TEMAS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL NOA

ISSN 1853-6700

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias



NOTAS BREVES

Los sismos de Venezuela

Laboratorio de Palinología

ARTÍCULO

Geoquímica y residuos sólidos urbanos

CONICET

IBIGEO

Volumen 16, Número 2, Agosto2026

TEMAS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL NOA

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

Volumen 16, Número 2, Agosto 2026 **ISSN 1853-6700**

Comité Editorial

Silvana Geuna. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.
Florencia Reckziegel. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.
Soledad Valdecantos. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.
Natalia Zimicz. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

EDITORIAL
Pág. 1- Editorial

NOTAS BREVES
Pág. 3 - ¿Se puede predecir un terremoto?: ejemplo de los sismos ocurridos el 24 de junio de 2026 en Venezuela
C Montero López

Pág. 9 - Un registro mínimo, una historia enorme
PD Alli, ME Raab

ARTÍCULO
Pág. 13 - RSU: Residuos Sólidos Urbanos, ¿Qué nos dice la geoquímica de nuestra basura?
G Valenti

Foto de tapa: Revestimiento orgánico de un foraminífero visto al microscopio óptico. ME Raab

I B I G E O

IBIGEO INSTITUTO DE BIO Y GEOCIENCIAS DEL NOA

https://ibigeo.conicet.gov.ar/

CCT-Salta-Jujuy
9 de julio 14
Rosario de Lerma-4405 (Salta)
República Argentina

Es una Unidad Ejecutora de doble pertenencia CONICET-Universidad Nacional de Salta.

El *IBIGEO* tiene entre sus objetivos principales: 1) planificar y ejecutar investigaciones en diversos temas relacionados con los recursos naturales de la región; 2) promover la difusión de los resultados de las investigaciones en el ámbito científico; 3) participar en la formación de recursos humanos universitarios de grado y postgrado; 4) colaborar en la organización de conferencias, reuniones y cursos; 5) asesorar en ámbitos públicos y/o privados para la planificación y/o resolución de problemas; y 6) estimular el interés del público por las ciencias y difundir el conocimiento generado por el estudio de temas específicos de la región.

CONICET

I B I G E O

Editorial

Estimados lectores,

Como unidad ejecutora perteneciente a CONICET, el Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO) tiene entre sus principales objetivos el de difundir el conocimiento generado por el estudio de temas de nuestra región, y estimular así el interés del público por la ciencias. Con eso en mente surgió la revista Temas BGNOA en 2010 y tanta importancia tiene para nosotros, que la revista se ha editado en forma continua desde entonces.

Haciendo Temas BGNOA entendimos que a la hora de intentar comunicar nuestros hallazgos en un formato apto para todo público, quienes nos acostumbramos al formato convencional del trabajo científico nos encontramos en problemas. Esto es porque estamos entrenados para escribir con rigor técnico, usando un lenguaje especializado y una estructura que está orientada a nuestros pares, que ya saben de qué hablamos. Al intentar difundir, hacemos mucho esfuerzo para simplificar sin perder precisión, y en el camino nos cuesta encontrar una narrativa amena. Tenemos muchas cosas para contar, pero aprender a hacerlo es un camino largo. Y mientras tanto, el público espera atento a lo que podamos generar.

Temas BGNOA junto con muchos otros medios y vías de comunicación de la ciencia no son suficientes para mitigar la desconexión entre el público no-científico y la ciencia básica. Muchos de quienes no hacen ciencia sienten que la ciencia básica tiene resultados abstractos, lejanos y sin aplicación práctica. A diferencia de la tecnología o la medicina, cuyos efectos se sienten en la vida cotidiana, la utilidad de la investigación básica puede tardar décadas en materializarse, y la mayoría de las veces de un modo indirecto. Si a eso se suma nuestra dificultad para contar, eso explica por qué mucha gente siente que la ciencia en general es un gasto ajeno a las necesidades reales del día a día.

Hace menos de dos meses nos conmovimos con los efectos devastadores del doblete sísmico de gran magnitud registrado en Venezuela. Ávidamente consultamos con las páginas especializadas para entender en qué contexto geológico se habían producido estos sismos, cuál era su causa, su explicación. Los que están más familiarizados con el tema rápidamente recordaron haber leído trabajos sobre la sismología de la región en revistas científicas, las de ciencia básica, las del lenguaje difícil.

Un trabajo en particular es digno de destacar por su contenido que, de no ser científicos, llamaríamos premonitorio. Se trata de un trabajo escrito por un ingeniero geólogo venezolano, Franck Audemard, para la Revista de la Asociación Geológica Argentina. La RAGA, como abreviamos los geólogos, es la revista científica más importante dedicada a la geología argentina y sudamericana, se publica en Buenos Aires desde 1945 y forma parte del Núcleo Básico de Revistas Científicas y Tecnológicas Argentinas de CONICET. En 2014, Audemard publicó allí un artículo presentando los resultados de sus estudios de campo en trincheras que atravesaban la falla activa de Boconó, una de las fallas a lo largo de las cuales se canaliza el movimiento entre las placas Sudamericana y Caribe en Venezuela, que actuó como foco de sismos documentados. Carolina Montero López nos cuenta en este número detalles acerca de este trabajo. Lo interesante es que Audemard, además de describir sus observaciones, las interpretó en términos predictivos: la falla se ha movido hasta aquí, ahora toca que se mueva un poco más allá. Y eso fue justamente lo que pasó: un sismo de magnitud superior a 7 ocurrido en 2026 (¡en realidad dos!), en tiempo y lugar que se ajustan con las predicciones hechas por Audemard en 2014. Eso es conocimiento científico en su máxima expresión, con su cualidad más sensible y valiosa que es el poder de predicción. La capacidad predictiva no es premonición, es ciencia.

La predicción de Audemard quedó plasmada en esa y muchas otras publicaciones científicas. El eslabón de la cadena que debemos perfeccionar, es el de transformar el conocimiento científico a un lenguaje que llegue al público, sabiendo que en el público están incluidos quienes toman decisiones, por ejemplo, acerca de la planificación edilicia. Es un ejemplo trágico el que nos trae la sismología, pero es un claro ejemplo de que la ciencia básica sirve a la comunidad, y que transmitirla y difundirla es tan importante como generarla.

En este número no sólo se aborda la sismología: en formato de cuento corto, Pamela Alli y Mariana Raab relatan un día en el laboratorio de Palinología del CADIC en Ushuaia; y Griselda Valenti examina la problemática de los residuos sólidos urbanos y su tratamiento desde sus aspectos geoquímicos. Así, desde Temas BGNOA seguimos en la tarea de aportar cotidianamente a la difusión de la ciencia que sirve a todos.

Comité Editorial
Temas de Biología y Geología del NOA
Silvana Geuna
Florencia Reckziegel
Soledad Valdecantos
Natalia Zimicz

¿Se puede predecir un terremoto?: ejemplo de los sismos ocurridos el 24 de junio de 2026 en Venezuela

Carolina Montero-López[1]
[1] Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, UNSa-CONICET); e-mail: cmontero@conicet.gov.ar

Una pregunta recurrente cada vez que ocurre un sismo de magnitud considerable con efectos devastadores en la sociedad es si se hubiera podido predecir cuándo y dónde iba a ocurrir. La respuesta es ***No****. Sin embargo, a través de la investigación desarrollada en "Ciencia básica" se puede estimar la recurrencia de una falla sísmica, para tomar medidas de prevención.*

Primero hay que definir qué es "falla", "sismo", y "recurrencia" para poder entender de qué se habla. La corteza de la Tierra está dividida en placas tectónicas que se mueven unas respecto a otras. Las rocas que forman la corteza de estas placas tectónicas están sometidas a esfuerzos (los cuales son mayores en las zonas de límite entre dos placas) y van acumulando energía hasta llegar a un punto donde se supera el límite de resistencia de la roca (punto de ruptura o fractura), y ésta se rompe liberando esa energía: esa fractura en la roca se denomina falla geológica y el movimiento que se produce con la consecuente liberación de energía es el sismo (Figura 1). Los bloques de roca a cada lado de la falla se mueven uno respecto a otro, ya sea en dirección vertical u horizontal. Durante el sismo (cotidianamente referido como temblor o terremoto, de acuerdo con el grado de magnitud), la energía acumulada se libera en forma de ondas que se dispersan desde el hipocentro hasta la superficie de la tierra. La magnitud (M) de un sismo indica cuánta energía es liberada y se mide en una escala logarítmica donde cada valor entero de la escala libera 32 veces más energía que uno de magnitud menor (USGS); mientras que, la intensidad, refiere a cómo es sentido el temblor o terremoto por las personas y el daño que ocasiona a la infraestructura. Para un mayor entendimiento de este proceso se recomienda la lectura de los artículos publicados en esta revista por Hongn y García (2011, Temas B&GNOA, vol. 1, nº1), Montero et al. (2012, Temas B&GNOA, vol. 2, nº3) y Montero (2017, Temas B&GNOA, vol. 7, nº1).

