



CICTERRÁNEA

- Revista de Comunicación de las Ciencias de la Tierra -

El gran viaje

Una aproximación al turismo científico

La sequía extraordinaria del Paraná

¿Un fenómeno natural o influenciado por la actividad humana?

¿Cuándo dejaremos de ser humanos?

El rulo intrincado entre la ética y la satisfacción del avance en el conocimiento científico

Lo esencial es invisible a los ojos

El estudio de las rocas y sus minerales más allá de lo que vemos



Año 7

Número 7 – 2024

ISSN 2618-2122

COMITÉ EDITORIAL

Editoras responsables

Dra. Emilia Sferco

Dra. Gisela Morán

Dra. Beatriz G. Waisfeld

Comité editor

Lic. Daniela Del Bono

Lic. H. Santiago Druetta

Dra. Cecilia Échegoyen

Dra. Nexxys C. Herrera Sánchez

Ggo. Joel Jaeggi

Dr. Fernando J. Lavié

Dra. Cecilia Mlewski

Dr. Diego F. Muñoz

Dra. Fernanda Serra

Dra. Eliana Soto Rueda

Dr. Pablo Yaciuk

Diagramación y diseño gráfico

Paula Benedetto

Corrección de estilo

Dr. Alberto M. Díaz Añel

Foto de Tapa: La Antártida es un territorio protegido, reservado, por ahora, para la investigación y el turismo. Un escenario extremo, ideal para el turismo científico. Aunque ciertamente, distante y nada económico.
Autor: Guillermo Golde

Esta revista de formato digital se publica con la finalidad de difundir actividades e investigaciones en Ciencias de la Tierra. Los artículos y opiniones firmadas son exclusiva responsabilidad de l@s autor@s. Lo expresado por ell@s no refleja necesariamente la visión o posición de la Institución o editor@s.

www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cicterranea>

Seguinos en:



CONICET



Universidad Nacional de Córdoba

C I C T E R R A



Director: Dr. Marcelo G. Carrera

Vicedirector: Dr. Diego Gaiero

Contacto:

secretariacicterra@fcefyn.unc.edu.ar

Av. Vélez Sársfield 1611,

X5016GCB Córdoba, Argentina

Teléfono: +54 351 535-3800 ext. 30200

www.cicterra.conicet.unc.edu.ar

Presentamos un nuevo número de la Revista, este número sale a la luz en un contexto muy complejo, de grandes incertidumbres.

El sistema científico argentino se encuentra al borde del precipicio. En el modelo de país actual no hay lugar para nada que esté por fuera de las leyes de mercado. En esta línea, la ciencia y la educación pública son consideradas gastos innecesarios. Al día de hoy, el presupuesto asignado para que ambos sistemas funcionen, permite sostenerlos no más allá del mes de junio 2024. Esto no solo equivale a restringir el acceso a la educación gratuita a miles de jóvenes en todo el país que proyectan su futuro en relación a una carrera universitaria, sino también a dejar morir un sistema que acumuló por décadas conocimiento en ciencia y técnica de la más alta calidad. Así lo demostró el último Ranking Scimago (SIR) 2024 que mide el impacto de la actividad científica en el mundo y que funciona a modo de control de calidad. El CONICET se ubicó como la primera institución científica de Latinoamérica por sexto año consecutivo y en el puesto 20 a nivel mundial, superando de este modo a prestigiosas instituciones como la NASA (EEUU). ¿Qué significa esto? Que pese a contar históricamente con muchos menos recursos que los países desarrollados, la ciencia argentina tiene una posición sobresaliente en el mundo y reviste una calidad reconocida a nivel global.

Ciertamente es para estar orgullosos. Sin embargo, paradójicamente en forma coordinada medios locales y redes sociales desprestigian al CONICET y atacan a sus trabajador@s. El objetivo es claro, viralizar un relato que desacredite la institución, poner en contra a la opinión pública y, así, justificar su ahogo presupuestario y eventual desmantelamiento.

Estamos profundamente convencidas que no se puede evaluar la importancia de la ciencia sólo y exclusivamente en términos económicos directos. La ciencia es un pilar fundamental del conocimiento que busca comprender y explicar el mundo en todas sus dimensiones. Permite generar conocimiento e innovación tecnológica, solucionar problemas, facilitar la toma de decisiones y promover un desarrollo soberano.

