



CICTERRÁNEA

- Revista de Divulgación en Ciencias de la Tierra -

ISSN 2618-2122



Mármoles
Rocas con mucha historia

Del cometa a tu vaso
El largo camino del agua

La Tierra cambiante
Un viaje hacia el tiempo profundo

CICTERRA

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN
CIENCIAS DE LA TIERRA

¿Qué es el CICTERRA?

Es un centro de investigación multidisciplinar dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), vinculado con la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Fue creado por resolución del CONICET el 31 de Mayo de 2007.

¿Qué hacemos?

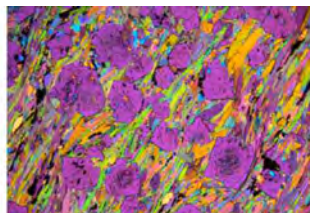
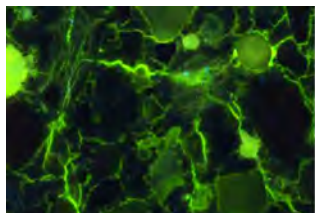
Desarrollamos proyectos de investigación en diferentes temas dentro de las Ciencias de la Tierra como Geología, Geoquímica, Paleontología y Paleobiología. Realizamos docencia de grado y de posgrado, actividades de extensión y transferencia de conocimiento. Efectuamos asesorías técnicas a entidades públicas y empresas privadas.

¿Quiénes somos?

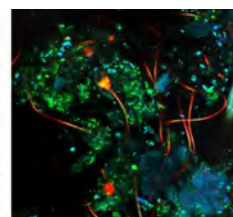
Somos miembros de la Carrera del Investigador Científico y del Personal de Apoyo de CONICET, Profesores e Investigadores de la UNC, Becarios Doctorales y Posdoctorales del CONICET o FONCYT y Personal Administrativo. En la actualidad el CICTERRA cuenta con una planta de más de 100 integrantes.

Líneas de Investigación

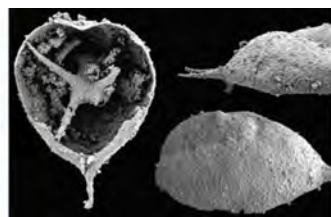
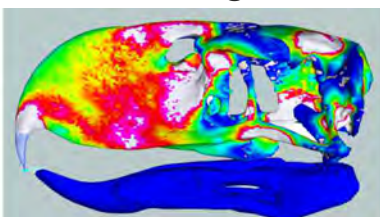
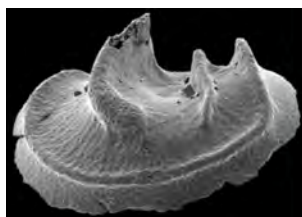
Dinámica de la litósfera – astenósfera



Variabilidad hidroclimática y procesos geo-ambientales



Evolución de la diversidad biológica



Nuestro desafío consiste en comprender una amplia gama de procesos naturales que tienen lugar desde las capas más profundas del planeta hasta su superficie y desde su formación hasta el presente. Aspiramos a que nuestra experiencia y conocimiento sea un aporte al bienestar de la sociedad.

Hoy con gran orgullo y esfuerzo compartido presentamos esta revista que intenta ser un puente de comunicación entre la comunidad científica y su entorno social.

Para entender los motivos de esta iniciativa y su contexto queremos hacer una breve reseña.

Crecimos y nos formamos en una sociedad con grandes vaivenes. En nuestros primeros años como graduadas de la Universidad Nacional de Córdoba vivimos en un país con un sistema científico desmantelado. Hubo muchas frustraciones, colegas que tuvieron que abandonar sus carreras y otros que se fueron.

Luego, en años recientes, vivimos un contexto de políticas públicas que propiciaron la recuperación y valorización de la educación y del conocimiento científico y tecnológico. Estos aspectos ocuparon el centro de la escena como elementos vitales para el desarrollo de un país soberano.

En Ciencia y Técnica los avances fueron muchos y ampliamente reconocidos por la sociedad. En esa etapa se pusieron en marcha laboratorios y se crearon numerosos centros de investigación, pero fundamentalmente se desarrolló una política de formación de recursos humanos que contempló un amplio espectro de disciplinas de los diferentes campos del saber.

Fue así, que en esos años, el CICTERRA, un centro de investigación del CONICET y de la Universidad Nacional de Córdoba forjó sus bases y creció incorporando becarios, investigadores y profesionales de apoyo en diversas áreas de las Ciencias de la Tierra.

Esta revista es el fruto del conocimiento generado por quienes hacemos ciencia en el país. Hoy más que nunca, en tiempos de reducción de presupuesto y ajustes, con serias limitaciones para que jóvenes investigadores continúen su carrera científica, queremos compartir con la sociedad cómo se genera ese conocimiento y nuestra visión de por qué la ciencia, por su capacidad transformadora, es fundamental para el progreso económico y social. Como señaló Bernardo Houssay, premio Nobel en medicina (1947) y fundador del CONICET: *Los países ricos lo son porque dedican dinero al desarrollo científico-tecnológico, y los países pobres lo siguen siendo porque no lo hacen. La ciencia no es cara, cara es la ignorancia.* Por eso, queremos invitar a todos, y particularmente a la sociedad cordobesa (ya que el CICTERRA tiene tonada cordobesa), a conocer quiénes somos y qué hacemos desde este Centro.

Para hacer esta revista en el año 2016 iniciamos una aventura en equipo. Cada uno de los integrantes trabajó mucho, y lo hizo porque entendió que en el actual tejido social había una brecha que necesitaba un nuevo entramado, un entramado con arraigo. Y... aquí estamos, esperando contagiar el entusiasmo de nuestros colegas quienes con satisfacción comparten aquí los resultados de años de investigación, transitados con gran esfuerzo y pasión.

¿De qué se trata?

Nuestro planeta es un sistema dinámico sorprendente. Desentrañar su pasado, entender los procesos actuales y predecir qué podría suceder en el futuro son algunos de los grandes desafíos de las Ciencias de la Tierra. Numerosos fenómenos que ocurren en el planeta tienen una influencia directa en nuestra vida cotidiana. Hoy la sociedad es testigo de controvertidos debates acerca de los cuales las Ciencias de la Tierra tienen mucho que decir. Es nuestra intención ofrecer al lector elementos que contribuyan a reflexionar y forjar una opinión sobre estos temas. Además, comprender cómo funciona este complejo planeta es, simplemente, un placer que esperamos poder transmitir a través de estas páginas.

Con este primer número de Cicterránea abrimos las puertas de nuestro Centro a todos ustedes, y los invitamos a descubrir los diferentes campos de investigación que aquí se desarrollan. ¡Celebramos el comienzo de este proyecto!

Sandra Gordillo y Beatriz G. Waisfeld

Publicación semestral Año 1
Número 1 – Julio de 2017
ISSN 2618-2122

COMITÉ EDITORIAL

Editoras responsables

Dra. Beatriz G. Waisfeld y
Dra. Sandra Gordillo

Equipo editorial

Biól. Flavia J. Boidi
Lic. H. Santiago Druetta
Lic. Fernando J. Lavié
Dra. Cecilia E. Mlewski
Biól. Gisela Morán
Geól. Natalia Oviedo
Dra. Emilia Sferco
Lic. Raquel J. Villegas

Difusión

Dr. Diego F. Muñoz

Corrección de estilo

Lic. Mariela López Cordero

Diagramación, edición digital y diseño de tapa

Paula Benedetto

Imagen de tapa: Fotomontaje digital de la cantera de mármol blanco de la zona de Bosque Alegre y el Paseo de La Cañada, ícono cordobés que atraviesa la ciudad de suroeste a norte.

Esta revista de formato digital se publica de manera desinteresada con la finalidad de difundir la actividad e investigación del CICTERRA. Los artículos y opiniones firmadas son exclusiva responsabilidad de los autores o editores. Lo expresado por ellos no refleja necesariamente la visión o posición de la Institución.

Contacto: cicterranea@gmail.com

[www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/
revista-cicterranea/](http://www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/)

Seguinos en:



Universidad
Nacional
de Córdoba

C I C T E R R A

Director: Dr. Edgardo Baldo

Vicedirector: Dr. Emilio Vaccari

Contacto:

secretariacicterra@fcefyn.unc.edu.ar

Av. Vélez Sarsfield 1699,

X5016GCB Córdoba, Argentina

Teléfono: +54 351 535-3800 ext. 30200

www.cicterra.conicet.unc.edu.ar

índice



Mármoles

Rocas con mucha historia

Por Edgardo Baldo

4



La Tierra cambiante

Un viaje hacia el tiempo profundo

Por Juan Luis Benedetto

24



Del cometa a tu vaso

El largo camino del agua

Por Eduardo Piovano

34

actualidad

Inundaciones en Córdoba. ¿Son eventos raros y extremos?

Por Claudio Carignano

12

Fracking. Controvertida técnica de un nuevo paradigma petrolero.

Por Miguel Ezpeleta

18

entrevistas a jóvenes científicos

Samia S. Cortés. ¿Bosques nativos o pinos exóticos?

31

Rodolfo A. Mors. Entre tufas y travertinos

32

fichas técnicas

33

foto+ciencia

23/47

grandes preguntas

¿Se mueven los continentes?

44

homenaje a Fernando Calabozo

46

actividades

Las escuelas van al CICTERRA

48

Espacio Verde

49

Espacio de Arte

50



MÁRMOL

**rocas con mucha
historia**



Evidencias de antiguos mares en las Sierras de Córdoba, relatos de colonizadores y emprendedores comerciales, polémicas obras civiles, monumentos y obras de arte, todos ellos conectadas por una roca particular: el mármol.



Edgardo Baldo

Doctor en Ciencias Geológicas
Investigador independiente del
CONICET

Docente de la Escuela de Geología,
FCEFyN, Universidad Nacional de
Córdoba

Las Sierras de Córdoba forman parte de una unidad geológica mayor conocida como Sierras Pampeanas de Argentina (Figura 1). En su conjunto representan los contrafuertes de la Cordillera de los Andes y están formadas por rocas antiguas, algunas de más de 1000 millones de años y otras, un poco más jóvenes, de 530, 470 y 300 millones. Al igual que en las Sierras Pampeanas, en la Sierras de Córdoba (Figura 1) tenemos rocas relativamente antiguas, las que se clasifican como ígneas y metamórficas, pero también existen rocas más modernas de tipo sedimentario y volcánicas. Es a través de las investigaciones que se realizan sobre estas rocas cómo los geólogos desciframos la historia geológica de una región, y además, determinamos sus propiedades y potenciales usos.

Historias de mares tropicales en los mármoles de Córdoba

A escasos 12 km del centro de la ciudad de Córdoba se encuentra la localidad de La Calera, denominada así porque allí se ubicaron los primeros hornos para la fabricación de óxido de calcio (CaO), más comúnmente conocido como cal. Ésta se produce a partir de la calcinación del carbonato de calcio (CaCO_3) y constituye un material sumamente utilizado en la construcción. Pero además de los hornos, muy próximo a dicha localidad, se encuentra también la materia prima que se utilizaba para la fabrica-

El mármol es una roca metamórfica y representa la transformación de una roca sedimentaria, de origen marino, denominada caliza

ción de cal, esto es, una roca de color blanco y muy tenaz denominada mármol. Las huellas de las explotaciones de mármol están aún muy visibles en esta zona, caracterizada por la presencia de numerosas canteras abandonadas (Foto de tapa). El mármol es una roca relativamente frecuente en Córdoba y se lo encuentra tanto en la Sierra Chica

como en la Sierra Grande (Figura 1). Otras localidades serranas como Dumesnil, Yocsina, Río Ceballos, Alta Gracia, Valle Hermoso, Pampa de Olaen, Characato, Los Gigantes, San Agustín, Bosque Alegre, Quilpo, etc., son

Podríamos decir que en el pasado geológico, hace unos 600–580 millones de años atrás teníamos, muy cerquita de la ciudad de Córdoba, un placentero mar de aguas cálidas

lugares donde la explotación del mármol para sus diferentes usos ha dejado su imborrable impronta.

El mármol es una roca metamórfica y representa la transformación (metamorfismo) de una roca originalmente sedimentaria denominada caliza. Hoy en día, en las Sierras de Córdoba no encontramos calizas pero si los productos de su transformación, los mármoles. Esto significa que en algún momento del pasado geológico había verdaderas calizas de origen sedimentario que fueron sometidas a altas temperaturas y grandes esfuerzos en el interior de la corteza, transformándolas en lo que conocemos como mármoles (Figura 2a-c).

Entre las preguntas que se pretenden responder al investigar estas rocas se pueden mencionar, por ejemplo, ¿En qué eras geológicas se depositaron las calizas y por lo tanto qué antigüedad tienen? ¿Cuándo fueron transformadas en mármoles? ¿A qué profundidades y temperaturas fueron sometidas estas rocas en el tiempo geológico? Los investigadores del CICTERRA hemos avanzado en algunas respuestas a estas preguntas y hoy podemos decir que hace unos 580 millones de años se depositaron calizas de origen marino las que luego, unos 60 millones de años más tarde, fueron soterradas a profundidades de entre 20 a 25 km y sometidas a temperaturas de entre 500 a 700 °C y 5 a 9 Kb de presión y allí transformadas en mármoles, es decir metamorfizadas.

Las calizas sedimentarias, las más comunes de las rocas

Figura 2a

Evidencias de la deformación plástica del mármol durante la etapa de transformación metamórfica de alta temperatura.



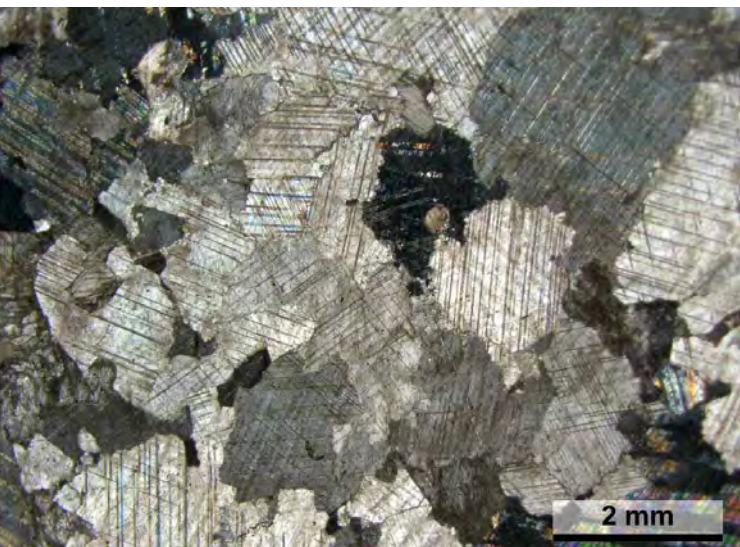
Figura 2b

Variedad de mármol rosado, característico de la región de Pampa de Olaén y Valle Hermoso.



Figura 2c

Textura de un mármol visto al microscopio petrográfico. Agregado poligonal de cristales de calcita con maclas de alta temperatura.



carbonáticas, son rocas un tanto especiales porque se forman en ambientes muy específicos y particulares. La mayoría de las calizas son rocas de origen marino, formadas por la precipitación química o bioquímica del carbonato de calcio en mares poco profundos de regiones cálidas (tropicales a subtropicales). En la actualidad rocas similares a éstas se están formando en los mares que rodean a las islas Bahamas. Por lo tanto, podríamos decir que en el pasado geológico, hace unos 600–580 millones de años atrás (Período Ediacariano) teníamos, muy cerquita de la ciudad de Córdoba, un placentero mar de aguas cálidas. Hay que aclarar que la comparación con el entorno paradisíaco de

las Bahamas es sólo parcial dado que para esa época, en la superficie de la Tierra no había árboles ni animales. Además, en los mares aún no habían aparecido los peces y éstos estaban poblados por colonias de cianobacterias, algas, gusanos, organismos similares a medusas y otros seres ya extintos, muy diferentes a los que hoy habitan los mares, conocidos como la fauna de Ediacara.

Historias grabadas a martillo y cincel

En el acta de la fundación de Córdoba, del 6 de Julio de 1573, Don Jerónimo Luis de Cabrera expresa que “...*en la tierra existe gran cantidad de leña, piedra cal y de que en su sierras y cordilleras se han hallado todo género de metales...*”. Esta es, quizás, la primera cita de que en las Sierras de Córdoba había mármoles (piedra cal). Tan sólo trece años después, en 1586, ya se extraían mármoles para la fabricación de cal de la zona de Malagueño, Yocsina, La Calera y Río Ceballos. A partir del año 1606, los mármoles, junto con otros cantos rodados, fueron también utilizados por los Jesuitas para construir sus estancias e iglesias mediante la técnica del calicanto. Según los libros de la Compañía de Jesús, ya en el año 1613 se proveía de cal a las obras del Colegio Mayor desde unos hornos ubicados en La Calera.

Definamos adecuadamente cada cosa...

Óxido de calcio: comúnmente conocido como cal, es un compuesto químico formado por la unión del oxígeno y el calcio (CaO). Su fabricación en grandes volúmenes requiere de un horno para generar altas temperaturas (aprox. 900°C) y la materia prima a calcinar, que normalmente es una roca rica en carbonato de calcio.

Carbonato de calcio: es otro compuesto químico (CaCO₃), muy común en estado natural. Las especies minerales que lo contienen se denominan Calcita y Aragonita.

Rocas carbonáticas: término utilizado para referirnos a un conjunto de rocas sedimentarias caracterizadas por la presencia de minerales carbonáticos como calcita, dolomita, aragonita, ankerita, etcétera. Estas rocas se forman en ambientes marinos o lacustres y en su formación intervienen procesos de precipitación química o bioquímicos.

Caliza: es una de las variedades de rocas carbonáticas donde la Calcita es el mineral principal. Las calizas también pueden contener Dolomita (CaMg (CO₃)₂) y si este mineral es el predominante la roca se denomina Dolomía. La caliza se forma por la precipitación química o bioquímica

del carbonato de calcio existente en el agua del mar o por acumulación de fragmentos de organismos marinos con caparazones carbonáticos.

Mármol: término utilizado para referirnos a una roca metamórfica derivada de una roca carbonática, como la Caliza o la Dolomía. El metamorfismo es un proceso mediante el cual una roca se transforma en otra al cambiar las condiciones de presión y temperatura. Los mármoles se diferencian de las calizas básicamente por su textura dado que ambas tienen como mineral principal Calcita o Dolomita (Figura 2c)

Aclaración! En un sentido comercial y en la industria de las rocas ornamentales, la palabra mármol se utiliza para referirse a cualquier roca susceptible de ser aserrada en placas y pulida. Los mármoles se diferencian de los granitos por estar compuestos de minerales de menor dureza relativa.

En 1771 se lo explotaba de manera sistemática a consecuencia de la construcción del Calicanto de La Cañada (Foto de tapa), realizado con cales y bloques de mármoles provenientes de la Calera y Río Ceballos y en 1876 ya existía un emprendimiento privado para la fabricación de cales mediante hornos ubicados en los barrios de Alta Córdoba y Ferreyra de la ciudad de Córdoba. De ahí en adelante la explotación de este recurso tuvo una importancia muy relevante en la economía provincial. En 1885 la localidad de

La producción industrial del cemento tipo portland, dio comienzo a una intensa explotación de mármoles y a la fundación de nuevos asentamientos: Los Pueblos Blancos de Córdoba

Malagueño se transformó en un centro de explotación de caliza llegando a producir en 9 años 1.500.000 toneladas de cal. El Dr. Biale Massé construyó en la localidad del mismo nombre un gran horno con una capacidad de 2000 kg diarios de cal para abastecer la obra de murallón del Dique San Roque.