Por último, la recurrencia se refiere al tiempo que transcurre entre un evento sísmico y el siguiente. Este tiempo puede variar entre cientos, miles o más años, y por lo tanto el estudio de las estructuras

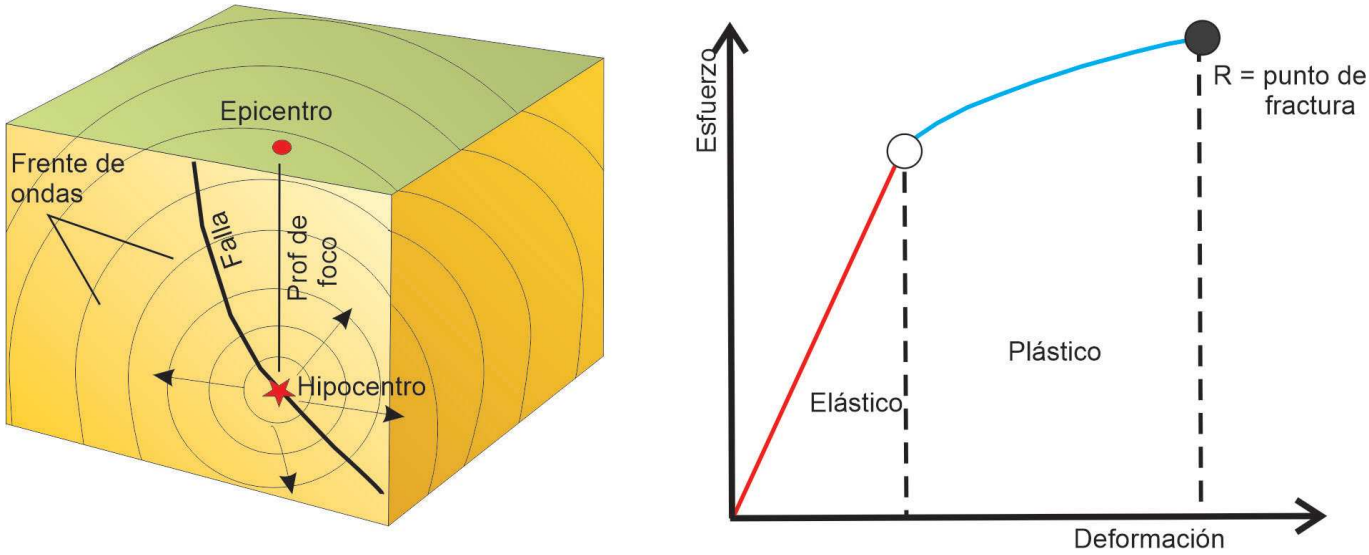


Figura 1. Izquierda, gráfico en 3 dimensiones que esquematiza la ocurrencia de un sismo y los componentes asociados (tomado de Montero et al. 2012, Temas B&GNOA, vol. 2, nº3). Derecha, se observa los diferentes estados de deformación por los que atraviesa un material al ser sometido a esfuerzo. Como ejemplo podemos tomar una pelota de goma: si se aplica poca presión sobre la pelota, al dejar de ejercer el esfuerzo, ésta retomará su forma original (comportamiento elástico). Si la sometemos a un esfuerzo mayor, al soltar, ésta ya no volverá a su forma esférica, sino que la deformación será permanente y quedará de forma ovalada como una pelota de rugby (comportamiento plástico). Por último, si el esfuerzo es aún mayor, se superará el límite de resistencia máximo del material alcanzando el punto de fractura, y la pelota se romperá (comportamiento frágil). Este ejemplo es para que se entienda fácilmente, sin embargo, la deformación que ocurra dependerá del tipo de material que se someta a esfuerzo, ya que no todos los materiales tienen un comportamiento elástico o plástico, o bien, el punto de fractura es superado a valores diferentes de resistencia por cada material.

sismogénicas o fallas "activas" (en términos geológicos quiere decir que generaron un sismo en tiempos históricos) nos puede ayudar a establecer un tiempo estimado de recurrencia. Y se preguntarán ¿cómo se determina ese tiempo de ocurrencia entre dos sismos? En la geología existen dos ramas denominadas Neotectónica y Paleosismología, mediante las cuales se estudian las deformaciones en las rocas y la superficie de la tierra para determinar la presencia de fallas y/o pliegues formados en tiempos recientes. Una vez determinada la estructura sismogénica, se busca un sector de exposición natural de la falla o si no, se realiza un corte vertical del terreno (lo que en paleosismología se denomina trinchera), para la investigación de uno o más eventos sísmicos: se identifica el plano de la falla y los niveles del terreno que son afectados por ésta; se pueden tomar muestras de sedimentos para determinar la edad mediante análisis específicos. Si se logra determinar la fecha de varios eventos asociados a una misma falla, y se puede medir el desplazamiento asociado (cuánto se movió un bloque de roca respecto a otro), entonces es posible hacer una estimación de un intervalo de tiempo de la recurrencia de esa falla y su comportamiento.

Veamos los ejemplos recientes y tan devastadores de los sismos en Venezuela. El 24 de junio de 2026 a las 18:04 hs (local) se produjeron dos sismos de magnitud 7,2 y 7,5, separados solo por 39 segundos uno del otro. Se habla de "doblete sísmico" cuando dos terremotos de magnitud similar

Sismo de Colombia, ¿tiene relación con los sismos de Venezuela?

El pasado 10 de agosto a las 7: 34 hs (local) ocurrió un sismo de magnitud 7,4 con un hipocentro a una profundidad entre 104 y 110 km (GEOFON, USGS), en la zona del borde occidental de Colombia debido a la subducción (“hundimiento”) de la placa de Nazca (situada en el océano Pacífico) por debajo de la de Sudamérica. Este proceso de subducción afecta a todo el borde occidental del continente Sudamericano. Si bien no fue un terremoto superficial, la energía liberada fue tan grande que llegó con gran fuerza a la superficie afectando una región extensa.

En cambio, los sismos de Venezuela fueron superficiales e involucran otro tipo de movimiento de las placas tectónicas. Si bien los terremotos ocurrieron cercanos en tiempo y en países vecinos, no están relacionados, ya que implican placas tectónicas y estructuras diferentes.

ocurren cercanos tanto en tiempo como en distancia epicentral (fuente USGS). Fueron sismos superficiales, esto quiere decir que el foco o hipocentro estaba ubicado muy cercano a la superficie de la tierra, entre 10 y 13 km (fuentes USGS, GEOFON). Para entender y dimensionar los sismos (Figura 2), es importante tener presente que la magnitud se expresa en escala logarítmica. Esto significa que, aunque la diferencia entre 7,2 y 7,5 parezca pequeña, la energía liberada difiere mucho: el primer sismo de M7,2 liberó una energía equivalente a 63 veces la bomba atómica de Hiroshima, mientras que el de M7,5 equivale a unas 179 veces.

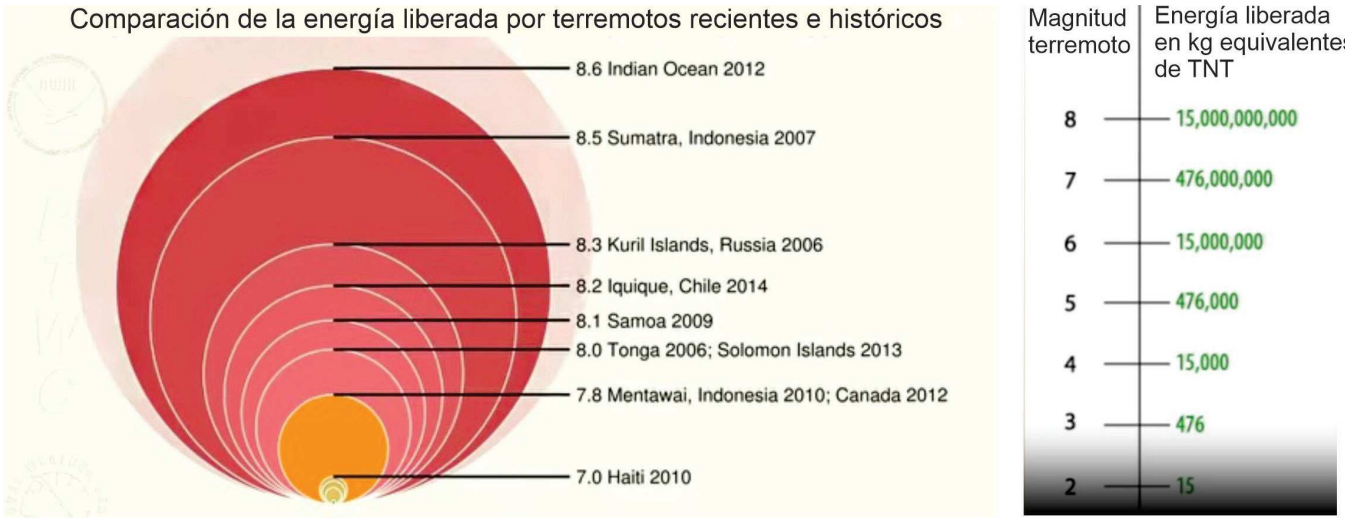


Figura 2. Izquierda, gráfico donde se compara la energía que se libera de acuerdo con la magnitud en terremotos históricos (tomado de Centro de Tsunamis del Pacífico, Pacific TWC). Derecha, escala comparativa de cuánta energía equivalente en kg de dinamita (TNT) es liberada de acuerdo con la magnitud del terremoto.