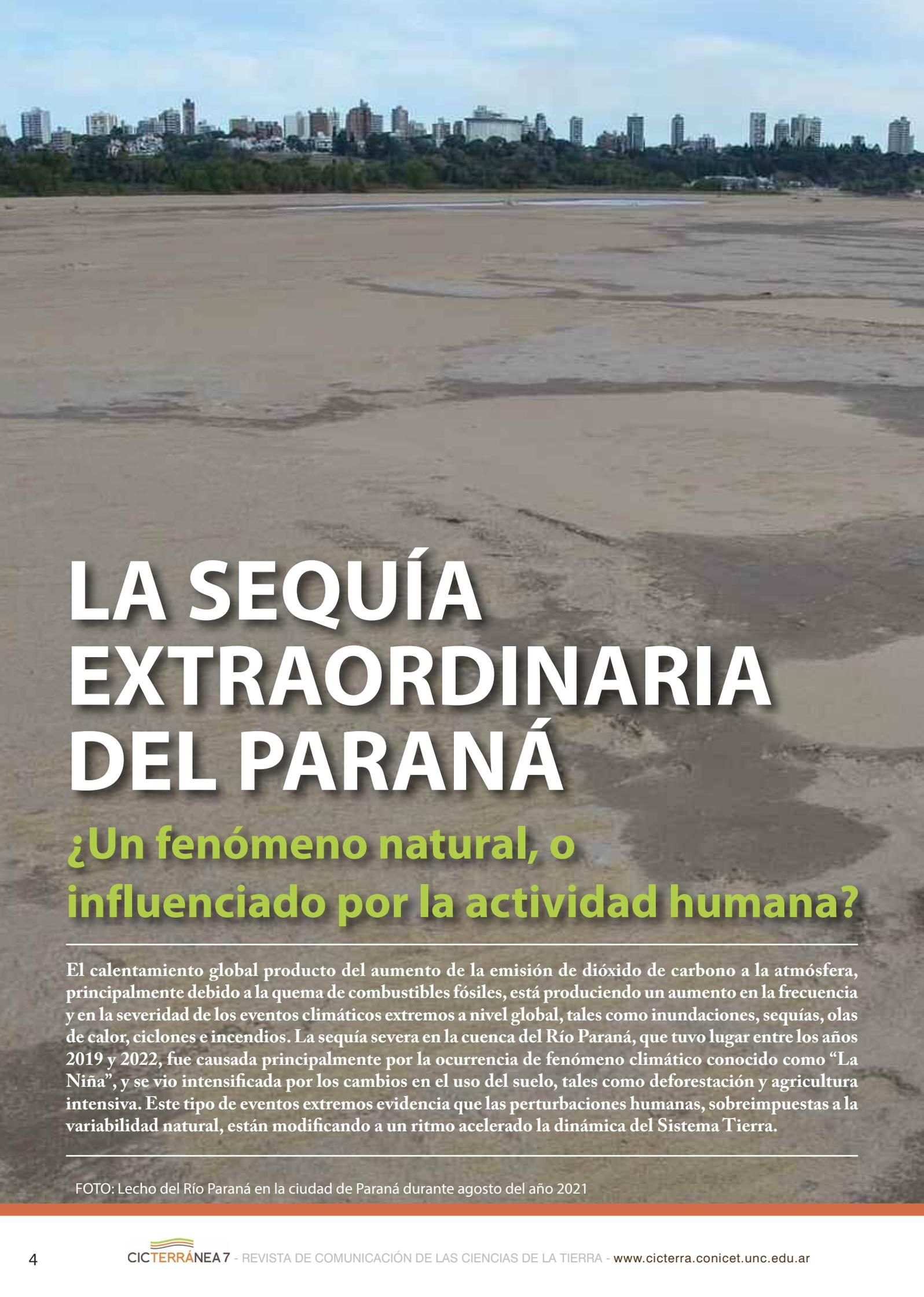
En este momento, en el que la “utilidad” de la ciencia es puesta en duda urge aún más poder mostrar y llevar a todos ustedes, nuestra comunidad, lo que hacemos y cómo lo hacemos. Es por esto que los invitamos a leer este nuevo número, del que participan investigador@s, becari@s y técnic@s del CONICET así como de la Universidad Nacional de Córdoba.

La mayoría de ell@s, padres, madres, herman@s, tí@s, hij@s, abuel@s, pudieron estudiar y ejercer su profesión gracias a la educación pública, herramienta esencial para la inclusión de tod@s en la sociedad y que hoy, una vez más, lamentablemente, nos toca defender y cuidar.