La cal hidráulica fabricada con mármoles proveniente de las Sierras de Córdoba tuvo un rol protagónico y muy polémico en la construcción, primero, del Dique La Calera-Mal Paso (de 1884 a 1886), y luego, del primer paredón del Dique San Roque (de 1886 a 1890). El murallón

del dique San Roque tenía 115 metros de longitud y 37 metros de altura, era el mayor embalse artificial del mundo de esa época y fue construido por Biale Massé según el proyecto de los ingenieros Cassaffouth y Dumesnil. Conocida es la historia del enjuiciamiento y encarcelamiento de los dos primeros por utilizar la cal hidráulica como aglutinante para la obra de este dique, la misma fue considerada como no adecuada y como solución alternativa se recomendaba construir un nuevo muro, utilizando, en lugar de cal hidráulica, cemento portland importado de Inglaterra. Estudios técnicos más objetivos, un juez honesto y el tiempo hicieron verdadera justicia y finalmente dieron la razón a los constructores, a los diseñadores y a las bondades de la cal hidráulica de Córdoba. El antiguo paredón construido con cales de los mármoles de Córdoba aún está en pie y se lo puede observar cuando el lago está en cotas bajas (Figura 3).

La posterior producción industrial del cemento tipo portland, como la iniciada en 1930 por la empresa Minetti y Cía. en la localidad de Dumesnil, dio comienzo a una intensa explotación de mármoles y a la fundación de nuevos asentamientos: Los Pueblos Blancos de Córdoba, que crecen y se desarrollan a la par de estas industrias las que por su actividad tiñen con un manto blanco su entorno.

Otro aspecto en la explotación de este importante recurso de la provincia de Córdoba se vincula con la produc-

Figura 3

Primer paredón del Dique San Roque, visible en períodos de cotas bajas del lago.



ción de piedra pulida para usos ornamentales. El comienzo de esta actividad se remonta a los inicios del año 1900. Ya en 1939 se tuvo en plena actividad una de las explotaciones más intensas y activas de Córdoba, ubicada en la zona Los Gigantes (Dpto. Cruz del Eje). De esta región y de otras como Valle Hermoso-Pampa de Olaén, Characto-Candelaria, San Agustín, Quilpo-La Fronda, se comenzaron a extraer bloques de mármol que llamaron la atención por sus óptimas cualidades físicas y estéticas para uso como roca ornamental. La gran variedad de colores y texturas de estos mármoles hicieron que rápidamente se instalaran como un producto codiciado en el mercado nacional utilizándolo para el revestimiento externo e interno de edificios (Figura 2b), para mesadas, dinteles de escaleras, baños, etc. Como prueba de su atractivo cabe mencionar los mármoles provenientes de la localidad de La Calera que hoy se observan en el edificio de estilo ecléctico grecorromano del

La gran variedad de colores y texturas de los mármoles cordobeses hicieron que rápidamente se instalaran como un producto codiciado en el mercado nacional

Congreso de La Nación. En la actualidad los mármoles, tanto cálcicos como dolomíticos, siguen siendo un recurso de interés y motivo de intensa explotación. Se los explota para la producción de cal y cementos, para la producción de piedra ornamental, como piedra partida para hormigón-

nes y para la industria del mosaico. La dolomita, que es la variedad magnésiana del mármol, se la explota y muele a granulometrías específicas para la industria de las pinturas (normales y asfálticas), para la industria del plástico, del vidrio, del caucho, de los alimentos balanceados, para el agro, industria farmacéutica, del papel, etc.

Para no olvidar

La piedra blanca de Córdoba, el mármol, tiene una larga historia que comienza con la formación de calizas en antiguos mares tropicales del Período Ediacariano, (entre 600–580 millones años), para continuar con períodos de formación de montañas que producen cambios importan-

Cuando visitemos las Sierras de Córdoba y nos topemos con esta antigua piedra blanca en alguna cantera abandonada o cuando caminemos por el Paseo de La Cañada de la ciudad, tengamos conciencia que estamos ante una roca que resume más de 580 millones de años de historia cordobesa

tes en su estructura y propiedades físicas. La historia más reciente lo vincula con los fundadores de Córdoba que advirtieron acertadamente que este recurso era importante para la región, como quedó demostrado más tarde por el uso que hicieron los Jesuitas y sus sucesores en la utilización del mármol y la cal fabricada a partir del mismo, para la construcción de importantes edificios y obras civiles como el Colegio Mayor, la Compañía de Jesús, el Calicanto de la Cañada, entre otros ejemplos. Su presencia en las Sierras de Córdoba fue motivo de grandes emprendimientos empresariales para la producción de cal, como el de Biale Massé, y permitió la construcción de obras civiles de renombre mundial, como el Dique San Roque. Más tarde, la producción masiva de cemento tipo portland, dio lugar a nuevos emprendimientos como los de la empresa Minetti que permitió la fundación de nuevos asentamientos: los llamados “Pueblos Blancos de Córdoba”, como Dumesnil, Malageño, Quilpo y tantos otros. El mármol vuelve a ser protagonista, pero ahora en la explotación de

El Arco de Córdoba ubicado en la Avenida Sabattini en el acceso suroeste de la ciudad. Sus torreones están contruidos mayormente con bloques de mármoles de la zona de La Calera.

Figura 4

bloques para la industria de la piedra ornamental, renovándose la creación de nuevos y significativos emprendimientos comerciales que inundan el mercado nacional con sus variados productos, instalando a la provincia de Córdoba como una de las más importantes en este rubro a nivel nacional.

Cuando visitemos las Sierras de Córdoba y nos topeemos con esta antigua piedra blanca en alguna cantera abandonada, cuando caminemos por el Paseo de La Cañada de la ciudad de Córdoba, cuando nos detengamos a observar las partes blancas dibujadas en las baldosas de la Manzana Jesuítica sobre la peatonal, o los torreones del famoso “Arco de Córdoba”



sobre la avenida Amadeo Sabattini (Figura 4), la estatua del Dante en la rotonda del Parque Sarmiento, la desdichada estatua del famoso “Oso Antártico” frente al museo Caraffa (Figura 5), o incluso, fuera de nuestra provincia, cuando veamos los abigarrados mármoles de nuestro Congreso Nacional, tengamos conciencia y sepamos apreciar que estamos ante una roca que resume más de 580 millones de años de historia cordobesa. Y podemos estar seguros, no caben dudas, de que ésta es una roca con mucha, ¡pero mucha historia!



Figura 5

La estatua del “Oso Polar” frente al Museo Caraffa, esculpido en mármol del yacimiento de los Gigantes.

RB

Referencias bibliográficas/lecturas sugeridas

- Baldo E.G., Rapela C.W., Pankhurst R.J., Galindo C., Casquet C., Verdecchia S.O. y Murra J. 2014. Geocronología de las Sierras de Córdoba: revisión y comentarios. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Editores Roberto Martino y Alina Guerreschi: 845–870.
- Dirección de Geología de la Provincia de Córdoba, 2016. Atlas de rocas ornamentales de la Provincia de Córdoba.
- Guerreschi A. y Martino R. 2014. Las migmatitas de La Sierras de Córdoba. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Editores Roberto Martino y Alina Guerreschi: 67–94.
- Marfil S., Sfragulla J., Caballé M., Bonalumi A. 2016. Panorama histórico sobre las rocas de aplicación en las provincias de Buenos Aires y Córdoba 1880-1950. Diccionario Histórico de las Ciencias de la Tierra en Argentina. 399 p.
- Murra J., Casquet C., Locati F., Galindo C., Baldo E.G., Pankhurst R.J. y Rapela C.W. 2016. Isotope (Sr, C) and U-Pb SHRIMP zircon geochronology of marble-bearing sedimentary series in the Eastern Sierras Pampeanas (Argentina). Constraining the SW Gondwana margin evolution in Ediacaran to Early Cambrian times. Precambrian Research 281: 602–617.
- Zolezzi R.E. 2004. Historia de la Minería Argentina. Córdoba. Anales 40, tomo 2. Servicio Geológico Minero Argentino: 103–129.



INUNDACIONES EN CÓRDOBA

¿Son
realmente
eventos
extraordinarios
y extremos?

En épocas recientes, en la provincia de Córdoba se han presentado fenómenos meteorológicos con una intensidad aparentemente inusual, que han producido inundaciones catastróficas dejando una huella imborrable en quienes las vivieron de cerca, por los daños materiales y humanos provocados (Foto de portada). Numerosos poblados de las sierras y la llanura de Córdoba han sido afectados severamente, aunque de maneras muy diferentes. Estas experiencias dejan muy claro que es necesario trabajar arduamente en las actividades de prevención para que los fenómenos mencionados provoquen los menores daños posibles. El primer paso a dar en este sentido es conocer cuáles son sus causas y de qué manera actúan; así, los desastres pueden reducirse considerablemente si la población se mantiene informada sobre las medidas que puede tomar para reducir su vulnerabilidad y si se mantiene motivada para actuar.

Las inundaciones en el territorio cordobés constituyen un problema cíclico que produce cuantiosos perjuicios materiales y humanos, al que no se le presta la debida atención pues se las considera como algo excepcional e impredecible. Concientizar a las poblaciones sobre sus causales y dinámica es el primer paso para su efectivo control y en la mitigación de sus efectos.

Hablemos un poco sobre este fenómeno

Las inundaciones son procesos naturales recurrentes, causados por fenómenos climáticos y condicionados por la morfología del terreno, que la acción humana suele magnificar. Éstas habitualmente se producen cuando precipitaciones intensas o prolongadas producen un excedente hídrico en una región, o por falla de alguna infraestructura hidráulica (canal, presa, etc.) que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos y arroyos, por una concentración de flujos en terrenos deprimidos o un ascenso de la **freática**, con la consiguiente invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay.

Existen diferentes tipos de inundaciones: aquellas que se dan en las zonas serranas, las que afectan las áreas de llanura y las producidas dentro de las ciudades.

Inundaciones en zonas serranas

Éstas son causadas por crecidas repentinas de los cursos de agua que desbordan sus cauces ordinarios, ocupando una franja de terreno a lo largo del río (Figura 1). Normalmente se producen a gran velocidad, por lo general son de corta duración y causan mucho daño a las infraestructuras expuestas, aunque con bajo impacto sobre los sistemas naturales. En las zonas serranas inundadas la mayor parte de los perjuicios se han producido porque el hombre ha ocupado terrenos que recurrentemente el agua puede inundar ante la ocurrencia de una lluvia intensa (Foto de portada): **lechos episódicos, terrazas medias y bajas inundables, paleocauces**, etc. (Figura 1).

Muchas veces la infraestructura instalada agrava el problema de la inundación; por ejemplo, puentes mal dimensionados respecto del cauce que cruzan se convierten en obstáculos que retienen los objetos arrastrados por el agua (árboles, ramas, autos, etc.) y actúan como diques que embalsan las aguas provocando un aumento adicional en su nivel (Foto de portada y Figura 2).

Inundaciones en las llanuras

En las llanuras las inundaciones pueden estar asociadas a desbordes de ríos y arroyos, a la concentración del escurrimiento del agua de lluvia en zonas deprimidas o de muy baja pendiente, o al ascenso de la **freática**. Por lo general, éstas abarcan grandes extensiones de tierras, se producen

Las inundaciones son procesos naturales recurrentes, causados por fenómenos climáticos y condicionados por la morfología del terreno, que la acción humana suele magnificar

lentamente y suelen perdurar por mucho tiempo (Figura 3). Aunque causan un severo deterioro sobre las infraestructuras expuestas, no las destruyen inmediatamente, por lo que se perciben como menos dañinas. Las inundaciones de llanura también suelen tener un alto impacto ambiental por generar **hidromorfismo**, salinización o impermeabilización de suelos.

Inundaciones en zonas urbanas

Un caso particular, y de progresiva relevancia, son las inundaciones urbanas que se producen como resultado directo o indirecto de la modificación de la circulación del agua en las ciudades. La superficie pavimentada y las edificaciones producen un aumento del escurrimiento superficial (que también se hace más veloz) y una disminución de la infiltración, concentrándose el agua en calles y avenidas.

Estas inundaciones pluviales (anegamientos), también conocidas como “de drenaje urbano”, son originadas por lluvias intensas o abundantes que superan la capacidad de conducción del sistema pluvial urbano (Figura 4). En las zonas de baja altitud dentro de las ciudades, la formación de re-

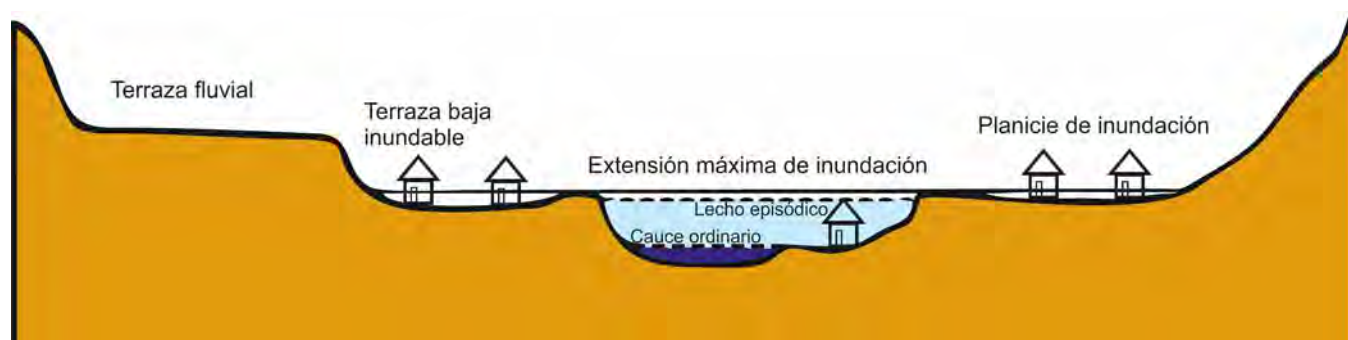


Figura 1. Sección transversal esquemática de un **valle fluvial** donde se pueden apreciar las áreas potencialmente inundables.



Figura 2. La imagen muestra cómo un puente mal ubicado se convirtió en un obstáculo que retuvo los materiales arrastrados por la crecida, represando el agua que se desbordó por los laterales (e incluso le pasó por encima) inundando un amplio sector del centro de la localidad de Río Ceballos.



Figura 3. Vista aérea de los campos anegados en la llanura cordobesa (Corral de Bustos) por acumulación de agua pluvial y ascenso de la freática. Fuente: Portal de noticias de la Provincia de Córdoba (<http://prensa.cba.gov.ar/campo/agro-nacion-homologo-el-decreto-de-emergencia-para-cordoba/>).



Figura 4. Imágenes de inundaciones urbanas en el centro de la ciudad de Córdoba (calles Deán Funes y Neuquén) ocurridas en el verano de 2012. (Fuente: Noe Escajadilla <http://noqueremosinundarnos.blogspot.com>)

servorios o depósitos de agua se produce no sólo debido a las altas tasas de precipitación, sino también debido a las obstrucciones del drenaje causadas por los escombros y por los bloqueos de alcantarillas y puntos de recolección, a menudo debido a la falta de mantenimiento.

¿Se pueden prevenir?

Es importante destacar que, en todos los casos, la inundación es un evento que forma parte de la dinámica propia de los cursos y cuerpos de agua, y es esperable que ocurra cada cierto período de tiempo (recurrencia); por lo tanto es previsible. Cuando se produce por causas naturales es inevitable y recurrente, como casi todos los eventos geológicos, y al igual que la mayoría de los procesos geomorfológicos tiene una relación inversa entre su frecuencia de ocurrencia y su magnitud (o envergadura); es decir que "los eventos más frecuentes son los de menor intensidad mientras que los de mayor dimensión son menos frecuentes".

Por ello, cuando las inundaciones afectan a la especie humana o sus infraestructuras, se tiende a suponer que son eventos imprevistos, raros o excepcionales, que antes nunca acontecían. Esto es así porque sólo prestamos atención, y queda registro en la memoria colectiva, a los casos más impactantes o extremos. Pero cuando se dice que ocurrió la

Los eventos más frecuentes son los de menor intensidad mientras que los de mayor dimensión son menos frecuentes

peor inundación de los últimos años, por ejemplo, se está reconociendo implícitamente que antes ya sucedió algo parecido.

Las inundaciones causadas o agravadas por el hombre se originan cuando éste interviene en los sistemas naturales

sin conocer las características del sistema hídrico, ya sea modificando los drenajes naturales mediante canalizaciones para acelerar o desviar el escurrimiento, creando barreras (caminos, vías férreas, terraplenes, etc.) que lo retardan o lo impiden, o destruyendo la cubierta vegetal que protege los suelos de las cuencas. Igualmente, cuando el hombre ocupa terrenos potencialmente inundables, se convierte en el responsable por las catástrofes hídricas.



Figura 5. Imágenes que muestran el registro de desastres a lo largo de la historia de Córdoba. Arriba izquierda sitio histórico en la Cañada; a la derecha Inundación en la llanura (año 1939). Abajo izquierda San Carlos Minas (1992); a la derecha tapa de La Voz del Interior año 1939).

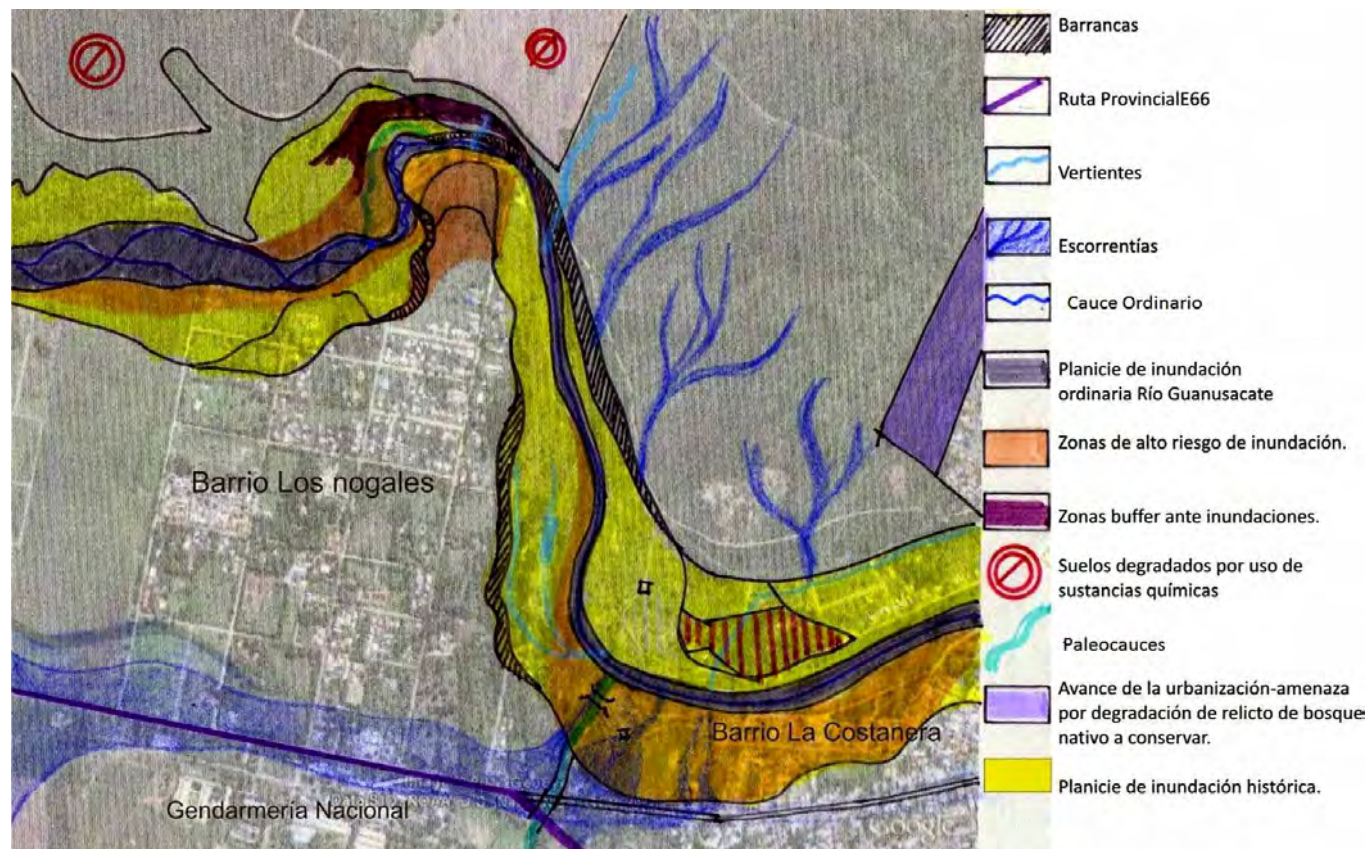


Figura 6. Carta geomorfológica preliminar de la amenaza por crecientes repentinas de la localidad de Jesús María (Dpto. Colón, Córdoba). Sobre una fotografía aérea se han delimitado, en forma esquemática, los elementos geomorfológicos condicionantes de las crecientes. Fuente: <http://www.radiojesusmaria.com.ar/locales/2015/03/18/informe-cientifico-de-la-unc-explica-las-inundaciones.aspx> - <http://www.semanarioprimerdia.com.ar/2015/03/estudio-muestra-que-hay-barrios-que.html>

Registros históricos

Córdoba presenta numerosos registros de crecidas e inundaciones de gran magnitud. El primero documentado es una crecida del arroyo de La Cañada en febrero de 1671 que provocó 14 muertos; y en los últimos 100 años han ocurrido numerosos desastres, que pocas personas recuerdan ya, pero que nos previenen de la dinámica hídrica de la provincia (Figura 5).

