sus particulares características de localización (siempre sobre humedales urbanos), los elementos formales que configuran sus particulares diseños orgánicos (lagunas artificialmente producidas, rodeadas de superficies urbanizables y calles), el tipo de sistemas hidráulicos (que interconectan a las lagunas entre sí y con los cuerpos de agua naturales) y los taludes perimetrales que hacen las veces de cierres hidráulicos con el exterior, esta tipología es reconocida por la literatura como “urbanizaciones acuáticas o polderizadas” (Ríos, 2005; Pintos, 2009).

Para producir estas urbanizaciones sobre sitios naturalmente inundables, los humedales son completamente “desnaturalizados”, despojados de sus atributos ecosistémicos y valores paisajísticos. La naturaleza ofrecida como un producto del *marketing* publicitario, resulta una construcción artificializada debida al arbitrio de la técnica y los recursos financieros puestos al servicio de su desarrollo.

Ya sea a través de medios hidráulicos (dragas refuladoras de sedimentos, figura 3) o mecánicos (palas y camiones) se lleva a cabo una drástica transformación del paisaje que tiene como propósito central la maximización de las rentas del suelo del capital inmobiliario-financiero, cuya expresión formal consiste en una sucesión de barrios con llamativas configuraciones espaciales con las que se busca producir el mayor número de parcelas frentistas a cuerpos de agua artificiales.

Figura 3. Dragado del humedal en la Mega-UC San Sebastián (Pilar)

Fotografía: Patricia Pintos (2009).

Urbanizaciones cerradas polderizadas y conflictos ecológico-distributivos

Como puede comprenderse, el conjunto de estos cambios en el territorio, que no proceden de la acción de desarrollos urbanísticos aislados, sino de la sumatoria de emprendimientos que comienzan a adosarse unos a otros, producen diferentes **conflictos ecológico-distributivos** o conflictos de justicia ambiental (Martínez Allier, 2006) que resultan de convertir a estos territorios en las zonas de sacrificio de las periferias urbanas, para satisfacer las aspiraciones de un segmento muy minoritario del mercado residencial.

La figura 4, plantea una secuencia fotográfica sobre los distintos estadios en la producción de urbanizaciones cerradas polderizadas. Ésta ilustra a cabalidad las transformaciones producidas por este modelo urbanizador. En las dos primeras (4a y 4b, **mega-UC Puertos del Lago**, 1400 ha, Escobar) se advierte el proceso de desnaturalización del humedal, con la eliminación de la cobertura vegetal y la construcción de las lagunas artificiales, que modifican de manera drástica y permanente la topografía del lugar. El material extraído es utilizado para elevar la cota del área urbanizable, por lo cual no hay movimiento de materiales más allá del predio.

La tercera imagen (4c) permite reconocer la silueta completa de una de las urbanizaciones más conflictivas de la cuenca baja del río Luján, la **mega-UC San Sebastián** (1100 ha de superficie) desarrollada en el partido de Pilar por la empresa EIDICO. En primer plano puede observarse un borde que

sigue el contorno de la urbanización, se trata de un talud perimetral de entre 6 y 8 metros por sobre la cota del lugar, que oficia como cierre hidráulico frente eventos de crecida del río.

La cuarta imagen de esta secuencia (4d), corresponde a la misma mega-UC San Sebastián, y en ella puede apreciarse cómo se comporta el cierre hidráulico perimetral durante una inundación extraordinaria como la ocurrida en agosto de 2015 en la cuenca del río Luján. El pólder del perímetro asegura que el agua de la creciente (en curso durante la toma de la imagen) no pueda ingresar al interior del emprendimiento, pero a su vez incide sobre el desplazamiento del agua hacia la margen izquierda del río (derecha de la imagen), que en gran parte debiera estar afectando la planicie de inundación en su margen derecha, totalmente ocupada en esa sección por la construcción de esta mega-UC.

Figura 4. Estadios en la producción de urbanizaciones cerradas polderizadas



Imágenes A y B (Puertos del Lago, adaptadas de fotografías de Nimagen); C (San Sebastián adaptada de fotografía de EIDICO) y D (San Sebastián, adaptado de fotografía del diario Clarín).

El estrechamiento de la planicie del río, produce aquí la retención de los excedentes hídricos y prolonga los tiempos de permanencia hasta su evacuación, sobre todo aguas arriba, lo que provoca, de manera directa, el agravamiento de las condiciones de sufrimiento ambiental de las familias afectadas de las zonas aledañas.

Un estudio encargado por la Provincia de Buenos Aires a la Consultora Serman & Asociados (2015), señala con contundencia que, en el tramo donde actualmente se encuentra instalado San Sebastián, antes de su construcción,

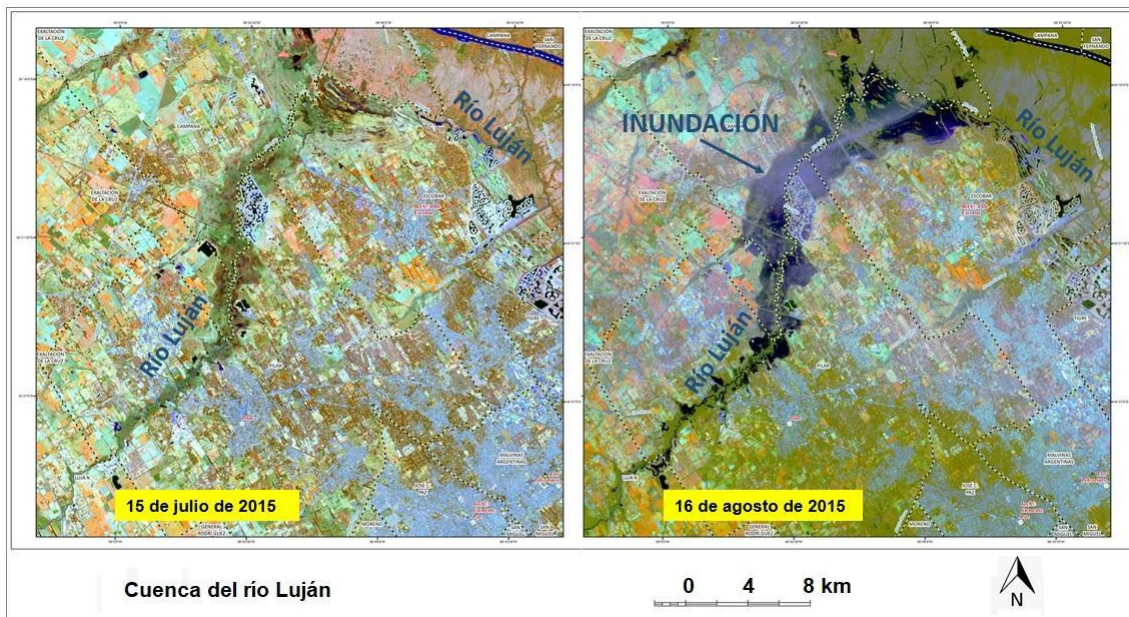
(...) la llanura de inundación tenía 4593 m de ancho, que por efecto de este emprendimiento quedó reducida a 2573 metros. Debido a éste implante y a otros situados aguas arriba del mismo, especialmente en la margen derecha del río Luján, esta superficie se encuentra en la actualidad severamente alterada. Los cambios introducidos repercutieron en la dinámica del escurrimiento y de los procesos geomórficos que acompañan a los eventos de inundaciones. Entre ellos se destacan un incremento en el riesgo de inundación y variaciones en las tasas de sedimentación y erosión que existían en este ambiente fluvial antes de su modificación antropogénica.

A su vez, como señaláramos antes, el efecto de represamiento generado a partir de las vastas superficies polderizadas tiene correlato directo sobre la extensión de los períodos de permanencia de los excedentes de agua acumulados. A este respecto, en el mismo estudio se sostiene que

La construcción de San Sebastián también indujo cambios en la dinámica de los procesos de inundación que ocurren en la cuenca baja, ya que el almacenamiento transitorio que provoca el pólder implica que, para un dado nivel de agua, el evento tiene una duración mayor que la que tenía antes del implante artificial (Consultora Serman & Asociados, 2015).

La secuencia de imágenes de la figura 5, permite observar el efecto de represamiento producido por esta mega-UC durante un evento extremo como el ocurrido en agosto de 2015. Si se comparan ambas imágenes se advierte que la máxima expansión de la planicie de inundación del río (imagen de la izquierda, correspondiente al día 15 de julio de 2015) se produce precisamente en sector en el que se localiza San Sebastián, durante el pico de la inundación ocurrido un mes más tarde.

Con el paso del tiempo, esta situación comenzó a tener impacto sobre algunos sectores de este territorio que con anterioridad a la construcción no eran inundables, como es el caso de la localidad de Estación Zelaya (Pilar), muy próxima a este emprendimiento inmobiliario; pero también, y a partir de la masividad en la construcción de emprendimientos de este tipo a lo largo de este sector de la cuenca, comenzaron a intensificarse los reclamos y expresiones públicas de los/as vecinos/as frente a las autoridades municipales y provinciales, para exigir la prohibición de nuevas habilitaciones (Télam, 2013; Punta Querandí, 2016; APU, 2016; Frayssinet, 2018). Por lo mismo, muchos de estos conflictos de orden ecológico-distributivos fueron judicializados, y con ello se logró paralizar su construcción durante un largo período de tiempo (INFOBAE, 2016; QuePasa, 2016).

Figura 5. Incidencia de la mega-UC San Sebastián sobre el área de inundación

Fuente: modificado de Benítez (2015)

Reflexiones finales

Como hemos visto, muchos y vastos territorios de la periferia metropolitana están siendo transformados a una velocidad asombrosa. Apenas hace tres décadas, estos territorios conformaban un paisaje más o menos continuo de humedales plétóricos de biodiversidad y hoy apenas pueden reconocerse, llevados a una transformación extrema, a cambios que los someten al arbitrio de una “destrucción creativa” schumpeteriana (Abramo, 2009) gobernada por puras decisiones del mercado.

Algunas razones, tal vez las más poderosas, pueden encontrarse en lo hemos denominado que otros trabajos la prescindencia colaborativa del Estado (Pintos 2017) guiada por una matriz neodesarrollista, llamada a favorecer la dinámica inversora, con abstracción de otros criterios que debieran constituir la primera línea de valoración, como la de preservar ecosistemas que poseen valor intrínseco, abonar al interés colectivo por sobre el individual y a evitar, por tantas motivaciones gobernadas por la razón, la generación de numerosos y diversos conflictos ecológico-distributivos.

Por lo mismo, desde las políticas de ordenamiento territorial que dependen de distintos niveles de jurisdicción estatal, resulta cuanto menos llamativa, la ausencia de criterios regionales para el abordaje de problemáticas relacionadas con el manejo de estos bienes comunes o para la gestión de conflictos en cuencas hídricas altamente antropizadas. La evaluación “uno a uno” de los proyectos inmobiliarios sin la adecuada ponderación del conjunto a lo largo de la cuenca (efecto de aditividad), puede ser observado como uno de los aspectos más críticos del problema a nuestros días.

De continuar las transformaciones en curso, la periferia metropolitana será cada vez más vulnerable y también menos diversa; se habrá perdido un conjunto de ecosistemas de enorme significación por su aporte a la calidad ambiental de estos territorios. Será la evidencia palmaria de la profunda afectación que generan los mecanismos de la acumulación por desposesión, en alianza con la praxis

del urbanismo neoliberal, con territorios que fungen únicamente como eslabones de una estrategia mercantil, impulsada por capitales deslocalizados, y sus habitantes históricos, como convidados de piedra de lo que sucede, aunque no de sus conflictos.

¿Sabías que las turberas son responsables del secuestro de grandes cantidades de dióxido de carbono de la atmósfera?

Es bien conocido que los árboles cumplen un rol fundamental en la producción de oxígeno y la captura de dióxido de carbono de la atmósfera, uno de los gases que producen el efecto de invernadero, inductor del cambio climático, sin embargo, se conoce bastante menos la importancia que tienen los humedales en su mitigación:

Las turberas, los manglares y los pastos marinos almacenan grandes cantidades de carbono. Las turberas cubren alrededor del 3% de la tierra de nuestro planeta y almacenan aproximadamente el 30% de todo el carbono terrestre, el doble de la cantidad que todos los bosques del mundo juntos (figura 6). Los humedales son los sumideros de carbono más eficaces de la Tierra (Ramsar, 2019).

Figura 6. Turbera en el valle de Tierra Mayor, próximo a Ushuaia (Tierra del Fuego)



Fotografía: Patricia Pintos (2022).

Preguntas para investigar y reflexionar

- ¿Cuáles son las actividades antrópicas que tienen mayor impacto sobre los humedales?, ¿cuáles han sido los principales cambios a este respecto en los últimos años?, ¿debido a qué conflictos los humedales alcanzaron notoriedad en los medios últimamente?
- ¿En qué aspectos aportaría la sanción de una Ley de presupuestos mínimos de protección de humedales?, ¿cuáles son los principales obstáculos que se plantean para que esta Ley pueda ser sancionada luego de tres intentos fallidos?

Lectura sugerida

Pintos, P., Maraggi, I. (2021). ¿Humedales al límite o límites a la devastación de humedales? Entretelones de una Ley postergada. D. Melón y M. Relli Ugartamendía (Coords.). Geografías del conflicto: Crisis civilizatoria, resistencias y construcciones populares en la periferia capitalista. Buenos Aires: Muchos Mundos Ediciones. Recuperado de: <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.4934/pm.4934.pdf>

Referencias

- Abramo, P. (2009). La producción de las ciudades latinoamericanas: Mercado inmobiliario y estructura urbana. Quito: Organización Latinoamericana y del Caribe de Centros Históricos (OLACCHI), Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ).
- APU. Agencia Paco Urondo (14 de marzo de 2016). Inundaciones: protesta contra barrios privados en Tigre”. Recuperado de <https://www.agenciapacourondo.com.ar/militancia/inundaciones-protesta-contr-barrios-privados-en-tigre>
- Ciccolella, P. y Mignaqui, I. (2009). Capitalismo global y transformaciones metropolitanas: enfoques e instrumentos para repensar el desarrollo urbano. En H. Poggiese y T. Cohen Egler (Comp.) *Otro desarrollo urbano: ciudad incluyente, justicia social y gestión democrática* (pp. 35-50) Buenos Aires: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales - CLACSO.
- Cravino, M. C. (enero-diciembre, 2008). Relaciones entre el mercado inmobiliario informal y las redes sociales en asentamientos informales del área metropolitana de Buenos Aires. *Territorios*, N° 18-19, pp.129-145.
- Convención Ramsar (2019). Los humedales: la clave para hacer frente al cambio climático - Día Mundial de los Humedales. Recuperado de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/wwd19_handout_s.pdf
- Consultora Serman & asociados (2015) Estudio Plan integral y proyecto obras de regulación y saneamiento río Luján. Ministerio de Infraestructura, Subsecretaría de Obras Públicas, Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas.

- Cruz Cerón, G. (2005). *Economía aplicada a la valoración de impactos ambientales*. Caldas: Editorial Universidad de Caldas.
- Féiz, M. y López E. (2012). *Proyecto neodesarrollista en la Argentina: ¿Modelo nacional-popular o nueva etapa en el desarrollo capitalista?* Buenos Aires: Herramienta - El Colectivo.
- Fernández Wagner, R. y Varela O. (2003), Mercantilización de los servicios habitacionales y privatización de la ciudad. Un cambio histórico en los patrones de expansión residencial de Buenos Aires a partir de los 90. En A. Catenazzi y J. Lombardo (Eds.) *La cuestión urbana en los 90 en la Región Metropolitana de Buenos Aires* (pp. 43-74) Buenos Aires: Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Fernández Wagner, R. (Agosto 25-27, 2010). Transformaciones recientes del espacio residencial en el Área Metropolitana de Buenos Aires. Políticas públicas y mercados. 8° Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales "Territorio y territorialidades en movimiento", Comité de Desarrollo Regional de la Asociación de Universidades del Grupo Montevideo (AUGM). Recuperado de: <http://www.augm-cadr.org.ar/archivos/8va-bienal/MI.94.doc>
- Frayssinet, F (18 de noviembre de 2014). El auge de barrios náuticos agrava inundaciones en Argentina. IPS - Inter Press Service. Recuperado de <https://ipsnoticias.net/2014/11/el-auge-de-barrios-nauticos-agrava-inundaciones-en-argentina/>
- Grosso Cepparo, M. V., Valverde, A. (2018). "Estado" hídrico en territorios surcados por inundaciones y escasez de agua: la gestión del territorio en la cuenca del río Luján y la cuenca del río Mendoza, Argentina. *Revista Espacio y Sociedad*, (2), 35-55.
- INFOBAE (6 de julio de 2016). Por las inundaciones, la Justicia frenó la construcción de countries en 16 municipios. Recuperado de <https://www.infobae.com/sociedad/2016/07/06/por-las-inundaciones-la-justicia-freno-la-construccion-de-countries-en-16-municipios/>
- Malagnino, E. (2011). Geomorfología y peligrosidad geológica en el valle del Río Luján y el impacto de las modificaciones antropogénicas sobre su planicie de inundación. Mimeo. Recuperado de: https://es.scribd.com/fullscreen/55755823?access_key=keyc4wz2jzmrj5ijththly
- Martínez Alier, J. (2006). Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 5(13), 1-15. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30551307>
- Mattei, U. (2013). *Bienes comunes. Un manifiesto*. Madrid: Trotta.
- Mattei, U. (2017). Las Leyes de la Naturaleza y la naturaleza del Derecho. *Derecho & Sociedad*, (48), 163-171.
- Pintos, P. (Noviembre 12-13, 2009). Hacia un urbanismo prescindente del Estado. Reflexiones acerca de los actores, los marcos normativos y los sistemas de actuación en la producción de urbanizaciones cerradas polderizadas en la cuenca baja del río Luján [Ponencia]. XI Jornadas de Investigación. Centro de Investigaciones Geográficas y Departamento de Geografía Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de: https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.820/ev.820.pdf
- Pintos, P. y Narodowski, P., eds. (2012). *La privatopía sacrílega. Efectos del urbanismo privado en la cuenca baja del río Luján*. Buenos Aires: Imago Mundi.

- Pintos, P. (2017). El extractivismo urbano en la región metropolitana de Buenos Aires. En A. M. Vasquez Duplat (Comp.) *Extractivismo urbano: debates para una construcción colectiva de las ciudades* (pp. 23-39). Buenos Aires: Fundación Rosa Luxemburgo, Ceapi, El Colectivo.
- Pérez, P. (2006). La privatización de la expansión metropolitana en Buenos Aires. *Economía, Sociedad y Territorio*, VI(21), 31-54.
- Punta Querandí (12 de abril de 2016). Los vecinos de Dique Luján no queremos barrios privados en nuestra localidad” Recuperado de <https://puntaquerandi.com/2016/04/12/los-vecinos-de-dique-lujan-no-queremos-barrios-privados/>
- QuePasa (1 de marzo de 2016). Impulsan cautelar para detener las construcciones de barrios privados en el Delta del Paraná y el Río Luján. Recuperado de <https://www.quepasa-web.com.ar/cautelar-contra-construcciones-barrios-privados-delta-del-parana-rio-lujan/>
- Ríos, D. (2005). Planificación urbana privada y desastres de inundación. Las urbanizaciones cerradas polderizadas en el municipio de Tigre, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Economía, Sociedad y Territorio*, V(17), 63-83.
- Romero, H. (2009). Comodificación, exclusión y falta de justicia ambiental. En O. Delgado Mahecha y H. Cristancho Garrido (Ed.) *Globalización y territorio: reflexiones geográficas en América Latina* (pp. 243-291). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina (2007) Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Sgroi, A. (2021) Planificación estatal Vs. Urbanismo privado [Diapositiva de Power Point]. Maestría en Políticas de desarrollo urbano. Clase de posgrado. FaHCE/UNLP.
- Svampa, Maristella (2011). Modelos de desarrollo, cuestión ambiental y giro eco-territorial. En H. Alimonda (Coord.) *La naturaleza colonizada. Ecología política y minería en América Latina* (pp. 181-215). Buenos Aires: CLACSO-CICCUS.
- Télam (6 de agosto de 2013). Los vecinos de Tigre realizaron una manifestación por las inundaciones que sufren "cada vez que llueve". Recuperado de <https://www.telam.com.ar/notas/201308/27802-vecinos-de-tigre-se-manifestaron-contra-las-inundaciones.html>
- Theodore, N., Peck, J. y Brenner, N. (2009). Urbanismo Neoliberal: la ciudad y el imperio de los mercados. *Temas Sociales*, 66(10), 1-11.
- Torres, H. (2003). Las transformaciones recientes de Buenos Aires a la luz del contexto global. En A. Catenazzi y J. Lombardo (Comp.). *La cuestión urbana en los noventa en la Región Metropolitana de Buenos Aires* (pp. 131-150). Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Zibechi, R. (2010). Políticas sociales, gobiernos progresistas y movimientos antisistémicos. *Otra Economía*. IV(6), 32-42.