El sector norte de Venezuela se encuentra en el límite entre dos placas tectónicas, la del Caribe al norte que se mueve hacia el este, y la de Sudamérica al sur, con movimiento hacia el oeste. El límite entre ambas placas está definido por un sistema de fallas que se denomina de Boconó-San Sebastián-El Pilar, en dirección E-O que después se curva en dirección NE-SO introduciéndose en el interior del continente (ver Audemard et al. 2006 y citas allí); el movimiento entre estas placas es horizontal (es decir que no hay subducción como en el caso del borde occidental de Sudamérica). Numerosos investigadores estudiaron este sistema de fallas durante al menos cuatro décadas; en esta Nota Breve se toma como referencia los trabajos del Dr. Franck A. Audemard, Ingeniero Geólogo venezolano, que contribuyó enormemente al conocimiento tectónico de Venezuela. En sus trabajos publicados en 2006 y 2014 en la Revista de la Asociación Geológica Argentina presenta una minuciosa descripción de las fallas que componen este sistema que abarca desde la frontera con Colombia al oeste, hasta la isla de Trinidad al este. En su trabajo de 2014, el Dr. Audemard presenta una segmentación de este sistema de fallas (Figura 3), donde expone que los sismos históricos de magnitud mayor a 7 ocurridos entre los años 1610 y 1812, comenzaron en el sector suroeste (1610, segmento Boc-a) con una migración hacia el noreste (1812, segmento Boc-e). Es decir, que estos grandes terremotos ocurrieron de una manera sucesiva en tiempo de SO a NE. Teniendo en cuenta que en 1894 se produjo un terremoto en el segmento suroeste de la falla Boconó, el autor concluye que el próximo gran terremoto (M7 o mayor) sería de esperarse a fines del siglo XXI en los segmentos centrales (Boc-b y Boc-c), siendo allí donde el sistema de fallas se encuentra bloqueado. Esto significa que los bloques de roca separados por la



Figura 3. Izquierda, Mapa de Venezuela ilustrado por Audemard (2014) donde en línea negra gruesa destaca el sistema de fallas Boconó-San Sebastián, y sus segmentos. Las estrellas de color indican el epicentro de los sismos del 24 de junio de 2026, la roja de acuerdo con las mediciones del USGS para los dos eventos, mientras que las mediciones de GEOFON sitúan el primer evento en la estrella roja y el segundo evento en la naranja. Además, en flechas negras se indica el movimiento relativo E-O de las placas tectónicas del Caribe (al norte) y Sudamericana (al sur). Derecha, mapa de intensidades en la Escala Modificada de Mercalli generado por el USGS, después de los dos sismos de junio de 2026.

falla no están en movimiento y, por lo tanto, debido a que están sometidos a esfuerzos continuos, van acumulando energía, la cual es liberada súbitamente cuando se alcanza el límite de ruptura (ver Figura 1). En un estudio posterior en coautoría publicado en 2017 en la revista Tectonics (Pousse-Beltrán et al. 2017), los autores concluyen que el sector norte Boc-e desde el sismo de 1812 acumuló energía que se traduce en un desplazamiento de los bloques involucrados entre 1 a 4 m y por lo tanto es muy susceptible de desencadenar un terremoto de magnitud 7 a 7,6, lo cual lamentablemente ocurrió el 24 de junio de 2026. Si bien estos estudios **No predicen** el momento exacto ni el lugar donde se producirá el próximo sismo, dan cuenta de zonas sísmicamente activas propensas a sufrir un gran terremoto en este siglo.

Es importante destacar que, después de lo ocurrido en junio de 2026 en Venezuela, el estudio sistemático de fallas con potencial sismogénico es valioso e importante a la hora de la planificación territorial y estimación del riesgo sísmico asociado. Mediante el estudio a largo plazo de estructuras con actividad neotectónica es posible realizar mapas de peligrosidad sísmica de una región (en Argentina se puede acceder al mapa de zonificación sísmica realizado por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica -INPRES-), los cuales sirven de base a los ingenieros para la estimación del riesgo sísmico asociado, y a las autoridades gubernamentales, para una buena planificación territorial. Esto último es un factor determinante cuando se producen los terremotos, ya que la pérdida de vidas humanas está relacionada principalmente al colapso de edificaciones.

LITERATURA RECOMENDADA

AUDEMARD, FA, A SINGER, JP SOULAS. 2006. Quaternary faults and stress regime of Venezuela. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61 (4): 480-491.

AUDEMARD FA. 2014. Segmentación sismogénica de la falla de Boconó a partir de investigaciones paleosísmicas por trincheras, Venezuela Occidental: ¿Migración de la ruptura hacia el Noreste en tiempos históricos? Revista de la Asociación Geológica Argentina, 71 (2): 247-259.

HONGN F, V GARCÍA. 2011. Tectónica de placas. Temas de Biología y Geología del NOA, 1 (1): 21-31.

INPRES. http://contenidos.inpres.gob.ar/actualizacion_mapa

GEOFON. https://geofon.gfz.de/eqexplorer/

MONTERO C, V GARCÍA, S GUZMÁN. 2012. Desastres naturales ¿Se pueden predecir y prevenir los eventos geológicos destructivos? Temas de Biología y Geología del NOA, 2 (3): 84-100.

MONTERO LÓPEZ C. 2017. Falla geológica ¿qué es y qué nos dice? Temas de Biología y Geología del NOA, 7 (1): 4-5.

PACIFIC TWC. https://www.tsunami.gov/

POUSSE-BELTRAN L, R VASSALLO, F AUDEMARD, F JOUANNE, J CARCAILLET, E PATHIER, M VOLAT. 2017. Pleistocene slip rates on the Boconó fault along the North Andean Block plate boundary, Venezuela, Tectonics, 36: 1207–1231, doi.org/10.1002/2016TC004305

USGS. https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards

Un registro mínimo, una historia enorme

Pamela Daniela Alli [1,2] ,Mariana Evelyn Raab [1]
[1] Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET), B. Houssay 200, CP 9410 Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina. email: pamelaalli@conicet.gov.ar, mariana.raab@conicet.gov.ar
[2] Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, Yrigoyen 879, CP 9410 Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina. email: pdalli@untdf.edu.ar

Era un día más en el laboratorio de palinología. Todo parecía en calma, hasta que llegó una muestra de sedimento. No se trataba de una muestra cualquiera, provenía de un sitio remoto de Tierra del Fuego (Figura 1) y contenía un registro único del pasado. La bolsa tenía una pequeña etiqueta que apenas decía "BASE", y sus coordenadas geográficas se leían con dificultad. Al parecer, la lluvia había alterado la tinta. Si algo saliera mal, no habría reemplazo. Volver al sitio implicaría días de trabajo de campo, condiciones inciertas y la posibilidad de no poder repetir el muestreo.



Figura 1. Ubicación del sitio de estudio en el norte de Tierra del Fuego. El punto amarillo indica el lugar de muestreo.

En palinología, cada muestra representa una oportunidad. Se estudian granos de polen, esporas y otros microfósiles de pared orgánica, conocidos como palinomorfos, de origen continental o marino. Estos restos diminutos, producidos por plantas y otros organismos, pueden preservarse durante miles de años en los sedimentos. A partir de ellos, es posible reconstruir la vegetación, el clima y las condiciones ambientales que prevalecían al momento de su depositación.

El procesamiento comenzó como de costumbre. Primero, la etapa física: se pesaron unos pocos gramos de sedimento, se trituraron con mortero para homogeneizar la muestra y se incorporaron esporas de *Lycopodium clavatum* como marcador externo. Estas esporas funcionan como una referencia conocida que permite, más adelante, estimar la cantidad de granos de polen y otros palinomorfos presentes en la muestra.

Luego comenzaron los tratamientos químicos. Ácido clorhídrico para eliminar carbonatos. La muestra burbujeó suavemente, como si despertara. Tras los lavados de neutralización, llegó el turno del temido ácido fluorhídrico. Ahí empezó la tensión. Ese reactivo no perdona: disuelve silicatos, borra estructuras… y cualquier error podría llevarse también lo que se quiere conservar.