Por eso, en estos tiempos de bombardeo de información, muchas veces de dudosa calidad y veracidad, este número es nuestro humilde aporte a llevar nuestras investigaciones, procesos y resultados a sus casas, y mostrarles, desde lo que hacemos cotidianamente, cómo se trabaja hoy en ciencia en Argentina.

¡Esperamos que lo disfruten!

Emilia Sferco, Gisela Morán y Beatriz Waisfeld

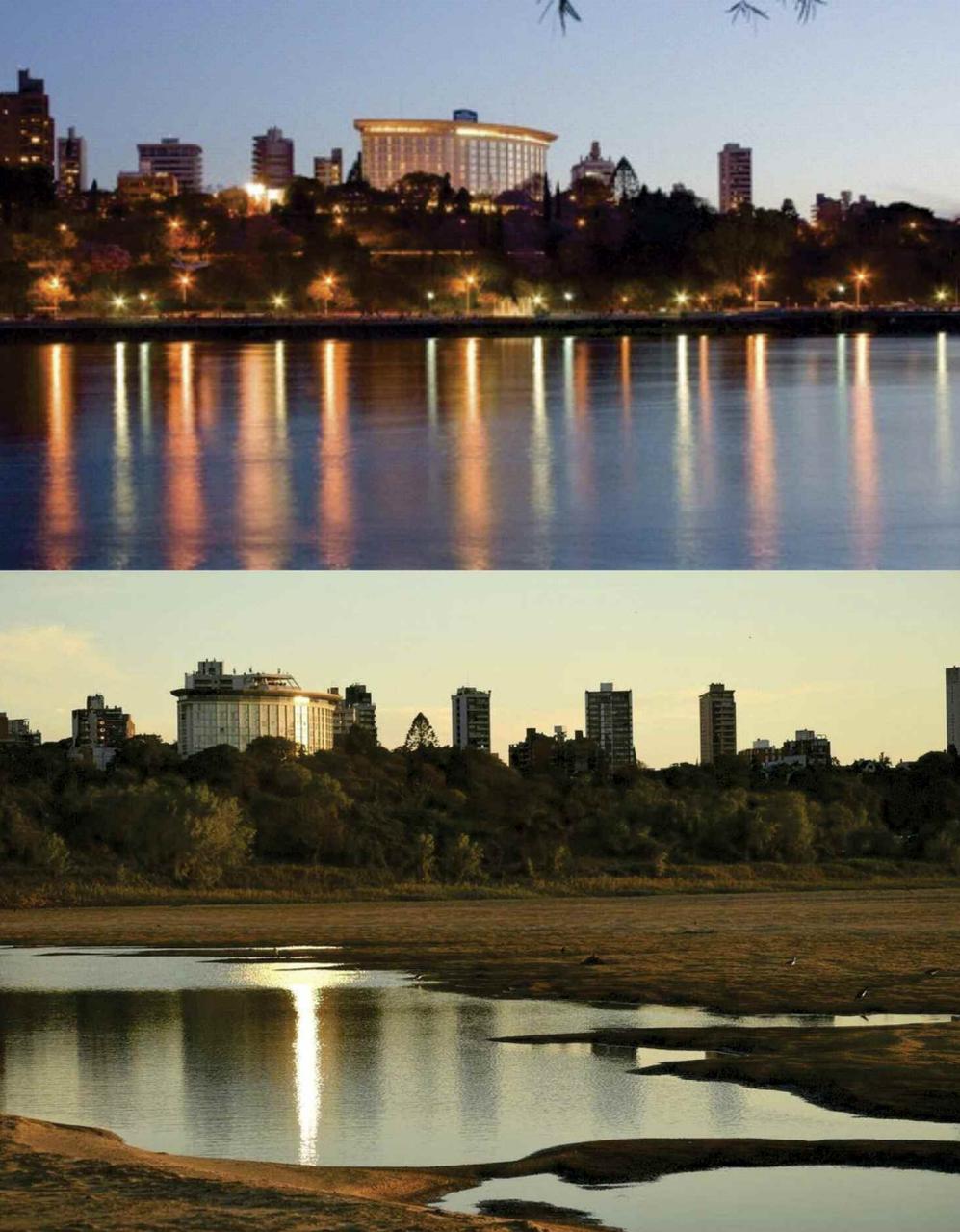


LA SEQUÍA EXTRAORDINARIA DEL PARANÁ

**¿Un fenómeno natural, o
influenciado por la actividad humana?**

El calentamiento global producto del aumento de la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, principalmente debido a la quema de combustibles fósiles, está produciendo un aumento en la frecuencia y en la severidad de los eventos climáticos extremos a nivel global, tales como inundaciones, sequías, olas de calor, ciclones e incendios. La sequía severa en la cuenca del Río Paraná, que tuvo lugar entre los años 2019 y 2022, fue causada principalmente por la ocurrencia de fenómeno climático conocido como “La Niña”, y se vio intensificada por los cambios en el uso del suelo, tales como deforestación y agricultura intensiva. Este tipo de eventos extremos evidencia que las perturbaciones humanas, sobreimpuestas a la variabilidad natural, están modificando a un ritmo acelerado la dinámica del Sistema Tierra.

FOTO: Lecho del Río Paraná en la ciudad de Paraná durante agosto del año 2021



La sequía severa del Río Paraná entre 2019 y 2022: sus causas e impactos

La sequía severa y prolongada registrada en la cuenca del Río de la Plata (conformada por las cuencas de los ríos Paraná y Uruguay) durante el período 2019-2022 comenzó a mediados del año 2019 en la cuenca alta del Río Paraná debido a una disminución de las lluvias (por debajo de lo normal). Para fines del año 2019, las condiciones de sequía meteorológica ya afectaban a los estados del sur de Brasil (Mato Grosso, Goiás, São Paulo y Paraná), Paraguay y Argentina. Debido a su persistencia, la sequía produjo cambios en el ciclo hidrológico, afectando la humedad del suelo, la vegetación, las reservas de agua subterránea y los caudales de los ríos. Por ejemplo, el caudal del Río Paraná en las ciudades de Corrientes y Rosario (Argentina) en agosto de 2021 era menor al 50% del valor medio histórico de los últimos 25 años para ese mes. En la Figura 1 se observa el Río Paraná en la ciudad homónima durante un período de