Los casos más emblemáticos son las recurrentes crecidas de La Cañada en la ciudad de Córdoba: durante la noche del 19-20 de diciembre de 1890 cayeron 200 mm en cuatro horas, provocando 200 muertes; el 15 de enero de 1939 una lluvia de 140 mm causó 2 muertos y cinco días más tarde, el 20 de enero de 1939 las precipitaciones azotaron toda la provincia de Córdoba con un saldo de 9 decesos en Saldán.

También son dignas de mención las inundaciones del río Suquía (Primero): el 1º diciembre de 1966 cayeron 250 milímetros en tres horas (14 fallecidos); el 12 de marzo del 2000, 150 mm en una hora (3 fallecidos).

Además, cabe mencionar los desastres de San Carlos Minas cuando el 6 enero de 1992 el arroyo Noguinet sepultó al pueblo entero dejando 46 muertos y 180 casas destruidas.

El de San Carlos no fue un evento aislado; entre el 5 y el 12 de enero de 1992 en casi toda la provincia hubo lluvias torrenciales con desbordes que provocaron grandes pérdidas de infraestructura y vidas. En 2003, 2007 y 2012 se repitieron los eventos, aunque con menor intensidad, pero siempre provocando daños.

La solución a estos problemas no está en hacer grandes obras sino en respetar a los sistemas naturales atendiendo su dinámica particular

Así llegamos al período 2014-2015 en el que en 14 meses, se inundaron 70 ciudades de toda la provincia y donde hubo más de 5.000 evacuados. El 4 de abril de 2014 en 10 horas llovieron entre 200 y 300 mm en distintos sectores del centro y sureste de Córdoba. Se anegaron varios pueblos en una amplia zona y hubo más de 400 evacuados. El 15 de febrero de 2015 en Sierras Chicas llovió intensamente (250 a 300 mm) y casi todas las ciudades y pueblos ubicados en la zona norte de esta región fueron severa-

mente afectados; hubo más de 1.000 evacuados y 8 muertos. El 15 de febrero de 2016 un temporal (200-400 mm) produjo inundaciones en la llanura con varios pueblos totalmente anegados. En ese período la provincia sufrió enormes pérdidas en el sector agropecuario por anegamientos generalizados de campos.

¿Qué podemos hacer?

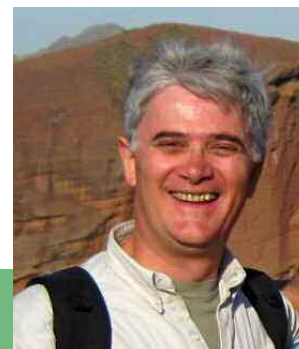
Ante este panorama es comprensible la actual tendencia creciente de atribuir la ocurrencia de inundaciones y crecientes a fenómenos extremos "nunca vistos" o a la acción humana (principalmente por desmonte) olvidando que son fenómenos más o menos recurrentes y que acontecieron aún antes de la actual degradación ambiental que padecemos. Los primeros ejemplos arriba citados y el registro geológico-geomorfológico de la provincia desmienten estas afirmaciones que, frecuentemente, se utilizan para evitar atender el problema desde su origen. Por ello la solución a estos problemas no está en hacer grandes obras sino en respetar a los sistemas naturales atendiendo su dinámica particular, esto es: no colonizar y mantenerse alejados de los

lugares que recurrentemente pueden ser afectados por inundaciones, conservar los ecosistemas lo menos alterados posible o cuando han sido ya impactados tratar de restaurarlos de la mejor manera; es decir planificar las obras de control de una manera racional y dimensionarlas de acuerdo al sistema donde se implantan.

La planificación y el ordenamiento del territorio son herramientas fundamentales en la prevención del riesgo de inundaciones. Planificar las actividades humanas y la localización de las infraestructuras, así como la identificación de sectores críticos que requieren especial atención son obligatorias en cualquier estrategia de gestión del riesgo. Ello implica una adecuada identificación de las amenazas y zonificación de las áreas potencialmente afectables para prevenir los daños derivados de la ocurrencia de este tipo de eventos (Figura 6).

Claudio Carignano

Doctor en Ciencias Geológicas
Profesional Principal del CONICET
Docente de la Escuela de Geología,
FCEyN, Universidad Nacional de
Córdoba



Glosario

Escurrimiento

(o **escorrentía**): hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie del terreno en una cuenca hídrica, cuando las lluvias superan la capacidad de infiltración del suelo.

Freática: Es la capa de agua subterránea más superficial y que se encuentra en contacto con la atmósfera a través de los poros de los sedimentos que la contienen.

Hidromorfismo: Es un estado permanente o temporal de saturación de agua en el suelo que lleva asociado la existencia de condiciones reductoras (falta de oxígeno).

Infiltración: es la acción de introducir suavemente un líquido entre los poros de un sólido; en el caso particular de esta nota se refiere a la penetración del agua en el suelo.

Lecho episódico: es una zona baja ubicada adyacente al cauce ordinario de un río que ocasionalmente durante las crecidas del mismo es ocupada por el agua y funciona **como canal mayor o canal principal**.

Paleocauce: Cauce abandonado por un río o cauce antiguo no funcional.

Terrazas fluviales: también llamadas terrazas de río, son escalones del terreno localizados en el interior de un valle fluvial, que han sido construidos por el río cuando deposita sus sedimentos en los lugares donde éste pierde su capacidad de arrastre. Las terrazas se disponen a lo largo de un valle en forma escalonada y están separadas por un resalto topográfico o barranca, y siempre son más elevadas que la planicie de inundación.

Valle fluvial: es una depresión de la superficie terrestre excavada por un río, el cual ocupa la parte más baja de la misma.

Referencias bibliográficas/lecturas sugeridas

Carignano, C. Kröhling, D. Degiovanni, S. y Cioccale, M. (2014). Geomorfología. En: Martino, R. y Guerreschi, B. (eds.): Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de La Provincia de Córdoba. Asociación Geológica Argentina. ISBN 978-987-22403-8-7. p 747-822.

Kröhling, D. y Carignano, C. (2014). Estratigrafía de los depósitos sedimentarios cuaternarios. En: Martino, R. y Guerreschi, B. (eds.): Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de La Provincia de Córdoba. Asociación Geológica Argentina. ISBN 978-987-22403-8-7. p 673-724.

La Voz del Interior, (2015). Nota de periódico "Catástrofes naturales que marcaron la historia de Córdoba" en fecha 08/03/2015.

OMM/UNESCO (1974). "Glosario hidrológico internacional", WMO/OMM/BMO, No. 385, Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Suiza.

Oporto, Graciela (2015). Inundaciones urbanas y cambio climático: Recomendaciones para la gestión. Prólogo del manual. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires. http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/UCC/file/CambioClimatico_web.pdf.

Organización de Naciones Unidas (2005). Marco de Acción de Hyogo. Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres. Kobe, Hyogo, Japón.

FRACKING

controvertida técnica de un nuevo paradigma petrolero

Esta polémica práctica, se ha puesto en boca de todos por resultar indispensable para la extracción de hidrocarburos no convencionales. Según sus defensores, esta práctica da respuesta a la creciente demanda de energía y a la disminución de reservas hasta ahora conocidas. Sus detractores, en cambio, la consideran de alto riesgo para el medioambiente y la salud. Por ser una temática de múltiples abordajes, la utilización de esta técnica es una polémica que recién comienza.



La fracturación hidráulica que normalmente se denomina fracking, no es nueva. En Argentina se utiliza, en forma puntual, desde la década del '50 para recuperar la producción en pozos petroleros viejos. Pero en los últimos años el avance de la tecnología permitió utilizarla en yacimientos que por la complejidad geológica que muestran son llamados no convencionales.

Estados Unidos ha sido pionero en la extracción de gas mediante fracturación hidráulica y ha tenido un fuerte impacto en la producción, revirtiendo la creciente importación de fines de siglo XX, a tal punto que este país procura lograr autosuficiencia energética en 20 años. Argentina es el segundo país en comenzar este tipo de explotación, ya que se encuentra entre los que tienen mayor potencial, y pretende también alcanzar la autosuficiencia en las próximas décadas.

Pero el fracking implica un manejo de agua y químicos a gran escala que sigue generando protestas no sólo en los pocos países donde se practica, sino también en aquellos donde sólo existen proyectos a desarrollar.

¿Qué es el fracking?

Se trata de una técnica que permite extraer el gas y el petróleo que se encuentra atrapado a gran profundidad en capas de roca con mucha arcilla llamadas "pelitas", que por ser impermeables, no permiten que los hidrocarburos fluyan hasta el pozo petrolero. Para ello se perfora hasta alcanzar la capa arcillosa buscada, a la que se inyecta a alta presión grandes cantidades de agua con arena y aditivos químicos, con el fin de fracturar la roca y liberar el petróleo y/o gas (Figura 1).

Desde hace décadas existe la tecnología para redireccionar un pozo desde la superficie e inspeccionar cómo ha sido la finalización de la perforación, controlar la cementación de la cañería y medir el aislamiento entre el terreno y el pozo. Por lo tanto, los riesgos pueden minimizarse si se trabaja cumpliendo con las mismas exigencias tecnológicas que existen para los yacimientos convencionales.

En la fase siguiente, y dividido en varias etapas sucesi-

vas, se inyecta el lodo (una mezcla de agua, arena y aditivos químicos) a mayor presión que la mínima necesaria para generar la rotura de la roca y crear así una red de microfracturas capaces de liberar los hidrocarburos. Se puede registrar, controlar y modelar el desarrollo de esta fracturación con el fin de poder corregir las etapas de inyección sucesivas si fuera necesario. La cantidad relativa de los

Si se hace un estudio pormenorizado de todas las variables, se podrán determinar zonas aptas y no aptas para el fracking

componentes a inyectar varían según el tipo de roca y su espesor. Parte del fluido inyectado (entre el 25% y el 75%) comienza a fluir de regreso por el pozo llevando consigo los hidrocarburos que son separados en superficie.

¿Cuáles son los riesgos ambientales?

Los detractores del fracking apuntan entre sus principales riesgos a la utilización de enormes volúmenes de agua, y a la posible contaminación del suelo y de reservas de agua subterránea como consecuencia del agua residual que queda como desecho tras ser inyectada en los pozos.

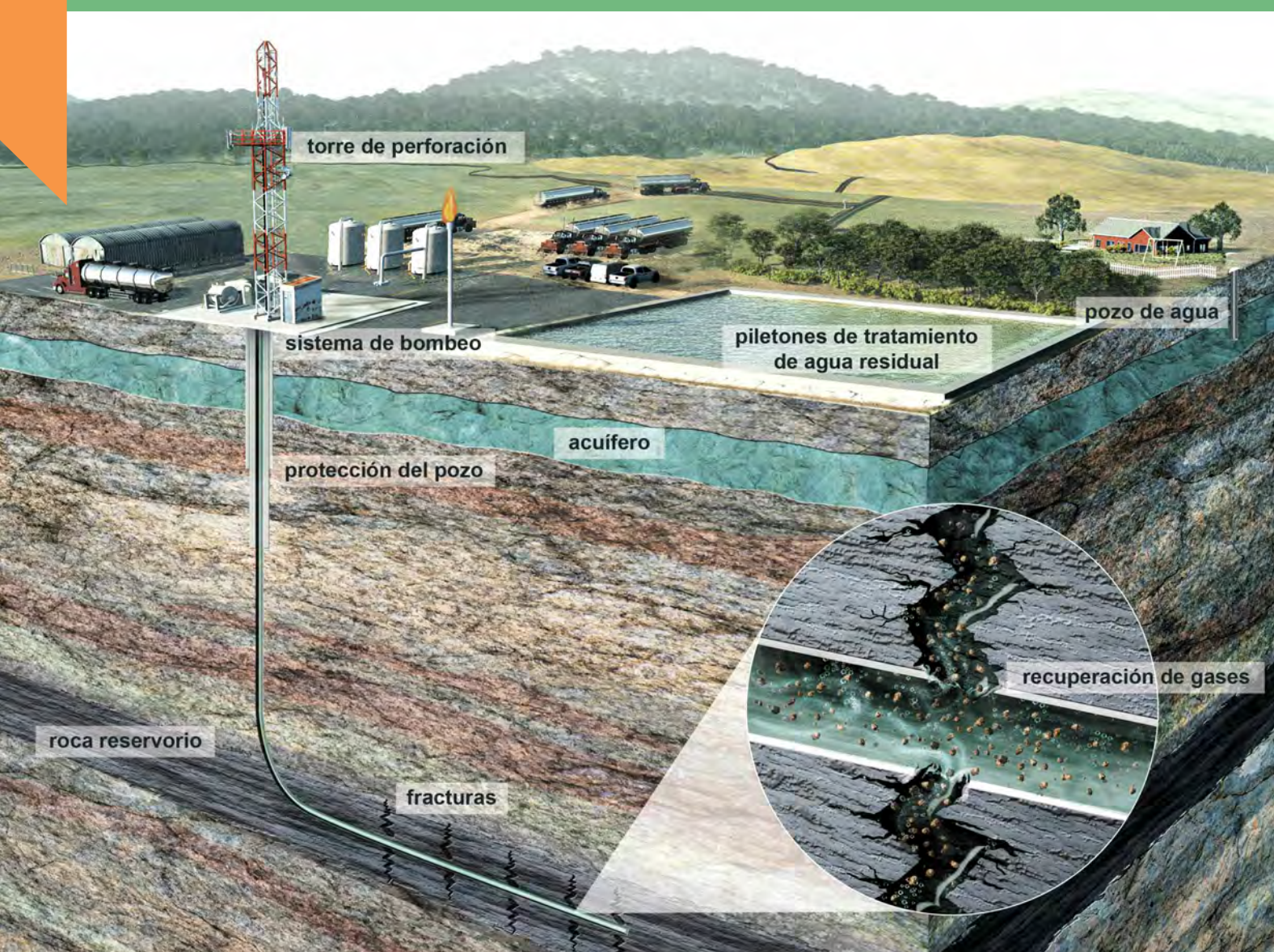
En Argentina, no existe legislación que regule la actividad del fracking. Las empresas toman como modelo a los yacimientos más importantes y que están en producción, que se encuentran en la Formación Vaca Muerta, una unidad rocosa y tabular que está entre los 1500 y 3000 metros de profundidad y que ocupa casi toda la provincia de Neuquén. En 2012 el gobierno de esta provincia estipuló que el agua que se utiliza para esta práctica no puede provenir de acuíferos que sirvan para el consumo humano. Según los datos oficiales, los ríos de Neuquén tienen agua de sobra para abastecer a la industria de no convencionales:

calculan que cada pozo utiliza hasta 30 millones de litros de agua en total, y que siguiendo el plan de perforación de 2500 pozos en los próximos 5 años, el agua utilizada representa menos del 1% del caudal de los ríos. El consumo humano, la agricultura y la industria utilizan 5% y el 94% desemboca en el mar.

Sin embargo, ¿qué ocurre en otras cuencas donde el agua superficial es escasa o nula como la del Golfo de San Jorge en Chubut donde ya comenzaron las perforaciones?

Posiblemente, el tema que más preocupa a las comunidades es la posible contaminación del agua subterránea. Al igual que la explotación convencional de hidrocarburos, donde no es necesario fracturar la roca, esta técnica conlleva riesgos. Estos pueden ser minimizados al realizar en la primera porción del pozo una aislación con una triple capa de acero y cemento para proteger los acuíferos aptos para uso humano los cuales se encuentran centenas de metros por encima de la roca que se va a fracturar. Esta

Figura 1. Esquema de un yacimiento no convencional que abarca la recuperación de hidrocarburos a través de fracturas, protección del acuífero y tratamiento en superficie de hidrocarburos junto al agua residual. (Modificado de N.R. Fuller, 2012; www.sayostudio.com)



distancia evita que las fracturas se pongan en contacto con el acuífero, ya que las mismas alcanzan una distancia máxima de 150 m respecto al pozo.

No obstante, no se debe perder de vista que en EEUU se explotan yacimientos someros que están muy próximos a los acuíferos, y que habrían sido alcanzados por las fracturas y provocado contaminación con gas. En nuestro país, existen yacimientos someros, que por variables tecnológicas o geográficas aún no son rentables, pero podrían serlo en un futuro.

Otro factor que despierta sospechas a quienes se oponen a esta práctica es la forma en la que se recicla el agua residual, que contiene una veintena de aditivos químicos, y que debe ser tratada en su totalidad antes de ser desechada o reutilizada.

YPF reutiliza poco más del 50% en nuevos pozos y el resto es volcado a un acuífero subterráneo a 1.500 metros de profundidad, que por su alta salinidad no es apto para uso humano. A esa profundidad el agua residual no tiene ningún contacto con las napas de agua potable, que están a menos de 300 metros de la superficie.

***Aunque técnicamente
un proyecto sea sustentable
en materia ambiental,
debe tener consenso en la
comunidad para que sea viable***

Por otra parte, estudios realizados en el Reino Unido comprobaron que el fracking puede causar microsismos de hasta magnitud 3 en la escala de Richter, en forma similar a lo que causa la minería. A pesar de lo débiles que son estos temblores, hay quienes temen que la masificación de esta práctica en regiones sísmicamente activas pueda favorecer desplazamientos a lo largo de fallas previas y desatar terremotos mayores. Por lo tanto, es preciso realizar un estudio detallado de las fallas preexistentes.