CAPÍTULO 14

Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos

*Lorena Coppiarolo, Verónica Pohl Schnake
y Analía Zamponi*

(...) las diferentes estrategias de apropiación de la naturaleza en diferentes contextos ecológicos, sean culturales o capitalistas, generan procesos ecológicos politizados que son efecto de estrategias de poder. Política es la vía por la cual la ontología de lo Real se realiza en una realidad; política es la vía para transitar de un mundo global regido por el poder unificador del mercado hacia la construcción de un mundo diverso orientado por una ontología de la diversidad, la diferencia y la otredad.

Enrique Leff, LAS RELACIONES DE PODER DEL CONOCIMIENTO EN EL CAMPO DE LA ECOLOGÍA POLÍTICA: UNA MIRADA DESDE EL SUR

El presente capítulo pretende despertar el interés en el aprendizaje de algunos conceptos desarrollados en la cátedra de Biogeografía, reconociendo aportes en el análisis de las **transformaciones territoriales** en su dimensión ambiental. Centra la mirada particularmente en las características de los **suelos** y los **ciclos biogeoquímicos** considerando sus alteraciones en el contexto de las cadenas globales de mercantilización e importancia en la construcción de respuestas alternativas al modelo mercantilizador de la naturaleza. Al mismo tiempo, con la clara intención de ampliar la mirada hacia la apropiación diferencial de los sistemas naturales, focaliza en la desigual distribución de los beneficios y perjuicios del proceso de transformación de la naturaleza, origen de los conflictos socioambientales entendidos en términos ecológicos distributivos.

En la construcción del territorio se transforma la naturaleza, la sociedad como especie humana, es también naturaleza, de modo que al modificar esta última, las sociedades se modifican a sí mismas. Es decir, naturaleza y sociedad constituyen una unidad, de allí la importancia de referirse a la **naturaleza/sociedad**, eliminando la “y”, evidenciando el valor de reconocer la co-evolución entre los pueblos, su cultura y los lugares.

Contrariamente, el actual modelo mercantilizador disocia la naturaleza de la sociedad, considerando a la primera como un objeto cuya finalidad es ser explotada para lograr ganancias y beneficios, derivando en una innegable crisis ambiental, “entendida como crisis de civilización” (Leff, 2000, p. 8), caracterizada por la creciente desigualdad y concentración de la riqueza. No obstante, y en la búsqueda de respuestas alternativas, emergen distintas iniciativas que pueden ser entendidas a partir de

una relación sociedad-naturaleza que genera “una apropiación diferente del territorio, y consecuentemente transformaciones en el mismo, a partir de considerar los elementos y funciones de la naturaleza como **bienes comunes**” (Pohl Schnake y del Llano, 2022, p. 3). Se puede reconocer en ellas la importancia del manejo del suelo, la preservación de la biodiversidad, la selección de semillas-cultivos y la erradicación de agrotóxicos. De modo, que la puesta en marcha de

agroecosistemas agroecológicos se postulan como respuestas a los desafíos ambientales y al cambio de perspectiva necesaria, proponiendo como eje central la biodiversidad y el funcionamiento agroecosistémico, intentando así superar los conflictos entre la dualidad producción – ambiente, propio de los agroecosistemas industriales (Mantegna, 2021, p.2).

Retomando la mirada hacia el modelo productivo imperante, el mismo se caracteriza por un desarrollo tecnológico de envergadura y cadenas globales de comercialización que conducen a una apropiación, expropiación y modificación sin precedentes de los elementos y funciones de la naturaleza (o bienes comunes) a escala planetaria. Esta exacerbada mercantilización de la naturaleza tiene consecuencias socioambientales que recaen en la población de modo diferencial. En tal sentido, autores como Martínez Alier (1997, p. 44; 2006, p. 1) introducen, en el análisis de la actual crisis ambiental, el concepto de **conflictos ecológicos distributivos**.

En este contexto, la creciente producción agropecuaria global, no sólo no da respuestas a los problemas de alimentación deficiente y hambre, que continúan aquejando a una importante parte de la población mundial, sino que también genera otras consecuencias. En algunas regiones del mundo, consideradas las grandes productoras de biomasa, el uso de agrotóxicos, fertilizantes, extracción excesiva de agua subterránea y superficial, reducción genética, baja diversidad de cultivos, deforestación, están produciendo contaminación de distinto tipo, problemas en la salud humana y de otras especies, afectación en las cadenas tróficas, pérdidas de biodiversidad, alteraciones en los cursos y cuerpos de agua, degradación de los suelos y expulsión de población local. Sin embargo, como ya se mencionara, existen muchos movimientos y organizaciones que en la búsqueda de un territorio más solidario y justo repiensen las relaciones prevalecientes en el actual sistema socio productivo.

Desde esta perspectiva los contenidos abordados en Biogeografía, en su doble vertiente - aquellos vinculados a los ecosistemas y los relacionados a la distribución de la vida -, aportan herramientas que contribuyen a interpretar las transformaciones territoriales desde su dimensión ambiental, favoreciendo la convergencia de los campos ecológico-biológicos con los de las ciencias sociales, tan pregonada hoy ante la crisis civilizatoria por pensadores como Edgar Morín (Pohl Schnake, 2019). Asimismo, considerando la cátedra que promueve el presente libro, este capítulo se dedica particularmente al componente suelo y los ciclos biogeoquímicos, evidenciando en su abordaje la unidad sociedad/naturaleza. Se reconocen así las contribuciones analíticas en una doble dimensión, por un lado, en el actual modelo dominante a partir de las alteraciones biofísicas en el contexto de las cadenas globales de mercantilización, y por otro, en sus reinterpretaciones en la construcción de alternativas, como las iniciativas agroecológicas. Sin embargo, este capítulo particularmente se centrará en

la primera de las dimensiones mencionadas, a efectos de brindar herramientas que permitan contribuir al abordaje de los conflictos ecológico distributivos en torno a la producción de alimentos en el actual contexto de las cadenas globales de comercialización.

De acuerdo a lo expresado, a lo largo del capítulo se plantea responder los siguientes interrogantes que guiarán el desarrollo de los contenidos: ¿A qué se alude cuando se habla de transgresión de las fronteras ecológicas y alteración de los ciclos biogeoquímicos? ¿En qué consiste la integración de la producción agropecuaria, minera y petroquímica?

Estas preguntas remiten a otras: ¿Qué es y cómo se forma el suelo? ¿En qué consiste un ciclo biogeoquímico? ¿A qué se llaman macro y micronutrientes? ¿A qué se refieren los intangibles ambientales, movimiento global, desbalance y agotamiento de nutrientes?

¿En qué consisten los fertilizantes industriales o minerales? ¿Son infinitos? ¿Qué problemas originan? ¿A qué se alude cuando se habla de cascada de nitrógeno?, ¿y eutrofización?

Ampliando la mirada hacia la apropiación diferencial de los sistemas naturales

Desde una concepción de la naturaleza que considera vínculos diferentes al impuesto por el lenguaje económico y mercantilizador, se reconocen los **bienes comunes** integrados a ecosistemas y ecorregiones. Referirse a los elementos y funciones de la naturaleza como **recursos naturales** o **servicios ambientales** es la primera forma de apropiación desde el lenguaje (Rodríguez Pardo, 2009, párr. 1).

La resistencia al poder y a la uniformización e instrumentalización de la naturaleza contenida en el término recurso natural, es reflejada y refractada por el término bienes comunes que surge en el contexto de luchas sociales por la apropiación, el manejo y el uso de la naturaleza (Ivars, 2013, p.88).

No obstante este origen del término, es importante estar atentos al uso que, en otro sentido, también están realizando distintos países centrales y organismo internacionales, justificando así la injerencia en distintos países o regiones.

Desde disciplinas que consideran distintos lenguajes de valoración, entre otros autores, Martínez Alier (2014, p. 5), destaca la importancia del estudio del **metabolismo social**, es decir, el análisis de los flujos de energía, materiales, la apropiación humana de la producción primaria neta de biomasa (*HANPP*, por sus siglas en inglés), el ciclo hidrosocial y los flujos del agua, como así también el estudio y defensa de la biodiversidad agrícola y “silvestre”. Asimismo, el mencionado autor, particularmente a partir de las contribuciones de Walter Pengue, también reconoce el aporte al análisis de los denominados **intangibles ambientales** en los balances de materiales relacionados fundamentalmente a la extracción de biomasa, especialmente exportación de soja, sector en torno al cual señala también el incremento de la conflictividad socioambiental.

De acuerdo a Pengue, los intangibles ambientales hacen referencia a elementos imprescindibles para garantizar la producción de los productos primarios (biomasa) que la economía global

demanda y que no son cuantificables en los costos de producción. “Son bienes o recursos de base para garantizar la posibilidad productiva: agua virtual, suelo virtual, condiciones climáticas que participan del comercio internacional”. Cuando se exportan granos, carnes, maderas, no se considera el agua que “ha quedado atrás” que ya no está incorporada en el producto, ni los nutrientes del suelo que forman parte de los productos (Pengue, 2017, p. 120).

El **suelo virtual** constituye un flujo de nutrientes que salen de ciertos lugares (las ecorregiones) con los cultivos, los granos, la carne, la madera, la biomasa en general y migran hacia otros donde estos no son contemplados, si bien también dejan un pasivo no calculado.

Retomando el concepto de metabolismo social, Delgado Ramos (2018, p.168), entre otros autores, recuerda que a lo largo de la historia de la humanidad es posible identificar dos dimensiones en los perfiles metabólicos: 1) el metabolismo básico o el que se sustenta en la reproducción natural de los ciclos biogeoquímicos y 2) el metabolismo ampliado que es viable mediante la movilización de recursos desde fuera de la biósfera, es decir, de recursos no renovables como los combustibles fósiles y los minerales (Fischer-Kowalski y Haberl, 2000, pp. 21-34).

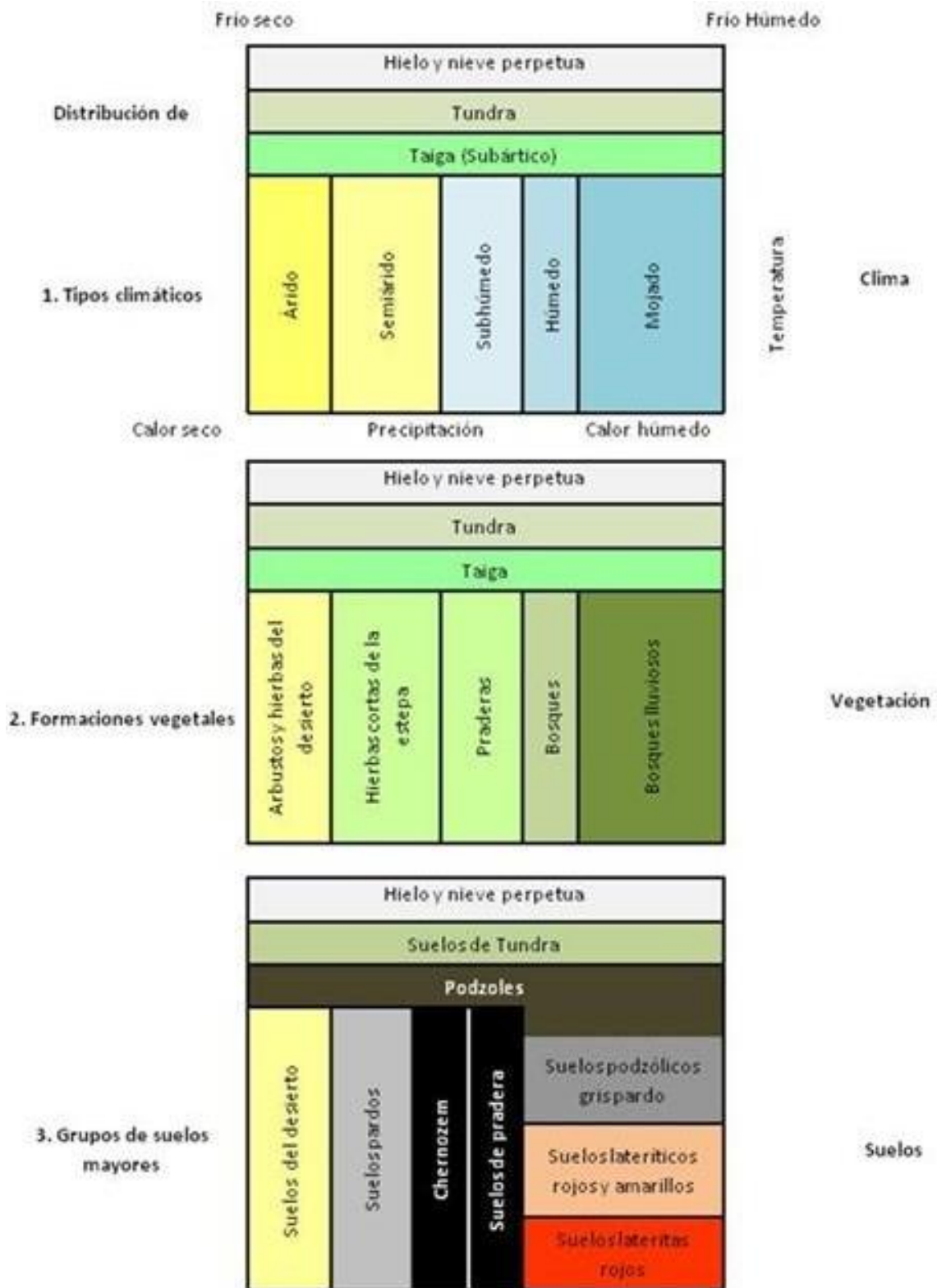
La ilusión de un crecimiento económico constante, sostenido en un metabolismo ampliado a partir de flujos crecientes de materiales y energía, se desvanece frente a los efectos de la transgresión de las **fronteras ecológicas** de un sistema natural finito.

El movimiento internacional de nutrientes, impulsado en el marco globalizador de las políticas liberales y extractivistas aplicadas a la producción agropecuaria, trae aparejado el agotamiento de nutrientes, desbalances de fertilizantes, degradación, contaminación, cuestiones cuya comprensión remite al concepto de ciclo biogeoquímico y a la integración de la producción agropecuaria, minera y petroquímica. En el caso de los nutrientes, la extracción y el consumo de los productos a distancias considerables, genera alteraciones en los ciclos de los nutrientes del suelo (macro y micronutrientes), tanto en las regiones de donde son extraídos como en las de destino, alterando los ciclos naturales en ambos lugares.

¿A qué se alude cuando se habla de transgresión de las fronteras ecológicas?

Para continuar respondiendo las preguntas planteadas es necesario remitirse a la organización y distribución de la vida. La gran variedad de especies en nuestro planeta, tienen en común las mismas necesidades básicas vitales, los mismos problemas relativos a la adquisición de alimentos como fuente de energía, de espacio para vivir y reproducción. Ante estas necesidades se dan distintas formas adaptación para vivir en una clase particular de lugar que reúne determinadas características físicas, adquiriendo tolerancia a ciertos límites de humedad, precipitación, viento, sol, temperatura, gravedad, y características bióticas, representadas por todas las plantas y animales que viven en la misma región. Blumenstock y Thornthwaite (1941, 2004, p.113) proponen una representación esquemática que muestra las relaciones recíprocas entre los climas, las formaciones vegetales y los grupos zonales de suelos (figura 1).

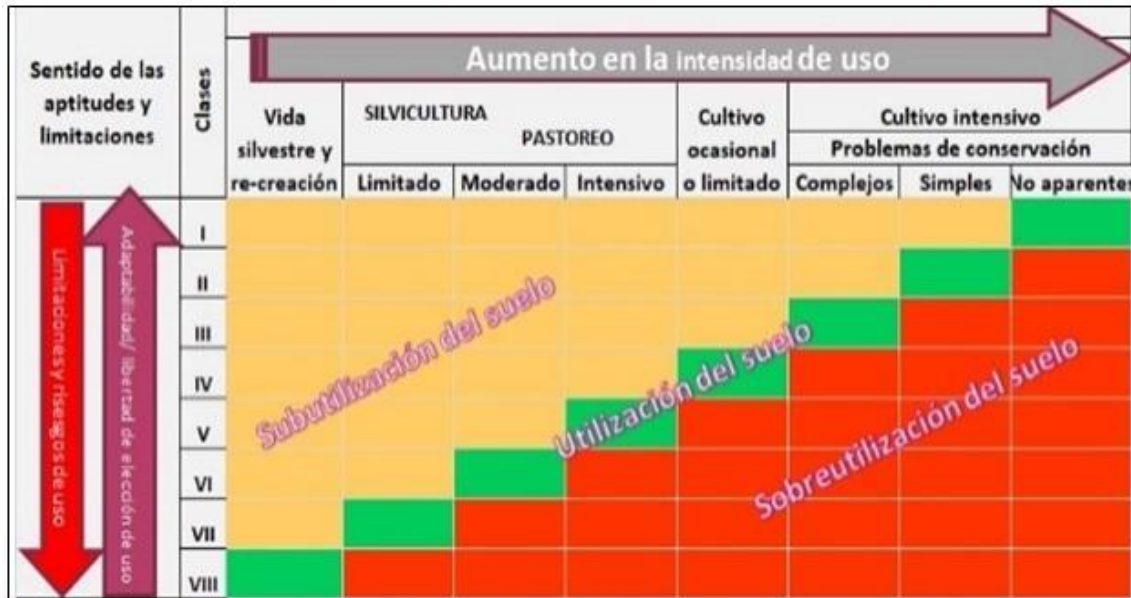
Figura 1. Factores limitantes que explican las grandes áreas de distribución de la vegetación nativa



Representación esquemática que muestra las relaciones recíprocas entre los climas, las formaciones vegetales y los grupos zonales de suelos. Fuente: Adaptado por las autoras a partir de Blumenstock y Thornthwaite, 2004, p. 113

El esquema de la figura 1, si bien es antiguo, tiene un valor didáctico al permitir comprender fácilmente la distribución de las ecorregiones desde su base biofísica al considerar las interrelaciones entre los factores limitantes. Durante muchos años, actividades como la agricultura, tomaban en consideración estas limitantes expresadas en esquemas de aptitudes de usos del suelo, como en la figura 2.

Figura 2. Clasificaciones de los suelos según aptitudes de usos



Clase de tierra	Limitaciones para usos agrícolas generales	Manejo bajo agricultura		
		Opción de cultivos	Prácticas de conservación	Clasificación general de las tierras
I		amplia		
II	ligeras	reducida	sencillas	ARABLES (cultivos de ciclo corto)
III		restringida		
IV	moderadas	muy limitada	complejas	
V		amplia		
VI	severas	reducida	muy complejas	NO ARABLES (cultivos permanentes)
VII		restringida		
VIII	muy severas	muy limitada	especiales	

Fuente: adaptado por las autoras en base a clasificaciones difundidas por instituciones como el INTA.

Superando la visión biogeográfica de tinte biológico referida a distribución de la riqueza biótica, en nuestro país Jorge Morello propone el concepto de **ecorregión**. A partir del mismo se integran los macro componentes biofísicos del territorio y los aspectos socioculturales relativos a los usos del suelo. De este modo la ecorregión se define a partir de respuestas ecológicas homogéneas al clima, la tectónica y grandes grupos de suelo, expresadas por la vegetación y el relieve, así como por las actividades agrícolas, industriales, urbanas, periurbanas, portuarias y ciudadinas (Pengue, 2017, p. 57).

La intensificación productiva y la **ampliación de la frontera agropecuaria** a través de un desarrollo tecnológico que avanza incluso sobre la esfera de la vida a partir de la transgénesis (Leff, 2002, p. 20), conlleva cambios en los usos del suelo y formas de apropiación que afectan fuertemente las ecorregiones, abandonando así las modalidades de producción basadas en consideraciones de las condiciones físico-naturales. El usufructo de estos procesos de transformación de la naturaleza y afectaciones degradantes inciden de modo diferencial en las condiciones de vida de la población, es aquí donde cobra relevancia el análisis de los conflictos ambientales en términos ecológico distributivos.