Figura 1. Fotografías del Río Paraná en la ciudad de Paraná (Provincia de Entre Ríos) durante un período de caudales normales (arriba) y durante el evento de sequía extrema en agosto de 2021, donde se registraron caudales excepcionalmente bajos (abajo). Fotografía de arriba tomada de Internet (sitio Tripadvisor Hotel Mayorazgo Howard Johnson) y fotografía de abajo gentileza de familia Konno.

tales como episodios intensos de lluvias que provocan inundaciones y, su contracara, las sequías extremas. Asimismo, son cada vez más recurrentes las olas de calor, los ciclones y los incendios a nivel global. Tal como señala el IPCC (2022), está proyectado que la tendencia creciente de eventos extremos continúe. Por otra parte, la reducción de la cubierta vegetal, ya sea debido a deforestación o incendios, produce modificaciones en el ciclo hidrológico a escala local o regional. Los procesos del ciclo hidrológico afectados por la reducción de la cobertura vegetal incluyen una disminución de la retención del agua por la vegetación, una reducción de la penetración de agua al suelo (infiltración) a largo plazo, un aumento de la escorrentía superficial y un incremento de la erosión del suelo.

caudales normales (arriba) y durante el evento de sequía extrema en agosto de 2021, donde se registraron caudales excepcionalmente bajos (abajo).

“El Niño y La Niña están ocurriendo en un sistema climático global que cambia rápidamente debido a las actividades antrópicas. Esto nos lleva a preguntarnos si el cambio climático ya ha afectado el ciclo de El Niño Oscilación del Sur, si lo hará en el futuro y, si es así, cómo lo hará”

El Niño y La Niña

La ocurrencia de lluvias en la cuenca del Río de la Plata está estrechamente vinculada con los eventos de El Niño Oscilación del Sur (*El Niño Southern Oscillation*, ENSO), los cuales producen cambios en la circulación atmosférica de Sudamérica, influenciando el transporte de humedad tropical a las regiones extra-tropicales. Si bien es un fenómeno cíclico océano-atmósfera acoplado que tiene lugar en el océano Pacífico tropical, genera consecuencias climáticas a escala global conocidas como Teleconexiones Climáticas. Los eventos de El Niño están asociados

“La deforestación está aumentando a niveles sin precedentes a escala global. Este cambio en el uso del suelo produce fuertes perturbaciones en los ecosistemas y en el ciclo hidrológico, afectando fundamentalmente los procesos de evapotranspiración y escorrentía y los reservorios de agua superficial y subterránea”