Un punto controvertido es también de que manera este tipo de extracción aporta al calentamiento global. Esto es debido a que normalmente hay una porción del gas metano que llega a superficie que no puede ser capturado y

es liberado a la atmósfera. Este, es un gas 34 veces más potente que el dióxido de carbono para generar efecto invernadero. Científicos de la Universidad de Cornell (EEUU) cuantificaron esa pérdida en pozo y realizaron mediciones atmosféricas que los llevó a afirmar que las emanaciones de metano en EEUU se dispararon en los últimos años debido a la proliferación de esta industria. Sin embargo, un estudio reciente realizado en más de 190 yacimientos, llevado a cabo por científicos de una decena de universidades y entidades públicas americanas, concluyó que dichas pérdidas de metano son menores al 25% de las calculadas por los científicos de Cornell. El debate está abierto.

¿Y el impacto social?

Desde que dejó de ser una promesa para pasar a ser una realidad, la explotación de la Formación Vaca Muerta trajo consigo mucho optimismo. Millonarias inversiones privadas, desarrollo, puestos de trabajo y grandes obras son algunas de las predicciones que provocan el potencial de los hidrocarburos no convencionales. Sin embargo, no son pocos los que resaltan facetas oscuras de este boom petrolero.

En este sentido destacan que la economía regional en Patagonia sigue siendo cada vez más dependiente del gas y el petróleo, y que esto conlleva a una marcada desigualdad en la distribución del ingreso respecto a quienes no trabajan en este rubro. Esa enorme diferencia genera una economía dual: todo se mide con la “vara petrolera” que no todos la alcanzan, y esto se nota más en aquellos pueblos aledaños a los yacimientos. Otro aspecto importante en esas localidades es la falta de infraestructura vial, sanitaria y educativa, atentos a la ola migratoria en busca de trabajo que se espera para los próximos años. Esto último está generando también una burbuja inmobiliaria, con incremento desmesurado en los alquileres y valores de las propiedades, que llevan a que sus habitantes deban mudarse a localidades próximas.

Ver para creer

Se trata de una actividad que, emparejada con el beneficio económico, conlleva un riesgo, como la gran mayoría de las actividades que actúan sobre el terreno. Pero tam-

bién es cierto que durante la última década se ha producido una evolución y mejora en todas las fases y en todos los aspectos implicados: perforación y aislamiento del

Mientras unos sueñan con futuras riquezas petroleras y el Estado se ilusiona con reactivar esta industria, otros miran con preocupación el surgimiento de esta nueva explotación, cuyas consecuencias consideran inciertas.

pozo, control de la fracturación existente y generada, consumo de agua, aditivos, depuración y gestión del agua de retorno. Trabajar sólo en las zonas geológicamente aceptables, hacerlo con garantías y cumplir las exigencias hará que cada vez se esté más cerca del riesgo cero.

El control de esta actividad recae en las órbitas provinciales que son, a la vez, los principales beneficiados económicamente por el cobro de regalías e impuestos. El gobierno de la provincia de Neuquén, asegura que realizan un exhaustivo monitoreo de la actividad, incluyendo estudios de agua para garantizar que no haya contaminación. Sin embargo, organizaciones ambientalistas cuestionan que esos estudios no sean públicos. No sin razones, la falta de credibilidad en la fiscalización por parte del Estado forma parte de la idiosincrasia argentina. En el mismo sentido, existe una concepción generalizada en la sociedad de que las empresas, sean del rubro que sean, colocan al cuidado medioambiental al final de la fila. Para poder revertir estas ideas tan arraigadas en el acervo popular, se debiera garantizar transparencia de los datos y demostrar con ejemplos palpables y en plazos razonables, que el desarrollo de esta nueva forma de explotación petrolera es beneficiosa para toda la sociedad en su conjunto.

Miguel Ezpeleta

Doctor en Ciencias Geológicas
Investigador Asistente del CONICET
Docente de la Carrera de Geología,
Universidad Nacional de La Rioja



Glosario

Formación:

unidad estratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Acuífero: reservorios de agua que están ubicados debajo de la superficie terrestre.

Escala de Richter: escala sismológica, con graduación logarítmica que asigna un número para cuantificar la energía que libera un terremoto. Esta escala va de 1 a 10.

Falla: fractura en la corteza terrestre a lo largo de la cual se mueven los bloques rocosos que son separados por ella. Las fuerzas terrestres actúan sobre la zona de falla, y, por ello, los bloques rocosos a ambos lados de ella tienden a desplazarse.

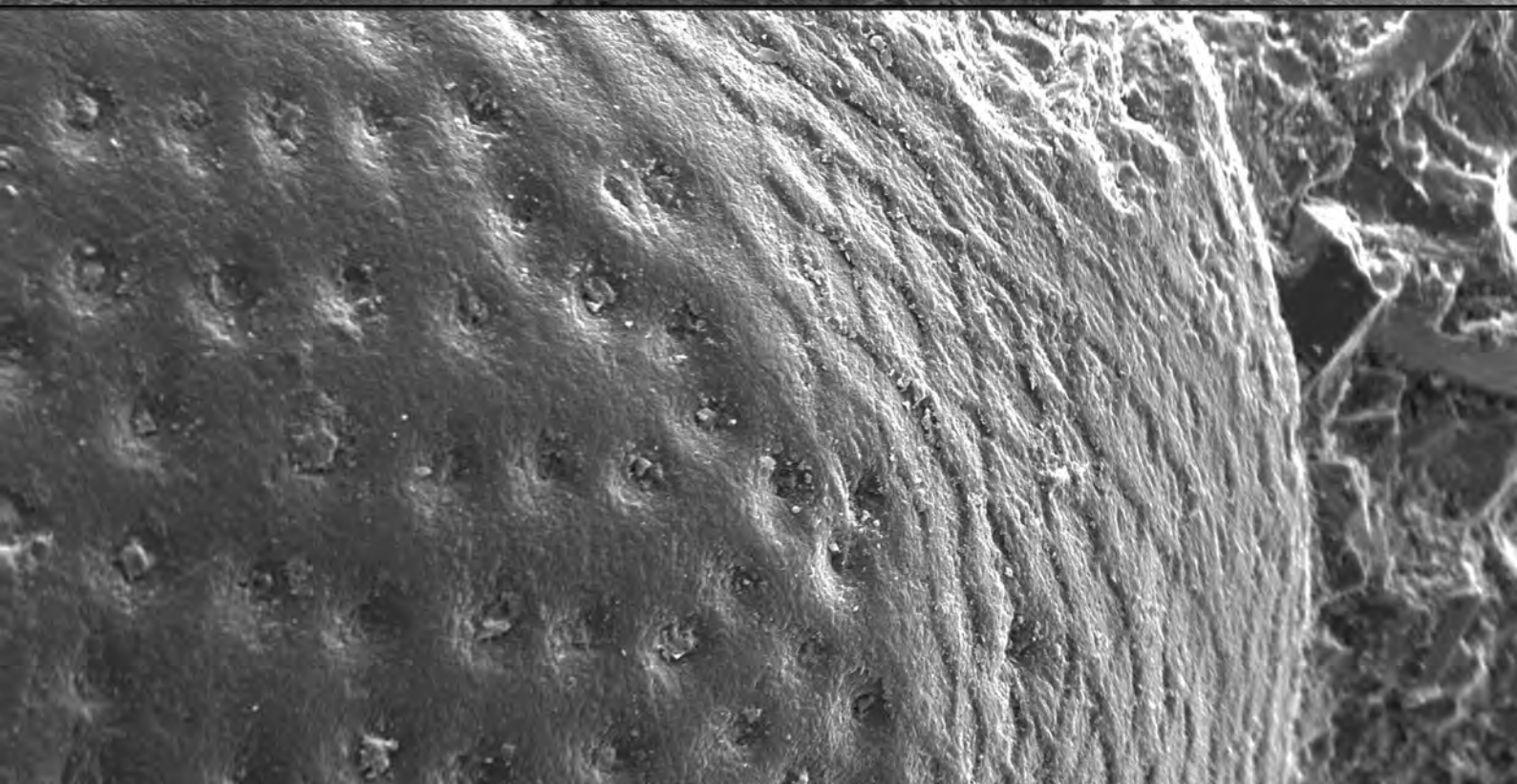
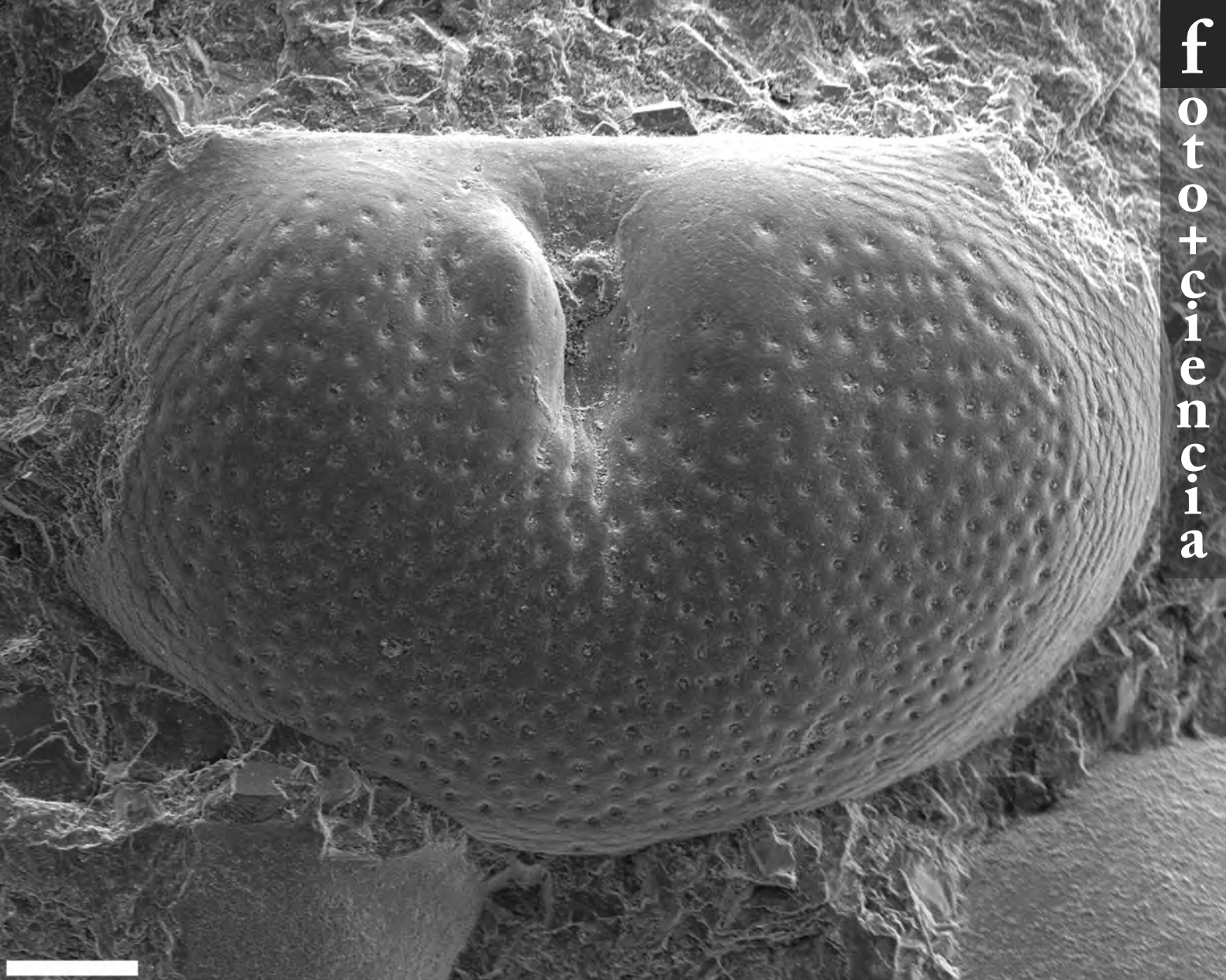
Referencias bibliográficas/lecturas sugeridas

<http://www.ypf.com/EnergiaYPF/Paginas/mitos-y-verdades.html>

http://www.shaleenargentina.com.ar/el-fracking-71#.WQISxvk1_IW

<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/7/4/044030/meta>

http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/10/130905_ciencia_especial_fracking_dudas_am.shtml



FOTOGRAFÍA DE UN OSTRÁCODO FÓSIL (*Nanopsis victoria* Salas, 2011) tomada con microscopio electrónico. Período Ordovícico (470 millones de años), Noroeste argentino. Escala 0,1 mm. **Autor: María José Salas**

La Tierra cambiante

Un viaje hacia el tiempo profundo



(<http://dinopedia.wikia.com>).

La Tierra es un planeta en constante evolución. Su aspecto actual es el resultado de una larga historia que se remonta al momento de su origen, millones de años atrás. Las rocas y los fósiles permiten reconstruir los profundos cambios que ocurrieron en la geografía, en el clima y en los organismos a través de las eras geológicas.

Cuando comparamos el paisaje de cierto lugar que conocimos en la infancia (digamos la Costa Atlántica) con el que vemos hoy en día, seguramente no encontraremos diferencias notables, más allá del avance urbano que inexorablemente se produce año tras año. Sin embargo, cuando nos cuentan nuestros abuelos que antes hacía más frío o llovía más que ahora, empezamos a percibir que algo está cambiando. Esta es la dimensión humana del tiempo, medido con referencia a la duración de una vida, o a lo sumo de algunas generaciones. Pero otra muy distinta, por su magnitud, es la dimensión ‘geológica’ del tiempo que arranca desde el inicio de la historia de la humanidad y se remonta hasta los orígenes de nuestro planeta. A lo largo de este lapso enormemente grande hubo drásticos cambios en la geografía de la Tierra, en su clima, en la química de los mares y de la atmósfera y, por cierto, en su fauna y flora.

Para comprobarlo vamos a recorrer la historia del planeta en una máquina del tiempo imaginaria y nos detendremos en algunas “estaciones” para observar como era el paisaje en ese momento y luego continuar viaje hacia épocas cada vez más remotas (Figura 1).



Juan Luis Benedetto
Doctor en Paleontología
CONICET
Investigador Superior

Los cambios más recientes

Lo primero que avizoramos en el horizonte del tiempo

es un planeta mucho más frío que el actual, con extensos glaciares cubriendo cerca de un tercio de su superficie, especialmente gran parte de la Patagonia y las regiones altas de las montañas, incluyendo las Sierras de Córdoba. Nos hemos detenido 24.000 años antes del presente, cuando la Tierra está transitando por el último período glacial, conocido popularmente como ‘la edad de hielo’ (antes hubo otros aún más intensos). Estamos en el momento de enfriamiento más intenso, con una temperatura promedio cerca de 15°C por debajo de la actual. En aquel entonces, en el Hemisferio Norte habitaban los mamuts y en Europa el *Homo sapiens* moderno pintaba las cuevas donde se refugiaba durante los largos días invernales, como las de Altamira en España. Durante este prolongado lapso glacial alternaron pulsos más fríos con otros más cálidos llamados interglaciales.

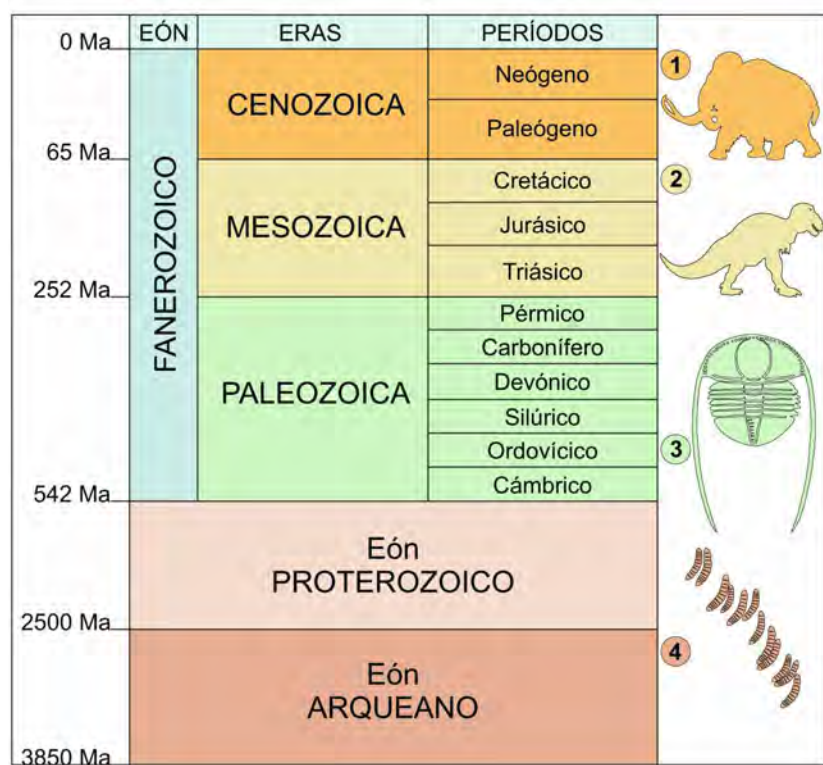


Figura 1. La escala de tiempo geológico y sus divisiones. Los números muestran las paradas de nuestro viaje. Los números a la izquierda de la tabla indican el tiempo en millones de años (Ma) antes del presente.

En la “pampa húmeda”, donde hoy en día hay praderas y pastan animales vemos un paisaje mucho más árido y hostil. Los fuertes vientos originados en las áreas heladas de la Patagonia transportan partículas en suspensión hacia las tierras más templadas donde con el correr del tiempo se formarán los fértiles suelos actuales. A menudo hay tormentas de arena que forman campos de dunas comparables por su tamaño a las del desierto del Sahara. Pero allí donde hay un poco de agua y vegetación podemos ver merodear gliptodontes con su gran caparazón y más allá, cerca de un pequeño bosque, algunos perezosos gigantes o megaterios. Los primeros humanos llegarán a estas latitudes dentro de unos pocos miles de años luego de un extenso periplo a través del Estrecho de Bering que conecta Europa con América del Norte.

Quizás lo más llamativo es que en ese tiempo el contorno de América del Sur era bastante distinto al actual: una buena parte de la plataforma continental, que es la porción que yace hoy en día bajo las aguas del Océano Atlántico, quedó descubierta. La costa se desplazó entre 100 y 200 km mar adentro dejando expuesta una superficie del orden de medio millón de kilómetros cuadrados, que es casi

la mitad de la plataforma continental actual (Figura 2).

Un dato curioso es que las dos Islas Malvinas estaban unidas formando una única gran isla separada de la costa patagónica por un angosto estrecho marino, y además asomaban otros numerosos islotes que actualmente están su-

Quizás lo más llamativo es que en ese tiempo el contorno de América del Sur era bastante distinto al actual: una buena parte de la plataforma continental, que es la porción que yace hoy en día bajo las aguas del Océano Atlántico, quedó descubierta.

mergidos. La explicación de este fenómeno es sencilla: en las épocas glaciales el agua que se evapora del océano precipita como nieve en los continentes y se acumula como hielo, fluyendo muy lentamente hacia la costa en los veranos. Como resultado, el nivel del mar desciende, la costa se retrae y el fondo marino queda al descubierto formando



Figura 2. A la izquierda: Contorno de la parte austral de América del Sur hace alrededor de 22.000 años. A la derecha: Contorno actual. En verde, tierras bajas que incluyen parte de la plataforma marina actual; en marrón, tierras altas; en blanco, región cubierta de hielos continentales. Nótese que las Islas Malvinas están unidas y aparecen numerosas islas nuevas, incluyendo una más grande contigua a la actual Isla de los Estados, que en ese entonces estaba comunicada con el continente (Ponce y Rabassa, 2012).