Cada uno de los pasos fue controlado con precisión: los tratamientos ácidos, sus lavados de neutralización y cada centrifugado para concentrar el residuo. Poco a poco, el material original se redujo a un volumen cada vez más oscuro y concentrado. En ese pequeño volumen deberían concentrarse los restos orgánicos de interés. No siempre ocurre igual: algunas muestras dejan un residuo abundante; otras, apenas un rastro. Y esta vez… fue mínimo. Silencio.

Con mucha delicadeza, se preparó el portaobjetos. Una gota del residuo, apenas una. El cubre se apoyó con cuidado, evitando burbujas. Llegó el momento de la verdad.

Bajo el microscopio óptico, la luz atravesó ese universo diminuto.

Y entonces comenzaron a aparecer.

La tensión se disipó en una exhalación contenida. Granos de polen de Asteraceae (Figura 2A), de *Nothofagus* (Figura 2B) y algunas esporas. Restos de algas, revestimientos orgánicos de foraminíferos (Figura 2C), quistes de dinoflagelados (Figura 2D). Algunos con ornamentaciones delicadas, otros más robustos, cada uno con su particular preservación, todos testigos de ambientes distintos. No eran muchos, pero estaban ahí. Y eran suficientes.

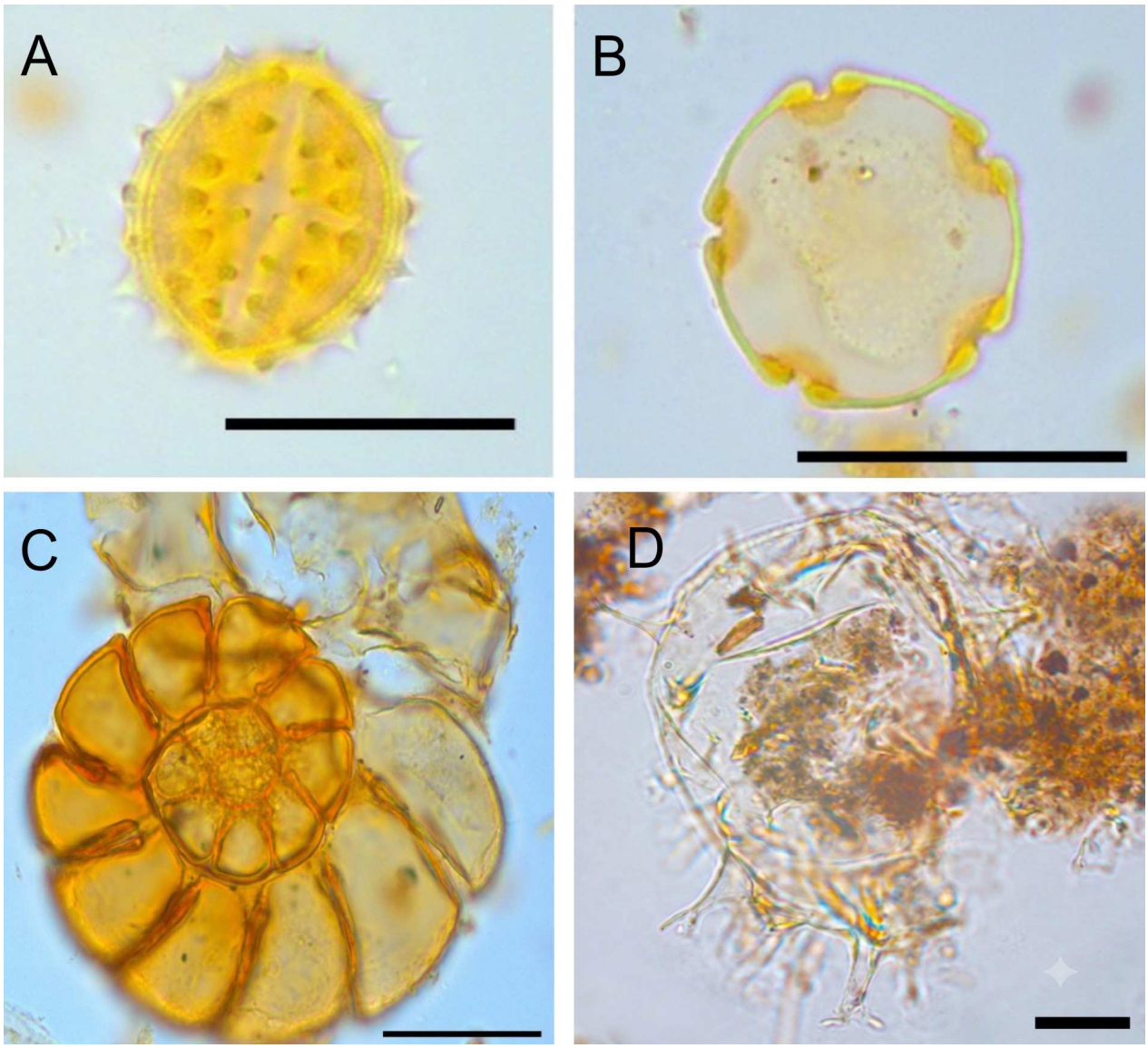


Figura 2. A. Grano de polen de la Familia Asteraceae (compuestas). Se observa la pared externa del grano, denominada exina, cubierta por pequeñas espinas que favorecen su adhesión a polinizadores y su dispersión por el viento. En el registro fósil, estos granos son indicadores de ambientes abiertos, como estepas y praderas. Escala: 10 µm. Fotografía de Mariana E. Raab, obtenida mediante microscopio óptico. B. Grano de polen de *Nothofagus*, género de árboles nativos del Hemisferio Sur que en Tierra del Fuego incluye especies como la lenga (*Nothofagus pumilio*). Se aprecia su forma aproximadamente circular y las aberturas distribuidas a lo largo del borde (estructura zonocolpada). Su presencia en el registro fósil indica el desarrollo de bosques templados, fríos y húmedos. Escala: 20 µm. Fotografía de Mariana E. Raab, obtenida mediante microscopio óptico. C. Revestimiento orgánico de un foraminífero. Corresponde al revestimiento interno de un organismo marino microscópico. En el registro fósil, estos restos se utilizan como indicadores de ambientes marinos costeros del pasado. Escala: 20 µm. Fotografía de Mariana E. Raab, obtenida mediante microscopio óptico. D. Quiste de dinoflagelado (*Spiniferites spp.*), estructura de resistencia producida por microalgas marinas. Este género se caracteriza por un cuerpo central redondeado del que emergen numerosos procesos, simples o ramificados. Su presencia en el registro fósil aporta información para reconstruir las condiciones paleoceanográficas. Escala: 20 µm. Fotografía de Pamela D. Alli, obtenida mediante microscopio óptico.

Cada uno aportaba una pista. En conjunto comenzaron a delinear una historia, qué plantas crecían en ese lugar, si el ambiente era más húmedo o más seco, si la vegetación había cambiado con el tiempo. En conjunto, estos indicios permiten interpretar paisajes y procesos ambientales hoy ausentes o transformados, recreando aquellos escenarios de más de 10.000 años, momento en que estos sedimentos fueron depositados.

Afuera, el paisaje actual seguía su curso. Pero en ese portaobjetos, suspendidos en unas pocas micras, persistían fragmentos microscópicos de otro mundo: señales de vegetación, de clima, de ambientes distintos.

Todo había estado a punto de perderse. Sin embargo, ese registro mínimo bastó.

RSU: Residuos Sólidos Urbanos, ¿Qué nos dice la geoquímica de nuestra basura?

Griselda Valenti
Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, UNSa - CONICET); e-mail: grivalenti7@gmail.com

Cada noche, millones de bolsas de basura se acumulan en silencio fuera de nuestras casas, en veredas y calles. Lo que parece un simple acto cotidiano de "sacar la basura", nos hace creer que todo termina una vez que el recolector se lleva los residuos de nuestra vista. Sin embargo, este acto es tan solo el inicio del gran problema que representa la basura.

Una vez en el vertedero o basural, una serie de procesos químicos transforman la basura en gases, líquidos y sólidos que impactan directamente en el ambiente. La geoquímica nos ayuda a mirar detrás de esa "bolsa negra" (Figura 1) y entender qué ocurre con los residuos domiciliarios.

Muchas personas nos preguntamos acerca de: ¿Termina realmente el problema cuando el recolector se lleva nuestros residuos o solo dejamos de ver el "problema"? ¿Adónde va a parar lo que tiramos? ¿Desaparecen realmente los residuos con el tiempo? El problema es tan amplio como lo es nuestro planeta y lleva tantos años como el ser humano, aumentando notablemente desde la era industrial. Pero la solución no es tan simple, y, aunque parezca que desde nuestro lugar el aporte es mínimo, es necesario que nos involucremos todos.



Figura 1: Bolsa negra domiciliaria, incluye, a modo de ejemplo, restos de comida, plásticos, papel, cartón, metales y pilas, entre tantos otros. Imagen generada con asistencia de IA (Google Gemini).