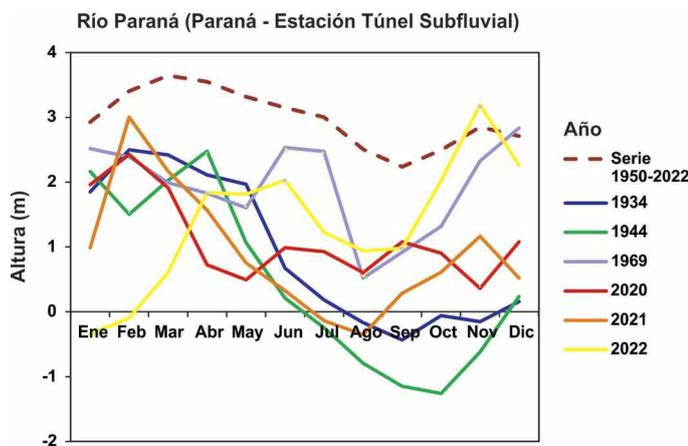
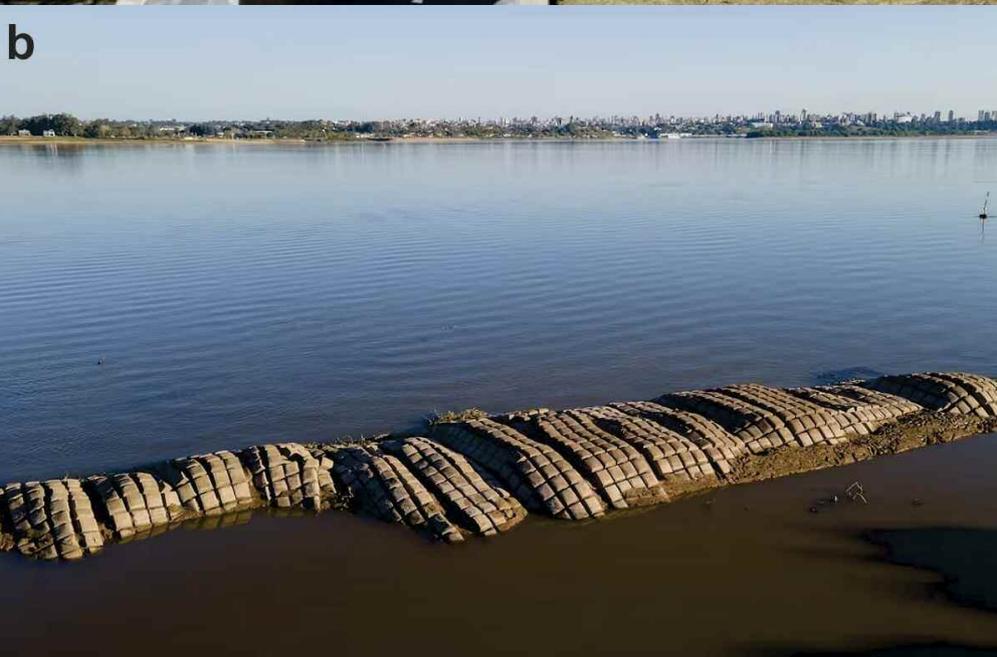


Figura 2. Alturas (cotas) medias mensuales del Río Paraná en la ciudad de Paraná (Estación Túnel Subfluvial) para la serie histórica 1950-2022, y los años 2020, 2021 y 2022 correspondientes a esta sequía severa y otros años donde se registraron los menores niveles históricos. Datos tomados del Sistema Nacional de Información Hídrica (<https://www.argentina.gob.ar>)

generalmente con lluvias mayores a la media en la cuenca del Río de la Plata, mientras que, durante los eventos de La Niña, las lluvias son menores a la media. Aunque existen otros procesos que influyen el clima en la cuenca del Río de la Plata, algunos estudios determinaron que los eventos extremadamente secos en la porción superior de la cuenca del Río Paraná estaban asociados con eventos de La Niña. Sin embargo, los eventos de El Niño y La Niña están ocurriendo en el contexto de un sistema climático global que cambia rápidamente debido a las actividades antrópicas que han aumentado las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a niveles sin precedentes. Esto nos lleva a preguntarnos, el cambio climático ¿ha afectado el ciclo de El Niño Oscilación del Sur? ¿lo hará en el futuro? y, si es así, ¿cómo lo hará?

¿Qué es el Antropoceno?