Figura 3. A la derecha: Huellas de un dinosaurio saurópodo (herbívoros) en rocas del Período Cretácico cerca de Sucre, Bolivia (foto de Santiago Druetta). A la izquierda, reconstrucción de Argentinosaurus, una forma similar a la que dejó las pisadas. (Ilustración de Lucas Fiorelli).

una extensa planicie. Se calcula que durante el último máximo glacial el nivel del mar estuvo entre 120 y 140 metros por debajo del nivel actual, subiendo nuevamente con el deshielo posterior.

Es seguro que si en un futuro los polos continúan deritiéndose por el calentamiento que está experimentando el planeta el nivel del mar irá aumentando, aunque por suerte este proceso es bastante lento (unos pocos milímetros por año).

Cuando el Océano Atlántico no existía

En esta veloz carrera detengámonos nuevamente cuando el reloj de nuestra nave imaginaria indique 80 millones de años antes del presente (80 Ma). Técnicamente estamos en el Período Cretácico (Figura 1). Hemos retrocedido tanto que las glaciaciones han quedado lejos, casi pegadas al presente. Vale la pena volver a nuestra costa atlántica, porque nos vamos a llevar una enorme sorpresa: el mar no está, solo hay tierra firme hasta donde alcanzamos a ver, y más allá también.

Al Este de donde hoy está Mar del Plata está el territorio africano, más precisamente estamos cerca de Ciudad del Cabo en la República Sudafricana. ¿Y el Océano Atlántico? Ya en 1917, el meteorólogo alemán Alfred Wegener

había ensayado la hipótesis de que África y América del Sur estuvieron unidas formando junto a otras piezas (India, Antártida, Australia) un único gran continente denominado Gondwana que existió desde comienzos de la Era Paleozoica (Figura 4). Una de las pruebas más concluyentes que esgrimió ante los incrédulos colegas de su época fue la gran semejanza de las plantas y reptiles fósiles encontrados a ambos lados del Atlántico, la que sería muy difícil de explicar si hubiera habido un océano interpuesto.

Las evidencias científicas actuales a favor de la existencia de Gondwana son más que concluyentes. Hace 220 Ma, en el transcurso de la Era Mesozoica, este megacontinente

Ya en 1917, el meteorólogo alemán Alfred Wegener había ensayado la hipótesis de que África y América del Sur estuvieron unidas formando junto a otras piezas (India, Antártida, Australia) un único gran continente denominado Gondwana.

comenzó a quebrarse. Poco a poco se abrieron brazos de mar que fueron ensanchándose a medida que los continentes se alejaban entre sí a una velocidad de pocos centímetros por año ¿Demasiado lento? Hagan la prueba de multiplicar 5 cm por 100 millones, que es el tiempo que transcurrió

desde que el Atlántico Sur empezó a abrirse. ¡La separación será de alrededor de 5000 km!. La demostración de que a lo largo del tiempo geológico los continentes se desplazan y chocan entre sí y los océanos se abren (y también se cierran) fue uno de los mayores logros de las ciencias de la Tierra. La compleja dinámica de la Tierra fue sintetizada a principios de los años 60' en la teoría de la Tectónica de Placas. (Ver nota ¿Se mueven los continentes en este número) .

Pero volvamos a nuestra parada de los 80 Ma. Tampoco está la cordillera de los Andes, al menos como la conocemos hoy. En su lugar sólo vemos algunas islas volcánicas y el mar ha penetrado libremente dentro del continente inundando las planicies con escaso relieve. En el noroeste de Argentina y Bolivia manadas de grandes dinosaurios herbívoros se desplazan por la orilla de los lagos imprimiendo sus pisadas en los sedimentos (Figura 3).

Si nos aventuramos hasta la Patagonia tendremos la oportunidad de ver temibles dinosaurios carnívoros, como el célebre *Giganotosaurus*, y un sinnúmero de otros animales como ofidios, cocodrilos, reptiles voladores (pterosaurios) y extrañas aves primitivas, además de una flora dominada por grandes helechos y bosques de araucarias. Evidentemente el clima era más cálido que ahora, posiblemente por el efecto invernadero producido por los gases emanados de las erupciones volcánicas ligadas a la apertura del Atlántico. También hay evidencias de que los polos estaban casi libres de hielo pues se han encontrado helechos y dinosaurios cerca del Círculo Polar Ártico de aquel entonces.

Afortunadamente nos detuvimos algunos millones de años antes de que ocurra la supuesta catástrofe que llevó a los dinosaurios y otros organismos a su extinción. Como muchos saben, la teoría más aceptada es que un asteroide de alrededor de 10 km de diámetro impactó la Tierra hace 65 Ma dejando un enorme cráter cerca de la península de Yucatán, en México.

La Tierra quedó rodeada por una densa nube de polvo y partículas de material fundido que sumió el planeta en la penumbra. La flora, que es la base de la cadena alimentaria, fue la primera en sufrir las consecuencias al no poder realizar fotosíntesis, generando un efecto dominó que afectó a los herbívoros y luego a los carnívoros.

Sin embargo la causa de la extinción sigue en pleno debate. Los dinosaurios ya venían en franca declinación y muchos paleontólogos opinan que el impacto, en todo caso, sólo precipitó su extinción. Los pequeños mamíferos de dieta insectívora, que estaban dando sus primeros pasos sobre la Tierra a la sombra de los grandes reptiles, se beneficiaron con su desaparición y no cesaron de evolucionar hasta el presente. Queda flotando una inquietante pregunta: Si no se hubieran extinguido los dinosaurios ¿existiría el hombre?

En el reino del revés: cuando el Sur era el Norte

Ahora vamos a dar un gran salto hacia atrás en el tiempo: detendremos nuestra máquina a los 450 Ma, donde el reloj señala “Período Ordovícico”. Mirando alrededor nada nos resulta familiar. La mayor parte de nuestro territorio está cubierto por el mar y las tierras emergidas carecen casi por completo de vegetación y a simple vista no se ve animal alguno.

En el lugar de la actual cordillera andina emergen algunos volcanes humeantes. A poca distancia de la costa se observa un pequeño continente que está chocando con Sudamérica a la altura de Cuyo. Se trata de Cuyania, un

Sin embargo la causa de la extinción sigue en pleno debate. Los dinosaurios ya venían en franca declinación y muchos paleontólogos opinan que el impacto, en todo caso, sólo precipitó su extinción.

fragmento que se desprendió del continente norteamericano decenas de millones de años antes y que, tras cruzar el “Pacífico” de aquella época, terminó incorporándose a Gondwana.

Dado que corremos el riesgo de desorientarnos conviene buscar la brújula (todo buen viajero debe llevar una, especialmente si viaja en el tiempo), pero al mirar las agujas vemos algo asombroso: ¡El Norte apunta hacia la Patagonia

y el Sur está....al revés! Parece absurdo, pero no lo es: la explicación es que los continentes se han desplazado miles de kilómetros y no lo han hecho en línea recta sino siguiendo trayectorias bastante caprichosas.

El caso es que durante el Ordovícico el Norte de África estaba justo sobre el Polo Sur y, paradójicamente, la Antártida estaba apuntando hacia el trópico (Figura 4). Las pruebas son concluyentes: En las montañas de Argelia y Marruecos los geólogos han encontrado evidentes signos de que allí hubo extensos glaciares a finales del Período Ordovícico.

Pero antes de seguir viaje debemos sacarnos una duda: ¿Cómo eran los seres vivos hace 450 Ma? Para contestar esta pregunta tendremos que ponernos el equipo de buceo y sumergirnos en el mar. Lo que vemos es una gran diversidad de animales viviendo sobre el fondo, algunos de los cuales nos resultan más o menos familiares (esponjas, corales, equinodermos, caracoles) y otros no tanto. Pero lo más llamativo son unos raros animales de cuerpo achatado que se mueven rápidamente sobre el fango con su gran cantidad de patas, los trilobites, un grupo de artrópodos ya extinguidos. En la masa de agua no hay peces sino unos enormes calamares con el cuerpo enfundado en un esqueleto en forma de cono (Figura 5). No hemos visto todo, pero nos vamos con mucho para contar...

El tiempo profundo

A medida que nos alejamos del presente el conocimiento de la Tierra se torna cada vez más difuso por aquello de que el tiempo borra las huellas. Para los geólogos las rocas son como las páginas de un libro en el que está escrita

la historia del planeta. Pero las más antiguas se deformaron y fueron sometidas a altas temperaturas durante el surgimiento de las montañas dejando a los científicos con pocas pistas para reconstruir la escena.

Durante el Ordovícico el Norte de África estaba justo sobre el Polo Sur y, paradójicamente, la Antártida estaba apuntando hacia el trópico.

Nuestra última estación, la más lejana, es todo un desafío. Nos detenemos a los 3000 millones de años antes del presente, en pleno Arqueano, el tiempo más antiguo de la Tierra. Por lo que hemos podido investigar, va a ser bastante complicado dar un paseo: El oxígeno es escaso, menos del 10% del que hay en el presente, hay mucho dióxido de carbono y también metano, un poderoso gas invernadero. Para internarnos en esta atmósfera irrespirable debemos apelar a nuestros trajes especiales.

Afortunadamente la corteza del planeta ya se ha enfriado lo suficiente como para que existan terrenos sólidos donde pisar. Estos primeros continentes eran más pequeños que los actuales, se movían con mayor rapidez sobre el material fundido y su posición no tenía nada que ver con la geografía actual.

Gondwana no existía y mucho menos América del Sur: Sus piezas, dispersas como un rompecabezas desordenado, se irán uniendo a lo largo del tiempo. Los vestigios de estos continentes primitivos han quedado preservados en los cratones, que son como el armazón de los continentes. En Argentina rocas de esta edad están en las sierras de Tandil, que son parte del llamado Cratón del Río de la Plata.



Figura 4. La geografía de la Tierra en Período Ordovícico (450 Ma). El gran continente de Gondwana se extiende desde el Polo Sur hasta más allá del Ecuador (el contorno del mapa). En blanco: casquete glacial. Asteriscos: zonas de glaciación. Las líneas negras indican zonas de separación de continentes (expansión del fondo oceánico); las rojas indican zonas de convergencia y colisión de placas. AF: África; AU: Australia; EU: Europa; IN: India; NA: América del Norte; SA: América del Sur (simplificado de Cocks y Torsvik, 2006).



Figura 5. Reconstrucción de una comunidad marina de la Precordillera argentina durante el Período Ordovícico. La reconstrucción pertenece a la Muestra Paleontológica "500 millones de años de viaje submarino. La vida en los mares primitivos" expuesta desde 2012 en la Academia Nacional de Ciencias (Diseño: Santiago Druetta).

Los continentes a fines del Arqueano tienen aspecto de tierra arrasada, no hay un solo vestigio de vida, sólo rocas desnudas y gases volcánicos (Foto de portada). Nuevamente debemos sumergirnos en las aguas oceánicas –por suerte bastante cálidas por el efecto invernadero– para buscar una respuesta. A simple vista no vemos nada, sólo percibimos cierta turbidez, pero si sacamos una muestra y la observamos al microscopio quedaremos asombrados por la cantidad de microorganismos que pululan en el agua. Son bacterias, muchas de ellas capaces de realizar fotosíntesis, como las llamadas cianobacterias. A pesar de que la radiación solar es casi un tercio menor que en el presente, la luz posibilita la fotosíntesis, una reacción química que consume CO_2 y desprende oxígeno que se va concentrando en la atmósfera. Esta fue la primera gran polución ambiental del planeta producida por seres vivos. Lo más notable es que la presencia de oxígeno libre en los mares y en la atmósfera abrió las puertas para que evolucionen organismos cada vez más complejos que, al igual que nosotros, lo consumen para obtener energía.

Buscando los orígenes

El sistema solar –Tierra incluida– se originó a partir de la condensación de una nebulosa incandescente de polvo y gases hace alrededor de 4500 millones de años. Pero la Tierra es joven si la comparamos con los 13000 millones de años de edad que tiene el universo (tomando como punto de partida el célebre Big-Bang).

A partir de su nacimiento nuestro planeta no ha cesado de enfriarse y cambiar de aspecto. Al principio estaba envuelto por un mar de lava, luego se formaron los primeros esbozos de continentes, se condensó el vapor de agua formando los océanos y en ellos evolucionó la vida. Los primeros seres eran muy simples, más tarde dominaron las bacterias que vimos en nuestra última parada, luego aparecieron las células con núcleo y después se diversificaron los seres multicelulares más complejos. Por último, algunos organismos abandonaron el agua para colonizar la tierra firme poblando los continentes con una enorme variedad de plantas y animales. Al final de nuestro vertiginoso viaje imaginario nos damos cuenta que la vida evolucionó en un marco geográfico y climático extremadamente cambiante y es muy posible que este haya sido el principal motor de la evolución.

RB

Referencias bibliográficas/lecturas sugeridas

- Gould, S.J. (1991). La vida maravillosa. Ed. Crítica, Barcelona, 447 p.
- Ponce, J.F. y Rabassa, J. (2012). La plataforma submarina y la costa atlántica argentina durante los últimos 22.000 años. Ciencia Hoy 22 (127): 51–56.
- Sánchez, T.M. (2012). La historia de la vida en pocas palabras. Ed. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba, 206 p.

Jóvenes científicos

Samia Solange Cortés, es geóloga egresada de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Actualmente forma parte del CICTERRA y está realizando la carrera del Doctorado en Ciencias Geológicas con una beca de CONICET.



¿Bosques nativos o pinos exóticos?

Su investigación, dirigida por los Drs. Eduardo Piovano y Diego Gurvich, consiste en el estudio de la hidrología en cuencas de montaña con diferente cobertura vegetal (exótica vs. bosque nativo) en las Sierras Grandes de Córdoba.



¿Podrías explicarnos brevemente en qué consiste tu trabajo?

Mi trabajo consiste en evaluar cómo y en qué medida se ven afectados los recursos agua y suelo debido al reemplazo del bosque nativo por especies de pinos exóticos en cuencas serranas. El enfoque de mi estudio es Ecohidrológico y es básicamente experimental. Requiere de muchas tareas en campo, como por ejemplo, la medición de diversos componentes del ciclo hidrológico, muestreos y medición de parámetros físico-químicos del agua y del suelo y medición de parámetros estructurales de los bosques. Luego, las muestras que tomo en el campo las analizo en el laboratorio y finalmente proceso los datos, valiéndome de distintas herramientas estadísticas y digitales.

¿Por qué te interesó analizar la relación entre el bosque y el agua en las cuencas de montaña de Córdoba?

Durante mi infancia he vivido en las sierras; allí aprendí a amar al bosque nativo. Mi padre se dedicaba horas a mostrarme las hierbas y los árboles autóctonos, enseñándome sus propiedades y usos y la gran importancia que tenían para mantener el equilibrio en el ecosistema. Si bien mi formación posterior fue en geología, comencé a comprender las complejas y estrechas interacciones entre el agua, el suelo y la vegetación. En los últimos años la vegetación nativa de Córdoba se vio fuertemente afectada, poniendo en riesgo este equilibrio. Las consecuencias ambientales de estos cambios en las zonas semiáridas de Argentina son poco conocidas y valoradas; por eso, me interesé en realizar esta investigación.

¿Considerás que este tipo de estudios es importante?

Sí, considero que este estudio es relevante, ya que las Sierras de Córdoba representan un gran "tanque de almacenamiento" del agua de lluvia y neblinas, proveyendo de agua al 80% de los habitantes de la provincia. El tipo de vegetación presente en las cuencas es un factor crucial, ya que influye diferencialmente en la cantidad y calidad del agua, entre otras consecuencias.

¿Cómo afectan las diferentes plantas, exóticas o nativas, al agua o al suelo de una cuenca?

En los sectores altos de las Sierras de Córdoba el clima es frío y hay mucha neblina gran parte del año. Si la vegetación consume poca agua y ayuda a captar la niebla, aumenta la entrada de agua a las cuencas. Esto no siempre es así, ya que el tipo de vegetación es clave para que las entradas de agua sean mayores a las salidas. La vegetación

protege a los suelos de la erosión y compactación, permitiendo incorporar y retener el agua, debido al complejo sistema de raíces, mayor contenido de hojarasca y materia orgánica, lo cual le confiere a los suelos mucha permeabilidad. Posteriormente, este agua es liberada en forma paulatina a ríos y arroyos, asegurando su caudal a lo largo de todo el año. En contraposición, las especies exóticas -como pinos, siempreverdes, crataegus, etc.-, interceptan y consumen más agua que las nativas. Esto genera una disminución de las reservas de agua en el suelo y de los caudales de los ríos y arroyos, afectando fundamentalmente a la provisión de agua en la estación seca. Además, alteran la calidad del agua y modifican las propiedades físico-químicas del suelo.

¿Cuáles son las consecuencias más problemáticas que traería la pérdida de los bosques nativos en Córdoba?

Desde el punto de vista hidrológico, el aspecto más relevante consiste en la profundización de la crisis hídrica que experimenta la provincia durante períodos de sequía y en la estación seca. También disminuiría la calidad del agua, lo que trae aparejado mayores inversiones para su potabilización; se perderían bienes tales como frutos, medicina, leña, madera, etc. y servicios ambientales, como la provisión de oxígeno, captura de carbono, regulación climática. Además, aumentarían los riesgos de inundaciones, la erosión y compactación de los suelos, se perdería la biodiversidad, la cultura e identidad de los pueblos, entre otros.

¿Cómo podrían aplicarse los resultados de tu investigación?

Un objetivo primordial de mi trabajo es brindar información base que quede a disposición de la comunidad local, y en manos de las autoridades. Aspiro a contribuir en planes de manejo, ordenamiento y gestión de las cuencas. Además, pretendo que mis resultados se puedan aplicar a escenarios similares ampliando la base de datos a nivel regional y que sirva de modelo para replicar en otras investigaciones, logrando enfoques más integrados y multidisciplinarios. Esto se torna fundamental a la hora de aplicar políticas de conservación y manejo de los bosques y del agua.

Si alguien estuviese interesado en bajar en temas similares a los que investigás, ¿qué debería estudiar?

Esta problemática puede abordarse multidisciplinariamente, tanto por áreas de las ciencias sociales y las artes, como de las ciencias naturales. Disciplinas como la Geología, Biología, Agronomía, Química, entre otras, son afines a esta temática.

Jóvenes científicos

Rodolfo Agustín Mors, es un joven geólogo egresado de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Está cursando el tercer año del Doctorado en Ciencias Geológicas con una beca del CONICET y lleva a cabo sus tareas de investigación en el CICTERRA.



Entre tufas y travertinos

Su proyecto, dirigido por el Dr. Ricardo Astini y el Dr. Fernando Gómez, consiste en estudiar cómo se forman los depósitos carbonáticos actuales de tufas y travertinos en la Terma Los Hornos, Puna de Catamarca, para entender los registros geológicos antiguos de estos materiales.



¿Podrías contarnos qué son y cómo se forman los travertinos y las tufas?

Son rocas sedimentarias porosas, compuestas principalmente por carbonatos, entre ellos Calcita y Aragonita (dos de los carbonatos de calcio más comunes), precipitadas químicamente a partir de fluidos sobresaturados sometidos a una intensa desgasificación (pérdida de CO_2). Pueden originarse tanto alrededor de surgencias termales o termas (travertinos), como en arroyos, ríos o incluso lagos de baja temperatura (tufas). Los travertinos son muy conocidos por su empleo como rocas ornamentales y de aplicación, por ejemplo, el Monumento Nacional a la Bandera (Rosario) está revestido con esta roca. Además, entre otras cosas, son fuente de compuestos químicos con aplicación tecnológica-industrial, conforman yacimientos de hidrocarburos de clase mundial, y también son importantes registros de las condiciones climáticas del pasado.