Residuos Sólidos Urbanos

Empecemos por lo primero, ¿qué son los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)? Los RSU engloban todos los descartes de elementos y materiales generados en casas, comercios, oficinas y vías públicas que decidimos desechar o abandonar. Esto incluye desde restos orgánicos (comida, poda) hasta inorgánicos (plásticos, vidrios, metales, etc.).

Mientras que algunos materiales se degradan en poco tiempo, otros necesitan miles de años o más para descomponerse (Tabla 1). Incluso los que se desintegran pueden liberar altas concentraciones de elementos tóxicos. Acá es donde entra la geoquímica como una herramienta que nos ayuda a comprender cómo, al degradarse, los materiales liberan líquidos, o gases, o permanecen sólidos, y cómo esas transformaciones pueden convertirse en una fuente silenciosa de contaminación ambiental.

Tabla 1: Tipo de material y tiempo estimado de descomposición (varía de meses a años).

MATERIAL	**TIEMPO DE DEGRADACIÓN**
Restos orgánicos	Es la más rápida en presencia de oxígeno (hasta 6 meses en compostajes)
	Puede tardar hasta 5 años en rellenos sanitarios (en ausencia de oxígeno)
Papel y cartón	Aproximadamente 1 año
Madera	Cerca de 5 años
Latas (metales comunes)	De 10-30 años
Textiles	Hasta 40 años
Plásticos	Aproximadamente 1.000 años
Vidrio	Alrededor de 4.000 años
Metales pesados	Hasta 1.000.000 años
Pilas y metales pesados	Tiempo indefinido (no se degradan, solo liberan contaminantes)

Como hemos visto previamente (véase Valenti 2025, Temas B&GNOA, vol. 15) los ciclos biogeoquímicos son procesos naturales que reciclan elementos entre el ambiente y los organismos vivos (conectando los componentes bióticos y abióticos de la Tierra). Estos ciclos describen cómo las sustancias se descomponen y se reintegran a la naturaleza, un proceso que hoy se ve profundamente alterado por la actividad humana.

Los residuos no son solo "basura" sino una **mezcla compleja de materiales**, orgánicos e inorgánicos, cuya acumulación en el suelo interfiere con los ciclos biogeoquímicos naturales de varias formas:

- La presencia de plásticos, metales y vidrios en el suelo modifica la movilidad y biodisponibilidad[1] de nutrientes esenciales como el carbono, nitrógeno, fósforo y azufre, interfiriendo en los ciclos de los nutrientes.

- Los líquidos producidos por la basura (lixiviados) pueden modificar los flujos normales de metales pesados y elementos traza, introduciéndolos en las cadenas tróficas[2].

- En la fracción orgánica, la lignina[3] es altamente resistente a la degradación natural, lo cual limita la velocidad global de degradación del resto de los materiales biológicos (llamado "efecto de la lignina").

La realidad actual es preocupante. Como hemos dado a entender, estos residuos no desaparecen "mágicamente" cuando pasa el camión recolector. En la mayoría de los países, estos desechos terminan enterrados en rellenos sanitarios o acumulados en basurales a cielo abierto. Esta gestión ineficiente de los RSU provoca una contaminación silenciosa pero constante del suelo, el agua subterránea y el aire.

Descomposición en basurales

En un basural o relleno sanitario (Figura 2 a y b), los residuos se compactan y quedan aislados del oxígeno. Esto genera una **descomposición anaerobia** (en ausencia de oxígeno), donde ocurren procesos químicos complejos.

Las reacciones químicas que se producen son: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Figura 3), donde las bacterias descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Los subproductos resultantes son: biogás (Gases de Efecto Invernadero, GEI: CH_4 y CO_2) y lixiviados (líquidos altamente contaminantes).

---

[1] La biodisponibilidad de un nutriente es la velocidad con que es absorbido y utilizado por el organismo.

[2] La cadena alimenticia, o cadena trófica, es el traspaso de nutrientes entre las distintas especies de una población biológica.

[3] La lignina es una sustancia natural que forma parte de las paredes celulares de las plantas vasculares. Les otorga rigidez, impermeabilidad y resistencia contra patógenos. Es el segundo biopolímero más abundante de la Tierra, después de la celulosa.

Resulta importante destacar que una digestión anaerobia controlada, es decir que se realiza en biodigestores y solo con la fracción orgánica, genera biogás que puede ser aprovechado como fuente de energía alternativa y cuyos lixiviados pueden utilizarse como fertilizantes naturales.

Pero, este mismo ambiente anaerobio en basurales o rellenos sanitarios mal gestionados (donde se mezclan distintos materiales) magnifica la contaminación debido a la creación de un entorno complejo donde las interacciones químicas, biológicas y físicas potencian los riesgos ambientales y sanitarios.



Figura 2: Destinos de disposición final de RSU.
a. Basural a cielo abierto, un basural es un terreno abierto donde la basura se tira sin ningún control ni cuidado ambiental.
b. Relleno sanitario, un relleno sanitario es una obra de ingeniería diseñada para enterrar la basura de forma segura, protegiendo el suelo, el agua y el aire. Una mala gestión del mismo puede ocasionar daños ambientales.

Las 5 vías de la contaminación ambiental:

1. Generación de lixiviados: “la sopa tóxica”: cuando los residuos orgánicos, cargados de humedad (alrededor del 70%), se mezclan con materiales inorgánicos (principalmente metales, residuos electrónicos o pilas) y reciben agua de lluvia, se generan los lixiviados. Estos fluidos arrastran una

gran concentración de carga contaminante (DQO[4] ≈ 140 mg/L), lo que los hace altamente peligrosos para ser vertidos directamente al ambiente. Tienen la capacidad de disolver y transportar metales pesados tóxicos (como plomo, mercurio y cadmio) provenientes de pilas o aparatos electrónicos descartados. Al filtrarse por el suelo, contaminan no solo aguas superficiales sino también las reservas de aguas subterráneas, lo que introduce elementos tóxicos en la cadena trófica humana a través del consumo de agua o cultivos regados con ella.

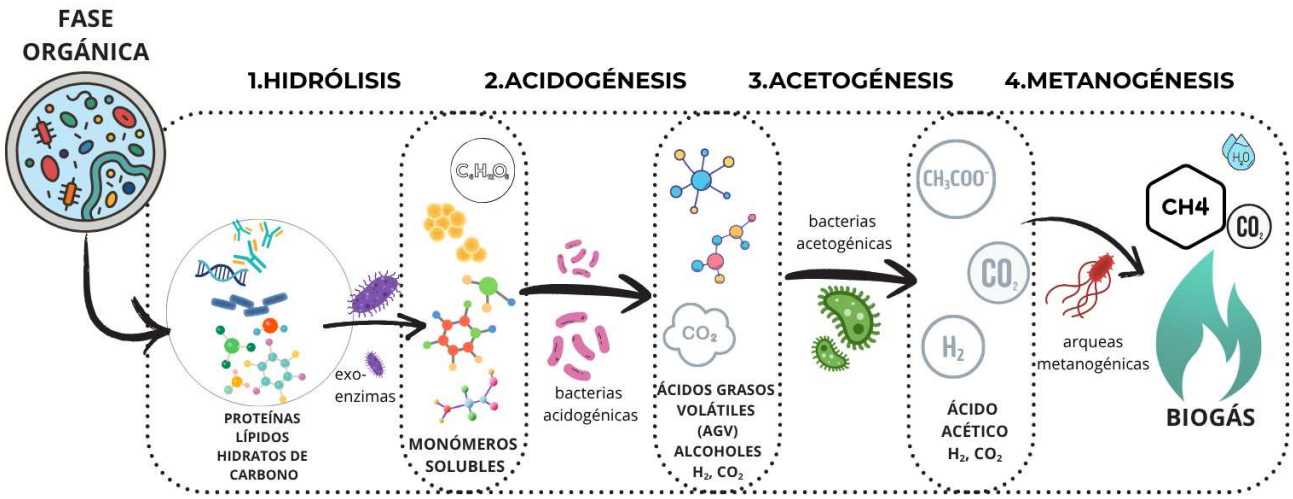


Figura 3: Fases de la digestión anaerobia (sin oxígeno) de la fracción orgánica.

2. Generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI): Como ya se mencionó, la digestión anaerobia genera CH_4 y CO_2 junto con ácido sulfhídrico (H_2S) y metil-mercaptanos (por la descomposición de proteínas en basurales), gases responsables de los olores fétidos[5] que afectan a las poblaciones cercanas.

3. El efecto de la lignina: La lignina presente en la fracción orgánica es extremadamente resistente a la degradación biológica. Su presencia actúa como una barrera que frena el trabajo de los microorganismos para descomponer el resto de la materia. Mientras lo orgánico intenta pudrirse a paso lento, materiales como el plástico y el vidrio permanecen inertes, ocupando espacio y fragmentándose en microplásticos que arruinan la recuperación del suelo.