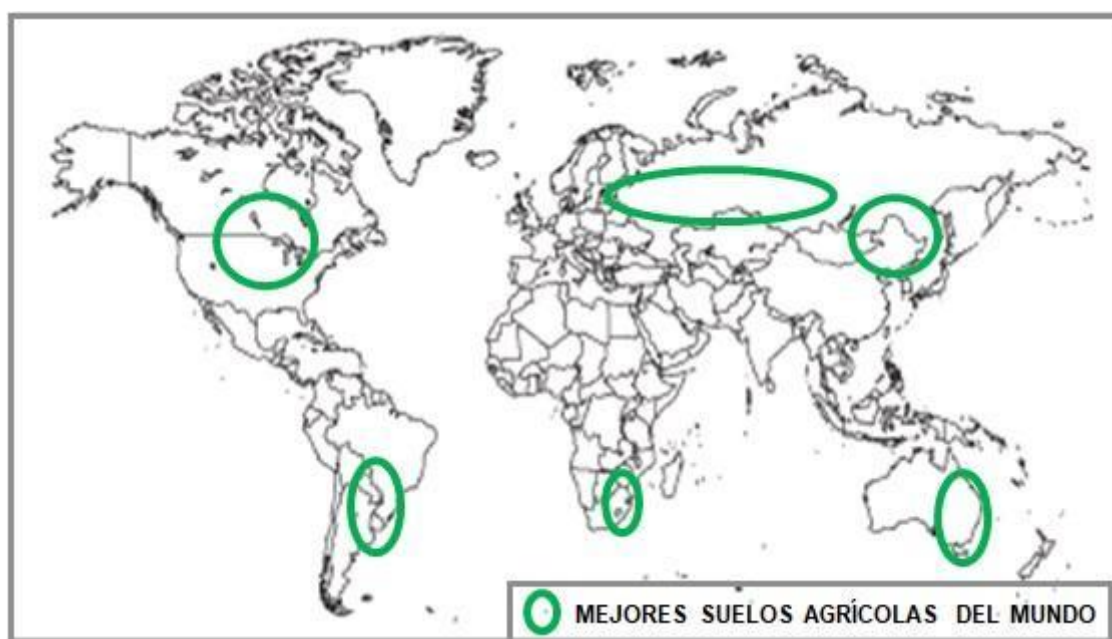
La conflictividad ambiental responde a las transformaciones del modelo económico actual y a la globalización, donde el comercio internacional y el consumo de recursos no está limitado por las fronteras agroecológicas ni nacionales, generando un traslado de las cargas ambientales entre unos sitios y otros, cada vez a distancias más grandes, lo cual invisibiliza muchas de las acciones y responsables de las mismas (Martínez Alier, 2000, 2006). Resulta interesante pensar en las paltas peruanas que se consumen en Chile y las paltas chilenas que se consumen en Argentina, como mínimo podemos reflexionar en el gasto en combustible, el valor al cual llegan en los lugares donde son consumidas, a quienes llegan y las alteraciones en las ecorregiones donde se producen, entre otras cuestiones.

Sostiene Leff:

la distribución ecológica lleva a mirar la manera como la imposición de la racionalidad económica y la voluntad de dominio colonial han desterritorializado a las culturas y están alterando la distribución ecológica del planeta como efecto de la capitalización y los modos de apropiación de la naturaleza conforme a los requerimientos expansivos del capital y la geopolítica del desarrollo sostenible: modificando el clima, deforestando la biosfera y erosionando territorios biodiversos, sobreexplotando las fuentes hídricas y los mantos acuíferos, agotando los recursos del subsuelo, generando a través del intercambio desigual una transferencia de recursos de los países pobres del Sur, ricos en naturaleza, a los países del Norte, alterando las dinámicas y degradando en escalas sin precedente los potenciales ecológicos de los territorios del Sur (Leff, 2018, p.151).

A nivel global, los países que cuentan con una importante disponibilidad de elementos naturales como suelo, agua o biodiversidad, son considerados los grandes proveedores de biomasa convertible de la energía solar, ya sea en forma de alimentos, energía, biomateriales, maderas, carnes. Al respecto Pengue (2017), invita a considerar dos aspectos: 1- externalidades (erosión, salinización, degradación) relacionadas a prácticas de manejo e intensificación en el uso de insumos contaminantes: impactando sobre los bienes comunes; suelo, el agua y las condiciones ambientales naturales y climáticas, 2- el agotamiento del suelo: extracción sin reposición, rotaciones o restitución de cosechas que se llevan los nutrientes del suelo. Es por ello que advierte acerca del doble riesgo que enfrentan las regiones del mundo con suelos aún ricos (figura 3), que son el nuevo foco para identificar las posibilidades de ampliar la frontera productiva y son los grandes territorios del planeta donde aún es posible producir alimentos sin restricciones técnicas y con más o menos, según los casos, limitaciones climáticas (pp. 85-116).

Figura 3. Los suelos del mundo aún ricos



Fuente: adaptado por las autoras a partir de Pengue, 2017, p. 71.

El análisis en términos físicos, propuesto por Pengue, da cuenta de la evolución de la degradación, pérdida de nutrientes, erosión y desertificación, cuya consecuencia ambiental, señala el autor, es escasamente perceptible hasta su materialización en la imposibilidad productiva. De modo tal, que el suelo, considerando los actuales modos de explotación y manejo debe considerarse como agotable.

Pengue, para el caso de Argentina, sostiene que el país abandonó uno de los pilares en el manejo del suelo en torno de las rotaciones agrícola-ganaderas, base de la recirculación y utilización más eficiente de los nutrientes generados por el bosteo del ganado vacuno, el descanso

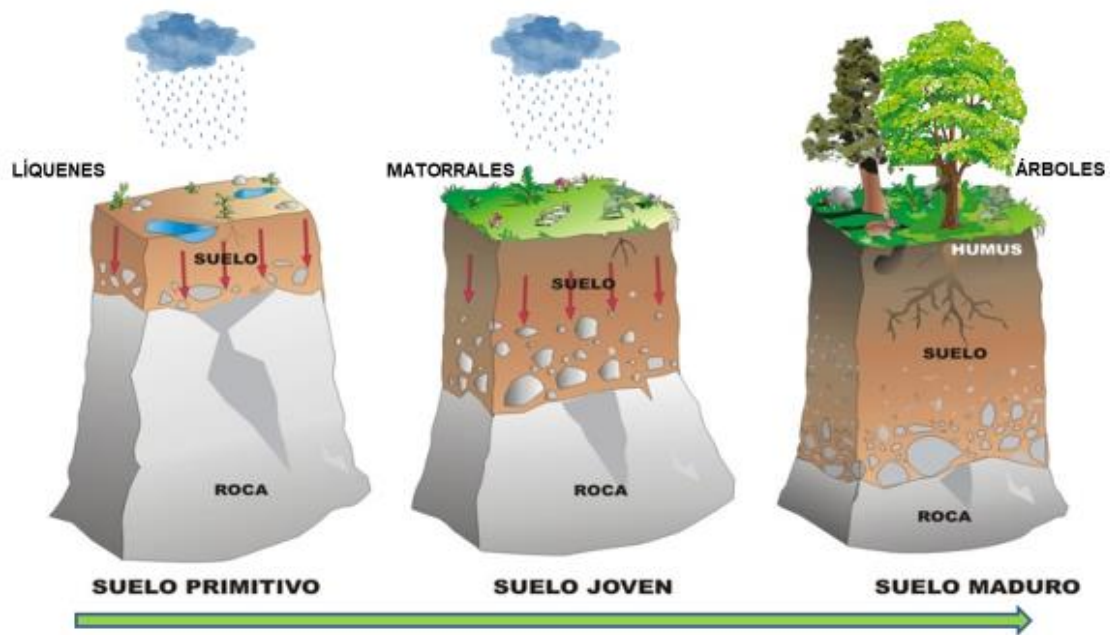
de las tierras agrícolas y la consecuente incorporación y enriquecimiento de la materia orgánica de los suelos. Se expanden los procesos de agriculturización, donde la agricultura desplaza la ganadería y abandona la rotación con la misma, concentrándose en pocos cultivos como la soja, maíz y trigo, o bien directamente se asiste a la sojización. En tanto, la pampeanización remite al traslado del modelo productivo, tecnológico y financiero propio de la pampa húmeda hacia otras ecoregiones (Pengue, 2017, p. 57).

Esta apropiación diferencial del suelo, se aprecia en la concentración de ganancias en determinados actores sociales y sectores de la economía, en tanto los procesos de degradación, pérdida de nutrientes del suelo y contaminación recaen en una población que accede a pocos beneficios e incluso algunos se ven impedidos de acceder a una alimentación en calidad y cantidad, en ocasiones, en el mejor de los casos, asistidos desde el Estado. A continuación, se explicará qué es el suelo, cómo se origina y sus características, para tener elementos con los cuales analizar los aspectos que hacen a las condiciones de degradación y alteración de los mismos en el actual contexto de globalización y la integración con la industria minera y petroquímica (incorporación de nutrientes artificiales, desbalances y escasez).

¿Qué es y cómo se forma el suelo?

El **suelo** constituye una muy delgada y dinámica capa de la corteza terrestre, formada por elementos de origen mineral y biológico distribuidos en tres fases: sólida, gaseosa y líquida. Esta capa se origina a partir de la alteración (o meteorización) de las rocas de la litosfera (denominada roca madre) y al aporte de los restos de materia orgánica y actividad metabólica de plantas y animales (que nacen, viven y mueren sobre él).

Inicialmente se trata de un suelo joven que luego evoluciona hasta contar con varios estratos superpuestos en horizontes (figura 4). Los elementos y factores interrelacionados inciden directamente sobre la formación de distintos tipos de suelos, proceso que siempre es dinámico. Sus factores determinantes son la roca madre, el clima, el relieve, la actividad biológica y la actividad humana. Los suelos se diferencian por presentar, además, diversas propiedades físicas y químicas que determinarán su textura, acidez, estructura y capacidad de intercambio. En síntesis, el suelo es un sistema dinámico de complejas interrelaciones recíprocas entre sus componentes físicos, químicos y biológicos (Primavesi, 1984, p. 73-94).

Figura 4. Procesos y agentes de transformación de la roca madre en suelo

Fuente: adaptado por las autoras a partir de a partir de Buzo Sánchez (2012)

Para analizar los suelos se construyen perfiles en los cuales se distinguen horizontes o capas en su estructura, identificando distintos colores y texturas. Materiales muy similares a la roca original se sitúan en su extremo inferior, mientras que en el superior predominan materiales cada vez más alterados, como producto de los múltiples factores externos y actividad interna.

Un rol importante en esta diferenciación horizontal es el agua, ya que transporta de manera vertical los materiales, esto puede ser a través de las precipitaciones, arrastrando materiales o bien por ascenso del mismo por capilaridad.

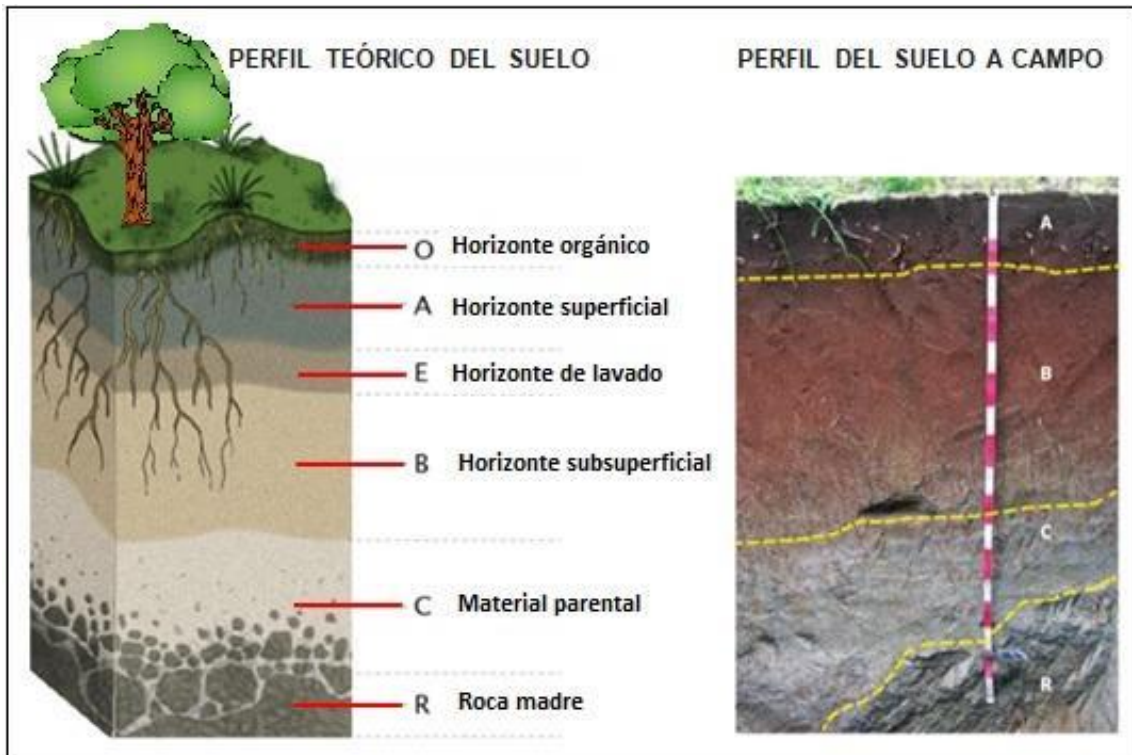
A los efectos de la descripción de los perfiles se utiliza una nomenclatura en la que los horizontes principales se designan con las letras mayúsculas H, O, A, B, C y E y determinadas características subordinadas con letras minúsculas (figura 5).

En la zona superficial, la más relacionada con la biosfera, se acumula mayor cantidad de materia orgánica, dando lugar a horizontes orgánicos de color más oscuro que se designan con las letras O (horizonte de hojarasca a veces presente) y A (horizonte mineral con materia orgánica). Por debajo, puede haber horizontes de lavado o eluviales¹³⁸ que pierden componentes debido al arrastre producido por el agua que se infiltra, quedando decolorados, y que se designan con la letra E. Los horizontes que representan una evolución respecto a la roca

¹³⁸ La eluviación indica el movimiento del material fuera de un horizonte del suelo y la iluviación su entrada.

madre por desarrollar alteración química *in situ* o bien por acumular componentes iluviales, procedentes del lavado de horizontes superiores se caracterizan por tener coloraciones habitualmente pardas o rojizas y se designan con la letra B. Por último, los horizontes que no han sufrido edafización, representan a la roca madre apenas disgregada y en función de su dureza y coherencia se representan con las letras C y R (Luján Martínez *et al.*, 2016. p.8).

Figura 5. Tipos de horizontes principales



Fuente: adaptado por las autoras a partir de Luján Martínez *et al.* (2016, p. 8)

No todos los suelos presentan una diferenciación tan bien definida en horizontes como muestran las ilustraciones. Por lo general esto es más claro en los suelos fértiles y duros, mientras que en los demás, esta secuenciación es poco desarrollada.

Para comprender la dinámica de los suelos y los conflictos mencionados es necesario recurrir al conocimiento de los ciclos biogeoquímicos.

¿En qué consiste un ciclo biogeoquímico?

Un **ciclo biogeoquímico**, término que deriva del griego 'bio', vida, 'geo', tierra y química, se refiere al movimiento de nutrientes como el nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, calcio, sodio, azufre, fósforo, potasio, carbono y otros elementos entre los seres vivos, atmósfera, hidrós-

fera, biomasa y corteza terrestre, mediante una serie de procesos de producción y descomposición¹³⁹. Para lo cual siempre se requiere disipación de energía de algún tipo que impulse los ciclos de materiales.

Como explica Pengue (2017, p. 46), la energía solar origina flujos a través de los ecosistemas pasando de una parte de la cadena a la siguiente, hasta que finalmente se pierde como energía irradiada desde la biósfera hacia el espacio exterior. La materia circula a través de los ecosistemas mundiales, es decir se conserva y es utilizada, reutilizada o reciclada, a partir de los procesos físicos y biológicos (p. 46).

De este modo, puede decirse que los ciclos biogeoquímicos constituyen vías más o menos cíclicas que cumplen los elementos químicos, incluyendo todos los elementos esenciales para la vida, que van desde el entorno a los organismos y de regreso otra vez al entorno. La trayectoria de un tipo particular de materia a lo largo del ecosistema terrestre comprende un ciclo de la materia o ciclo de los nutrientes, también conocido como reciclado de nutrientes e implica una serie de compartimientos de almacenaje o reservorios (por ejemplo, aire, suelo, aguas subterráneas, vegetación)¹⁴⁰. Desde el punto de vista de la **ecósfera** considerada como un todo, los ciclos biogeoquímicos se dividen en dos grupos fundamentales: 1) los tipos gaseosos, para los cuales la reserva está en la atmósfera o en la hidrosfera (océano) y 2) los de tipo sedimentario para los cuales la reserva se encuentra en la corteza terrestre.

En el ciclo sedimentario, el componente o elemento es liberado de la roca mediante la meteorización, al que sigue el movimiento en el agua de escorrentía, formando parte de la solución o como sedimento hacia el mar donde estos materiales se transformarán de nuevo en roca. En el ciclo de los gases, el elemento o componente puede ser transformado en forma gaseosa. El gas se difunde por la atmósfera y de este modo llegará a la superficie continental o marina, para ser de nuevo, y por un tiempo mucho más corto reutilizado por la biósfera.

Los materiales que circulan constituyen los nutrientes para la vida, cuyo flujo representa para cada lugar, como se explicará en el siguiente apartado, un proceso que implica un conjunto de cambios y de pérdidas.

¹³⁹ “En la historia geológica de nuestro planeta se distinguen numerosos procesos físicos, químicos y biológicos, que en conjunto se lo reconoce como ciclo geológico, el cual está conformado por cuatro subciclos: el ciclo tectónico, el ciclo de las rocas, el ciclo hidrológico y los ciclos biogeoquímicos. Los procesos tectónicos están dirigidos por fuerzas generadas en el interior de la Tierra. El ciclo de las rocas, es el subciclo geológico mayor y está relacionado con todos los demás subciclos. Depende del ciclo tectónico como fuente de calor y energía, del ciclo biogeoquímico para los materiales y del ciclo hidrológico para el agua” (Pengue, 2017, p. 43).

¹⁴⁰ Se distinguen dos acervos: 1) el acervo de reserva (no disponible), es un componente generalmente no biológico, amplio y de movimiento lento y 2) el acervo cíclico (disponible e intercambiable), constituye una porción más pequeña, pero más activa que efectúa un intercambio rápido (lleva y recoge) entre los organismos y su entorno inmediato. Muchos elementos tienen acervos de acumulación múltiples y algunos (como el nitrógeno) tienen acervos adaptables múltiples.

Intangibles ambientales y agroecosistemas: ¿a qué se denominan macronutrientes y micronutrientes?

Entre los nutrientes necesarios para la vida, se distinguen los macronutrientes, los cuales se requieren en cantidades mayores y aportan energía, en tanto los micronutrientes se requieren en pequeñas cantidades, hacen al funcionamiento y desarrollo específico. Entre estos últimos se distinguen los oligoelementos.

El hidrógeno, carbono, oxígeno, nitrógeno, calcio, potasio, magnesio, azufre y fósforo constituyen **macronutrientes**. El carbono y nitrógeno se mueven en general en ciclos gaseosos, en tanto el calcio, magnesio y potasio provienen de las rocas silicatadas, productos de la alteración mineral. El azufre y el fósforo proceden de la meteorización de la roca.

Entre los **micronutrientes**, ocho oligoelementos son los requeridos por las plantas: boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, cloro, cobalto y también zinc. Su déficit "limita" de manera sustantiva la producción agropecuaria¹⁴¹.

En los ecosistemas naturales, la materia de hojas caídas, raíces o plantas muertas, se unen al suelo y son descompuestas y mineralizadas por los organismos del suelo, como las bacterias, los hongos, los animales, reingresando así los elementos nutritivos bajo una forma mineral en la solución del suelo y el ciclo biológico de absorción, crecimiento, descomposición, puede recomenzar. En este ciclado también hay pérdida de elementos nutritivos por erosión, cuando el suelo se pierde se lleva elementos con él, pérdidas con el agua que atraviesa el suelo y que puede llevarse elementos de manera disuelta (lixiviación). Estas pérdidas pueden ser compensadas por los aportes a través de las rocas y la atmósfera.

En los agroecosistemas, además de la erosión y lixiviación, se suman pérdidas de nutrientes contenidos en las cosechas que son consumidos en lugares cada vez más distantes. Así se empobrecen de modo continuo los suelos y se asiste a la falta de ciertos elementos nutritivos básicos para el desarrollo de las plantas. Esto da origen a la industria de los fertilizantes, en relación a ello y retomando las preguntas planteadas:

¿Por qué se habla de agroindustria integrada?