El CAMBIO GLOBAL puede definirse como el conjunto de cambios ambientales producidos en el Sistema Tierra por la acción humana. Incluye el cambio climático, las alteraciones en los ciclos biogeoquímicos de ciertos elementos, las modificaciones del ciclo hidrológico y de la criósfera, la pérdida de la biodiversidad, entre otros. En este marco se reconoce a la humanidad como un impulsor de estos cambios y se propone designar al presente como una nueva época geológica: el ANTROPOCENO. En el año 2009 se constituyó el Grupo de Trabajo del Antropoceno (*The Anthropocene Working Group - AWG* - <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>) como parte de la Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario dentro de la Comisión Internacional de Estratigrafía, con el objetivo de evaluar la incorporación del Antropoceno como una nueva unidad dentro de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional. Los/as geocientíficos/as del AWG han examinado las evidencias existentes para determinar la validez, el nivel jerárquico y la fecha de inicio de esta posible unidad en la escala del tiempo geológico. Así, recientemente, en el año 2023, el AWG definió en el Lago Crawford (Ontario, Canadá) la Sección Estratotipo que marca oficialmente el inicio del Antropoceno. El sedimento de fondo de este lago proporciona un excelente registro del cambio ambiental ocurrido durante los últimos milenios, donde se identificó una mezcla de microplásticos, cenizas, restos de la quema de combustibles fósiles, y rastros de plutonio de las explosiones de las bombas nucleares. Sin embargo, aún resta su incorporación formal en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional. <https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2021-05Spanish.pdf>



visto intensificada en las últimas décadas por el incremento de sequías e incendios forestales. Este cambio en el uso del suelo produce fuertes perturbaciones en los ecosistemas y en el ciclo hidrológico, afectando fundamentalmente los procesos de evapotranspiración y escorrentía y los reservorios de agua superficial y subterránea.

El registro de la sequía

Si bien el evento prolongado de La Niña fue el principal responsable de la sequía extrema en la cuenca del Río Paraná, ésta se vio exacerbada por los cambios en el uso del suelo, tales como deforestación y agricultura intensiva. Este evento de sequía extrema puede observarse claramente en un gráfico donde se han representado las alturas medias mensuales del Río Paraná medio en la ciudad del Paraná (Estación Túnel Subfluvial, Figura 2), construido a partir de datos tomados del Sistema Nacional de Información Hídrica. En el mismo se encuentran representadas las alturas medias mensuales para la serie histórica 1950-2022, además de los años 2020, 2021 y 2022 correspondientes a esta sequía severa y otros años donde se registraron los menores niveles históricos. Puede observarse que, en los años 1934, 1944, 1969, 2020 y 2021, durante los cuales se registraron

Figura 3. a) Vista del Río Paraná en la ciudad de Paraná en agosto de 2021, donde se pueden ver las barras de arena que emergieron durante la bajante histórica. Foto gentileza familia Konno. **b)** Fotografía donde se puede ver la malla protectora del túnel subfluvial expuesta a causa de la bajante histórica del Río Paraná. Fotografía publicada por el diario La Nación el 6/07/2021.

¿Cuál es el rol de la deforestación en los eventos de sequía?

El rol de la cubierta vegetal, las llanuras de inundación y los humedales es almacenar y retardar la escorrentía, contrarrestando en cierta medida las consecuencias de las sequías. La deforestación está aumentando a niveles sin precedentes a escala global. La deforestación antrópica, cuyo fin principal es la transformación de una región forestada en áreas para cultivos o urbanizaciones, se ha

condiciones de sequía en la cuenca del Río Paraná, los niveles más bajos ocurrieron durante los meses correspondientes a la estación seca en la cuenca media del Río Paraná (agosto, septiembre y octubre). Durante el primer trimestre del año 2022 la situación fue preocupante debido a que se registraron alturas menores en comparación, no sólo con la serie histórica (1950-2022), sino también con los otros años secos, a pesar de ser la estación húmeda de la cuenca media. Para fines del año 2022 las alturas del Río Paraná medio se encontraban

“Si bien el evento prolongado de La Niña fue el principal responsable de la sequía extrema en la cuenca del Río Paraná, ésta se vio exacerbada por los cambios en el uso del suelo, tales como deforestación y agricultura intensiva”

próximas a los niveles históricos. Este tipo de sequías severas afectan a la humedad del suelo, por lo que normalmente toma un tiempo hasta que las lluvias pueden contribuir de manera significativa a aumentar los caudales de los ríos y el almacenamiento en los distintos reservorios, tales como los de agua subterránea.