[4] La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es una medida de la cantidad de oxígeno requerida para oxidar químicamente la materia orgánica presente en el agua. Este parámetro se utiliza para evaluar la calidad del agua y la carga contaminante en cuerpos de agua naturales y sistemas de tratamiento de aguas residuales. En ambientes naturales totalmente libres de contaminación, la DQO nunca es cero, sino que mantiene valores bajos, ≤ 20 mg/L (miligramos por litro). Fuente: https://www.acumar.gob.ar/

[5] Un olor fétido es aquel aroma extremadamente intenso, penetrante y desagradable, similar a la putrefacción.

4. Riesgos sanitarios y proliferación de plagas: La combinación de humedad, calor y descomposición crea el medio ideal para la proliferación de plagas: moscas, ratas y zancudos, entre otras. Estos animales actúan como transmisores de enfermedades graves como la fiebre tifoidea, el cólera, el dengue y la chikungunya. En las zonas urbanas próximas a los basurales, el polvo cargado de elementos traza[6] proveniente de estos depósitos representa un riesgo silencioso adicional, afectando principalmente a los niños por estar en etapa de desarrollo.

5. Incineración al aire libre: "el humo que enferma": Quemar basura es una práctica recurrente pero devastadora. La combustión incontrolada de plásticos, textiles y caucho, por ejemplo, libera al aire gases tóxicos y compuestos químicos peligrosos, lo que magnifica la crisis ambiental y sanitaria. Esta acción tiene impactos negativos severos que se muestran en el recuadro.

* La combustión genera humos tóxicos y olores fétidos, además de la dispersión por el viento de los residuos más ligeros.

* Se libera CO_2 y otros gases (GEI) que alteran el equilibrio térmico del planeta y aceleran el cambio climático.

* Estos procesos pueden aumentar la concentración de azufre en el aire, lo que al reaccionar con el vapor de agua produce lluvia ácida.

* La quema de residuos industriales o plásticos puede generar compuestos orgánicos persistentes muy tóxicos (dioxinas y furanos), que son exclusivamente de origen antrópico, es decir son causados o influenciados por la actividad humana.

* El residuo son grandes cantidades de cenizas y polvo tóxico que se depositan sobre el suelo.

Descomposición controlada y reciclado

Cuando los residuos se gestionan por separado (Figura 4), es decir se clasifican según el tipo de material y se tratan por separado, el panorama cambia hacia la eficiencia y la sostenibilidad. Los RSU se dividen principalmente en dos grandes fracciones según su composición:

1) **Fracción Orgánica (FORSU):** Compuesta por materiales biodegradables de origen vegetal o animal. Químicamente contiene componentes solubles en agua (azúcares, aminoácidos), polisacáridos (celulosa, hemicelulosa), grasas, proteínas y lignina. Representa la FRACCIÓN COMPOSTABLE.

2) **Fracción Inorgánica:** Incluye materiales de lenta o nula degradación biológica, como

[6] Un elemento traza es un elemento químico presente en una mezcla, tejido o mineral en una concentración muy baja, generalmente menor al 0,01 % del total o inferior a 100 partes por millón (ppm).

papel y cartón, plásticos, metales, vidrio, textiles, madera, caucho y pilas. Representa la FRACCIÓN RECICLABLE.



Figura 4: Esquema donde se muestra a la izquierda los RSU sin clasificar y a la derecha la clasificación y segregación de RSU en origen: Fracción reciclable y Fracción compostable. Esquema de elaboración propia, a través de la plataforma Canva.

El compostaje se caracteriza por una **descomposición aerobia** (en presencia de oxígeno). La principal ventaja es la rápida y eficiente reincorporación al sistema de los componentes solubles (ciclos de los nutrientes).Como subproducto se genera: CO_2 biogénico[7], vapor de agua y humus (compost), muy útil para la agricultura. Además, ofrece un mayor control y optimización de parámetros como la relación Carbono/Nitrógeno (C/N), esencial para evitar malos olores y asegurar la estabilidad del proceso de descomposición.

En cuanto al reciclado de materiales inorgánicos:

- El plástico, al derivar del petróleo, puede recuperarse mediante reciclaje mecánico o químico para ser transformado en nuevos productos o insumos industriales. Otra alternativa muy usada es rellenar la botella plástica y compactarla con residuos plásticos limpios y secos (ecobotellas). Sirve para reducir la basura no reciclable de un solo uso y funciona como un bloque resistente para la bioconstrucción (para más detalles, véase Montero López 2020, Temas B&GNOA, vol. 10, n° 2).

- Tanto los metales como el vidrio son materiales 100% aprovechables que pueden reintroducirse indefinidamente en el ciclo productivo, ahorrando energía y evitando la extracción de nuevas materias primas.

- El papel se puede utilizar como materia prima para nuevos productos de consumo, reduciendo la presión sobre los bosques.

[7] El CO_2 biogénico (dióxido de carbono biogénico) es químicamente idéntico al CO_2 fósil, pero se diferencia en su origen. Proviene de la descomposición, fermentación o combustión de materia orgánica reciente (biomasa, plantas o residuos), formando parte de un ciclo natural y corto del carbono, sin sumar nuevo carbono fósil al aire.

Mientras que la mezcla en un basural magnifica la toxicidad, la separación permite transformar los residuos orgánicos en compost útil y reincorporar los residuos inorgánicos a la Economía Circular, evitando que se conviertan en fuentes de contaminación que rompan la resiliencia de los ecosistemas[8].

En conclusión, la gestión adecuada requiere tratar por separado la fracción orgánica e inorgánica.

Panorama mundial y regional

En un mundo cada vez más poblado, la gestión de los RSU dejó de ser un simple problema de limpieza municipal para convertirse en un desafío de supervivencia global. La meta internacional es clara: abandonar el viejo modelo lineal de "comprar, usar y tirar" (Figura 5) para avanzar hacia una Economía Circular, un sistema donde los desechos se transforman en recursos valiosos (Figura 6).



Figura 5: Esquema de economía lineal, donde un individuo compra un producto, con el uso este desarrolla una falla técnica o "pasa de moda" (la obsolencia programada es la vida útil preestablecida del producto), luego es descartado y se adquiere un producto nuevo. Tomado de Hablando en Vidrio, https://hablandoenvidrio.com.

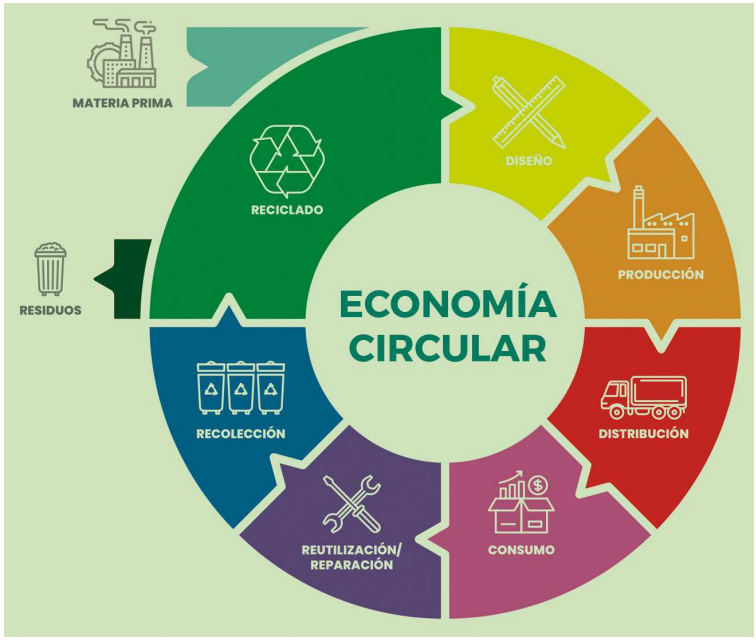


Figura 6: Diagrama del ciclo de la Economía Circular. Tomado de Economía Circular [Infografía], por Cairplas (s.f.).

[8] La resiliencia de los ecosistemas es su capacidad para resistir, absorber impactos y recuperarse de perturbaciones (como incendios, sequías o actividad humana). Implica mantener su estructura, biodiversidad y funciones esenciales, permitiendo que el sistema vuelva a su estado original o evolucione hacia uno similar.

Las alarmas globales ya están encendidas. Se estima que para el año 2050 la generación de basura crecerá más del doble que el ritmo de crecimiento de la población. A nivel mundial, pasaremos de producir 2.100 millones de toneladas anuales de RSU a la preocupante cifra de **3.800 millones de toneladas al año,** según advierte la Perspectiva Mundial de la Gestión de Residuos de la ONU (UNEP).

Este incremento del 56% ocurrirá a lo largo de una sola generación y estará impulsado por una urbanización acelerada: se proyecta que para ese mismo año el 85% de la población mundial vivirá en ciudades. Desde la Organización de las Naciones Unidas (ONU) advierten que esta acumulación de RSU tendrá consecuencias directas y graves sobre la salud pública, el uso del suelo y la aceleración del cambio climático.