Se habla de la **integración agroindustrial** a partir de las articulaciones entre: a- la producción agropecuaria; b- la industria petroquímica con la producción de fertilizantes sintéticos o precursores, como el amoníaco, la urea, el nitrato de amonio, etc.; c- la minería a partir de las rocas

¹⁴¹ A través de las raíces las plantas absorben los elementos nutritivos de la solución del suelo, siendo así incorporados a la biomasa vegetal, pasando a estar en forma orgánica. El potasio, fósforo y otros elementos minerales como el calcio y el hierro, pueden provenir de minerales del suelo o de rocas por solubilización, constituyendo ciclos sedimentarios. El nitrógeno no puede provenir de los minerales ya que no está presente en las rocas, sino que proviene de la atmósfera gracias a ciertos organismos capaces de transformar el nitrógeno gaseoso en una forma soluble, es la fijación biológica del nitrógeno.

fertilizantes como la roca fosfórica; y d- la logística y transporte que permite el traslado de la producción en todo el planeta. Una integración global de una **agricultura industrial**, que produce un desbalance importante, a partir de los flujos de nutrientes que se están moviendo en los distintos subsistemas¹⁴².

Entonces... ¿En qué consisten los fertilizantes industriales o minerales? ¿Son infinitos?

Los **fertilizantes** son compuestos que se utilizan en la agricultura para suministrar nutrientes a las plantas. Pueden ser orgánicos o inorgánicos (minerales).

Los **fertilizantes orgánicos** derivan de fuentes vegetales y animales. La concentración de nutrientes en fertilizantes orgánicos es menor que en fertilizantes minerales. Dado que las plantas no pueden absorber nutrientes orgánicos directamente, estos deben ser mineralizados primero. El proceso de mineralización ocurre naturalmente en el suelo y es realizado por los microorganismos del suelo.

En la agricultura industrial el abono a partir de la materia orgánica no es suficiente. Se recurre a la aplicación de fertilizantes fabricados industrialmente también denominados **fertilizantes minerales, químicos o sintéticos**. Tienen un alto contenido de nutrientes que están fácilmente disponibles para las plantas. Se producen a partir de minerales y gases, mediante un proceso químico. Muchos de ellos son minerales naturales.

La urea se produce haciendo reaccionar amoníaco con dióxido de carbono; el fosfato monopotásico se produce haciendo reaccionar el ácido fosfórico con hidróxido de potasio o con potasa. El cloruro de potasio (también denominado muriato de potasio), un fertilizante mineral en sí mismo, se extrae directamente de los depósitos minerales.

En la agricultura industrial se viene realizando un uso creciente de nitrógeno, fósforo y potasio, conocidos como **NPK** (o N-P-K). De modo más reciente, particularmente con la producción sojera, se promueve el uso de **micronutrientes**, que funcionan como

(...) fitoestimulantes de alto impacto durante el periodo vegetativo del cultivo, que se aplican en el momento de tratamiento de semillas, o como herbicidas. Por ejemplo, el *Top Zinc* es un producto en base a potasio, cobalto y molibdeno, que favorecen la fijación biológica de nitrógeno en soja, aportando también boro y zinc (Pengue, 2017, p. 123).

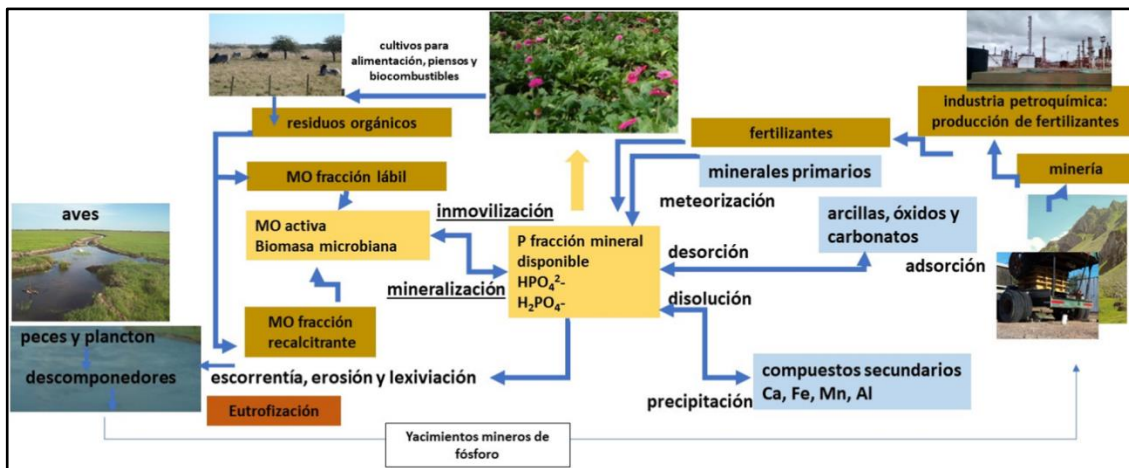
¹⁴² Entre las principales plantas de fertilizantes en Argentina se encuentran Profertil (urea y amoníaco) en Bahía Blanca; Bunge (tiosulfato de amonio) en Campana, Bunge (superfosfato simple) en Ramallo y Mosaic (superfosfato simple) en Puerto General San Martín Esta última planta se origina como resultado de la fusión en el 2004 entre la unidad de fertilizantes de Cargill y de IMC Global, posee base en Estados Unidos y cuenta con minas de fosfato en Estados Unidos y Perú. Asimismo la mayor parte de los fertilizantes utilizados en el país provienen de Estados Unidos, Marruecos, Egipto, China, Rusia y Argelia (Calzada y D'Angelo, 2021, pp. 38-41).

Este uso creciente de fertilizantes altera y rompe los ciclos naturales, con distintos efectos, como contaminación, reducción de la biodiversidad, etc. A continuación, se desarrollarán las alteraciones en los ciclos del nitrógeno y fósforo, para luego explicar el fenómeno de la eutrofización.

Fósforo: uso excesivo y agotamiento

El fósforo, al igual que el nitrógeno y el potasio, es un nutriente que las plantas absorben del suelo y resulta básico para la fertilidad de la tierra y el crecimiento de los cultivos: en concreto, es imprescindible para la fotosíntesis y otros procesos químico-fisiológicos (figura 6).

Figura 6. Ciclo del fósforo y sus alteraciones



Fuente: adaptado por las autoras a partir de Cerón Rincón y Aristizábal Gutiérrez, 2012, p. 1.

En forma de fosfatos, forma parte de los fertilizantes compuestos NPK (N, de Nitrógeno; P, de fósforo y K, de potasio) de alta concentración. La materia prima principal se extrae de la roca fosfórica, un recurso finito. Casi el 90% de las reservas estimadas se encuentran en cinco países: Marruecos –el primer exportador mundial–, China, Argelia, Siria y Sudáfrica.

Según la Iniciativa Mundial de Investigación del Fósforo, “todos los sistemas agrícolas modernos dependen de entradas continuas de fertilizantes fosfatados derivados de roca fosfórica”, un elemento no reemplazable y agotable en este siglo al ritmo actual de explotación (Fernández, 2014). Según Cordell *et al.* (2009, p. 292), para 2035, se calcula que la demanda de fósforo superará la oferta”, lo cual repercutirá en el precio ante la creciente demanda a nivel mundial¹⁴³.

¹⁴³ La Organización de las Naciones Unidas (ONU) advierte que “el ciclo del nutriente se ha roto por completo, dando lugar a regiones altamente contaminadas por fósforo. Mientras en algunas áreas del mundo los agricultores no pueden tener acceso al fósforo para fertilizar sus cultivos, en otras se ha extendido tanto su uso que se ha iniciado una abusiva contaminación en las masas de agua dulce y costas por excesos de nutrientes” (El Ágora, 2021).

Cascada de nitrógeno

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para la vida. Su escasez es una limitante principal en el crecimiento de muchas plantas. Esto se explica porque los componentes del nitrógeno que la vida puede utilizar son extremadamente escasos en la naturaleza y se transforman rápidamente en formas inutilizables como el gas dinitrógeno que constituye el 78 % de la atmósfera. Gracias a la invención de los fertilizantes nitrogenados se dio un gran crecimiento de la producción agrícola. En 1909, el científico alemán Fritz Haber logró producir amonio y nitrato en su laboratorio y, en 1913, el químico Carl Bosch pudo industrializarlos.

Murray Tortarolo y Murray Prisant (2021, p. 31) explican claramente que de todo el fertilizante que se aplica a un cultivo, en promedio la mitad es absorbido por las plantas, el resto se lava con el riego y la mitad del nitrógeno va a parar a los acuíferos, donde se volatiliza en la atmósfera en forma de gases reactivos y la mayoría termina en lagos o mares. Se desencadena así la denominada “cascada del nitrógeno” (figura 7).

De los mares y océanos el nitrógeno es expulsado por ciertas bacterias a la atmósfera en forma de gas, una parte reactiva y otra parte inerte. La parte no reactiva se suma al 78 % del nitrógeno que forma la atmósfera, pero la parte reactiva continúa la cascada de destrucción. Luego de la atmósfera, el nitrógeno se precipita junto con la lluvia de regreso al suelo. Al disolverse en el agua, forma ácido nítrico y como resultado disminuye el pH de la lluvia, acidificándola. Según algunos autores, incluso puede llegar a constituir lluvia ácida. Sus efectos son a largo plazo. Al caer constantemente en los ecosistemas terrestres (cultivos, bosques, pastizales y selvas) acidifica los suelos, reduce la biodiversidad de microorganismos, especialmente los descomponedores y disminuye la disponibilidad en ellos de otros elementos importantes para la vida, como por ejemplo el fósforo. Favorece así el crecimiento de ciertas especies vegetales de crecimiento rápido como malezas y lianas, afectando también la biodiversidad. Así se reinicia el ciclo, el cual se renueva con cada aplicación de fertilizantes. El exceso de nitrógeno en los lagos y zonas costeras genera eutrofización.

de residuos y lluvias torrenciales. Según algunas estimaciones se ha perdido más del 80% de la biodiversidad marina debido a la alta presencia de fitoplancton, con picos de falta de oxígeno (anoxia) y aparición de organismos poco comunes en la zona. También en el Parque Doñana, en España, se detecta un aumento considerable de los niveles de nitrógeno, fósforo y especies de algas unicelulares que originan la futura eutrofización, a causa probable de un abuso de fertilizantes en la agricultura. En la zona norte del Mar Caspio la eutrofización se puede observar a partir de imágenes como *Google Map*, donde el color verde intenso revela la proliferación de diferentes algas unicelulares y fitoplancton (Agrositio, 2021)

Entre alternativas al modelo mercantilizador de la naturaleza y respuestas acomodaticias

Entre las respuestas o soluciones propuestas es posible distinguir aquellas que se encuadran dentro del mismo modelo de **agricultura industrial garantizando su continuidad**, con un claro lenguaje mercantilizador de la naturaleza, y otras, que apuestan a cambios más profundos y reconocen los ciclos naturales y el carácter de bienes comunes.

Entre las primeras, iniciativas como las **redes que atrapan nitrógeno** a partir de una tela de alambre cubierta por algas, son colocan en ríos con alto contenido de nitrógeno. Las algas utilizan el nitrógeno para crecer y disminuye la cantidad que se descarga a lagos y océanos. Luego de un tiempo las algas son utilizadas para alimentar ganado.

Otras propuestas, avaladas por la ONU, plantean utilizar la **estruvita** para fertilizar campos de cultivo. La roca fosfórica es la principal fuente de fósforo que existe en el mundo para la producción de fertilizantes sintéticos. Dado que su disponibilidad es cada vez más limitada, algunos proponen las biofactorías o las depuradoras de agua de última generación capaces de sustraer fósforo a través de los desechos que se producen. Las mismas consisten en eliminar el fósforo y el nitrógeno de las aguas residuales, produciendo estruvita de manera controlada: un mineral con altas concentraciones de estos dos elementos químicos, además de magnesio. Expresan entre sus ventajas la lenta disolución como idónea para aquellos cultivos o zonas forestales que se abonan cada ciertos años, además de disminuir el riesgo de contaminación del agua y aumentar el grado de aprovechamiento por parte del vegetal. Asimismo, sostienen que,

apenas contiene metales pesados y, desde el punto de vista económico, reduce los costes de mantenimiento de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) al ser su proceso de producción más barato que los convencionales de eliminación de fósforo, y reduce la producción de fangos y sus costes derivados (El Ágora, 2021).

Sylvester-Bradley y colaboradores de ADAS (consultora agrícola de Cambridge) proponen aprovechar el **legado del fósforo** (citado en Rosen, 2020). Han calculado que, en países como el Reino Unido y los Estados Unidos, ya hay fertilizante por valor de miles de millones de dólares

en la tierra que podría compensar la demanda de fósforo extraído. Utilizarlo también podría reducir la escorrentía de fósforo. El ejemplo más extremo es Saskatchewan, donde un equipo de investigadores no ha añadido fósforo a las parcelas de trigo desde 1995. Veinticinco años después, aún no han documentado problemas. En otros lugares estudiados, al cabo de ocho años las plantas comenzaron a mostrar problemas de insuficiencia de fósforo evidenciados en el tamaño y rindes de las cosechas.

Entre las respuestas que plantean un **retorno a formas que se integran a los ciclos naturales**, se aboga por el cambio de la política alimentaria mundial, apostando a un aumento del consumo y producción local de alimentos. Reducir así las concentraciones en grandes zonas agrícolas mundiales y regresar a las rotaciones ganadería-agricultura, utilizar fertilizantes naturales como el estiércol u otros materiales orgánicos¹⁴⁴, reconociendo en los intangibles ambientales el carácter de bienes comunes. Es posible recuperar y reutilizar gran parte del fósforo que contienen los residuos de cultivos y de alimentos, estiércol, heces y orines humanos. Desde esta perspectiva se destacan las iniciativas agroecológicas, las cuales van de la mano con la soberanía alimentaria, el acceso a la tierra y respuestas ante la creciente inequidad en el acceso a los alimentos, devenidos hoy en mercancías y *commodities*.

Para finalizar, investigadores con compromiso social, como Víctor Toledo y Miguel Altieri, abogan por una sociedad que recobre la conciencia de especie humana, y como tal se reconozca parte del mundo de la naturaleza, aspecto casi olvidado o suprimido en la realidad industrial y pensamiento fragmentado. Apuestan a la **agroecología**, donde confluyen científicos, ONG y campesinos, a un cambio epistemológico que se practica a través de disciplinas híbridas, “el pensamiento complejo dice que debemos integrar ciencias sociales con ciencias naturales, duras con blandas, procesos ecológicos con procesos sociales” (Toledo, 2019). Es aquí donde Biogeografía cobra vigencia más que nunca, renovándose a partir de los aportes de la Ecología Política, contribuye a enlazar aquello que suele aprenderse de modo fragmentado, brindando posibilidades que amplíen la comprensión, no sólo de los conflictos presentes en la actual crisis civilizatoria, sino también a entender y apostar a las construcciones alternativas.

¹⁴⁴ En los ciclos naturales sin intervención humana, el contenido de nutrientes del suelo depende del material y el proceso de formación del suelo -el contenido original del suelo-, de la intensidad de la lixiviación y la erosión. Si consideramos la producción agropecuaria, hay que considerar el abastecimiento y naturaleza de los fertilizantes, la absorción de los nutrientes por parte de los cultivos. Es aquí donde es importante distinguir entre la producción industrial y aquella que reconoce otras formas no industriales de aportar nutrientes al suelo. Algunas estimaciones indican que la materia orgánica representa, aproximadamente, el 5% en el peso del suelo ideal, sin embargo, su presencia es altamente importante en el crecimiento de las plantas. El aporte de materia orgánica se ve favorecido por la descomposición (realizada por microorganismos) de residuos de las plantas (hojas, tallos, flores, frutos, sistema radicular) y animales. De este modo, dependiendo de la composición se aportan carbohidratos, grasas, aceites, lignina y proteínas, son los principales constituyentes y ellos son las fuentes de carbono, hidrógeno y oxígeno, así como también en el caso de las proteínas, de nitrógeno, azufre, hierro y fósforo. A su vez el suelo sufre un empobrecimiento de nutrientes por efecto de la excesiva infiltración y percolación de aguas de lluvia o de riego.

¿Sabías que el nitrógeno antropogénico es una severa amenaza ambiental?

Distintos autores expresan que el nitrógeno antropogénico es probablemente **una amenaza medioambiental** mayor que el carbono antropogénico (Cassman et al, 2002, p. 134). Informes de la Unión Europea dan cuenta de la mayor difusión y atención en cuanto al carbono y el cambio climático, pero no hay grandes preocupaciones en torno al nitrógeno fuera de los círculos científicos. Los mismo alertan que “existe una amenaza global de nitrógeno, pero el mundo parece no darse cuenta” (*European Commission*, 2013, p. 5). El informe Fronteras 2018-2019 (citado en Infoagro, 2020) advierte que “los humanos están produciendo un cóctel de nitrógeno reactivo que amenaza la salud, el clima y los ecosistemas, convirtiendo el nitrógeno en uno de los problemas de contaminación más importantes que enfrenta la humanidad”.

Rockström et al (2009, p. 3) explican que “los amplios impactos de la contaminación por nitrógeno incluyen contribuciones al calentamiento global, la lluvia ácida y la eutrofización. Científicos han sugerido que la captura social de nitrógeno atmosférico debe reducirse alrededor de una cuarta parte de su volumen actual si queremos evitar cruzar un límite planetario nocivo o incluso catastrófico”.

Preguntas para reflexionar

- ¿Qué piensas acerca de fertilizar cultivos con nitrógeno para hacer biocombustibles con la finalidad de lograr beneficios relativos al carbono y el cambio climático?
- ¿Te sientes responsable cuando se sostiene que los humanos están convirtiendo el nitrógeno en uno de los problemas de contaminación más importantes que enfrenta la humanidad?
- ¿Por qué es importante relacionar la transgresión de las fronteras ecológicas y la globalización del comercio con los problemas del hambre y la deficiente alimentación?
- ¿Es posible una agricultura que resuelva los problemas del hambre y la alimentación deficiente sin la industria de los fertilizantes?

Referencias

- Agrositio (1 de enero de 2021) Eutrofización y el abuso de fertilizantes en el ecosistema. *Portal Frutícola*. Recuperado de <https://www.agrositio.com.ar/noticia/217437-eutrofizacion-y-el-abuso-de-fertilizantes-en-el-ecosistema>
- Blumenstock, D. y Thornthwaite, C. (2004) Climate and the World Pattern Climate. In Department of Agriculture, Climate and Man (p. 113). Honolulu: University Press of the Pacific. Reprinted from the 1941 edition.

- Buzo Sánchez (27 de mayo de 2012). *El paisaje como espejo del alma* [Diapositivas de Power-Point]. Blog. Recuperado de <http://mitrabajodelpaisaje.blogspot.com/2012/05/evolucion-de-los-suelos.html>
- Cassman, K., Dobermann, A. y Walters, D. (marzo, 2002). Agroecosystems, Nitrogen-use Efficiency, and Nitrogen Management. En *Ambio* 31(2), 132-140. Recuperado de <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1356&context=agronomyfacpub>
- Calzada, J. y D'Angelo G. (25 de junio de 2021). Fertilizantes: panorama y oportunidades para la Argentina. Bolsa de Comercio de Rosario. Informativo Semanal. AÑO XXXIX - N° Edición 2007, pp. 34-44
- Cerón Rincón, L. y Aristizábal Gutiérrez, F. (1 de julio de 2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. En *Instituto de Biotecnología*. Universidad Nacional de Colombia (IBUN), Bogotá <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32889/38347>
- Coppiarolo, L, Pérez Ballari, A., Pohl Schnake, V. Vallejos, V.H. y Zamponi A. (2021) Resignificando la Biogeografía: diálogos posibles desde una Geografía Crítica y Ecología Política Latinoamericana. EGAL XVIII. Córdoba
- Cordell, D., Drangert, J. y White, S. (mayo, 2009). La historia del fósforo: seguridad alimentaria mundial y elementos de reflexión. En *Cambio Ambiental Global*, 19(2), 292-305.
- Delgado Ramos, G. (2018) Hacia la conformación de nuevas perspectivas socio-ecológicas: una lectura desde el caso de la ecología política. En H. Alimonda, C. Toro Pérez y F. Martín (Coords.), *Ecología Política Latinoamericana*, 167-195. Buenos Aires: CLACSO.
- El Ágora (4 enero de 2021) La ONU aboga por aprovechar el fósforo de las aguas residuales. *Diario del Agua*. Recuperado de <https://www.elagoradiario.com/agua/biofactorias-reducir-contaminacion-fosforo-agua/>
- European Commission (2013). Nitrogen Pollution and the European Environment. Implications for Air Quality Policy. *Science for Environment Policy*. In-Depth Report. Recuperado de https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR6_en.pdf
- Fernández, C. (2014). El fósforo se acaba. *EcoAvant.com Magazine*. Recuperado de https://www.ecoavant.com/sostenibilidad/el-fosforo-se-acaba_1910_102.html
- Fischer-Kowalski, M. y Haberl, H. (2000). El metabolismo socioeconómico. *Revista Ecología Política* (19), 21-34.
- Infoagro (2 de abril de 2020). *El problema global por el uso excesivo de nitrógeno en la agricultura*. Recuperado de <https://mexico.infoagro.com/el-problema-global-por-el-uso-excesivo-de-nitrogeno-en-la-agricultura/>
- Ivars, J. (2013) ¿Recursos naturales o bienes comunes naturales? Algunas reflexiones. *Papeles de Trabajo* (26). Centro de Estudios Interdisciplinarios en Etnolingüística y Antropología Socio-Cultural, 88.
- Leff, E. (2000). Pensar la complejidad ambiental. En E. Leff (Coord.) *La Complejidad Ambiental*, 7-53. México: Siglo Veintiuno Editores.
- Leff, E. (2002). Transgénesis. De la Génesis del Mundo a la Transgénesis de la vida. *Revista Fronteras* (1). Buenos Aires: GEPAMA. UBA, 20-27.