¿Cómo surgió tu interés en estudiarlos?

Cuando estaba cursando la carrera de Geología, los docentes de la materia Estratigrafía y Geología Histórica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC), actualmente mis directores, me invitaron a un viaje de campo a la Precordillera de San Juan. En esa campaña visitamos una cantera de travertino formada hace millones de años y también una terma activa (a orillas del Río San Juan) donde las tufas y los travertinos se están formando actualmente. Esta experiencia abrió las puertas a mi actual interés por descifrar cómo funcionan los procesos formadores de estas rocas en la actualidad observando los sistemas activos, sin necesidad de inferirlos del pasado geológico.

¿Cuál es la diferencia entre estudiar un travertino moderno y uno del registro geológico?

En general, el estudio de las Ciencias de la Tierra se basa en analizar productos naturales e interpretar procesos formadores que actuaron hace miles, millones o incluso miles de millones de años. Pero existen ocasiones en que este enfoque clásico no es suficiente para responder ciertas preguntas. Tal es el caso del origen de traver-

tinios y tufas, un debate que lleva ya más de tres décadas. Al parecer microorganismos presentes al momento de la formación de estas rocas, podrían condicionar el proceso de precipitación química de carbonatos, modificando parcialmente en algún aspecto la roca resultante (textura, mineralogía, señal química y/o isotópica). Es aquí cuando los sistemas activos se convierten en verdaderos laboratorios naturales. Nos permiten analizar todo el conjunto de variables actuantes al momento de la

formación de la roca que, por supuesto, no son directamente visibles en el registro geológico. Entender de esta manera los procesos formadores, y posteriormente hacer comparaciones con el registro geológico, resulta a mi parecer una tarea apasionante.

Los resultados que obtengas a lo largo de tu tesis, ¿podrían tener algún tipo de aplicación?

Eso espero. El tema que estudio ha sido considerado de suma importancia en estos últimos años, ya que depósitos muy comparables a los travertinos suelen almacenar en sus poros petróleo y gas, tal es el caso de muchos pozos petroleros en cuencas sedimentarias de Brasil y el Congo. Este hecho señala la necesidad de tener una comprensión profunda y a distintas escalas de los procesos que controlan la formación de estas rocas, su distribución y características. De esta manera, será posible la explotación de este recurso con mayor eficiencia.

¿Cómo es tu rutina de trabajo?

Es difícil hablar de rutinas en trabajos como éste. Mis días pueden ser muy cambiantes, lo que lo convierte en un trabajo más divertido y desafiante. Algunos días los dedico a la lectura, para aprender de personas especialistas en el tema, analizar sus resultados y comprender sus metodologías. Otras veces me focalizo en el estudio de mis muestras en el laboratorio (rocas, sedimentos, agua). También realizo cursos de posgrado para mejorar mi formación, algunos de ellos en otras provincias o países, como así también viajes de campo a mi zona de trabajo en la Puna de Catamarca para recolectar muestras y datos. Una de las cosas más lindas de este trabajo es la posibilidad de viajar y conocer gente de otros lugares que está haciendo cosas similares, aprendiendo a la vez de sus experiencias.

Más allá de la ciencia, ¿cuáles son tus aficiones?

Creo que no me esperaba esta pregunta, (risas). Son muchas mis aficiones personales fuera de la ciencia, pero dos de las más importantes y que llevan conmigo mucho tiempo son la música, y el coleccionismo y lectura de comics.



FICHA GEOLÓGICA

MINERALES: CUARZO



Composición y sistema de cristalización: Anhídrido silícico o bióxido de silicio (SiO_2); los cristales forman prismas de 6 lados y terminan en pirámides de 6 caras (cristalización hexagonal).

Color y dureza: incoloro a gris claro, amarillo, rojizo, negro, azul celeste, rosa, violeta, verde y marrón según variedades; tiene una dureza de 7 y raya el vidrio.

Transparencia y brillo: transparente a opaco; con brillo vítreo, céreo o mate.

Variedades más comunes: cristal de roca, amatista, cuarzo lechoso, cuarzo ahumado, cuarzo citrino, cuarzo rosa (cristalinas) y calcedonia, ágata, ónice, sílex o pedernal (criptocristalinas). Existen más de 112 formas distintas.

Origen y presencia en rocas: es el componente fundamental de muchas rocas, especialmente de las rocas ígneas, pero también se encuentra en rocas sedimentarias y metamórficas por ser muy resistente.

Yacimientos en Córdoba: Es el mineral más común en las pegmatitas de las Sierras de Córdoba: en el área de Cerro Blanco (cercano a Tanti) y en el área de Negro de las Mangas, camino a las Altas Cumbres.

Usos comerciales: en Córdoba se utiliza mayormente para la producción de vidrios, esmaltes y porcelanas, aunque también se usa como material abrasivo y en la producción de hormigones y cementos. Las variedades coloreadas son utilizadas como piedras de adorno o en piezas de joyería.

¿Dónde encontrarlo?: Cristales y geodas de cuarzo (cavidad rocosa en la que han cristalizado minerales) se exhiben en el Museo de Mineralogía y Geología "Dr. A. Stelzner" de la FCEFyN (UNC) y en el Museo Provincial de Ciencias Naturales "Dr. Arturo Umberto Illía" en Córdoba Capital; y en diferentes museos regionales.

FICHA PALEONTOLÓGICA

MAMÍFEROS: GLIPTODONTE

fuelle: H.S. Druetta



Nombre científico: *Neosclerocalyptus paskoensis* (Zurita, 2002)

Medidas y peso: fue uno de los gliptodontes más pequeños, medía hasta dos metros de longitud y pesaba hasta 250 kg de peso.

Características particulares: todo su cuerpo está cubierto por placas óseas, el escudo cefálico (cabeza), la coraza dorsal (tronco) y el estuche caudal en forma de garrote (cola). La coraza es ovalada, alargada y algo extendida hacia adelante a los costados, a modo de hombreras. La zona rostral de la cabeza está muy desarrollada y neummatizada (con muchas cavidades en su interior), lo que les permitió vivir en ambientes predominantemente fríos.

Período: Pleistoceno superior-Holoceno temprano (entre 130 mil y 8.500 años antes del presente).

Distribución geográfica: provincias de Buenos Aires, Córdoba, La Pampa, San Luis, Tucumán, Santa Fe, Corrientes y Chaco.

Hábitat y tipo de alimentación: Habitaban ambientes áridos a semiáridos, de pastizales y extensas estepas, con predominio de vegetación herbácea, eran animales herbívoros.

Observaciones: Esta especie de gliptodonte es la más frecuentemente hallada en la provincia, hasta la fecha se ha encontrado en las localidades de San Francisco, Córdoba Capital, Despeñaderos, Arroyito y Río Tercero.

Lugares de exhibición: Restos de este gliptodonte se exhiben en el Museo de Paleontología de la FCEFyN (UNC) y en el Museo Provincial de Ciencias Naturales "Dr. Arturo Umberto Illía" en Córdoba Capital; y en diferentes museos regionales.





Del cometa a tu vaso



Eduardo L. Piovano

Doctor en Ciencias Geológicas
Investigador independiente del CONICET
Docente de la Escuela de Geología, FCEyN,
Universidad Nacional de Córdoba



El largo camino del agua

El nuestro es el único planeta del sistema solar que posee la mayor parte de su superficie cubierta por agua en estado líquido. En el medio terrestre ésta se desplaza dentro de cuencas hidrológicas que constituyen una fuente de gran riqueza para el desarrollo de la vida. El agua circula sin reconocer “límites políticos”, por eso, su manejo debe ser realizado de manera conjunta entre los diferentes países, provincias o comunidades que se encuentran dentro de un misma cuenca.

El agua de la Tierra proviene de cometas y asteroides que colisionaron con ésta mientras se formaba hace más de 4.000 millones de años. Al observar la Tierra desde el espacio, los astronautas quedaron sorprendidos al ver que habitamos un maravilloso Planeta Azul, cubierto en gran parte por vastos océanos, continentes verdes, casquetes blancos en los polos y nubes de las más diversas formas a su alrededor. Como resultado de su distancia al Sol, la Tierra es el único planeta en el sistema solar que posee la mayor parte de su superficie cubierta por agua líquida, aunque ésta también se encuentra en estado sólido en los glaciares y casquetes polares y como vapor de agua en la atmósfera. Con respecto a nuestros planetas vecinos, de existir agua en Venus, las altas temperaturas harían que se encuentre como vapor en la atmósfera; mientras que en Marte, más alejado del Sol con respecto a Venus y la Tierra, el agua estaría totalmente congelada.

En nuestro planeta el agua se encuentra aproximadamente hasta los 15 km de altura en la atmósfera y, en promedio, hasta 1 km por debajo de la superficie en un gran número de reservorios o almacenamientos tales como los océanos, lagos, ríos, humedales, agua subterránea, glaciares, casquetes polares, los que en su conjunto constituyen la Hidrósfera (*hydro*: agua y *sfaira*; esfera). El agua permanece a lo largo de diferentes



Figura 1. Vertiente de agua en el nacimiento del río Los Hornillos. Sierras Grande de Córdoba. Foto: E. Piovano.

períodos de tiempo en cada uno de los reservorios que integran la hidrósfera, los cuales están interconectados entre sí. Si observamos lo que ocurre durante una lluvia notaremos que el agua sigue un intrincado laberinto de caminos, pudiendo ser interceptada por las hojas de las plantas, o llegar por goteo a la superficie e infiltrarse en el suelo, aflorar en una vertiente (Figura 1), escurrir y llegar a un arroyo y formar un río, o a un lago y allí permanecer un largo tiempo o volver rápidamente a la atmósfera por evaporación desde su superficie.

El camino del agua

El camino que sigue el agua entre los distintos almacenamientos o reservorios se conoce como Ciclo Hidrológico. Podría iniciarse en la evaporación de los océanos o en la transpiración de las plantas hacia la atmósfera y desde allí retornar a la

En nuestro planeta el agua se encuentra aproximadamente hasta los 15 km de altura en la atmósfera y, en promedio, hasta 1 km por debajo de la superficie en un gran número de reservorios o almacenamientos tales como los océanos, lagos, ríos, humedales, agua subterránea, glaciares y casquetes polares, los que en su conjunto constituyen la Hidrósfera

Figura 2. Ciclo del Agua y los procesos verticales (precipitación, evaporación, transpiración, infiltración en el suelo) y horizontales (escurrimientos) que comunican los reservorios de la hidrósfera. (Tomado de <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>)





Figura 3. El agua presta servicios ecosistémicos vinculando a la hidrósfera con la biota. Los servicios ecosistémicos comprenden una multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad y sus principales causas de degradación están vinculadas con la actividad humana.

superficie por las precipitaciones, para volver por escurrimiento a través de los ríos nuevamente a los océanos, o bien podría quedar capturada en la biósfera, almacenada como agua subterránea o retenida en glaciares durante miles de años (Figura 2). Este ciclo no tiene ni principio ni fin.

Los océanos representan el 96,5 % de la hidrósfera, seguido por los depósitos de hielo que incluyen a los glaciares, nieve y casquetes polares conformando apenas el 1,7 % del total. En lo que respecta al agua dulce, su fuente más importante proviene del reservorio subte-

Diversos estudios sobre cambios recientes en el ciclo hidrológico mundial pusieron en evidencia que en la segunda mitad del siglo XX hubo una mayor tendencia a sufrir escorrentías, inundaciones y sequías, así como otros fenómenos climáticos a nivel regional y mundial, confirmando que el ciclo hidrológico se ha intensificado

rráneo (0,8 %) quedando muy subordinado el porcentaje de agua superficial en lagos, ríos, humedales y suelos.

El camino del agua puede presentar aceleración o retraso en algún sector de sus múltiples recorridos como

resultado de factores naturales (e.g, aumento del efecto invernadero de la atmósfera debido a la actividad volcánica) o por la interferencia producida por la actividad humana (e.g, emisión de gases, modificación de cuencas, entre otros). Diversos estudios sobre cambios recientes en el ciclo hidrológico mundial pusieron en evidencia que en la segunda mitad del siglo XX hubo una mayor tendencia a sufrir escorrentías, inundaciones y sequías, así como otros fenómenos climáticos a nivel regional y mundial, confirmando que el ciclo hidrológico se ha intensificado. La modificación del ciclo hidrológico implica una inevitable repercusión entre el ambiente y el agua, es decir sobre los servicios ecosistémicos, que son la base para el desarrollo sustentable de la humanidad (Figura 3). Hay cuatro requisitos básicos para asegurar la perdurabilidad de la población humana en la Tierra: a) agua dulce, b) alimentos, c) energía y d) disponibilidad de espacio habitable. De todos éstos, la pérdida del agua dulce es el factor de mayor amenaza.

Cambios en el ciclo hidrológico: El aumento de las precipitaciones en el centro de la Argentina

La región ubicada en el sudeste del continente sudamericano está habitada por más de 200 millones de

personas y genera casi la totalidad de la producción hidroeléctrica y cerealera de los países que la integran (Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay). La circulación atmosférica de esta región, controlada por el Sistema Monzónico Sudamericano, ha sufrido un cambio notable desde la década del '70 cuando se produjo uno de los mayores incrementos en las precipitaciones a escala global. El cambio hidroclimático ha tenido un impacto muy profundo sobre las actividades que dependen del recurso agua. Por otra parte, el aumento en las precipitaciones repercutió dramáticamente en algunas localidades ubicadas en el litoral de lagunas de la región Pampeana (por ejemplo, Miramar en Córdoba, Melincué en Santa Fe o Carhué en Buenos Aires) que comenzaron a poblarse desde fines del siglo XIX durante un escenario hidrológico de sequías extensivas. En consecuencia, el nuevo escenario con mayores precipitaciones y aumento de nivel de las lagunas (Figura 4), sorprendió a las poblaciones costeras que se habían desarrollado cuando el agua no era una amenaza para los habitantes.

La laguna Mar Chiquita (Córdoba), uno de los sistemas lacustres salinos más grande del mundo, es un claro ejemplo de la modificación del ciclo hidrológico generado por el aumento de las precipitaciones. Su nivel se incrementó a partir de mediados de la década del '70. Las alturas de la línea de costa han sido muy cambiantes, con notables variaciones; por ejemplo, ocurrieron



Figura 4. Región costera de Miramar afectada por el aumento de la laguna Mar Chiquita. Pueden verse diferentes protecciones o "empalizadas" efectuados durante el aumento de nivel de la laguna para resguardar las construcciones de la erosión por el oleaje. Foto: E. Piovano.

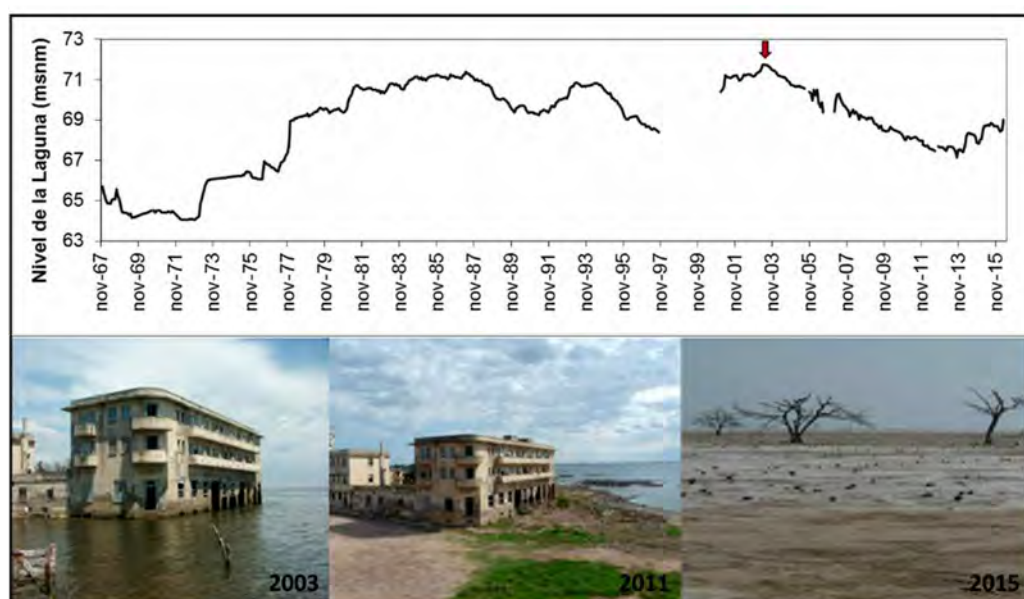


Figura 5. Curva de variación de la altura de línea de costa de la Laguna Mar Chiquita para el período Noviembre 1967 - Abril 2016. Nótese el máximo alcanzado en el año 2003 y la tendencia creciente luego del año 2013. Parte de la información ha sido tomada de Promar, Centro de Zoología Aplicada, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC. Mitad inferior de izquierda a derecha. Fotografías que ilustran la variación reciente. Año 2003 y 2011 y exposición de sectores inundados previamente. Fotos: E. Piovano.

El aumento en las precipitaciones repercutió dramáticamente en algunas localidades ubicadas en el litoral de lagunas de la región Pampeana (por ejemplo, Miramar en Córdoba, Melincué en Santa Fe o Carhué en Buenos Aires) que comenzaron a crecer a fines del siglo XIX durante un escenario hidrológico de sequías extensivas. El nuevo escenario sorprendió a las poblaciones costeras que se habían desarrollado cuando el agua no era una amenaza para los habitantes



Figura 6. Cuenca del río Los Hornillos. Traslasierra. Córdoba. Las mayores alturas que se observan en la parte superior de la fotografía corresponden a la divisoria de aguas de la cuenca. Foto E. Piovano.

bajantes durante los años 1990, 1997-98, un nivel máximo histórico en el 2003, seguido por un marcado descenso hasta el 2013, momento a partir del cual comenzó un nuevo aumento (Figura 5). La variación en los niveles de la laguna Mar Chiquita está principalmente regulada por los cambios en las precipitaciones. Esto no es sólo una característica de esta época. El estudio de su registro sedimentario indica una gran variabilidad durante los últimos 20.000 años de historia como resultado del cambio en las precipitaciones regionales en el SE de Sudamérica.

Sociedad y cuencas hidrológicas

Si observamos el comportamiento del agua en el medio terrestre, advertimos que ésta se desplaza dentro de un espacio denominado cuenca hidrológica. Este espacio está limitado por sus mayores altitudes, que definen la divisoria de aguas (Figura 6), mientras que bajo la superficie el agua se mueve siguiendo las características de los acuíferos. La cuenca en su conjunto incluye los ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros) y acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc.).

Las cuencas hidrológicas son una fuente de gran riqueza para el desarrollo de la vida. En gran medida han determinado el desarrollo de distintas culturas a lo largo

de la historia de la humanidad, favoreciendo su florecimiento (Antiguo Egipto) o su colapso durante períodos de escasez prolongada (Civilización Maya Clásica).

Hace aproximadamente 10.000 años, la llegada de población humana al sector austral de las Sierras Pampeanas se produjo a través de los ríos de llanura de la cuenca del Paraná y los valles de los ríos Carcarañá y Ctlamochita (Tercero). El empleo de los ríos como rutas migratorias se vio favorecido por la gran variedad de fauna y vegetación y, en consecuencia, la oferta de alimentos y agua jugaron un rol fundamental en el poblamiento pasado.