Para frenar esta crisis, la ONU impulsó la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible**, un plan de acción global a favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Dentro de sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el manejo de la basura no es un tema aislado sino que está conectado con casi todas las metas ambientales y sociales (Figura 7), por ejemplo:

- **ODS 11 (Ciudades sostenibles):** Exige que los gobiernos garanticen la recolección y el tratamiento seguro de los residuos para que las ciudades dejen de ahogarse en su propia basura.

- **ODS 12 (Producción y consumo responsables):** Llama con urgencia a reducir la generación de desechos mediante tres pilares: la prevención, el reciclaje y la reutilización.

- **ODS 13 (Acción por el clima):** Apunta a gestionar los residuos para frenar la emisión de metano (un GEI sumamente potente) generado por la descomposición de la basura en los basurales.



Figura 7: La Agenda 2030 y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La estrategia internacional para cumplir estas metas no es al azar; se basa en una regla de oro llamada la **"Jerarquía de residuos",** donde no todos los esfuerzos valen lo mismo. Bajo este criterio, lo primero y más importante es **prevenir y evitar** generar el residuo. Si el residuo ya existe, el siguiente paso es **reutilizarlo**. Cuando esto no es posible, se recurre al **reciclaje**. Como penúltima opción se busca su **recuperación energética** (por ejemplo, generando biogás controlado) y, solo en última instancia, cuando ya no queda ninguna alternativa, se contempla su **disposición final** en un relleno sanitario seguro.

Aunque el éxito de este cambio de paradigma depende de la colaboración entre gobiernos, empresas y ciudadanos, la brecha entre las metas y la realidad regional sigue siendo enorme. Las empresas tienen el compromiso urgente de reducir embalajes excesivos, disminuir la producción masiva y ajustar sus diseños iniciales para usar materiales ecológicos/reciclables.

Sin embargo, el panorama local muestra una gran deficiencia. En Argentina se producen alrededor de **50.000 toneladas de residuos al día** (lo que equivale a 1,15 kg de residuo por habitante al día). Al igual que ocurre en el resto de Latinoamérica, la infraestructura actual es ineficiente y el porcentaje de material que efectivamente se recicla es críticamente bajo, **situándose apenas en torno al 6%.**

En cuanto a la normativa ambiental, nuestro país cuenta con un marco legal sólido, pero su aplicación es un camino lleno de desafíos. La columna vertebral lo marca la Ley Nacional 25.916 de Gestión Integral de Residuos Domiciliarios (2004). Esta ley ambiental establece los Presupuestos Mínimos de protección ambiental y define que la gestión de la basura debe ser integral. Esto significa que abarca un ciclo completo de seis etapas:

1- Generación. El momento en que consumimos y decidimos tirar algo.

2- Disposición inicial. Cómo y dónde dejamos la bolsa (idealmente, separados en reciclables y basura común).

3- Recolección. El retiro por parte de los servicios municipales.

4- Transporte. El viaje de los residuos hacia las plantas de tratamiento.

5- Tratamiento y transferencia. Donde se separan, compactan o reciclan los materiales.

6- Disposición final. El depósito seguro de lo que ya no sirve para nada.

Aunque la ley es nacional, la Constitución Argentina establece que las provincias y los municipios son los dueños de sus recursos naturales y los responsables directos de gestionar su basura.

Por eso, cada provincia tiene sus propias leyes complementarias y cada municipio decide cómo recolecta los residuos. Esto genera realidades muy distintas. Mientras las grandes urbes avanzan hacia la recolección diferenciada y plantas de reciclaje modernas, el país todavía arrastra una deuda histórica: la existencia de cientos de basurales a cielo abierto, focos críticos de contaminación y el riesgo sanitario que la normativa nacional busca erradicar definitivamente. Para contrarrestar esto, agencias de la ONU promueven la Estrategia Regional de Economía Circular para América Latina y el Caribe, además de auspiciar proyectos piloto locales para transformar la fracción orgánica de la basura en recursos energéticos útiles.

Cambio de paradigma: de basura a residuo

Para enfrentar esta crisis ambiental, es fundamental entender una diferencia clave: la "basura" es algo que ya no sirve para nada y solo estorba; en cambio, un "residuo" es un material que, aunque perdió su utilidad original, tiene el potencial de ser aprovechado, reciclado o reutilizado.

La tendencia global en este 2026 se enfoca en la Economía Circular. Ya no se trata únicamente de reciclar lo que ya existe, sino de aplicar un cambio estructural: rediseñar los productos desde su origen para que su ciclo de vida sea más largo y nunca lleguen a convertirse en desechos permanentes. Bajo este nuevo enfoque surge la Minería Urbana, una práctica que consiste en ver los vertederos no como cementerios de basura, sino como auténticos yacimientos de recursos donde se pueden recuperar metales valiosos, plásticos y otros materiales para reintroducirlos en la cadena productiva, reduciendo así la necesidad de extraer nuevas materias primas de la naturaleza. El poder de transformar esta realidad también está en nuestras manos (ver Tabla 2).

Tabla 2: Transformar la realidad está en nuestras manos.

ACCIONES CLAVE QUE PODEMOS TOMAR	
Aplicar las 7R	Las clásicas 3R (REDUCIR, REUTILIZAR, RECICLAR) evolucionaron a 7R, invitándonos además a: REDISEÑAR, REPARAR, RENOVAR y RECUPERAR.
Separación en origen	Es **el paso más sencillo y valioso.** BASURA: debemos **separar la Fracción Reciclable de la Fracción Compostable.** La fracción reciclable se debe **siempre enjuagar** antes de descartar para evitar malos olores y la proliferación de plagas.
Compostaje doméstico	**Cerca del 50% de nuestros residuos domésticos son orgánicos.** **Compostar en casa** reduce enormemente el volumen de la bolsa de basura descartada. **Beneficios: humus (tierra fértil) y lixiviados (fertilizante natural).**
Consumo responsable	**ELEGIR** productos con menos embalajes. **EVITAR** los plásticos de un solo uso. **OPTAR** por artículos diseñados para ser duraderos y reparables.

Gestión integral de RSU en Salta

Si bien la separación de residuos requiere de nuestro compromiso individual, el gobierno debe garantizar la infraestructura y los medios necesarios para una adecuada Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU[9]). De nada sirve que clasifiquemos los residuos en casa, si después se recolectan y tratan todos por igual. Por este motivo es que requiere un compromiso colectivo.

En la provincia de Salta, las campañas de reciclaje se enfocan en la Economía Circular, el acopio de residuos especiales y la educación ambiental. Las iniciativas combinan jornadas masivas de recolección, puntos verdes fijos y programas de concientización, cuyos materiales recuperados se derivan a cooperativas locales.

A nivel provincial, el Gobierno de la Provincia de Salta impulsa programas articulados con los municipios para el acopio de tecnología en desuso: campaña de recolección de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE, conocido como “RAAEtón”). Además, habilita puntos en dependencias estatales para evitar el acopio de componentes peligrosos en la vía pública. Por otra parte, a través de proyectos de inclusión social y circularidad, busca integrar recuperadores urbanos y cooperativas de la economía social, que garanticen el reciclaje y la correcta disposición final en sitios como el Relleno Sanitario San Javier.

A continuación, en el recuadro, se detalla, a modo de ejemplo, cómo opera el sistema de recolección y disposición final en cuatro localidades de la región y cuáles son sus principales campañas de reciclaje actuales (información recolectada de las redes sociales de cada municipio, Instagram y/o Facebook).

Salta Capital
La Municipalidad de Salta Capital representa el municipio más avanzado en la GIRSU por la implementación del programa obligatorio "Salta Separa". La empresa Agrotécnica Fueguina realiza la recolección diferenciada: los martes y jueves se retiran exclusivamente los residuos secos (plásticos, vidrios, cartón, metal), mientras que los lunes, miércoles, viernes y sábados se recolectan los húmedos u orgánicos. Todos los residuos de la capital se derivan al Relleno Sanitario San Javier, el cual cuenta con una trinchera de disposición tecnificada, tratamiento de lixiviados y un sector de separación operado por cooperativas de recuperadores urbanos. A su vez, el municipio impulsa distintas campañas de reciclaje: el Reciclatón (jornadas periódicas itinerantes, donde reciben materiales complejos como: textiles, baterías de vehículos, aparatos electrónicos (RAEE), aceites vegetales usados, y plásticos); Puntos verdes o Ecopuntos (puntos fijos de depósito en ubicaciones estratégicas); y campañas de Eco-Canje (realizadas en los parques urbanos, donde los vecinos intercambian materiales reciclables por "ecopesos" canjeables por plantines, compost u otros).