- Leff, E. (2018). Las relaciones de poder del conocimiento en el campo de la ecología política: una mirada desde el Sur. En Héctor Alimonda, Catalina Toro Pérez y Facundo Martín (Coordinadores), *Ecología Política Latinoamericana* (pp. 129-163). Buenos Aires: CLACSO.
- Luján Martínez, M., Gracia Prieto, J., Jordán López, A., Domínguez Bella, S., Sánchez Bellón, Á. (2016) Geología del PN de los Alcornocales en torno a Alcalá de los Gazules. *Geología 15*. Universidad de Cádiz. Recuperado de https://sge.usal.es/archivos_pdf/geologia15/geogu%C3%ADas%20geolod%C3%ADa%2015/gdia15gui_cadiz.pdf
- Mantegna, G.S. (2021) Biogeografía: funciones del ecosistema y agroecología. Ficha de cátedra, documento de circulación Interna. Cátedra Biogeografía, Departamento de Geografía. FaHCE-UNLP.
- Martínez Alier, J. (1997) Conflictos de distribución ecológica. *Revista Andina* (1), 41-76. Centro de Estudios Regionales Andinos “Bartolomé de Las Casas”, Cuzco.
- Martínez Alier, J. (2000). *El Ecologismo de los pobres*. Barcelona: Icaria.
- Martínez Alier, J. (2006) Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Revista Polis* (13), 1-16.
- Martínez Alier, J. (7 de noviembre de 2014). Entre la Economía Ecológica y la Ecología Política. Discurso pronunciado en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Costa Rica: Con Nuestra América. Asociación por la Unidad de Nuestra América. Recuperado de http://www.unter.org.ar/imagenes/Martinez_Alier.pdf
- Murray Tortarolo, G, y Murray Prisant, G. (enero, 2013). La cascada del Nitrógeno. Un problema ambiental olvidado. *Revista ¿Cómo ves?* (170) México: UNAM. 30-33 Recuperado de <https://www.comoves.unam.mx/assets/revista/170/>
- Pengue, W. (2017). *El vaciamiento de Las Pampas*. Buenos Aires y Santiago de Chile: Fundación Heinrich Böll. Recuperado de <https://cl.boell.org/sites/default/files/libro-el-vaciamiento-de-las-pampas.pdf>
- Pohl Schnake, V. (2019) Biogeografía. Ficha de Cátedra, documento de circulación Interna. Cátedra Biogeografía, Departamento de Geografía. FaHCE-UNLP.
- Pohl Schnake, V. y del Llano, T. (2022). Algunas experiencias alternativas al modelo productivo dominante. Ficha de cátedra, documento de circulación Interna. Cátedra Biogeografía, Departamento de Geografía. FaHCE-UNLP.
- Primavesi, A (1984). *Manejo Ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. Recuperado de <https://www.stockholmresilience.org/download/18.8615c78125078c8d3380002197/ES-2009-3180.pdf>

- Rodríguez Pardo, J. (2009). ¿Por qué bienes comunes? *Saber Cómo* (77), INTI. Recuperado de <https://www.uncuyo.edu.ar/planificacion/upload/fcpys-eje-5-tema-salud-catedra-alimentaria.pdf>
- Rosen, J. (15 de octubre de 2020). Los agricultores afrontan una crisis del fósforo. La solución empieza en el suelo. *National Geographic*. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2020/10/agricultores-afrontan-crisis-de-fosforo-solucion-empieza-en-el-suelo>
- Toledo, V. (2019). *Los Civilizacionarios. Repensar la modernidad desde la ecología política*. Ciudad de México, IIES, UAM, Juan Pablos Editor.

CAPÍTULO 15

Agriculturización y *sapping* en San Luis y Córdoba: señal antropocénica

*María Cristina Zilio, María del Carmen Aranda Álvarez,
Analía Zamponi y Martha Florencia Roggiero*

A lo largo del libro, hemos observado distintos ejemplos de **antropogeofomas**, es decir, formas de relieve que son el resultado del creciente protagonismo de la sociedad como agente geomorfológico (galerías mineras, escombreras y lagunas, en Johannesburgo¹⁴⁵; el modelado “estético” de tierras en la cuenca baja del río Luján¹⁴⁶; el puerto de La Plata y sus islas aledañas¹⁴⁷, etc.). Podemos estar de acuerdo o no en afirmar que son manifestaciones antropocénicas pero es indiscutible que se trata de formas antropogénicas. En los casos mencionados, los cambios han sido intencionales y graduales, es decir, si bien puede determinarse su comienzo, los procesos llevaron años.

De manera diferencial, la formación de nuevos ríos en algunas áreas rurales del centro de Argentina ha sido súbita y no planificada. Por ejemplo, un medio periodístico anunciaba que, el 25 de noviembre de 2015, había nacido el **arroyo La Paraguaya**, “el único río con partida de nacimiento”, en el sudoeste cordobés (Colautti y Simo, 2016, párr. 3). Su nombre alude al pequeño cerro donde tiene su nacimiento. Se ubica entre los arroyos Chaján y Ají -los tres con desagüe arreico hasta la fecha- (figura 1). En la misma nota, se afirma que el arroyo Zelegua se formó de manera similar, unos 30 años atrás, sin embargo, el mismo ya muestra un curso abarrancado en la antigua carta geológico-económica Sierra del Morro (Sosic, 1964a).

Por su parte, en San Luis sucedía algo inesperado:

Una noche de aguacero, un campesino escucha un rugido tremendo fuera de casa. Sale y ve una grieta abrirse alrededor de su rancho. Días más tarde, un tractor amanece enterrado en un lodo que la noche anterior no estaba allí. La tierra lodosa se traga vacas y cultivos. Y finalmente, una noche de 1985, un río empieza a labrarse un camino impredecible en la pampa argentina (Rubiano, 2018, párr. 1).

¹⁴⁵ Ver Capítulo 3. *Johannesburgo (Sudáfrica): el legado de la explotación aurífera.*

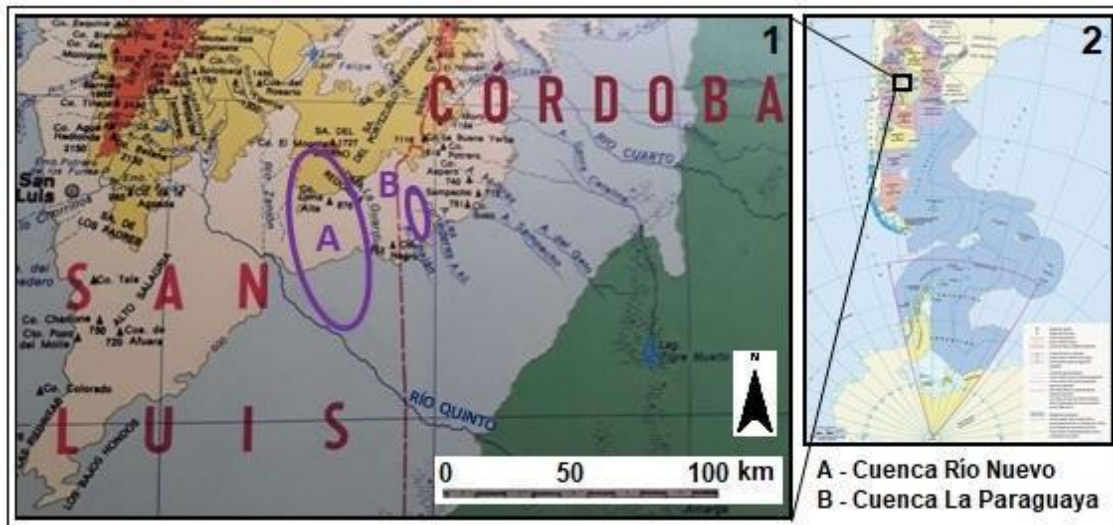
¹⁴⁶ Ver Capítulo 13. *Modelar la naturaleza: urbanizaciones cerradas en humedales.*

¹⁴⁷ Ver Capítulo 11. *Deposición y erosión inducida por obras portuarias en los estuarios.*

Era el nacimiento del **río Nuevo**. En ese momento también se formaron otros arroyos menores cuyos cauces convergen en el Nuevo, ahora tributario del Río Quinto, aguas abajo de la ciudad de Villa Mercedes.

Las llanuras vecinas a las últimas estribaciones de las Sierras Pampeanas, están siendo afectadas, en las últimas décadas, por la aparición superficial brusca de nuevos cursos de agua, aunque luego continúan creciendo y mantienen un caudal permanente -que crece después de las lluvias-. Las incertidumbres respecto de su comportamiento y el riesgo de afectación de áreas urbanas y rurales así como el corte de rutas, son algunas de las acciones que debe enfrentar la gestión para su adecuado manejo.

Figura 1. Ubicación aproximada del área de estudio



En (1) se observa la ubicación de las actuales cuencas del río Nuevo (A) y el arroyo La Paraguaya (B). En (2), ubicación del recorte espacial en el mapa bicontinental de Argentina. Fuente: modificado de Bernardes (1981, pp. 62-63) e IGN (s.f.) por María Cristina Zilio.

Los estudios sobre esta transformación drástica del paisaje, con una magnitud y a una velocidad jamás vista, comenzaron en San Luis. Allí, un equipo de científicos del Grupo de Estudios Ambientales, encabezado por Esteban Jobbágy, identificó este fenómeno como *sapping*. Se refleja en el documental científico “Río Nuevo”, realizado por la Universidad Nacional de San Luis (UNSL, 2016). Definen al *sapping* como un proceso erosivo generado por agua subterránea, que provoca colapsos y cañones. En otras palabras, “el agua no cava desde arriba hacia abajo sino desde abajo hacia arriba” (Kemelmajer, 2018, p. 4).

Este proceso consta de dos fases, *piping* y *sapping*. El primero consiste en la formación de túneles y zonas inestables en la región saturada del suelo. El segundo tiene que ver con el colapso de las cabeceras y paredes del valle. En esta línea de investigación hemos mantenido el término *sapping*. Consideramos que es una terminología válida ya que se corresponde con el momento en que se visibiliza el fenómeno.

Respecto del origen de este proceso, podría suponerse que es natural –incremento de las lluvias y actividad sísmica- ya que este proceso singular no es nuevo *per se*. Sin embargo, a las causas naturales debe sumarse una causa antrópica, la sustitución masiva de bosques nativos

y pastizales por monocultivos. En este capítulo, abordaremos esta consecuencia no planificada de la agriculturización y proponemos considerar al *sapping* en el centro de Argentina como una manifestación del Antropoceno (o del Antropocapitaloceno)¹⁴⁸.

***Piping/sapping* como proceso geomorfológico**

Si bien, en las zonas vecinas a los faldeos serranos, los procesos de erosión fluvial actuales generan cárcavas (Costa *et al.*, 2005, p. 72), la formación de nuevos ríos a los que se refiere este trabajo, presenta características diferenciales y su origen tendría que ver con cambios en el uso de la tierra. Para poder identificar estas diferencias, veremos brevemente el origen de **cárcavas por erosión superficial** antes de relacionar su origen con la circulación de flujo subsuperficial a través de túneles en el suelo.

La acción fluvial está condicionada por las precipitaciones, la permeabilidad del suelo, la vegetación, la extensión de la cuenca y la pendiente del terreno. Con excepción de las áreas cubiertas por glaciares, las aguas de escurrimiento son el principal agente exógeno modificador de la superficie planetaria. Inclusive en los desiertos, donde las precipitaciones son escasas, los mayores cambios son producto de la labor de los cursos de agua.

La principal acción de la lluvia, al caer con fuerza sobre la superficie, consiste en arrastrar las partículas sueltas hacia áreas más bajas. Durante un intenso chaparrón, en áreas con pendiente, puede producirse localmente un manto de agua en movimiento que socava y transporta el suelo pendiente abajo, abriendo pequeños canalículos temporales. Este escurrimiento no encauzado o libre es totalmente transitorio. Sus dimensiones pueden alcanzar pocos centímetros de ancho y profundidad. Con las repetidas lluvias, estos surcos se van profundizando gradualmente y, al cortar una capa freática, comienzan a transportar agua. Estos canales de drenaje, por los que circula agua sólo durante e inmediatamente después de fuertes precipitaciones, se denominan **cárcavas**. Pueden alcanzar varios metros de ancho y profundidad. Estas formas son características de escurrimiento superficial encauzado (Martínez y Zilio, 2013). Este proceso de acarcavamiento es particularmente intenso en regiones áridas o semiáridas, donde el suelo desnudo o semidesnudo es afectado por precipitaciones ocasionalmente violentas. En los casos más avanzados, dan origen a terrenos casi intransitables conocidos como “tierras malas” o *badlands*, definidos por Holmes como una “intrincada red de zanjas y pequeños barrancos, separados por crestos agudos como cuchillos” (1971, pp. 142-143).

¹⁴⁸ Ver Capítulo 2. *El Antropoceno: el precio de la tecnología*.

Erosión subsuperficial: *piping* y *sapping*

En la búsqueda de literatura académica, hemos encontrado mínima referencia al concepto de *sapping* (traducido como socavación, en inglés) pero abundante información sobre *piping*. Este otro término inglés, que podría traducirse como tuberías (*pipes*) o erosión en túnel, es un proceso también conocido como sufusión o **sufusión**. Gutiérrez Elorza y Rodríguez Vidal explican que este término, propuesto por Morariu y Tufescu (1964), deriva del latín *suffossio*, y se puede traducir como excavar por debajo “y, accesoriamente, perforar de abajo a arriba” (1984, p. 75). Otros autores utilizan los términos *tunnelling*, tubificación y tubería.

La sufusión incluye un conjunto de procesos hidromorfológicos. Comprende la erosión por disolución, dispersión y transporte debidos a flujos hídricos subsuperficiales. Afecta a los sedimentos (arena, limo y arcilla), con un alto contenido en sodio. Al colapsar puede dar origen a cárcavas superficiales (*sapping*) y, en un estadio muy avanzado, a paisajes de *badlands*. Si bien se registra en todos los regímenes climáticos, la sufusión es más común en las zonas semiáridas, debido a la presencia de: 1) agrietamiento por desecación, 2) lluvias torrenciales esporádicas y 3) vegetación esteparia. Otras causas coadyuvantes pueden ser la acción biológica -presencia de animales y plantas- y la presencia de sales, especialmente el sodio. Pero a estas acciones naturales debe sumarse la acción antrópica. Prácticas agrícolas como la irrigación, la deforestación, el sobrepastoreo y los atezamientos, pueden ser desencadenantes del proceso, ya que en muchos casos favorecen la formación de estos conductos (Gutiérrez Elorza y Rodríguez Vidal, 1984, p. 76; García-Ruiz, 2011, p. 8).

Se han hecho numerosos trabajos sobre *piping* en España, asociados a ambientes semiáridos. Por ejemplo, García-Ruiz (2011, pp. 16-17) compara las áreas de cultivo de alfalfa y de cereales en La Rioja, asociadas a prácticas de regadío. En los campos de alfalfa se registran la mayor densidad y tamaño de los colapsos. Este cultivo permanece de cuatro a diez años en la misma parcela sin que el paso anual del arado altere las grietas superficiales por las que el agua penetra o deshaga los canales subsuperficiales. Así, año tras año, el tamaño de los *pipes* aumenta hasta provocar hundimientos en la superficie. En cambio, en los campos de cereal, cualquier red incipiente de *pipes* es destruida anualmente por el arado. Por otro lado, los cereales son regados dos veces al año, mientras la alfalfa recibe hasta diez riegos, lo que acelera mucho el proceso de erosión subsuperficial. Para el autor, la sufusión puede ser el principal factor de erosión y deterioro del suelo en los campos cultivados.

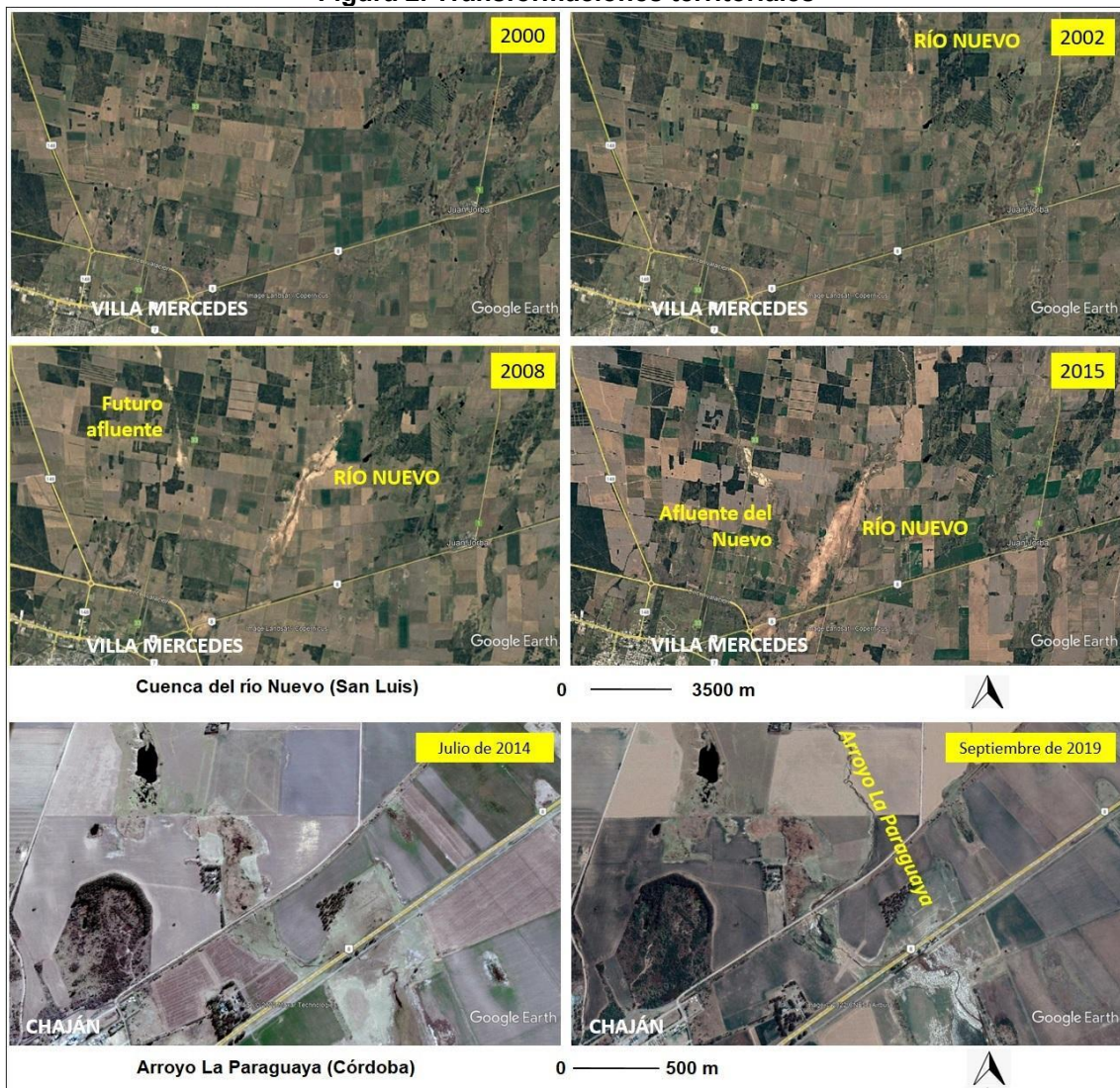
Gómez Gutiérrez *et al.* (2011, p. 68) enumeran algunos ejemplos de formación de cárcavas como consecuencia de cambio gradual o repentino en el uso del suelo: 1) en Reino Unido, propiciado por un cambio antrópico de la cubierta vegetal (siglos IX y X); 2) en Europa Central, durante el siglo XIV, debido a la elevada presión humana sobre el suelo junto con algunos eventos de precipitación de carácter extremo; 3) en Australia durante los últimos 200 años, con el proceso de colonización europeo; 4) en Nueva Zelanda debido a la deforestación excesiva llevada a cabo durante los últimos siglos, y 5) en diversos ambientes debido a la agricultura en los siglos XX y XXI -cultivos en montañas de Laos; expansión del cultivo de almendro en España, etc.-. A través de este proceso, por ejemplo, se formaron hace miles de años algunas ramas del

Gran Cañón del Colorado. Y se cree que la superficie de Marte también habría sido moldeada por *sapping*, pero no en semejante magnitud y velocidad (Kemelmajer, 2018, p. 4).