No sorprende entonces que el aumento de la población y la consecuente falta de agua potable sea la gran amenaza de esta época. Las ciudades no se pueden considerar sostenibles si no garantizan el acceso fiable al agua potable. Por primera vez en la historia de la humanidad la mayoría de la población, 3.300 millones de personas, vive en ciudades. Dentro de dos décadas, casi el 60% de la población mundial habitará núcleos urbanos. Quienes más sufren la problemática del agua son los sectores pobres y marginados que, por lo general, viven en zonas suburbanas en rápido proceso de expansión. Es precisamente allí donde no están cubiertas las necesidades más básicas para la vida como lo son la disponibilidad de agua potable, condiciones adecuadas de

Las cuencas hidrológicas son una fuente de gran riqueza para el desarrollo de la vida. En gran medida han determinado el desarrollo de distintas culturas a lo largo de la historia de la humanidad, favoreciendo su florecimiento (Antiguo Egipto) o su colapso durante períodos de escasez prolongada (Civilización Maya Clásica)

saneamiento, el acceso a servicios de salud y a una vivienda duradera y segura (http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_cities.shtml). En la actualidad más de 663 millones de personas viven sin suministro de agua potable cerca de su vivienda lo que les obliga a pasar horas haciendo cola para llenar un bidón o a trasladarse hasta fuentes lejanas. Sin duda, estos sectores son los más vulnerables frente al consumo de agua no potable. De acuerdo a la Organización Mundial de la

Salud, el acceso a servicios de agua, saneamiento e higiene sin riesgos podría evitar que muchas personas sufran enfermedades.

Debemos tomar conciencia que la cantidad de agua en el planeta es siempre la misma. La disponibilidad cambia a lo largo del tiempo principalmente por el deterioro de su calidad lo que determina su aptitud para el uso. Del total presente en la hidrósfera sólo un 3% es agua dulce, o sea, apta para los distintos usos de la humanidad. Con el incremento de la población inevitablemente el consumo también crece. Este hecho, en

En la actualidad más de 663 millones de personas viven sin suministro de agua potable cerca de su vivienda lo que les obliga a pasar horas haciendo cola para llenar un bidón o a trasladarse hasta fuentes lejanas. Sin duda, estos sectores son los más vulnerables frente al consumo de agua no potable



El agua que no se ve

En los productos y servicios que consumimos a diario se encuentra una gran cantidad de agua. El agua virtual representa la suma del total usado para obtener un producto e incluye aquella que se emplea durante el cultivo, crecimiento, procesamiento, fabricación, transporte y venta de los productos. La huella hídrica (HH) se refiere al volumen total de agua necesaria para producir los bienes y servicios que consumimos.

Por ejemplo:

- 1 kilo de tela de algodón: 10.800 litros de agua.
- 1kg de azúcar: 1.500 litros de agua. La caña de azúcar consume alrededor de 220 mil millones de metros cúbicos de agua al año, lo equivalente al 3.4% del consumo mundial de agua para la producción agrícola.
- 100 gramos de chocolate: 2.400 litros de agua.
- 1 kilo de café tostado: 21.000 litros de agua.
- La HH de una vaca para producción de carne es de 3.100.000 litros tomando un promedio tres años para que el animal sea sacrificado y para producir unos 200 kg de carne deshuesada.
- 1 kilogramo de queso: 5.060 litros.
- 1 huevo (40 g): 135 litros.
- 1 vaso de leche (200 ml): 200 litros.
- 1 par de zapatos (piel de bovino): 8 mil litros.
- 1 hoja de papel A4 (80 g/m2): 10 litros.

Tomado de CONAGUA Mexico (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Infograf%C3%ADa%20Huella%20H%C3%ADrica.pdf>)

Video de Huella Hídrica de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina: <https://www.youtube.com/watch?v=bq6DRTHuS7Q>.

Calculá tu Huella Hídrica: <http://ocs.frm.utn.edu.ar/huella/>

general es atendido parcialmente, sólo desde un punto de vista tecnológico; es decir, planificando obras para llevar el agua de una zona a otra. Si bien este procedimiento resulta un paliativo para las áreas que reciben el agua, perjudica a otras, afectando su disponibilidad y, en consecuencia, a los ecosistemas y a la población del área de donde se la extrae.

El Agua ¿recurso renovable o no renovable?

Casi todas las personas que nos beneficiamos con la provisión de agua domiciliar, tomamos como un acto natural abrir una canilla y que ésta fluya. Salvo quienes han atravesado crisis hídrica y sufrido su escasez,



Figura 7. El Embalse San Roque es una fuente que abastece el 70% del agua potable para la ciudad de Córdoba con 1.5 millones de habitantes, además de tener uso multipropósito destinado a riego y energía hidroeléctrica para la región, atenuación de crecidas, desarrollo de actividades recreacionales y turismo. Foto: E. Piovano.

existe en general muy poca conciencia del gran esfuerzo y conocimiento necesario para realizar la planificación y distribución del agua.

Debido a que el flujo del agua responde a leyes físicas, las cuencas hídricas superficiales y subterráneas constituyen la única unidad territorial apta para planificar la gestión del agua. Por eso, el hecho de considerar los límites políticos para definir el manejo del agua es y ha sido un gran error en la planificación.

Muchas veces se dice erróneamente que el agua es un recurso “renovable” cuando en realidad es un recurso finito, es decir, disponible en cantidades limitadas. El concepto de recurso y su clasificación en renovables y no renovables, proviene de una concepción moderna donde impera la idea antropocéntrica de que la naturaleza es exterior al hombre

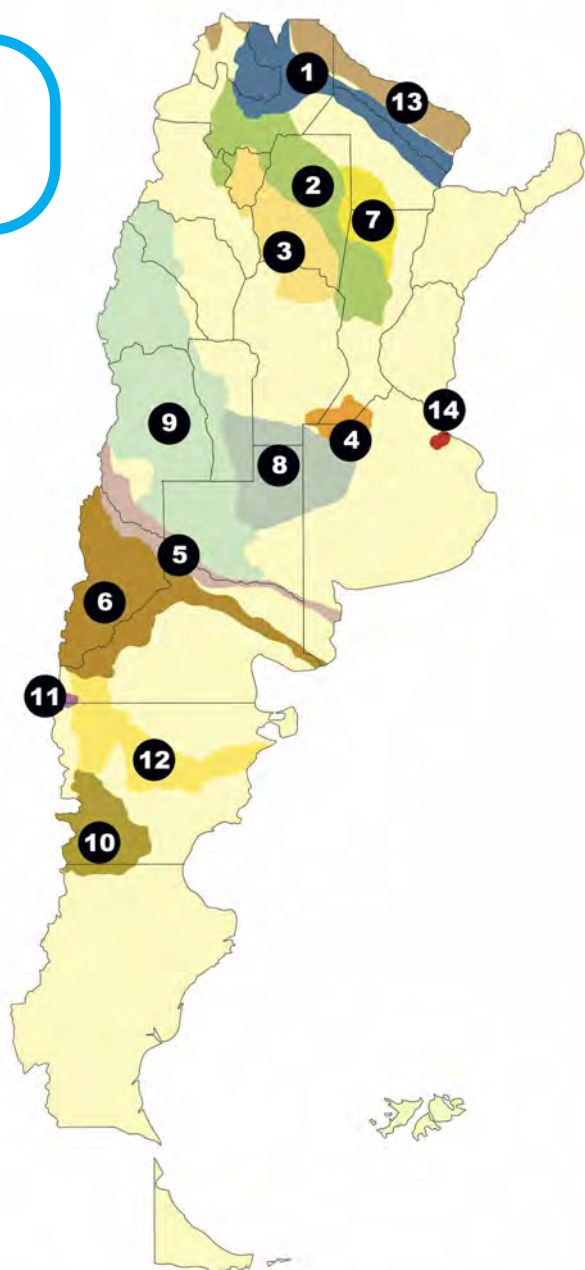
Muchas veces se dice erróneamente que el agua es un recurso “renovable” cuando en realidad es un recurso finito, es decir, disponible en cantidades limitadas (Figura 7). El concepto de recurso y su clasificación en renovables y no renovables, proviene de una concepción

moderna donde impera la idea antropocéntrica de que la naturaleza es exterior al hombre. De esta manera, “Naturaleza y Sociedad” son concebidas como entidades independientes, siendo los recursos naturales utilizados con la concepción de que la naturaleza es un ámbito por fuera de la cultura al cual recurrimos para satisfacer necesidades. Cuando sustituimos la idea de naturaleza exterior al hombre por el concepto de ambiente, la concepción de “recursos naturales” que distingue naturaleza y cultura, se torna obsoleta.

Si nos reconocemos parte de la naturaleza, podremos entonces comprender que existe una unidad integrada llamada socioecosistema la cual está compuesta por sistemas naturales que se vinculan de forma dinámica e interdependiente con los sistemas sociales. Este nuevo concepto permite comprender la complejidad que involucra la gestión del agua, donde la toma de decisiones debe considerar de manera integrada el conocimiento de cómo está formada y cómo funciona una cuenca con todos los aspectos económicos, sociológicos y políticos que actúan sobre ella. Surge así la concepción de cuenca social, que es una composición compleja integrada por la cuenca geográfica y sus zonas de influencia, determinada por los usuarios del agua. De esta manera, una cuenca social suele implicar un traslape de varias cuencas geográficas las cuales están entrelazadas entre sí por el tejido social que construyen sus múltiples usuarios.

La gestión de los recursos hídricos en Argentina

En nuestro país los recursos hídricos superficiales cuentan con un caudal medio de 26.000 m³/s. Sin embargo, esa media distorsiona la real distribución espacial



y temporal de los recursos hídricos, ya que el 85% del total de éstos corresponden a la Cuenca del Plata (30% del territorio y 22.000 m³/s), en tanto que las cuencas de zonas áridas y semiáridas disponen de menos del 1% del total de los recursos hídricos superficiales (11% del territorio y 223 m³/s). En total, más del 75% del territorio nacional presenta condiciones áridas y semiáridas. Incluso, hay extensas regiones cuya disponibilidad hídrica está por debajo del índice de estrés estipulado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (1.000 m³/año x habitante). Consecuentemente, las

Más del 75% del territorio nacional presenta condiciones áridas y semiáridas. Incluso, hay extensas regiones cuya disponibilidad hídrica está por debajo del índice de estrés estipulado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (1.000 m³/año x habitante). Consecuentemente, las aguas subterráneas tienen un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico de las regiones áridas y semiáridas, como fuente de abastecimiento a la población, la industria y el riego

aguas subterráneas tienen un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico de las regiones áridas y semiáridas, como fuente de abastecimiento a la población, la industria y el riego.

Frecuentemente las cuencas atraviesan más de una provincia por lo que es necesario plantear su manejo de forma coordinada. Por este motivo y con el objetivo de coordinar la planificación hídrica del país, el 27 de marzo de 2003 los representantes de distintas jurisdic-

Figura 8. Argentina tiene una organización política federal en la que corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos hídricos, aunque existen comités de cuenca interjurisdiccionales para efectuar la gestión del agua en las cuencas hídricas que abarcan varias provincias. En el mapa se pueden ver los 14 comités regulados por el COHIFE.

Referencias del mapa: 1- Comité Regional del río Bermejo (COREBE); 2- Comité de la Cuenca del río Juramento Salado; 3- Comité de la Cuenca del río Salí Dulce; 4- Comité de Cuenca de la Laguna La Picasa; 5- Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO); 6- Autoridad Interjurisdiccional de la Cuenca de los ríos Neuquén, Limay y Negro (AIC); 7- Comité de la Región Hídrica Bajos Submeridionales; 8- Comité Interjurisdiccional de la Región Hídrica del Noroeste de la Llanura Pampeana (CIRH-NOP); 9- Grupo técnico del río Desaguadero; 10- Comité de Cuenca del río Senguer; 11- Autoridad de Cuenca del río Azul (ACRA); 12- Comité Interjurisdiccional de la Cuenca del río Chubut; 13- Comité Interjurisdiccional del río Pilcomayo; 14- Autoridad de Cuenca del río Matanza Riachuelo (ACUMAR <http://www.cohife.org.ar/ComiteCuenca.html>).

ciones, suscribieron el Acta Constitutiva del Consejo Hídrico Federal (COHIFE) para lo cual se han establecido Comités de Cuencas y Organizaciones Interjurisdiccionales. Un ejemplo es el Comité de la Cuenca del río Salí Dulce formado por las provincias de Córdoba, Santiago del Estero, Tucumán, Catamarca y Salta (Figura 8, número 3). Dentro de los objetivos del comité se encuentra preservar los Bañados del Río Dulce, la laguna Mar Chiquita y otros cuerpos de agua, los cuales constituyen uno de los humedales más importantes del mundo y han sido declarados como Sitios Ramsar por su de gran valor natural no solo para nuestro país sino para la humanidad en su conjunto (<http://www.ramsar.org/es>).

Consideraciones finales

El agua es un elemento valioso y maravilloso sin el cual nuestro planeta sería completamente diferente. En todo lo que observamos a nuestro alrededor, el agua ha

cumplido un rol fundamental. Desde nuestros alimentos, la ropa que utilizamos, la construcción del lugar que habitamos, todo ha sido producido utilizando agua.

Gran parte de la legislación para reglamentar su manejo ha sido escrita, sólo se necesita la voluntad política de implementarla rigurosamente integrando ambiente, cultura y medio socioeconómico. Es importante que las decisiones en materia de su uso estén basadas en el conocimiento de los expertos y del usuario como usuarios, pero sin escindirnos del ambiente.

Afortunadamente, como sociedad estamos comprendiendo que la toma de decisiones en la gestión del agua debe considerar la interdependencia entre cuenca y sociedad. Es nuestro deber reclamar la aplicación de criterios de equidad, integridad ecológica y eficiencia en el manejo del recurso hídrico, aunque debemos reconocer que el primer desafío empieza por lo personal.

Mucho ha ocurrido para que esa molécula de agua que llegó en un cometa hace millones de años ahora esté en nuestro vaso. El viaje ha sido muy largo. Sumémonos al desafío diario de su cuidado.

RB

Bibliografía/Lecturas sugeridas

Carabias, J. y Landa, R. 2008. Los recursos hídricos y la gestión de cuencas en México. En: L. Paré, M.A. González y D. Robinson. *Gestión de cuencas y servicios ambientales: perspectivas comunitarias y ciudadanas*. INE-ITACA-Raises-Sendas-WWF, México.

Duarte, C. 2006. *Cambio global; impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra*. Consejo superior de investigaciones científicas, CSIC, Madrid.

Mastrangelo, A. 2009. Análisis del concepto de recursos naturales en dos estudios de caso en Argentina. *Ambiente & Sociedad*, 12(2), 341–355.

Paré, L. 2012. *Al filo del agua: cogestión de la subcuenca del río Pixquiá, Veracruz*. Instituto Nacional de Ecología.

Paris, M del C., Zucarelli, G.V. y Pagura, M.F. 2009. Las miradas del agua. Ediciones UNL, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional del Litoral. http://aquabook.agua.gob.ar/files/upload/contenidos/10_2/LasMiradasdelAgua_MartaParis.pdf

Documentales en la web

Recursos naturales. El agua. Canal Encuentro
<https://www.youtube.com/watch?v=THAI0X9zsnQ>

Glosario Hidrológico Internacional:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002218/221862m.pdf>

SITIOS RELACIONADOS CON EL AGUA:

Día mundial del agua <http://www.un.org/es/events/waterday/>

Programa hidrológico Internacional

<http://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia>

AQUASTAT – FAO

<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>

UN WATER

<http://www.unwater.org/>

Base de datos hidrológicos de Argentina

<http://bdhi.hidricosargentina.gov.ar/#>

¿Se mueven los continentes?

Por Juan Luis Benedetto

La teoría de la Tectónica de Placas, formulada en la década de los años 60, nos permite entender cómo funciona nuestro planeta. A diferencia de lo que se creía antes, los continentes no permanecen fijos sino que se desplazan lentamente a través del tiempo geológico. En esencia, la Tierra está formada por una capa rígida externa de algunas decenas de kilómetros de espesor llamada litósfera, la que se mueve sobre materiales más densos y en estado plástico (lo opuesto a rígido) debido a su alta temperatura, la astenósfera (Figura 1). La litósfera no es continua sino que está dividida en seis placas mayores y unas doce más pequeñas formando un gigantesco rompecabezas (Figura 2).

Las placas no son estáticas sino que tienen movimientos relativos, por ejemplo algunas se separan entre sí y

otras se comprimen. Las principales zonas de divergencia o separación de placas están situadas a lo largo de las extensas cordilleras volcánicas submarinas que recorren la parte central de todos los océanos del mundo. Sus cumbrones yacen varios cientos de metros debajo de la superficie marina y por eso no las vemos, salvo en algunos lugares como Islandia donde asoman como tierra firme. A lo largo de estas cadenas submarinas surgen materiales fundidos (magma) de las profundidades de la Tierra los que se van adicionando en forma simétrica a cada lado de la zona de ruptura y separación formando nueva corteza oceánica. Los continentes que cabalgan sobre las placas se mueven como si fueran llevados sobre una gigantesca cinta transportadora a razón de algunos centímetros por año. Eso es lo que ocurrió con África y América del Sur, que comenzaron a separarse hace 180 millones de años

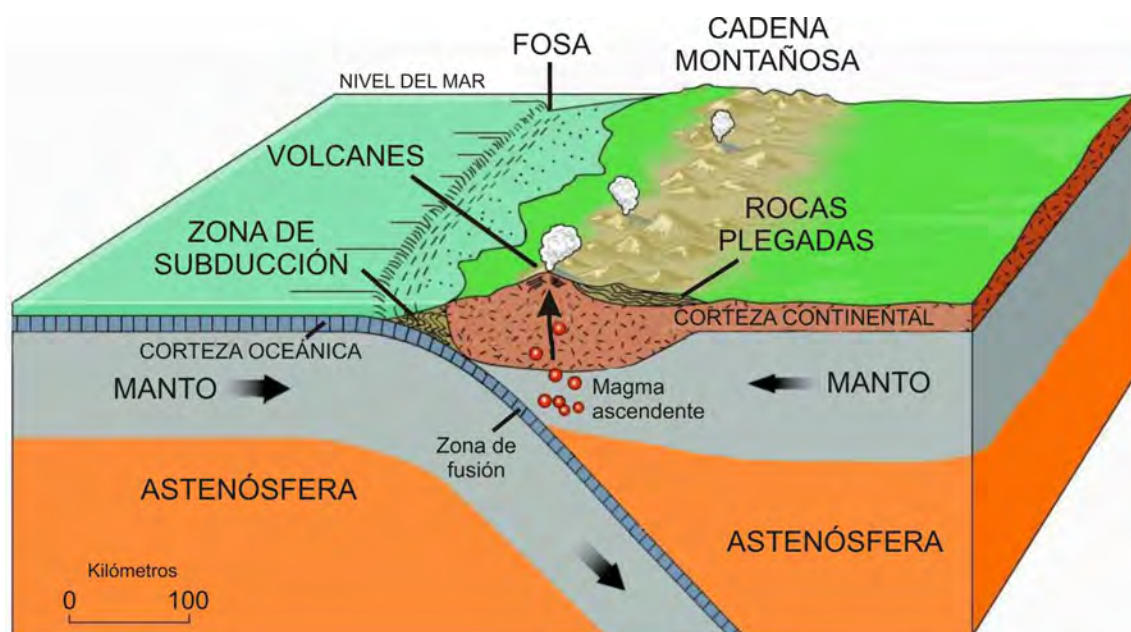


Figura 1. Esquema de subducción entre placas litosféricas. La litósfera comprende la parte superior del manto (en gris) y la corteza terrestre (oceánica o continental). Las flechas indican el movimiento relativo de las dos placas.