¿Qué impactos tuvo la sequía del Paraná?

Algunos de los impactos negativos de esta sequía severa en la cuenca del Río Paraná se registraron en los ecosistemas naturales, en la producción agrícola, en el transporte y en la generación de energía hidroeléctrica. Además, en los grandes humedales de la cuenca (Gran Pantanal y Delta del Paraná), la sequía prolongada favoreció que tengan lugar numerosos incendios que consumieron cientos de miles de hectáreas. En la provincia de Entre Ríos, buques quedaron atrapados en el lodo seco y numerosas barras de arena emergieron quedando a la vista (Figura 3a), atrapando a su vez grandes peces. Además, quedó expuesta la malla protectora del túnel subfluvial que une las ciudades de Paraná y Santa Fe (Figura 3b) y se vio afectado el suministro de agua potable y la pesca artesanal de comunidades cuya economía depende de ella.

Este tipo de eventos pone de manifiesto que el accionar humano está produciendo perturbaciones sobreimpuestas a la variabilidad natural, las cuales están modificando a un ritmo acelerado la dinámica del Sistema Tierra.



Verena Campodonico
Doctora en Ciencias Geológicas
Universidad Nacional de Córdoba
Investigadora Adjunta en CICTERRA
(CONICET-UNC)
Docente de la FCEfYN,
Universidad Nacional de Córdoba

BR Bibliografía recomendada:

IPCC: <https://www.ipcc.ch/>

Naumann G., Podestá G., Marengo J., Luterbacher J., Bavera D., Arias Muñoz, C. Toreti, A. 2021. The 2019-2021 extreme drought episode in La Plata basin. En: Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Sistema Nacional de Información Hídrica: <https://snih.hidricosargentina.gob.ar/>

G Glosario

Ciclo hidrológico: describe el movimiento de agua (en sus tres estados: sólido, líquido y vapor de agua) entre los diferentes reservorios (atmósfera, océanos y continentes, dentro de los cuales se encuentran los ríos, lagos, glaciares, agua subterránea, etc.).

Criósfera: reservorio de la hidrósfera en el que el agua se encuentra en estado sólido, formando hielos, permafrost y glaciares. Alberga el 68,5% del agua dulce del Sistema Tierra.

Efecto invernadero: fenómeno natural por el que ciertos gases de la atmósfera (por ejemplo, dióxido de carbono, óxido nítrico y metano), retienen parte de la energía solar reflejada por el suelo, absorbiéndola y transformándola en un movimiento molecular interno que produce un aumento de la temperatura (de lo contrario sería de -18°C), lo que permite sostener la vida en la Tierra.

Escorrentía: la escorrentía superficial es aquella parte de las lluvias, despreciando lo que es retenido por la vegetación, que no es absorbida por el suelo mediante el proceso de infiltración, que fluye sobre la superficie e interactúa en forma continua con los sistemas de agua atmosférica y subsuperficial, alcanzando los cauces y saliendo de la cuenca vertiente.

Evapotranspiración: transferencia de agua a la atmósfera por los procesos de evaporación del agua contenida en el suelo y de transpiración del agua contenida en las plantas. La evaporación es el proceso físico que transforma en vapor el agua del suelo, ríos, lagos, mares, océanos, y el agua almacenada sobre la vegetación. La transpiración es el proceso fisiológico que realizan las plantas, a través de los estomas, para transformar el agua en estado líquido a vapor.

Teleconexiones Climáticas: Alteraciones climáticas simultáneas en regiones distantes producidas por cambios en la circulación atmosférica a nivel planetario o hemisférico.



¿Qué son las sequías?

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), en su reporte del año 2021, define a las sequías como “períodos anormales de clima seco lo suficientemente largos como para causar un balance hidrológico negativo serio”. En términos generales, un balance hidrológico negativo en una cuenca tiene lugar cuando las pérdidas de agua (por ejemplo, por evapotranspiración) son mayores a las entradas, dadas principalmente por la lluvia. Las sequías meteorológicas se producen por una escasez de lluvias durante un cierto tiempo, porque las lluvias precipitan durante un período inadecuado, o son ineficientes, y/o por un balance hidrológico negativo. Las sequías hidrológicas tienen lugar cuando los caudales de los ríos y el volumen de agua en los reservorios (por ej. aguas subterráneas, lagos) disminuyen con respecto a los niveles medios históricos. Las sequías producen impactos negativos no solo en la cantidad del agua, sino también en su calidad. Así, en ríos y lagunas, aumenta la temperatura del agua, la salinidad, la concentración de contaminantes y la frecuencia de floraciones algales, al mismo tiempo que decrecen las concentraciones de nutrientes y oxígeno disuelto.