Problemática del *sapping* en Córdoba y San Luis

La rareza de este proceso es su fenomenal escala temporal, ya que se manifiesta en un breve tiempo histórico y no en el marco del tiempo geológico (figura 2). Cuando, en 2008, Jobbágy y colaboradores comenzaron a investigar la proliferación de nuevos ríos subterráneos, el río Nuevo era un cañón que tenía cinco metros de ancho por cinco de profundidad. En 2015, ya medía 50 m de ancho, 25 m de profundidad y unos 30 km de longitud (Kemelmajer, 2018, p. 6). La longitud acumulada de los cauces creció de 840 km a 1200 km, entre 2006 y 2016 (Collado, 2017, p. 9).

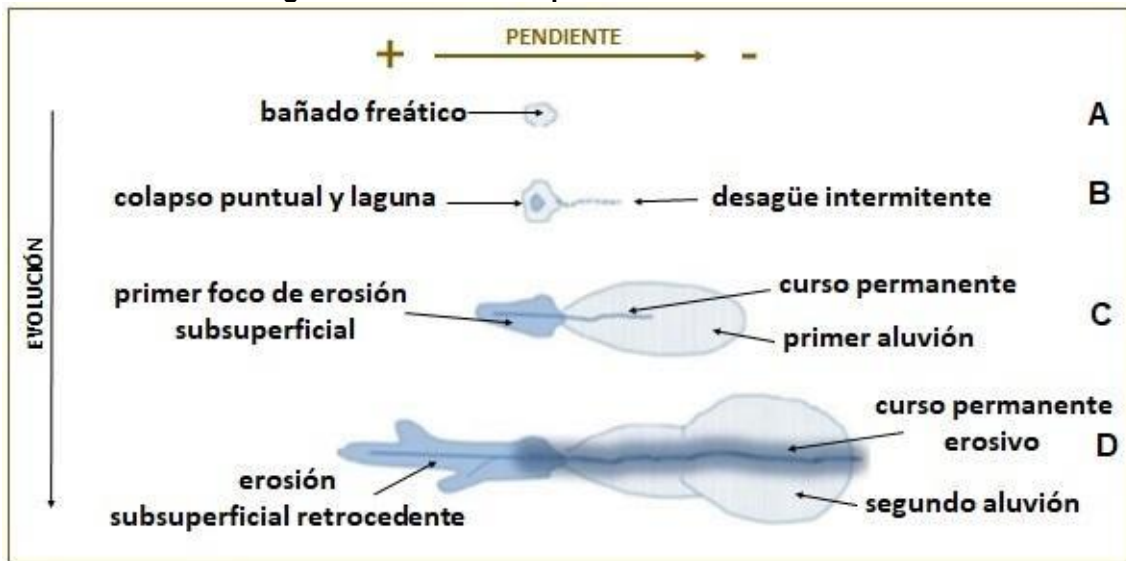
Figura 2. Transformaciones territoriales



Se han seleccionado momentos significativos de la formación de estos cursos. Todas las imágenes del río Nuevo (arriba) corresponden al mes de diciembre. Fuente: elaborado por María Cristina Zilio a partir del mapa base Google Earth Pro.

La visibilización del proceso (figura 3) comienza con: a) la formación de bañados asociados a niveles freáticos y b) el colapso de terreno en áreas históricamente secas, allí se forma una pequeña laguna que puede tener un desagüe temporal. A partir de ese momento, c) la actividad continúa en dos direcciones, pendiente arriba hay erosión subsuperficial y, pendiente abajo, se forma un curso permanente y se acumulan los sedimentos removidos, formándose áreas de depósitos en forma de aluviones. Con el paso del tiempo, d) coincidentemente con períodos de lluvias intensas –aunque no excepcionales-, se incrementa su tamaño en profundidad y ancho. Eventualmente la superficie colapsa al perder el sustento de la capa más profunda de material que es movilizada, formando pequeños valles, dejando un manto de espesor variable (pocos centímetros a más de un metro) distribuido en un área mucho mayor a la que se erosiona subsuperficialmente. Comienza un proceso de erosión superficial típico, erosionando los sedimentos que anteriormente había depositado y movilizándolos hacia posiciones más bajas. El agua comienza a fluir en forma permanente. Es dulce o levemente salobre en las nacientes pero hacia el cauce medio y bajo se vuelve más salobre. En la actualidad, los distintos cursos independientes comienzan a converger en una red de drenaje dendrítico (Consejo Provincial de Ciencia, Técnica, Desarrollo e Innovación [en adelante, Consejo Provincial], 2015, pp. 3-5).

Figura 3. Evolución esquemática de un nuevo curso



Fuente: modificado del Consejo Provincial (2015, p. 4) por María Cristina Zilio.

Un escenario propicio para el *sapping*

La zona que ha registrado la aparición súbita de cauces comprende dos sectores: a) la cuenca El Morro, al sur del cerro homónimo, en el departamento Pedernera (provincia de San Luis), formada por el río Nuevo y sus afluentes, que ya se ha integrado al sistema hidrológico del río Quinto (Collado, 2017, p. 1), y b) parte de la cuenca de la Depresión Oriental, en el departamento Río Cuarto (provincia

de Córdoba), donde se desarrollan una serie de arroyos arreicos que desaguan en cañadas y bañados. Para 2018, en esta última cuenca se observaba que el arroyo Chaján, al sumar los aportes de La Paraguaya, ya se conectaba con el arroyo Aji (Colautti, 2018).

Geomorfológicamente, comprende las **planicies** ubicadas al sudeste de la serranía de El Morro-Yulto (San Luis) y al sur de la sierra de Comechingones (Córdoba). Estas llanuras poseen una morfología suave y ondulada, producto de numerosos abanicos aluviales originados en las sierras (Santoni, 2012, p. 14). Predominan los procesos eólicos en el modelado de geformas, con una acción fluvial subordinada. La mayoría de estos depósitos se asignan al Holoceno (Costa *et al*, 2005, pp. 51 y 71). El área serrana favorece la formación de lluvias orográficas, de rápido escurrimiento debido a las fuertes pendientes, lo que influye positivamente en la recarga de las cuencas adyacentes. Pero, ya en la planicie, el paisaje presenta una leve pendiente regional hacia el sur, que se caracterizaba (tiempo pretérito adrede) por la ausencia de una red de escurrimiento superficial.

Geológicamente, en profundidad se encuentra un basamento rocoso impermeable, cubierto por un estrato de baja permeabilidad que alberga una red de paleocauces¹⁴⁹. Sobre estos se encuentran rocas permeables constituidas por sedimentos transportados por el viento y el agua, en donde gran parte de la lluvia se infiltra y se almacena como agua subterránea. Los materiales más superficiales, predominantemente de origen eólico, fueron depositados hace 9000 años (Santoni, 2012, p. 34). Estos sedimentos forman parte del espeso manto que cubre la llanura Chaco-Pampeana y que se conoce como **loess** pampeano. Son de color amarillo a castaño, de textura predominantemente arenolimsa a limosa, están desprovistos de estratificación, y contienen precipitados de carbonato de calcio de variadas morfologías. Como los depósitos en gran parte han sido re-transportados por agentes fluviales reciben el nombre de loessoides o limos loessoides (Rico, 2017, p. 89). El área presenta estructuras de fracturación paleozoicas asociadas a las Sierras Pampeanas y, desde entonces, muchas de ellas habrían experimentado numerosas reactivaciones (Costa *et al.*, 2005b, p. 67).

Los **suelos** son arenosos, poco desarrollados, frágiles y propensos tanto a la erosión eólica como hídrica (Sosic, 1964b, p. 13; Costa *et al*, 2005, p. 61). El clima es **semiárido**, con una fuerte amplitud térmica -diaria y estacional- y una gran variabilidad en las precipitaciones, predominantemente estivales. Hay un marcado descenso de lluvias de este a oeste de la provincia, particularmente en el noroeste. Si bien alternan los ciclos secos y húmedos, las precipitaciones muestran una tendencia creciente (Collado, 2017, p. 4)

Aparte del **río Quinto**, en la parte austral de la cuenca, los cortos arroyos que descendían de la Sierra de El Morro eran poco significativos antes del inicio de los procesos de *sapping* (Sosic, 1964b, p. 41). La cuenca alta, con mayores pendientes, es el área que menos transformaciones superficiales presenta. En la cuenca media, la pendiente es menor y, además, es donde se ubica una falla geológica. Es el tramo en el que se producen los colapsos y la erosión subsuperficial. Por último, en la parte baja de la cuenca, la pendiente es menor, presenta erosión superficial y sedimentación (Consejo Provincial, 2015, p. 5). En este último tramo, el agua subterránea se

¹⁴⁹ Cauces abandonados, verdaderos “ríos fósiles”, testimonios de la antigua presencia de cursos de agua.

encuentra a menos de cinco metros de profundidad) pero su uso está limitado por la salinidad que presenta (Sáenz *et al.*, 2016, p. 3).

El área corresponde a la provincia fitogeográfica del **Espinal**, según Cabrera (1971, pp. 20-21), hoy alterada por la actividad antrópica. Históricamente, ha presentado vegetación leñosa, constituida por bosques abiertos con una cobertura importante de pastos. Las especies arbóreas principales son los algarrobos negro (*Prosopis nigra*) y blanco (*Prosopis alba*), acompañados por el tala (*Celtis spinosa*) y el caldén (*Prosopis caldenia*). Un estrato más bajo de arbustos está compuesto por piquillín (*Condalia microphylla*), sombra de toro (*Jodina r. hombifolia*) y jarilla (*Larrea divaricata*), entre las especies más abundantes. Los pastos robustos y plantas herbáceas forman el estrato más bajo.

Señal antropocénica: la agriculturización como factor novedoso

Los principales investigadores del área consideran que la formación de estos nuevos cursos fluviales “puede ser explicado por una serie de factores concurrentes que incluyen condiciones predisponentes (estas explican por qué el proceso ocurre en esta región) y factores desencadenantes (estos explican por qué ocurren en la actualidad)” (Consejo Provincial, 2015, p. 7). Los primeros incluyen la configuración geológica y geomorfológica, el clima y la vegetación. Los segundos tienen que ver con tres factores básicos, no excluyentes entre sí, que coinciden con el período en el que se duplicaron los cauces (1977-1985): incremento en las precipitaciones, actividad sísmica y el reemplazo de vegetación leñosa por herbácea.

La cercanía de relieves serranos favorece el escurrimiento rápido de las aguas y la presencia de sedimentos permeables favorece la recarga subterránea, pero el aumento de las lluvias por sí solo no explica la acumulación de excesos hídricos en el sistema de aguas subterráneas. Para Viglizzo *et al.* (1997, citado en Santoni, 2012, p. 54), el **incremento en las precipitaciones** habría actuado de dos maneras, directamente –favoreciendo mayores tasas de recarga en terrenos cultivables y procesos de escorrentía más violentos- e indirectamente –propiciando el avance de la agricultura pampeana-.

Los **sismos**, dependiendo de la magnitud, también pueden tener un fuerte impacto sobre la estabilidad de los sedimentos y su posible ruptura. No se observan líneas de falla bajo los nuevos ríos, pero sí en las cercanías, lo cual podría llegar a relacionarse con el colapso del suelo (Costa *et al.*, 2005, p. 67). La actividad sísmica, a través del mecanismo de licuefacción¹⁵⁰, podría actuar como disparador o “gatillo” en los procesos de *piping/sapping* y la circulación de agua subterránea. En suelos poco cohesivos, arenosos y saturados, el paso de un estado sólido a líquido es el resultado del aumento de la presión de los poros (Santoni, 2012, pp. 33-34). Si el terreno se licúa podría favorecer una posterior circulación de agua por túneles. Los temblores asociados con el gran terremoto de Caucete (San Juan, 1977), bajo la nueva situación de humedad de los

¹⁵⁰ Leer sobre este proceso en Capítulo 5. *Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?*

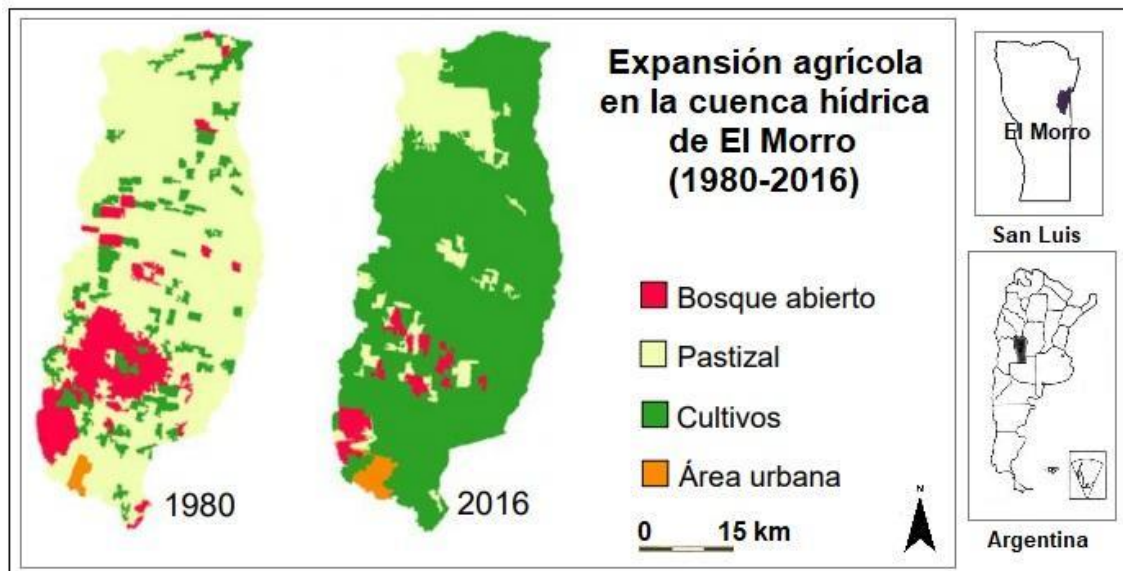
suelos, pueden haber “gatillado” corte de cauces por licuefacción -aunque el proceso de erosión subsuperficial podría ser anterior- (Santoni, 2012, p. 33).

Si el incremento de las precipitaciones o los sismos por sí solos fueran los únicos causantes de los cambios observados en el paisaje, deberían haberse verificado episodios similares en el pasado geológico, situación que no se registró en los últimos 9000 años. Por lo tanto, Santoni (2012, pp. 35 y 53) considera que la deforestación asociada al cambio en el uso del suelo es el único agente causal novedoso en la historia de la cuenca.

La expansión de la frontera agropecuaria¹⁵¹ ha sido estimulada por la tendencia creciente de las precipitaciones, los inviernos menos rigurosos y las condiciones socioeconómicas y de mercado. A ello se suma la aparición de inversores foráneos que desconocen el comportamiento climático fluctuante en la región (Collado, 2017, p. 6), situación que promueve el uso inadecuado del suelo.

En el caso de San Luis, las estadísticas son muy gráficas, si bien hay una mínima discrepancia en los valores indicados. Collado (2017, p. 7) señala que en la cuenca de El Morro, entre 1980 y 2016, la agricultura creció de 18% a 78% mientras que los campos con explotación ganadera disminuyeron de 82% a 2%, tal como puede verse en el análisis espacio-temporal a partir de imágenes satelitales (figura 4). Por su parte, Sáenz *et al.* (2016, p. 4) afirman que, al momento de su trabajo, el 77 % de la superficie era agrícola, el 21 % es no agrícola compuesto por zonas de bosque, salinizadas o afectadas por los cursos de agua y 2 % de pasturas en base a alfalfa que se encuentran principalmente en la parte baja de la cuenca. Por último, la investigadora Bogino (citada por Colautti y Simo, 2016) indicaba que en la década de 1960 quedaba el 50% del bosque nativo original y, en 2016, apenas subsistía el 10%, aunque se ha iniciado un plan de reforestación masiva.

Figura 4. Avance de la frontera agropecuaria en la cuenca El Morro



Fuente: modificado de Collado (2017, p. 7) por María Cristina Zilio.

¹⁵¹ Ver Capítulo 14. *Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos.*

La implantación del modelo agroindustrial privilegia la rentabilidad a corto plazo, desconociendo la heterogeneidad, vulnerabilidad y sustentabilidad de los ecosistemas. Este modelo de producción se caracteriza por el reemplazo de la rotación de cultivos por la práctica de un cultivo anual recurrente –con predominio de soja-, adopción masiva de la siembra directa asociada al control de malezas con glifosato, un aumento en la escala de la maquinaria y la presencia del régimen de contrato anual.

La desaparición de los bosques nativos y pastizales naturales¹⁵² así como el reemplazo de la ganadería -que requería de pasturas todo el año- por cultivos -por lo general, sólo de verano-, alteraron las condiciones naturales. Se modifica el balance hidrológico y, también, el flujo de sales de los ecosistemas, pudiendo generar cambios geomorfológicos y ecológicos (Jobbágy *et al.*, 2008, p. 307). Por ejemplo, las plantas dan cuenta del ascenso de la napa freática: se mueren los árboles que no soportan el anegamiento pero prosperan otras especies, como las cortaderas -*Cortaderia selloana*- (UNSL, 2016, 8m2s). La menor cobertura vegetal permanente determina que las tierras sean más erosionables y el uso de maquinarias agrícolas favorece la compactación de suelos (Colautti y Simo, 2016).

A modo de cierre

Si bien el proceso de *sapping* no es nuevo en sí mismo, en este caso el detonante tiene que ver con cambios en el uso del suelo, en particular, la agriculturización al servicio de la agroindustria. Es imprescindible encarar la problemática de manera integral con prácticas que garanticen el equilibrio de estos ecosistemas. Es necesaria la participación de los diferentes actores sociales para lograr la permanencia de áreas suficientemente grandes que puedan sostener la biodiversidad existente, garantizar la estabilidad del balance hídrico y minimizar el riesgo de *sapping*.

¿Sabías que los árboles actúan como “bombas de agua”?

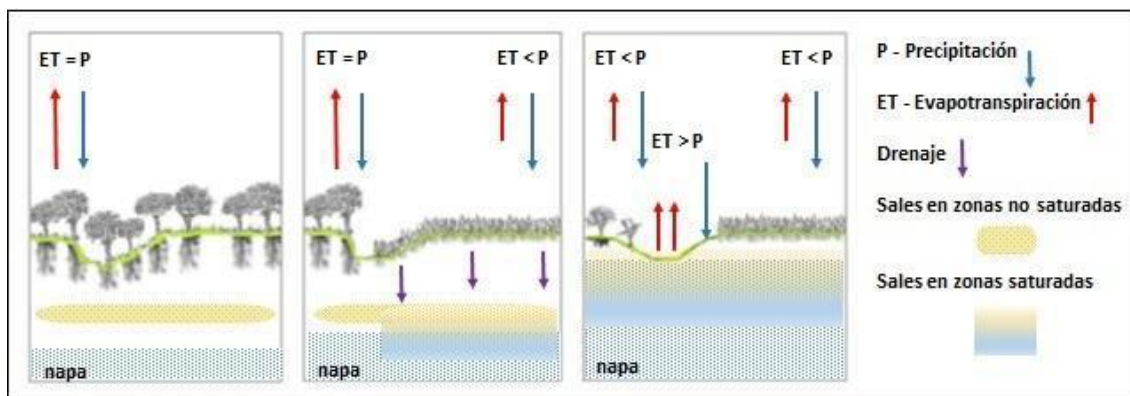
Los árboles actúan como verdaderas bombas extractoras de agua, explica Ernesto Viglizzo (UNSL, 2016, 12m19s). A diferencia de los cultivos de secano, la vegetación leñosa posee mayor capacidad transpirativa. Toma el agua por sus raíces y la elimina a la atmósfera, por evapotranspiración. Al reemplazar los árboles -de raíces profundas- por cultivos -de raíces cortas y temporales-, disminuye la evapotranspiración y aumenta el drenaje profundo¹⁵³ (figura 5) movilizand

¹⁵² Tanto el reemplazo de vegetación leñosa (bosques y plantaciones forestales) por herbácea (pastizales y cultivos herbáceos), como a la inversa (implantación de bosques en pastizales) modifican las condiciones hídricas.