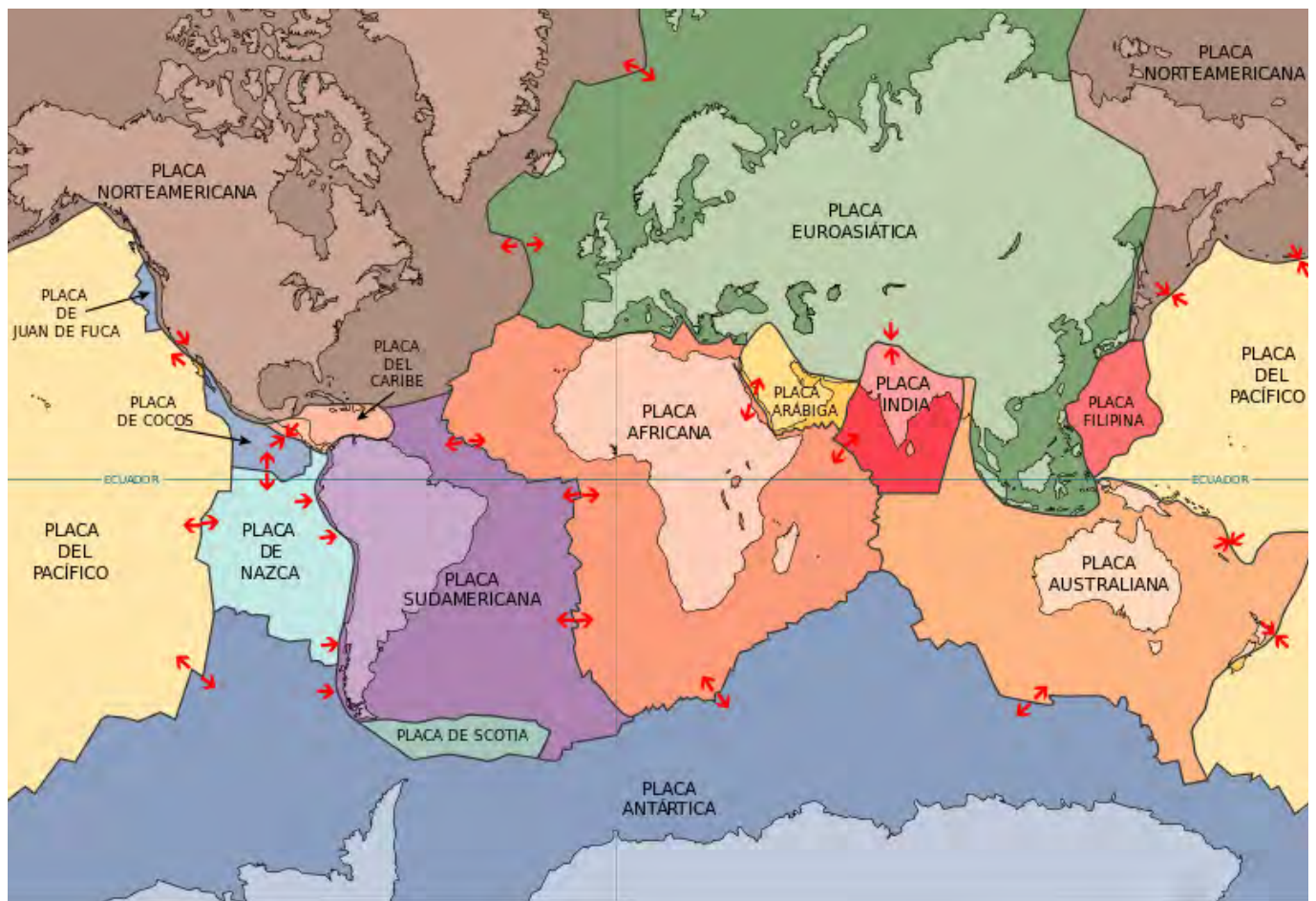


Figura 2. Mapa de la superficie terrestre mostrando el mosaico de placas tectónicas. Las líneas negras representan los límites entre placas. Nótese que una misma placa, como por ejemplo la placa Sudamericana, incluye una parte oceánica (color más intenso) y una parte continental (color más claro) (de <https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/slabs.html>).

cuando el Atlántico Sur se fue abriendo. El caso opuesto es cuando las placas tectónicas no se separan sino que convergen o “chocan” entre sí. Es lo que ocurre en el presente a lo largo del llamado “cinturón de fuego” del Océano Pacífico. Un ejemplo cercano es la costa de Chile, donde la placa oceánica más densa (la placa de Nazca) se hunde debajo del continente que está formado por rocas más livianas, fenómeno que se conoce como subducción. Como resultado, las rocas que se hunden en las profundidades se funden y luego emergen como lava a través de los cientos de volcanes que jalonan la cordillera andina. Además, la “fricción” de una placa contra la otra produce fuertes terremotos y la tremenda compresión hace que las rocas se plieguen y asciendan formando extensas cordilleras, como la de los Andes. En estas zonas

de convergencia de placas también pueden colisionar dos continentes entre sí. Dado que tienen similar densidad, ninguno puede hundirse totalmente debajo del otro, y por lo tanto la compresión entre las dos placas será muy intensa. Es el caso del choque de la placa India contra el sur de Asia, cuyo resultado fue la formación de la cadena montañosa más alta del planeta, los Himalayas. Por último, hay casos en que las placas no se separan ni convergen sino que se deslizan una respecto de la otra. Un buen ejemplo actual es la zona de falla de San Andrés en América del Norte. Este movimiento lateral está asociado a fuertes sismos y produce el lento desplazamiento de la península de California respecto del resto del continente.

Homenaje a Fernando Calabozo

Fernando Miguel Calabozo, nació en Gral. Roca (Río Negro), estudió geología, egresó de la UNC, donde luego continuó sus estudios de doctorado. Era miembro del CICTERRA y se especializó en volcanología y geoquímica de rocas ígneas. Sus estudios estuvieron enfocados en la Patagonia y Antártida. En septiembre de 2016, a los 30 años de edad, perdió la vida escalando el Volcán Puntigudo (Chile) al ser sorprendido por una tormenta de nieve. Más que un excelente profesional y colega, era un amigo...

Hay muchas anécdotas que sus amigos recordamos y que lo describen tal cual era, siempre activo, vivaz y solidario... Aquí compartimos con ustedes algunas de esas historias:

"El Fer me acompañó al campo en la primera campaña de mi trabajo final a Lago Argentino en 2007. El primer día estaba horrible, lloviznaba y como ya era abril, arriba nevaba. Habíamos caminado todo el día bajo esa llovizna recorriendo la ladera del valle y ya cuando estábamos por pegar la vuelta para el campamento, el Fer dice: *¿y si vamos a ver esa quebrada?* y fuimos, yo con pocas ganas porque había que bajar al arroyo, la barranca tenía como 20 metros y el depósito glaciario estaba medio barroso. Cuando llegamos abajo había un afloramiento de estos depósitos, que prácticamente me pagó el trabajo final. Esa pasión por hacer las cosas bien, por hacer un esfuerzo más, incluso si era el laburo de otro... Yo aprendí una lección ese día... Uno nunca sabe cuánto puede sumar un pequeño esfuerzo más."



culo. Me fijaba quién era... y... salía la carita del Fer, jaja. Ahora cuando subo un trabajo estoy esperando a ver si el Fer de algún lado lo lee..."

.....

"Hicimos un viaje a Villa de Soto a ver las cordieritas (nos insistió durante 1 año para que vayamos). Él se ocupó de toda la logística, finalmente fuimos y quedé maravillado con el lugar y esas "piedras" azuladas, de las cuales nunca había escuchado, a tal punto que fue uno de los momentos en los que me empezó a interesar la petrología, siendo que antes nunca le había prestado mucha atención. Me trajo muestras de mi zona de doctorado porque *"pasaba por ahí y bue...te levanté unas muestritas, vieja"*. Todos tenemos pasión por algo, pero siempre vi en este loco otra cosa, otra forma de llevar la vida y todo lo que ello implica y realmente lo admiraba por eso. Seguramente hay mucha gente apasionada por absolutamente todo lo que hace, pero de esa clase de personas yo tuve el privilegio de conocerlo sólo a él".

.....

"En un viaje a la Precordillera sanjuanina con Geología Tectónica, cuando hacía poco habíamos estudiado que la "Preco" venía de algún otro lado, estábamos en la ruta camino a Jachal haciendo un perfil y en el horario del almuerzo él se puso a contarnos, con *"rigor científico"*, cuál era el origen de la "Preco", aludiendo que esa historia *"está en las rocas"*. No podíamos dejar de reírnos, porque hasta para eso era bueno, para contarnos un cuento con la geología de por medio y darle su toque tan particular. Vamos a extrañar mucho escuchar esas historias un tanto disparatadas." El link para ver el video es: <https://www.youtube.com/watch?v=30qckt4up8Y>

.....

"El Fer realmente disfrutaba aprendiendo y estudiando, era un apasionado. Cuando era estudiante de geología para despejarse en los recreos de estudio se leía un *"buen paper"*, cuando la mayoría de nosotros ni sabía lo que era un paper en segundo año".

.....

"Las poquitas veces que subí trabajos al Researchgate (el facebook nerd, para los que no están al tanto, donde pones qué publicaciones hiciste, tus intereses, sabes quiénes leen tus trabajos y seguís a investigadores famosos) me aparecía un mensaje diciendo que una persona había leído mi artí-

"En el año 2014, antes de su pasantía en EEUU, rompimos el record de cortes delgados, haciendo 40 cortes en 4 días, de 9 a 20 hs". Después de esto el técnico del Labgeo nunca fue el mismo jaja.

.....

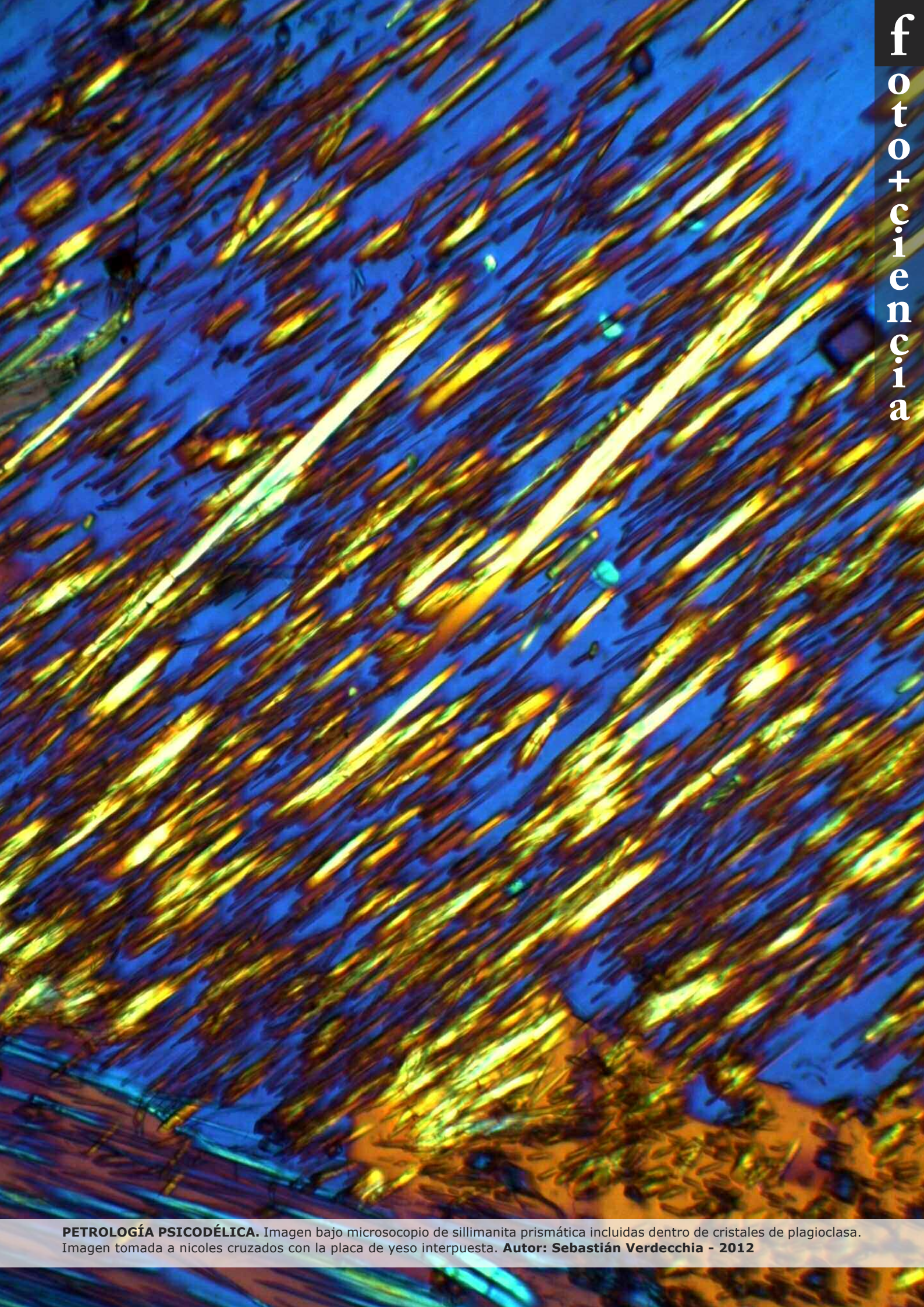
Sin duda todos coincidimos en una palabra: PASIÓN. Era un tipo diferente. Tenía la necesidad constante de aprender cosas. Según algunos profesores que lo conocieron *"estaba fuera de la Campana de Gauss"*. Realmente era fuera de serie. Su otra pasión: la montaña. Los que hemos tenido el privilegio de estar con él en algún cerro sabemos que ese era su lugar en el mundo. Quiénes lo conocimos lo recordamos con una sonrisa, porque eso era lo que él transmitía.

.....

Partiste muy pronto amigo, nos quedaron un montón de anécdotas por vivir... Nunca te olvidaremos! Seguimos en contacto...

.....

Los que participaron en la redacción y anécdotas son: Matías Barionuevo, Mauro Bernardi, Verena Campodonico, Lucia Guerra, Maximiliano Medina, Emiliano Pavetti, Mateo Martini, Carlos Ramacciotti, Nicolás Nimis, Lucas Oliva, Juan Lovecchio y Juan Murra.



PETROLOGÍA PSICODÉLICA. Imagen bajo microscopio de sillimanita prismática incluidas dentro de cristales de plagioclasa. Imagen tomada a nicoles cruzados con la placa de yeso interpuesta. **Autor: Sebastián Verdecchia - 2012**

VISITAS ESCOLARES AL CICTERRA

El CICTERRA cuenta con un programa de visitas escolares orientado principalmente a escuelas secundarias del ciclo de especialización.



En cada encuentro, de dos horas de duración, el grupo de alumnos y alumnas que participa junto al/los docente/s a cargo tienen la posibilidad de visitar los laboratorios LabGeo y LabPaleo. Allí los técnicos a cargo, acompañados de un investigador "geólogo" y "paleontólogo" respectivamente, hacen una introducción de las tareas de cada disciplina y sus metodologías. Además, de acuerdo al interés de cada grupo por temáticas particulares, es posible acordar alguna actividad junto a especialistas del Centro.

Para solicitar una visita contactarse a: secretariacicterra@fcefyn.unc.edu.ar

En el ámbito educativo de la Provincia de Córdoba, las Ciencias de la Tierra constituyen un espacio curricular dentro de las Ciencias Naturales, que se organiza en tres ejes: la geología del Planeta Tierra (Estructura y Composición Dinámica de la Tierra), la historia geológica de la Tierra (que incluye las formas de vida que acompañaron esta evolución) y la geología ambiental de la Tierra (Recursos y Riesgos en los Sistemas Terrestres). Dichos contenidos son factibles de abordar de manera multidisciplinaria dado que involucran un subsistema singular del sistema solar en evolución (la Tierra), integrado por la litósfera, la atmósfera, la hidrósfera, criósfera y la biósfera.



Visita de un grupo de alumn@s al LabGeo y al LabPaleo del CICTERRA (Fotografías: H. Santiago Druetta)

ESPACIO VERDE DEL CICTERRA



Los integrantes del CICTERRA realizan actividades de parquización y mejoramiento del predio donde se ubica el edificio del instituto.

A mediados de 2014 un grupo de integrantes del CICTERRA nos propusimos tener una participación activa en la parquización del espacio verde en torno al edificio. Para ello, nos interiorizamos del plan vigente de Reordenamiento Territorial y Espacio Público en Ciudad Universitaria para intervenir el predio siguiendo la temática del llamado Paseo del Norte (contiguo a la FCEfyN) vinculado con especies nativas. Y así fue que conversamos y nos asesoraron personas vinculadas con dicho plan (como el Ing. Agr. Gustavo Re, especialista en paisaje) y personas del grupo Bosques UNC (como el Dr. Daniel Reninson) que fomentan la restauración parcial de los bosques nativos que existían en Ciudad Universitaria. Y así, sobre estas bases, y con este breve relato fuimos armando nuestra propuesta que denominamos “Espacio Verde del CICTERRA”.

En este período de tres años hemos plantado varios árboles y arbustos nativos: entre ellos 3 algarrobos, 3 molles, 2 manzanos de campo,

1 tala, 2 tuscas, 1 espinillo, 2 garabatos, 1 chañar, 1 lagaña de perro, 1 cina-cina, 1 piquillín, algunas enredaderas, cactáceas y herbáceas.

Para conocer mejor las especies, además de verlas crecer, pusimos cartelitos con sus nombres comunes. Los primeros carteles los hicieron los alumnos de la Escuela de Oficios de la UNC, y luego nosotros los pintamos y barnizamos.

También habilitamos un espacio común, al que llamamos “los tronquitos”, que es utilizado por los integrantes del centro en diferentes momentos del día, como por ejemplo en los almuerzos. Al mismo tiempo destinamos un espacio para hacer *compost* a partir de nuestros desechos diarios orgánicos más comunes como la yerba, y comenzamos a incorporar alternativas de separación de residuos y reciclado, por ejemplo, a través de la elaboración de ecoladrillos.

Para lograr todo esto hicimos y hacemos periódicamente jornadas de trabajo en pos de mantener vivo y funcionando nuestro “Espacio Verde”.



ESPACIO DE ARTE DEL CICTERRA (EAC)



Imágenes de la inauguración del
Espacio de Arte del CICTERRA

El EAC es un lugar de exposición de producciones visuales: fotografías, dibujos, pinturas, entre otras, cuya finalidad es la apertura de canales de diálogo entre la ciencia y el arte. El espacio promueve la interacción de los miembros del instituto y la comunidad a través de las prácticas artísticas.

Primera Muestra: **Fotografías** **ARTE EN LA NATURALEZA:** **1er Concurso fotográfico del** **CICTERRA**

Fotografías: Mateo Martini (1er premio), Fernanda Serra (2do premio), Eduardo Piovano (premio del CICTERRA), Cecilia Mlewski, Gisela Morán, Emilia Sferco, Jorge Strelin, Graciela Toledo, Sebastián Verdecchia.



Segunda Muestra: **Pinturas** **LOS COLORES QUE HABITO**

Autora: Fernanda Serra

El paisaje y la ciudad despiertan colores, me invaden de sensaciones y surgen como pinceladas abstractas hasta quedar representadas en un plano.

HUMOR



AGRADECEMOS A