¿Las acciones humanas modifican el ciclo del agua?

Los procesos naturales del **ciclo hidrológico** (o ciclo del agua, ver Cicterránea 1: Del cometa a tu vaso: el largo camino del agua) se han visto profundamente afectados por las actividades humanas en un escenario actual de cambio global. El ciclo hidrológico describe la presencia y movimiento de agua, en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso (vapor de agua) en la atmósfera, en la superficie terrestre y debajo del suelo. El IPCC en sus diversos reportes ha mostrado que el incremento de CO₂ (dióxido de carbono) atmosférico de origen antrópico y, como consecuencia, los cambios observados en el clima al menos desde la segunda mitad del siglo XX, son causados principalmente por la quema de combustibles fósiles, tales como petróleo, gas natural y carbón. En este marco, se reconoce a la humanidad como impulsora de estos cambios, y se propone designar al presente como una nueva época geológica: el Antropoceno. Como el CO₂ es un gas de efecto invernadero, al incrementar su concentración en la atmósfera se produce un aumento de la temperatura media en la Tierra. El IPCC estimó que las actividades humanas han causado un calentamiento global de aproximadamente 1,0 °C con respecto a los niveles preindustriales (antes de la revolución industrial de la primera mitad del siglo XIX) y consideran probable que este calentamiento llegue a 1,5 °C entre 2030 y 2052 si se continúan quemando combustibles fósiles al ritmo actual. Algunas de las consecuencias del calentamiento global son el aumento de los eventos climáticos extremos,

CICTERRA

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA

¿Qué es el CICTERRA?

Es un centro de investigación en Ciencias de la Tierra 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?

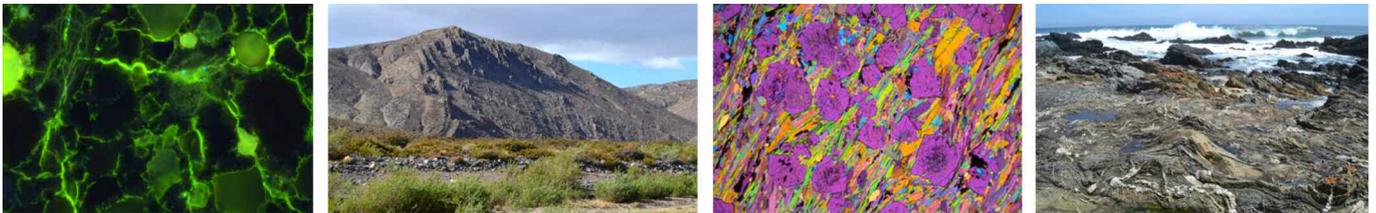
Desarrollamos proyectos de investigación en diferentes temas vinculados con las Ciencias de la Tierra en general, incluyendo Geología Endógena y Exógena, Geoquímica, Geofísica, Paleontología y Paleobiología. Realizamos docencia de grado y de posgrado, actividades de extensión, comunicación pública de la ciencia 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. El Centro incluye geólogos, biólogos, químicos, geofísicos y egresados de carreras afines.

Líneas de Investigación

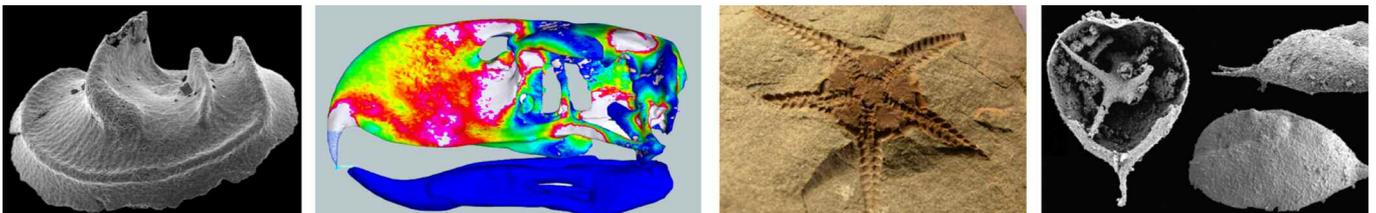
Dinámica de la litósfera – astenósfera



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.