¹⁵³ Volumen de agua que, al no ser tomado por las raíces ni por los cursos superficiales, continúa su camino hacia abajo y alimenta la napa freática (parte del suelo donde todos los poros están ocupados por agua).

sales acumuladas durante milenios. El mayor volumen de agua no consumido produce un ascenso progresivo de las aguas subterráneas que, a su vez, genera un proceso de salinización y deterioro de los suelos¹⁵⁴. Los excesos hídricos se evacúan por evaporación directa de suelo y charcos (Jobbágy *et al.*, 2008, p. 310). Se pueden observar manchas de sal en superficie y el crecimiento de plantas halófilas. Este exceso es un limitante de primer orden ya que dificulta la absorción de agua por parte de la planta y, obviamente, es causante de pérdidas de cosechas.

Figura 5. Balance hidrológico y salinización



Fuente: modificado de Jobbágy *et al.* (2008, p. 310) por María Cristina Zilio.

También en otras regiones del mundo (como en las planicies semiáridas del Sahel, en las llanuras del oeste y sudeste de Australia y en el suroeste de las grandes llanuras norteamericanas), la sustitución masiva de bosques secos por cultivos de secano es la causa principal de los ascensos freáticos (Jobbágy *et al.*, 2008, p. 309). Pero Santoni ha observado que, a diferencia de lo que sucede en otras regiones, en el caso de la cuenca de El Morro, la leve pendiente regional no favorece los anegamientos e inundaciones con aguas salinas y, por el contrario, propicia la evacuación horizontal de los excedentes hídricos, con la formación de cauces y arrastre gradual de sales (2012, p. 54).

Preguntas para reflexionar

- Si la agriculturización al servicio de la agroindustria¹⁵⁵, propia de la racionalidad capitalista, es la mayor responsable de los procesos de erosión hídrica ¿podrán considerarse de manera equilibrada los intereses de los distintos actores sociales? ¿Cuáles son los actores más vulnerables dentro de este contexto?

¹⁵⁴ Cerca de Villa Mercedes (San Luis) se observaron ascensos freáticos de unos 10 metros en los últimos 30 años y, en algunos casos, afloramientos superficiales de aguas subterráneas con alta salinidad (Jobbágy *et al.*, 2008, p. 312).

¹⁵⁵ Debemos tener en cuenta que, si bien el término agroindustria es habitualmente utilizado para este tipo de prácticas agrícolas, Gudynas (2015), enfatiza en que el extractivismo no es una industria ni un "modo de producción", sino un "modo de apropiación" (p. 19).

- El diseño de planes de reforestación con especies nativas puede mejorar el equilibrio de estos ecosistemas. ¿Qué otras estrategias de adaptación y de mitigación pueden llegar a controlar el balance hídrico y minimizar el riesgo de *sapping*?
- Teniendo en cuenta que las aguas del río Nuevo ahora drenan en el río Quinto ¿Cuál será el comportamiento futuro de este curso arreoico?
- ¿Es el *sapping* en Córdoba y San Luis una manifestación visible del Antropoceno (o del Antropocapitaloceno)?

Referencias

- Bernardes, A. (1981). Córdoba y San Luis. En E. Chiozza, y R. Figueira. *Atlas total de la República Argentina*, 1, 1-192. Buenos Aires: CEAL S. A.,
- Cabrera, A. (noviembre, 1971). *Fitogeografía de la República Argentina*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, XIV(1-2), pp. 1-50.
- Colautti, F. y Simo, J. (17 de diciembre de 2016). Un nuevo río, que no será el último de Córdoba. *La Voz*. Recuperado de <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/un-nuevo-rio-que-no-sera-el-ultimo-de-cordoba/>
- Colautti, F. (10 de abril de 2018). Siguen naciendo nuevos ríos en el sudoeste de Córdoba. *La Voz*. Recuperado de <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/siguen-naciendo-nuevos-rios-en-el-sudoeste-de-cordoba/>
- Collado, A. (26-29 de abril de 2017). Cambio Climático, Transformaciones y Conflictos Territoriales en la Cuenca Hídrica de “El Morro”, Provincia De San Luis, Argentina. XVI EGAL, La Paz, Bolivia, 1-16 Recuperado de <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Procesosambientales/Climatologia/12.pdf>
- Consejo Provincial de Ciencia, Técnica, Desarrollo e Innovación (2015). *Nuevos Cursos de agua en la cuenca de El Morro. Descripción del fenómeno y pautas para su gestión*. Gobierno de la Provincia de San Luis, CONICET, Universidad Nacional de San Luis, INTA y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 1-24. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_informe_nuevos_cursos_de_agua_.pdf
- Costa, C., Ortiz Suarez, A., Miro, R., Chiesa, J., Gardini, C., Carugno Durán, A., Ojeda, G., Guersstein, P., Tognelli, G., Morla, P., Strasser, E., Aymar, C. y Martos, D. (2005). Hoja Geológica 3366-IV, Villa Mercedes, Provincias de Córdoba y San Luis. *Instituto de Geología y Recursos Minerales*, 348, 1-98. Buenos Aires: SEGEMAR. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280043420_Hoja_Geologica_3366-IV_Villa_Mercedes_Provincias_de_San_Luis_y_Cordoba

- García-Ruiz, J. M. (2011). Una revisión de los procesos de sufosión o *piping* en España. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. Universidad de La Rioja, 37(1), 7-24. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1243-1175-1-PB.pdf>
- Gómez Gutiérrez, Á., Schnabel, S. y Lavado Contador, F. (2011). Procesos, factores y consecuencias de la erosión por cárcavas; trabajos desarrollados en la península ibérica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. Área de Geografía Física, 55, 1-22. Universidad de Extremadura, España. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3606511>
- Gudynas, E. (2015). *Extractivismos. Ecología, economía y política de un modo de entender el desarrollo y la Naturaleza*. Cochabamba: CEDIB, Centro de Documentación e Información, Bolivia. pp. 1-453. Recuperado de: <http://gudynas.com/wp-content/uploads/GudynasExtractivismosEcologiaPoliticaBo15Anuncio.pdf>
- Gutiérrez Elorza, M. y Rodríguez Vidal, J. (1984). Fenómenos de sufosión (*piping*) en la depresión media del Ebro. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. Universidad de la Rioja, 10, 75-83. Recuperado de <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/926/821>
- Holmes, A. (1971). *Geología Física*. Barcelona: Omega, 6° edición.
- IGN (s.f.). Mapa bicontinental de la República Argentina. Recuperado de <https://www.ign.gob.ar/AreaServicios/Descargas/MapasEscolares>
- Jobbágy, E.G., Noretto, M.D., Santoni, C.S. y Baldi, G. 2008. El desafío ec hidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecol. Austral*, 18(3): 305–322. Recuperado de http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1377/743
- Kemelmajer, C. (2017). “Río Nuevo”: un documental sobre la extraña formación de cursos de agua en San Luis. *CONICET*. Informe Especial. 1-8. Recuperado de https://www.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/01_Informe_Especial_2017.pdf
- Martínez, O. y Zilio, M. (2013). Geomorfología. Apuntes de cátedra. Inédito
- Rico, Y. (2017). Región Pampeana Continental Loess y loessoides. En E. Fucks - M. F. Pisano. *Cuaternario y geomorfología de Argentina. Distribución y características de los principales depósitos y rasgos geomorfológicos*. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. EDULP, 1-276. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66040>
- Rubiano, M. P. (3 de abril de 2018). El río argentino que nació por culpa de la deforestación y el cambio climático. *Argentina Ambiental*. Recuperado de <https://argentinambiental.com/notas/ecopress/rio-argentino-nacio-culpa-la-deforestacion-cambio-climatico/>
- Sáenz, C., Rusoci, N. y Colazo, J. C. (diciembre, 2016), Balance hídrico de diferentes escenarios en la cuenca El Morro. INTA.EEA San Luis. Información Técnica 192. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/balance_hidrico_publicacion.pdf
- Santoni, C. S. (2012). *Circulación vertical del agua y su relación con la vegetación en zonas áridas y semiáridas* (Tesis Doctoral). FAUBA. Facultad de Agronomía. UBA, 1-112. Recuperado de <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/doctorado/2012santoniceinasofia.pdf>

- Sosic, M. (1964a). Hoja 24 h, Sierra del Morro. San Luis - Córdoba. Escala 1:200.000. *Carta Geológico-Económica de la República Argentina*. Buenos Aires, Dirección Nacional de Geología y Minería. Recuperado de <https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/547/24h-SIERRA%20DEL%20MORRO.jpg?sequence=8&isAllowed=y>
- Sosic, M. (1964b). Descripción Geológica de la Hoja 24 h, Sierra del Morro. San Luis - Córdoba. Escala 1:200.000. *Carta Geológico-Económica de la República Argentina*. Boletín 95, 1-53. Buenos Aires, Dirección Nacional de Geología y Minería. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Sierra%20del%20Morro.pdf>
- UNSL (2016). *Río Nuevo* [Documental científico]. Universidad de San Luis. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=JEJBD2nrhQ4&t=1385s&ab_channel=UNSLTV

ANEXOS

ANEXO 1

Enfoque pedagógico de los trabajos prácticos

Gabriela Mariana D'Amico

En nuestra facultad, la asignatura Geografía Física II se estructura en clases teóricas y prácticas. En las primeras, se abordan los temas del programa de la asignatura desde su concepción teórica, así como también se presentan ejemplos de procesos geológico-geomorfológicos y problemáticas ambientales para cada uno de los temas. En las clases prácticas se trabaja con una selección de estos contenidos.

Objetivos de las clases prácticas

Los objetivos planteados para el desarrollo de las clases se establecen en base a **cuatro lineamientos**:

- El primero se vincula a la búsqueda de relaciones entre los procesos geológico-geomorfológicos y los procesos de producción social e histórica del territorio y del espacio geográfico a distintas escalas. En este sentido, se plantea el abordaje de casos de estudio como método para explorar relaciones entre procesos y actores sociales desde una perspectiva geográfica.
- En segundo lugar, se propone la incorporación de nuevas tecnologías como el programa *Google Earth* y los Sistemas de Información Geográfica, como herramientas para la visualización y el procesamiento de información geográfica. Se pretende introducir a los y las estudiantes en el uso de diferentes programas y aplicaciones de acceso libre, que permitan abordar el análisis geográfico en conjunto con distintas fuentes de información.
- En tercer lugar, y dado que la asignatura se dicta en el segundo año de las carreras de Licenciatura y Profesorado en Geografía (FaHCE-UNLP), se pretende estimular la selección y lectura crítica de diferentes fuentes de información, así como la producción propia de textos de estatus académico, con el objeto de brindar herramientas a los y las estudiantes para sus trayectorias académicas y profesionales.
- En cuarto lugar, se procura estimular la reflexión acerca de las propias experiencias en torno a las prácticas espaciales (viajes, experiencias cotidianas, experimentación del pai-

saje, etc.) con el objeto de que los y las estudiantes puedan identificar elementos y procesos geológico-geomorfológicos y, de esta forma, propiciar la aprehensión de los contenidos de la asignatura.

Objetivos específicos

En base a estos lineamientos, los objetivos específicos de las clases prácticas son:

- Incorporar el abordaje de los procesos geológico-geomorfológicos en el análisis de problemáticas territoriales a distintas escalas.
- Analizar la producción de catástrofes como resultado de la producción social e histórica del territorio y del espacio geográfico.
- Identificar y analizar elementos vinculados a los procesos geológico-geomorfológicos en distintas fuentes de información (cartas topográficas, imágenes satelitales, fotografías aéreas, etc.).
- Incorporar el uso de nuevas tecnologías de información para el análisis de problemáticas territoriales (por ejemplo, *Google Earth*).
- Establecer lineamientos metodológicos para la búsqueda y selección crítica de información y la redacción de textos académicos.
- Estimular la lectura crítica de textos académicos y otras fuentes de información (artículos periodísticos, material audiovisual, material cartográfico, etc.).
- Propiciar el debate argumentado en base a la lectura crítica de diferentes fuentes de información.
- Incentivar la reflexión en torno a las propias experiencias (cotidianas, viajes) vinculadas a la identificación de elementos y procesos geológico-geomorfológicos.

Estructura de las clases

En función de estos objetivos, las clases se estructuran en trabajos prácticos donde se abordan **estudios de caso**, que constituyen recortes territoriales situados donde las teorías, categorías y conceptos abordados en las clases teóricas son trabajados en función de la praxis. Cada caso de estudio es seleccionado para abordar una problemática territorial con base en procesos geológico-geomorfológicos, desde la concepción del espacio geográfico como un producto social e histórico y, por lo tanto, dinámico y multiescalar.

Dada la instancia de la carrera en la que los y las estudiantes se encuentran, en clase se trabajan algunas estrategias que trascienden los contenidos de la cátedra, como por ejemplo lineamientos para la búsqueda, lectura y análisis de textos académicos.

Evaluación

La evaluación del desempeño de los y las estudiantes contempla, además de la participación en clase, la realización de las actividades de cada trabajo práctico y dos instancias de evaluación parcial, como en toda cursada regular. El primer parcial se evalúa de forma clásica. Con el objetivo de contribuir a la formación en el aprendizaje de **estrategias metodológicas para la investigación geográfica**, el segundo parcial consiste en la elaboración de un trabajo de investigación. El formato ha ido variando a lo largo de los años. En la actualidad, se plantea la redacción de un resumen expandido (de cuatro carillas) y una instancia de coloquio, donde los y las estudiantes deben defender el trabajo realizado mediante una exposición oral. El formato de resumen expandido es uno de los requeridos en reuniones académicas para presentar trabajos de investigación, experiencias en espacios educativos, actividades de extensión y ejercicio de prácticas profesionales.

El propósito de la actividad es desarrollar una aproximación a un **trabajo de investigación** en donde se articulen teoría y práctica en la construcción de un problema a investigar. Para la elaboración de esta instancia de evaluación, se debe plantear un **problema geográfico** a partir de un **recorte temático** vinculado a cualquier unidad o unidades del programa de la materia (incluye a las que no han sido abordadas en los prácticos).

Al igual que las clases prácticas, este problema puede constituir un **estudio de caso**. Según la definición de Stake (1988, en Piovani *et al.*, 2010), el estudio de caso instrumental parte de la idea de que se examina un caso con el objetivo de proveer ideas en torno a un problema o a fin de perfeccionar una teoría. Se trata de seleccionar situaciones reales y concretas en donde se identifiquen posibles problemáticas territoriales, tanto en Argentina como en cualquier lugar del mundo. También pueden plantear la problematización o la crítica de un enfoque **teórico-metodológico**.

Dada la instancia en la que los y las estudiantes se encuentran con respecto a la carrera, esta actividad es acompañada con una guía donde se explican los principales lineamientos metodológicos para la elaboración del resumen expandido (introducción, marco teórico-metodológico, resultados, conclusiones y bibliografía).

Referencias

Piovani, J. I.; Rausky, M. E.; Santos, J. A. (2010). Los estudios de caso en las ciencias sociales: Sobre sus orígenes, desarrollo histórico y sistematización metodológica. VI Jornadas de Sociología de la UNLP, 9 y 10 de diciembre de 2010, La Plata, Argentina. Recuperado de https://memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.5094/ev.5094.pdf

ANEXO 2

Lineamientos para la búsqueda y lectura de información

Gabriela Mariana D'Amico

El proceso de búsqueda y lectura de información involucra diversas estrategias, desde la selección de los objetivos de tal búsqueda hasta la lectura crítica de la literatura académica y no académica encontrada.

El desarrollo de nuevas tecnologías de información y comunicación ha aumentado la disponibilidad de documentos en formato virtual de fácil acceso. Sin embargo, esa mayor disponibilidad requiere de **herramientas metodológicas** para la selección de la información de calidad. El planteo de objetivos de búsqueda de información, la selección de un recorte temporal y espacial, la elección de motores web y palabras de búsqueda, la opción por determinados formatos de texto -artículos periodísticos, artículos académicos, libros, etc.- la revisión de los resultados y la valoración de los mismos, y la gestión de la información recuperada son algunos de los pasos involucrados en la **búsqueda de información**.

Como primera medida, es importante destacar que la búsqueda de información debe hacerse con un propósito claro. Para la realización de los trabajos prácticos, el propósito estará vinculado a buscar información complementaria o ampliatoria para la realización del mismo. En la segunda instancia de evaluación parcial (ver Anexo 1), la búsqueda de información seguramente se vinculará a una fase exploratoria, una vez seleccionado el tema a investigar, y a una fase de profundización, a medida que se construye el problema de investigación y se llevan a cabo los objetivos planteados.

Los formatos que incluyen información útil para una investigación pueden dividirse en:

- producción académica (libros, artículos de revistas, presentados en congresos, etc.).
- artículos periodísticos (diarios, blogs con autoría periodística).
- documentos (estadísticas, biografías, entrevistas, cartografía, normativas, etc.).
- material audiovisual (videos, audios, *podcast*, etc.)
- otras fuentes (redes sociales, blogs, foros y páginas web sin autoría, etc.).

La **producción académica** puede encontrarse tanto en **bibliotecas físicas** como en virtuales. En cuanto a las primeras, nuestra facultad cuenta con BIBHUMA, la Biblioteca Profesor Guillermo Obiols de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE) y del Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales (IdIHCS) de la UNLP. Este espacio

posee sala de colecciones abiertas, con más de 60 000 volúmenes de libros organizados por temas en estanterías, salas de lectura silenciosa y semisilenciosa, sala parlante, y colecciones de libros que sólo pueden leerse en la biblioteca¹⁵⁶.

La UNLP también cuenta con su propia biblioteca pública¹⁵⁷, situada en la intersección de las avenidas 7 y 60 de la ciudad de La Plata. La misma tiene varias salas de lectura, sistema de préstamos para el público universitario y general, hemeroteca (sala de periódicos y revistas), salas museo, entre otras dependencias.

En la región del Gran La Plata existen una gran cantidad de bibliotecas públicas y privadas. Asimismo, algunas dependencias ministeriales y municipales cuentan con sus propios archivos de documentación.

En cuanto a las **bibliotecas virtuales**, existen numerosos buscadores y repositorios que recopilan trabajos académicos. Es importante como paso previo a la búsqueda determinar los términos que utilizaremos para la misma, ya que de ello dependerán los resultados. A veces resulta útil emplear sinónimos (como terremoto y sismo, por ejemplo), o escribir varias palabras clave para precisar la búsqueda. Además, para determinar la selección de un material para su descarga y lectura completa, resulta de utilidad la lectura inicial del resumen del mismo.

Entre los buscadores, uno de los más conocidos es *Google Académico*, un buscador de Google especializado en literatura científica o académica (artículos publicados en revistas, resúmenes, tesis, libros). Cuenta con una variedad de filtros de información. El orden de los resultados en este buscador se basa en si está disponible el texto completo, quién lo ha escrito y dónde se publicó. Algunas de las críticas refieren a la duplicación y a la falta de ponderación de los resultados.

Asimismo, existen bases de datos científicos abiertos (denominadas en inglés como *Open Access* -acceso abierto-) como Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe y España), *Elsevier*, *DOAJ* (*Directory of Open Access Journals*), *SCIELO* (*Scientific Electronic Library Online*), La Referencia (Red federada de Repositorios Institucionales de publicaciones científicas), *AmeliCA* (Conocimiento Abierto para América Latina y el Sur Global), *Research Gate*, *Dialnet* (buscador de la Universidad de La Rioja, España) entre otros. En algunos casos, existen factores limitantes como archivos completos privados (se puede ver sólo un resumen) o textos en otros idiomas. Conviene realizar la búsqueda de información en más de un buscador.

¹⁵⁶ La página web de BIBHUMA es <https://www.fahce.unlp.edu.ar/facultad/biblioteca/espacios>.

¹⁵⁷ Su página web es <https://www.biblio.unlp.edu.ar/>. Asimismo, desde el portal Roble se puede acceder a todas las bibliotecas públicas de la UNLP (<http://roble.unlp.edu.ar/cynin/>).