[9] La GIRSU es un sistema de manejo de los RSU que se basa en el desarrollo sostenible y cuyo objetivo es la reducción de los residuos que pasan a la disposición final. Incorpora pautas que minimizan la cantidad de residuos, promueven su recuperación, reúso o reciclado con fines productivos. Su objetivo principal es preservar la salud humana, mejorar la calidad de vida de la población, promover el aprovechamiento de los residuos recuperables y reciclables, el cuidado y protección del ambiente y la conservación de los recursos naturales.

Campo Quijano
El serviio de recolección cubre el área urbana y las delegaciones de la Quebrada del Toro. Los residuos domiciliarios generales recolectados por los camiones municipales no se entierran en la localidad. A través de convenios de cooperación regional, son trasladados y reciben tratamiento de disposición final en el Relleno Sanitario San Javier, operado por Agrotécnica Fueguina. La Municipalidad de Campo Quijano incorporó una chipeadora industrial propia. Esto permite triturar de manera sustentable las ramas, hojas y restos vegetales de poda para transformarlos en chips reutilizables y abono orgánico, evitando la quema clandestina. Además, ejecuta operativos intensivos para sanear y clausurar antiguos macrobasurales clandestinos (como el del predio de la ex-finca Las Lomitas), reforzando simultáneamente la colocación de cestos de basura en puntos turísticos como el Dique. También, realiza campañas específicas de recolección de chatarra, neumáticos y residuos tecnológicos (RAEE) para evitar que terminen en los cauces de los ríos locales.

Cerrillos
La Municipalidad de Cerrillos, cuenta con servicios de recolección municipales propios para el casco urbano y las zonas de loteos en crecimiento. En cuanto a las campañas de reciclaje se apoya fuertemente en redes de organizaciones civiles. Cuenta con contenedores específicos y Puntos Verdes distribuidos en plazas y barrios para captar de forma voluntaria cartón, papel, latas de aluminio y plásticos. Gracias a esto, logra recuperar toneladas de materiales reciclables mensualmente antes de que terminen en el vertedero. Además, impulsa campañas de concientización a través de talleres y la recolección de ecobotellas en los CIC.

Rosario de Lerma
La gestión de residuos domiciliarios es administrada directamente por la Municipalidad de Rosario de Lerma y se encuentra en una etapa de reestructuración técnica. Realiza la recolección diferenciada: materiales secos los días martes (plásticos, cartón, papel, vidrios y latas limpios y secos) y la basura general de domingo a viernes. Las campañas de reciclaje están enfocadas en implementar la separación en origen y erradicar microbasurales. Existen contenedores amarillos distribuidos en la vía pública para que los vecinos depositen exclusivamente botellas y envases plásticos en cualquier momento. El municipio cuenta con cuadrillas especiales para erradicar focos clandestinos de basura. Los restos de poda, escombros o materiales de construcción de descarte, se exige sacarlos a la vía pública estrictamente un día antes del operativo programado para evitar multas. Por otra parte, mantienen campañas educativas como talleres de compostaje doméstico y talleres de manejo de plásticos agrícolas, cruciales para su comunidad rural. Además, la campaña RAAEtón (provincial), que busca clasificar e integrar a la Economía Circular los componentes electrónicos recolectados, los destina principalmente a la Escuela Técnica de Rosario de Lerma para prácticas estudiantiles y proyectos socioambientales.

Para más información acerca de campañas de reciclaje en su comunidad, los invito a revisar los programas de GIRSU en sus provincias/municipios a través de las páginas oficiales y/o redes sociales.

¿Es posible un futuro sin basura?

El manejo de los residuos es una responsabilidad compartida que involucra al gobierno, a las empresas y a cada ciudadano. La meta final es alcanzar la BASURA CERO, un estado donde logremos transformar completamente nuestra vieja economía lineal de "extraer-usar-tirar" en una Economía Circular donde "nada se pierda y todo se transforme".

La Economía Circular comienza con una decisión clave en cada hogar: la separación de los residuos en origen.

Separar en casa plásticos, cartones, vidrios y metales limpios de la fracción orgánica resulta ser un eslabón imprescindible. Sin nuestra acción individual, la cadena de la Economía Circular se rompe antes de empezar.

Separar la basura no es solo un mero acto ecológico, es aportar nuestro granito de arena a un compromiso que debe ser colectivo y global.

Con solo esta acción, estaremos reduciendo enormemente el volumen de desechos que llega a los rellenos sanitarios/basurales (hasta en un 50%). Esto, evidentemente, no representa el fin de los RSU pero marca un camino a seguir.

El futuro del planeta depende de que hoy dejemos de fabricar basura y empecemos a gestionar recursos.

BIBLIOGRAFÍA

BARRIENTOS LLOSA Z. 2010. Problemática de los ciclos biogeoquímicos, hidrológico y de nutrientes en la meseta central de Costa Rica. Revista Posgrado y Sociedad, 10 (1): 23 - 37.

BENÍTEZ FONSECA M, A ABALOS RODRIGUEZ, S RODRIGUEZ PEREZ, F RAMIREZ VIVES. 2020. Co digestión anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y su lixiviado. Revista Colombiana de Biotecnología, 22 (2): 70 - 81.

ESPINOSA LLORÉNS M DEL C, M LÓPEZ TORRES, A PELLÓN ARRECHEA, R MAYARÍ NAVARRO, A FERNÁNDEZ COLOMINA. 2007. La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos como fuente potencial de producción de biogás. Revista CENIC Ciencias Biológica, 38 (1): 33 - 37.

FERTILAB. s.f. ¿Por qué analizar metales pesados y elementos traza? Sistema de Reducción de Riesgos de Contaminación. https://www.fertilab.com.mx/

HERNÁNDEZ GATICA I A. 2025. Geoquímica de elementos traza en suelos y polvo sedimentado tras una tormenta de arena y su relación con el riesgo para la salud humana en Diego de Almagro, Chile. Tesis de Pregrado, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Chile.

LÓPEZ PÉREZ M E, M DEL RINCÓN CASTRO, C MUÑOZ TORRES, G RUIZ AGUILAR, S SOLÍS VALDEZ, G ZANOR. 2017. Evaluación de la contaminación por elementos traza en suelos agrícolas del suroeste de Guanajuato, México. Acta Universitaria, 27 (6): 10 - 21. https://doi.org/10.15174/au.2017.1386

MONTERO LÓPEZ V. 2020. Elaboración de ecoladrillos y una Salta consciente. Temas de Biología y Geología del NOA, 10 (2): 25 - 28.

MUÑOZ MENÉNDEZ M B, A CONTRERAS MOYA, R SANTOS HERRERO, E ROSA DOMÍNGUEZ, T CÁRDENAS FERRER. 2020. El proceso de digestión anaeróbica para el tratamiento de residuos sólidos. Métodos y resultados. Polo del Conocimiento, 5 (1). https://doi.org/10.23857/pc.v5i1.1955

MUÑOZ SHUGULÍ C A, A MONTESDEOCA CABRERA, H BRITO MOÍNA, M PARADA RIVERA. 2015. Composición y tiempo de degradación de los residuos sólidos urbanos y su relación con la producción en Riobamba, Ecuador. Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos. Riobamba, Ecuador.

NAJAR MARÍN E. 2024. Manejo de residuos sólidos en zonas urbanas en América Latina. Revista Científica Visión de Futuro, 28 (2): 78 - 97. https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2024.28.02.003.es

NIEZWIDA S R, J MICHALUS, G GAVAZZO. 2023. Revisión bibliográfica sobre los residuos sólidos urbanos. InGenio Journal, 6 (2): 30 - 39.

ORDOÑEZ ZÚÑIGA N, A PÉREZ FIGUEREDO, N ESPAÑA FRANCIS, J MANTILLA ORDOÑEZ, M ORDOÑEZ VALENCIA. 2026. Gestión de residuos sólidos urbanos basada en los principios de la economía circular: una revisión sistemática en América Latina. Revista de Ciencias Ambientales, 60 (1): 1 - 17. https://doi.org/10.15359/rca.60-1.4

RODRIGO ILARRI J, M RODRIGO CLAVERO. 2025. Propiedades biológicas de los residuos sólidos urbanos. Universidad Politécnica de Valencia. https://riunet.upv.es/handle/10251/221549

UNEP. 2024. Perspectiva mundial de la gestión de residuos. https://www.unep.org/es/resources/perspectiva-mundial-de-la-gestion-de-residuos-2024

VALENTO G. 2025. Introducción a la geoquímica: explorando la química de la tierra. Temas de Biología y Geología del NOA, 15: 18 - 22.

ISSN 1853-6700

TEMAS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL NOA

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

Volumen 16, Número 2, Agosto 2026

I B I G E O

IBIGEO INSTITUTO DE BIO Y GEOCIENCIAS DEL NOA

https://ibigeo.conicet.gov.ar/

CCT-Salta-Jujuy
9 de julio 14
Rosario de Lerma-4405 (Salta)
República Argentina
Tel: 54 (0) 387 4931755
ibigeotemas@gmail.com