La FaHCE, junto al IdIHCS y la UNLP cuentan además con sus repositorios institucionales¹⁵⁸. Éstos recopilan, preservan y difunden la producción académico-científica, tanto editada como inédita, de los miembros de su comunidad académica (alumnos/as, docentes, investigadores/as). Otras instituciones, como el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, más conocido como CONICET¹⁵⁹, también cuentan con sus propios repositorios.

Cabe destacar que la información académica es muy diversa, y la corrección o revisión de esta información puede variar según el formato. Por ejemplo, los artículos publicados en revistas académicas (comúnmente denominados *papers*) han pasado por un proceso de revisión por uno o más profesionales, que corrigen desde la escritura del trabajo hasta su metodología e interpretación de resultados.

Al leer documentos académicos no debemos concentrarnos sólo en los resultados o en la información que nos resulte relevante para nuestros propósitos, sino también preguntarnos: ¿Quién/es escribió/escribieron el texto? ¿Dónde y cuándo fue publicado? ¿Cuál es el objeto de estudio? ¿Cuáles son los objetivos? ¿Cuáles son los principales conceptos abordados, responden a una determinada teoría? ¿Cuáles son las técnicas de selección y análisis de la información utilizada? ¿Cuáles son los principales resultados y conclusiones? Y si es un texto geográfico ¿cuál es la corriente geográfica a la que adscriben los/as autores/as?

En cuanto a los **artículos periodísticos**, desde las hemerotecas puede accederse al formato papel o filmína (pudiendo, muchas veces, rastrear ejemplares antiguos), mientras que de manera virtual podemos acceder a la mayoría de los periódicos actuales. Al leer un artículo periodístico debemos asegurarnos de que el mismo posea título y fecha de publicación y, de ser posible, que la nota cuente con autoría. De algunos artículos podremos rescatar datos (estadísticos, por ejemplo) siempre y cuando se enuncie su fuente original.

Para utilizar material en versión **documental** (estadísticas, biografías, entrevistas, cartografía, imágenes, normativas, etc.) y **audiovisual** (videos, audios, *podcast*, etc.) debe establecerse la autoría y fecha de producción del mismo. Además, debe considerarse si la información registrada consiste en una opinión o comenta datos aportados por otras personas u organismos.

Otros formatos de materiales informativos (redes sociales, blogs y páginas web) pueden contener información cuya fuente es difícil de rastrear. En todo caso, algunos de ellos servirán para relevar opiniones o conseguir fotografías.

Al escribir nuestros propios trabajos, cabe destacar que toda información utilizada efectivamente en un texto (incluso las imágenes) debe citarse correctamente, tanto en la redacción de un trabajo práctico como en la segunda instancia de evaluación parcial (ver Anexo 1), ya sea que este se transcriba de forma textual o mediante parafraseo. Para ello, existen normas de citación, que estandarizan la forma en las que se escriben las citas. Una de las más

¹⁵⁸ El repositorio institucional de la FaHCE/IdIHCS -Memoria Académica- está disponible en <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/memoria/acerca-de>. El de la UNLP -SEDICI- está disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/>.

¹⁵⁹ En el caso de esta institución, al repositorio puede accederse desde <https://ri.conicet.gov.ar/>.

utilizadas son las **normas APA**, que consisten en estándares creados por la *American Psychological Association* para unificar la forma de presentación de trabajos escritos a nivel internacional. Estas normas varían a lo largo del tiempo, por lo que siempre debe utilizarse la versión más actualizada¹⁶⁰. Una estrategia útil es citar en la bibliografía el material utilizado en el momento en el que se lo cita en el texto. De esta forma, no habrá que compilar todas las citas al final de la escritura.

¹⁶⁰ Las normas APA poseen su propia página web (<https://normas-apa.org/>). Además, en algunas páginas web como <http://www.citethisforme.com/es> se pueden generar citas bibliográficas introduciendo datos de manera manual, o de forma automática a través del link del trabajo a citar. Asimismo, en el buscador *Google Académico*, al buscar un texto y *clickear* en la opción “citar”, se genera de manera automática la cita del texto en distintos formatos. Si se utiliza esta última opción, es recomendable revisar la manera en la que la cita está escrita, dado que pueden faltar algunos datos.

Los autores

Coordinadores

Zilio, María Cristina

Profesora en Geografía, egresada de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE – UNLP). Profesora Adjunta a cargo de Geografía Física II en las carreras de Geografía (FaHCE – UNLP). Integrante del proyecto de investigación “Conflictos socioambientales en Argentina: una construcción desde la intersección entre la Geografía Crítica y la Ecología Política Latinoamericana”, dentro del Centro de Investigaciones Geográficas, IDIHCS, UNLP/CONICET. Trabaja en temáticas vinculadas al Antropoceno, la Teoría Social del Riesgo y problemáticas y conflictos ambientales. Es autora de “Colores, olores, contrastes, desastres. Perspectiva geográfica de la India desde la Teoría Social del Riesgo” (2018) y co-autora de “El Iberá, un mosaico de paisajes” (2016) y “Geomorfo-lógica: de lecturas lógicas a interpretaciones previsibles. Propuesta didáctica aplicada al Iberá” (2015). Ha sido docente en distintos establecimientos de educación media.

D’Amico, Gabriela Mariana

Doctora y Licenciada en Geografía, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE – UNLP). Ayudante Diplomada Ordinaria de la cátedra de Geografía Física II (2017-actualidad). Becaria postdoctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) con lugar de trabajo en el Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (FCNyM / FCAyF - UNLP). Es autora de “Dinamismo, complejidad y especificidad de los litorales estuarinos: análisis de la dinámica litoral en punta Atalaya, Buenos Aires, Argentina” (2017), “Un camino fluctuante para el análisis del territorio en el devenir del espacio geográfico. El estudio de la costa estuarial bonaerense” (2020, tesis doctoral) y co-autora de “Evolución geomorfológica de la región del Gran La Plata y su relación con eventos catastróficos (2017)”. Integrante del proyecto de investigación sobre transformaciones territoriales en espacios portuarios (FaHCE-UNLP). Ha sido adscripta a las cátedras de Geografía de los Espacios Marítimos y Geografía Física II (FaHCE-UNLP) y docente en escuelas de educación media.

Báez, Santiago

Licenciado en Geografía, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE – UNLP). Secretario del Departamento de Geografía y Doctorando en Geografía (FaHCE – UNLP). Adscripto a la materia Geografía Física II (2017-2018 y 2020-2023) (FaHCE – UNLP). Becario doctoral CONICET con lugar de trabajo en el Centro de Investigaciones Geográficas (CIG, IdIHCS, CONICET/UNLP). Es autor de “La Cooperativa Unión Papelera Platense: una aproximación al conflicto ambiental en torno al vertido de efluentes industriales” (2021); y co-autor de “Edificar sobre lava caliente. Peligrosidades y vulnerabilidades asociadas a las erupciones del volcán Nyiragongo y la Ciudad de Goma. República Democrática del Congo” (2021); “Una aproximación al manejo de cuencas hidrográficas desde el ordenamiento territorial en la Región Metropolitana de Buenos Aires” (2021). Integrante de proyecto de investigación sobre la cuestión urbana y habitacional (FaHCE – UNLP).

Autores

Aranda Álvarez, María del Carmen

Licenciada en Geografía, egresada de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE – UNLP). Doctoranda en Ciencias Naturales con Beca otorgada por la UNLP, lugar de trabajo: Instituto de Recursos Minerales (INREMI), UNLP-CIC. Adscripta a Geografía Física II, como alumna (2018-2019) y como graduada (2020-2021). Coautora de: “Estudio preliminar del Sapping antropocénico en San Luis y Córdoba” (2021) y “Vivir al pie de los volcanes o el incierto encanto de habitar zonas peligrosas. Una aproximación desde la teoría social del riesgo” (2019); “La explotación de conchillas en la llanura costera bonaerense y sus implicancias ambientales” (2017). Colaboradora en el proyecto de investigación “Conflictos socioambientales en Argentina: una construcción desde la intersección entre la Geografía Crítica y la Ecología Política Latinoamericana”, Centro de Investigaciones Geográficas (IdIHCS, UNLP/CONICET).

Arbide, Dardo

Arquitecto egresado de la Universidad Nacional de La Plata. Profesor titular de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Concepción del Uruguay. Entre sus numerosos trabajos se destacan “Producciones primarias intensivas en la Isla Paulino”, “La adaptación al clima de viviendas de inmigrantes italianos en un asentamiento rural en Argentina” y “El abordaje transdisciplinar en los estudios portuarios el puerto La Plata y la Isla Paulino, Berisso, Argentina”. En integrante de un proyecto de investigación sobre el puerto La Plata y la Isla Paulino (FaHCE-UNLP).

Botana, María Inés

Magister en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano en la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Profesora y Licenciada en Geografía en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE) - Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesora Adjunta de la Cátedra de Geografía Física I y Jefa de Trabajos Prácticos de Geografía de los Espacios Marítimos (FaHCE –UNLP). Directora de proyecto de investigación sobre problemáticas y conflictos ambientales (Centro de Investigaciones Geográficas - IdIHCS, UNLP/CONICET). Trabaja en la Dirección de Planeamiento General de la Municipalidad de La Plata. Cuenta con numerosas publicaciones con referato asociadas a diversas temáticas ambientales. Participa en actividades de transferencia e investigación en la UNLP, Institutos de Formación y Evaluación de Proyectos y Propuestas de asesoría vinculados a la investigación en Geografía, en ámbitos públicos y privados.

Calabro, Marcelo

Profesor en Historia y estudiante de Geografía, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE – UNLP). Alumno Adscripto a la Cátedra de Geografía Física II (FaHCE – UNLP). Profesor de educación secundaria y modalidad Adultos y CENS, en Quilmes - DGCyE. Tutor y Docente de la Dirección Provincial de Educación y Participación Ambiental del Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires

Carut, Claudia

Doctora en Geografía de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Magister en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP). Profesora y Licenciada en Geografía de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesora titular de la cátedra de Geografía de los Espacios Marítimos (FaHCE – UNLP). Autora de: “Los puertos como objeto de estudios transdisciplinarios: el caso del hinterland Puerto La Plata” (2018); “La incidencia de los ámbitos territoriales en la configuración del partido de Monte” (2013); “Territorio, territorialidad y territorialidades: una lectura desde los grandes proyectos y transformaciones inmobiliarias costeras en buenos aires. Los casos de Puerto Madero y Nueva Costa del Plata” (2016). Directora de proyectos de investigación y desarrollo de la UNLP sobre el Puerto La Plata.

Coppiarolo, Lorena Elizabeth

Especialista en “Problemáticas en las Ciencias Sociales y su enseñanza”, título otorgado por el Ministerio de Educación de la Nación (ME). Profesora de Geografía egresada de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE-UNLP). Ayudante diplomada en el Seminario sobre Geografía de los Recursos Naturales y Política Ambiental (FaHCE-UNLP). Docente en establecimientos del nivel terciario y secundario. Autora de: “Redes de acuerdos y conflictos entre las organizaciones socioterritoriales vinculadas al Iberá” (2017); “Región ibereña: una mirada

desde la geografía crítica y ecología política -1999-2019-" (2019); "El controvertido proceso normativo de Protección de los Bosques Nativos en la Provincia de Buenos Aires, Argentina" (2021). Integrante de proyecto de investigación sobre conflictos socioambientales en Argentina (Centro de Investigaciones Geográficas, IDIHCS, UNLP/CONICET).

Cortizas, Ludmila

Magíster en Políticas de Desarrollo, Licenciada en Geografía y Profesora de Geografía, egresada de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, de la Universidad Nacional de La Plata (FaHCE-UNLP). Actualmente se desempeña como docente Ayudante Diplomada de la cátedra Geografía Física de la República Argentina (FaHCE-UNLP), y becaria doctoral del Laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC, PBA). Entre algunas publicaciones se destacan: "Presión inmobiliaria sobre la naturaleza. Conflictos en torno al proceso de expansión residencial urbana privada sobre humedales de la franja costera sur metropolitana" (2021), las tesis para adquirir los títulos de grado y posgrado, y el libro "Ambiente y biodiversidad en Argentina. Problemas y desafíos" (2021). Integrante de proyecto de investigación sobre problemáticas y conflictos ambientales en La Plata.

Crivos, Marta

Doctora en Ciencias Naturales, Licenciada en Antropología, Licenciada en Filosofía (Orientación Epistemología) Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), ahora contratada como Investigadora jubilada. Ejerció el cargo de Profesora Titular Ordinaria de la Cátedra de Orientaciones en la Teoría Antropológica, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM - UNLP) y de Directora del Laboratorio de Investigaciones en Etnografía Aplicada (LINEA, FCNyM, UNLP). Autora y co-autora de 149 trabajos entre los que se destacan sus aportes a la consideración etnográfica de las interacciones entre poblaciones humanas y su ambiente en asentamientos cuyas características resultan expresivas de la variabilidad natural y la conformación pluriétnica de la población argentina. La mayor parte de sus trabajos resultan de investigaciones transdisciplinarias, en que la autora contribuye desde la perspectiva epistemológica y etnográfica al abordaje de problemáticas en distintos campos de la ciencia y la tecnología.

Palacios, Facundo

Profesor en Geografía, egresado de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, de la Universidad Nacional de La Plata (FaHCE-UNLP). Adscripto a la materia Geografía Física II (2018-2019 y 2020-2023). Es co-autor de "Una mirada geográfica sobre las problemáticas geológicas y geomorfológicas. Riesgo e incertidumbre en los terremotos de Haití y Chile, 2010" (2017) y "Vivir al pie de los volcanes o el incierto encanto de habitar zonas peligrosas" (2019). Actualmente se desempeña en cargos de educación media.

Pérez Ballari, Andrea A

Magíster en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Cursó sus estudios de grado como Profesora y Licenciada en Geografía en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata (FaHCE-UNLP) donde actualmente se desarrolla como Docente-Investigadora del Departamento de Geografía y del Centro de Investigaciones Geográficas. Profesora Adjunta de la Cátedra de Geografía Física de la República Argentina (FaHCE-UNLP), e integrante de proyecto de investigación sobre problemáticas y conflictos ambientales en La Plata. Se desempeña en la gestión municipal como profesional del planeamiento desde 1998 y en el cargo de Jefe de Departamento de la Dirección General de Planeamiento Urbano de la Municipalidad de La Plata desde el 2007.

Pintos, Patricia

Profesora y Licenciada en Geografía, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE-UNLP), Máster en La ciudad: Políticas, Proyectos y Gestión, Universidad de Barcelona (UB). Doctoranda en Geografía (FaHCE-UNLP). Profesora Titular del Seminario sobre problemas de geografía económica de la República Argentina (FaHCE-UNLP). Directora de becarios y de tesis de posgrado (de maestría y doctorado) en distintas universidades. Directora de proyectos de investigación radicados en el IdIHCS y en convenios con instituciones nacionales e internacionales. Actualmente es Subdirectora del Centro de Investigaciones Geográficas (IdIHCS UNLP/CONICET). Publicaciones: “La Planificación estratégica participativa para la planificación urbana y regional” (2006), “Actores, estrategias y territorio. El Gran La Plata de la crisis de convertibilidad al crecimiento económico” (2011), “La privatopía sacrilega. Efectos del urbanismo privado en la cuenca baja del río Luján” (2012). Premios: Distinción “Mujer destacada” (2014) otorgada por el Senado de la Provincia de Buenos Aires, Distinción Berta Cáceres (2022) otorgada por la Red de Defensoras del ambiente y del Buen Vivir y la Honorable Cámara de Diputados de la Nación.

Pohl Schnake, Verónica

Magíster en Planificación Urbana y Regional de la Universidad Nacional de Buenos Aires (FADU-UBA). Profesora y Licenciada en Geografía, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE-UNLP). Profesora Adjunta a cargo del Seminario Geografía de los Recursos Naturales y Política Ambiental y Cátedra de Biogeografía en el Departamento de Geografía (FaHCE-UNLP). Docente en el nivel terciario de formación docente y técnica. Ha dirigido becarios de investigación. Entre sus publicaciones se mencionan: coordinadora y autora del libro “Ñande Yvera (Nuestro Iberá). Encrucijadas hacia un destino de enajenación de los Esteros” (2016); “Proyectos REDD y conflictos socio-ambientales: contribuciones para su análisis desde la Geografía Crítica y Ecología Política” (2019) y “Acaparamiento verde de tierras y áreas naturales protegidas. Aportes para su discusión. El Colectivo. Buenos Aires”

(2019). Investigadora y directora en Proyectos de investigación abocados a temas ambientales, particularmente desde una perspectiva de la Geografía Crítica y Ecología Política Latinoamericana (CIG, IDIHCS, UNLP/CONICET).

Roggiero, Martha Florencia

Licenciada en Ecología por la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM, UNLP) y Especialista en Ambiente y Patología Ambiental (UNLP). Docente en la asignatura Ecología General (FCNyM - UNLP) y en el Seminario de Postgrado "Problemática Ambiental y Ecología Aplicada" en la maestría Ingeniería Ambiental Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata. Profesional Principal del CONICET en el instituto CEPAVE. Entre otras publicaciones, es co-autora de "Riesgos e incertidumbres en el departamento San Martín (Corrientes): otra mirada geográfica sobre conflictos ambientales" (2018), "Aprender a leer los mapas para aprehender/comprender el territorio. Google Earth Pro como fuente de información: provincias de San Juan y Corrientes" (2019) y "¿Sapping antropocénico? Mirada preliminar sobre la formación de nuevos ríos en San Luis y Córdoba (Argentina)" (2020). Integrante de proyecto de investigación sobre conflictos socioambientales en Argentina (Centro de Investigaciones Geográficas, IDIHCS, UNLP/CONICET).

Salaverry, Edgardo

Profesor en Geografía, egresado de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata (FaHCE - UNLP). Ayudante Diplomado Interino en la cátedra Geografía Física I en la misma facultad. Integrante del proyecto de investigación sobre problemas y conflictos ambientales en el partido de La Plata (Centro de Investigaciones Geográficas, IDIHCS, UNLP/CONICET). Es autor de "El modelo de producción Inca en la agricultura de la Quebrada de Humahuaca. Elaboración y propuesta de un material educativo interdisciplinario" (2018); "El territorio como objeto de estudio en un contexto de pandemia" (2020) y co-autor de "Estudio de la isla de calor superficial en el eje Noroeste de la ciudad de La Plata a partir de la teledetección" (2022). Se desempeña como docente en distintos establecimientos de educación media. Se ha especializado en Pedagogía de la Formación (FaHCE), colaborando en un proyecto sobre la enseñanza de la Geografía (FaHCE).

Zamponi, Analía

Profesora y Licenciada en Geografía, egresada de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE – UNLP). Jefa de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Biogeografía (FaHCE –UNLP). Integrante de proyecto de investigación sobre conflictos socioambientales en Argentina (Centro de Investigaciones Geográficas, IDIHCS, UNLP/CONICET). Trabaja en temáticas vinculadas a problemáticas y conflictos socioambientales, biogeografía, agroecología. Es co-autora de "El caso de la laguna de Chascomús, su protección ambiental y propuestas de actividades

turísticas sustentables” (2018); “Problemáticas ambientales generadas por las actividades económicas en los esteros del Iberá” (2012); “Riesgos e incertidumbres en el departamento San Martín (Corrientes): otra mirada geográfica sobre conflictos ambientales” (2018). Se desempeña como docente en establecimientos de educación media de la UNLP.

Zurueta, Alfonsina

Estudiante avanzada de la Licenciatura y el Profesorado en Geografía (FaHCE – UNLP). Adscrita alumna en la Cátedra de Geografía Física II (FaHCE – UNLP). Docente en educación media y consultora por el Área de Planificación Estratégica, Unidad de Ministro, Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires. Trabaja en temáticas vinculadas al ambiente y ordenamiento territorial. Es co-autora de “La productividad del conflicto ambiental: el caso de la comunidad rural de Puerto Piray km 18, Misiones frente a Arauco S.A (ex Alto Paraná S.A)” (2021).

Volcán antropogénico : una mirada geográfica sobre procesos geológicos y geomorfológicos / María Cristina Zilio ... [et al.] ; coordinación general de María Cristina Zilio ; Gabriela Mariana D'Amico ; Santiago Báez ; prólogo de Héctor Luis Adriani. - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; EDULP, 2022. Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-950-34-2171-0

1. Geomorfología. 2. Ambiente. I. Zilio, María Cristina, coord. II. D'Amico, Gabriela Mariana, coord. III. Báez, Santiago, coord. IV. Adriani, Héctor Luis, prolog. CDD 551.41

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata
48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina
+54 221 644 7150
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2022
ISBN 978-950-34-2171-0
© 2022 - Edulp

S
sociales


Edulp
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA