

También se han identificado volúmenes significativos de condensado asociado y un "oil rim" con reservas estimadas en hasta 1.000 millones de barriles de crudo ligero. Décadas después de su descubrimiento, Hassi R'Mel sigue siendo un eje estratégico para Sonatrach y para la producción nacional. Se calcula que las reservas restantes probadas rondan el 30 % de las recuperables inicialmente, y proyectos recientes de compresión han permitido estabilizar la producción.

El hallazgo de Hassi R'Mel movilizó la exploración hacia zonas vecinas como Berkine, Oued Mya e Illizi, perforándose decenas de pozos en las décadas siguientes, con hallazgos en reservorios triásicos, devónicos, carboníferos y jurásicos; sin embargo, ninguno alcanzó la escala de Hassi R'Mel.

Sonatrach, la empresa estatal argelina, ha intensificado la exploración mediante sísmica 3D y un mayor número de pozos exploratorios, aunque la densidad media de perforación sigue siendo baja, lo que indica que existe un margen considerable para nuevos descubrimientos. En áreas de exploración relativamente reciente, como el Benoud Trough, se han identificado sistemas productivos en carbonatos jurásicos que abren la posibilidad de nuevas opciones exploratorias. En la cuenca de Berkine, recientemente se han puesto en marcha proyectos de desarrollo en asociación con empresas internacionales,



**Ramón López Jiménez** (Ph.D.) es un geólogo con 14 años de experiencia en investigación y en varios sectores de la industria y servicios públicos. Es un especialista en obtención de datos en campo, su análisis y su conversión a diversos productos finales. Ha trabajado en EEUU, México, Colombia, Reino Unido, Turquía y España. Su especialidad es la sedimentología marina de aguas profundas. Actualmente realiza investigación en

que contemplan importantes inversiones y volúmenes de producción estimados en cientos de millones de barriles equivalentes de petróleo. Estos acuerdos confirman que la industria global continúa apostando por el potencial de las cuencas saharianas.

Se puede concluir que la extensión y el número de cuencas productoras de Argelia respaldan su capacidad para incrementar su producción en el futuro. El gas argelino se perfila fundamental para la seguridad energética europea en las próximas décadas. La proximidad geográfica, la infraestructura de gasoductos existente y las reservas probadas del Sahara argelino sitúan a Argelia como un proveedor estratégico en un contexto de transición energética europea. Este es un escenario donde el gas natural actúa como combustible de respaldo para la integración de energías renovables. El papel de Argelia se vuelve particularmente relevante debido la flexibilidad y estabilidad de los sistemas eléctricos europeos. Además de la generación de electricidad, el gas argelino sostiene a sectores industriales clave, como la petroquímica, la siderurgia o la producción de fertilizantes, que requieren un suministro seguro. En este sentido, Argelia no solo aporta hidrocarburos al mercado europeo, sino que también aspira a consolidarse como un socio estratégico principal en la diversificación de fuentes energéticas, reduciendo la dependencia de otros productores menos

afloramientos antiguos de aguas someras y profundas de México, Turquía y Marruecos en colaboración con entidades públicas y privadas de esos países. Es instructor de cursos de campo y oficina en arquitectura de yacimientos de aguas profundas y tectónica salina por debajo de la resolución sísmica.

[r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk](mailto:r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk)

## FÓSILES URBANOS: LAS CIUDADES COMO CANTERAS GEOLÓGICAS

Jesús S. Porras M.

Geólogo Consultor ([porrasjs@yahoo.com](mailto:porrasjs@yahoo.com))



### Introducción

Las ciudades, comúnmente percibidas como entornos inertes y artificiales, no solo albergan sistemas vivos y dinámicos, sino que también resguardan, en sus edificios, monumentos y espacios públicos, un valioso registro fósil, testimonio de antiguos ecosistemas y procesos geológicos del pasado. Muchos de los materiales pétreos que configuran el paisaje urbano, extraídos de canteras, afloramientos y formaciones geológicas, conservan huellas de organismos que habitaron la Tierra hace millones de años.

Esta presencia inadvertida y silenciosa de fósiles en la arquitectura convierte a las ciudades en auténticas "canteras urbanas", donde el pasado geológico se hace visible en fachadas, pavimentos, escaleras y ornamentos y donde cada fósil es una ventana que conecta la historia natural con el desarrollo e identidad de las sociedades. Representan, los fósiles, un vestigio del pasado que trasciende el tiempo y enriquece el patrimonio de la comunidad.

El estudio de los fósiles urbanos permite no solo conocer el origen y la historia de las rocas utilizadas en la construcción, sino también promover la valoración del patrimonio geológico y su integración en las estrategias de

conservación, divulgación y educación. Este enfoque multidisciplinario, que vincula la geología, la paleontología, la arquitectura y la gestión patrimonial, revela que las ciudades no solo son espacios de modernidad, sino también espacios al aire libre donde el pasado geológico sigue presente y accesible y, en muchos casos, desapercibido.

Reconocer y valorar este patrimonio geológico oculto en el entorno edificado es fundamental para comprender cómo la historia natural se integra en la vida urbana. Este trabajo propone un recorrido por ese patrimonio fósil, abordando su origen, características, distribución y su relevancia científica, educativa y cultural como parte integral de la memoria colectiva de las ciudades. Se define con mayor precisión qué entendemos por fósiles urbanos, cuáles son sus características y cómo se manifiestan en el paisaje arquitectónico de las ciudades.

### ¿Qué son los fósiles urbanos?

Se entiende por fósiles urbanos a los restos, moldes o huellas de organismos que vivieron en el pasado geológico y que hoy se encuentran integrados en el entorno urbano. Se localizan principalmente en rocas ornamentales, mayoritariamente sedimentarias, utilizadas en fachadas, pavimentos, escaleras, monumentos, columnas y otros

elementos que conforman el paisaje arquitectónico (Padula y Lazo, 2021; Porras, 2023, 2024).

Estos fósiles no son originarios del lugar donde se asienta la ciudad, sino que provienen de rocas extraídas de canteras, ubicadas a decenas, cientos o incluso miles de kilómetros de distancia. Es habitual encontrar edificios revestidos con losas fosilíferas obtenidas a partir de rocas provenientes de otros países o de regiones geográficamente muy alejadas. Según Quintana (2013), al encontrarse fuera de su contexto geológico original, los fósiles urbanos carecen de valor estratigráfico y sedimentológico preciso, lo que limita su utilidad en estudios científicos formales para la determinación de la edad, posición estratigráfica y contexto sedimentológico, paleogeográfico y paleoambiental en los que se formaron.

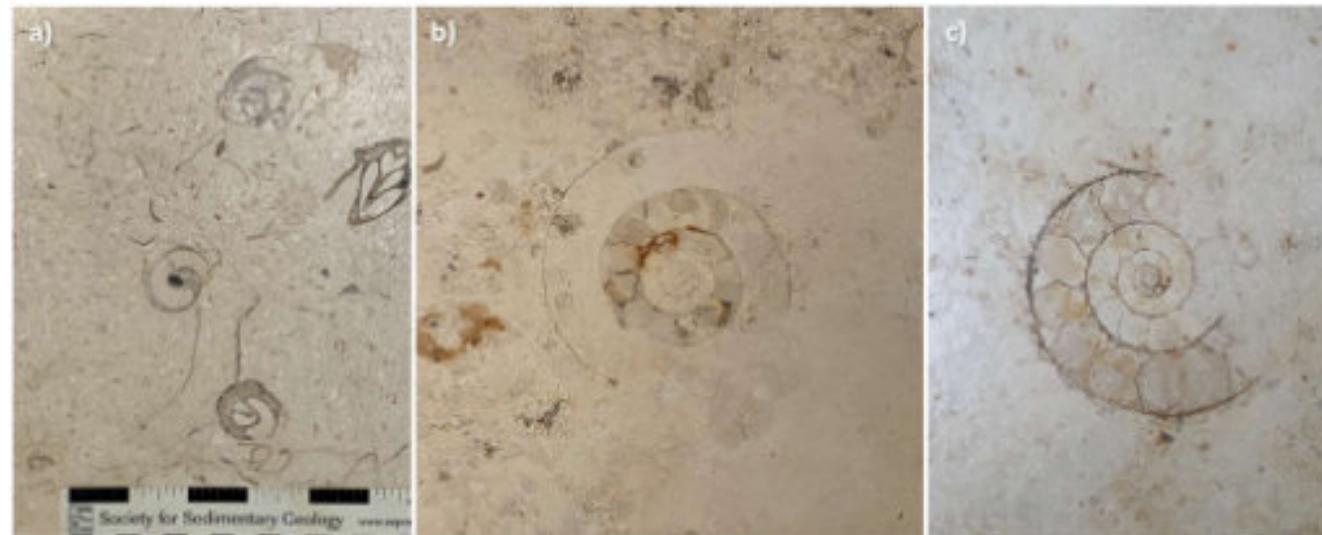


Figura 1. Fósiles en losas marmóreas de diferentes zonas de la ciudad de Buenos Aires: a) gastrópodos y bivalvos en pisos del DOT Shopping b) ammonoideos en pared de edificio residencial de Belgrano c) ammonoideos en baldosas de piso de edificio residencial de Puerto Madero (Foto J. Porras).

Además de su función constructiva y ornamental, estas rocas representan una forma accesible de patrimonio geológico y paleontológico, visible a simple vista en el espacio urbano.

#### Origen de los fósiles urbanos

Los fósiles presentes en materiales pétreos urbanos provienen mayoritariamente de rocas sedimentarias formadas en antiguos ambientes marinos: plataformas carbonáticas, arrecifes, lagunas someras y fondos oceánicos, donde las condiciones eran óptimas para la fosilización. Son menos frecuentes los fósiles procedentes

de ambientes continentales (fluviales, lacustres o costeros), que suelen limitarse a microfósiles, icnofósiles o impresiones vegetales.

Los fósiles urbanos más comunes corresponden a restos, moldes o impresiones de organismos marinos como corales, amonites, bivalvos, braquiópodos, crinoideos y trilobites, así como restos vegetales y microfósiles. También son frecuentes las estructuras sedimentarias biogénicas o icnofósiles, como perforaciones, huellas, galerías y madrigueras.

Estos fósiles suelen identificarse y conservarse principalmente en rocas sedimentarias utilizadas en la arquitectura urbana, tales como calizas, mármoles (calizas recristalizadas), areniscas, cuarcitas, travertinos y conglomerados.

monumentos y diversas estructuras arquitectónicas, y en la pavimentación de calles, caminerías y aceras.

De este modo, los fósiles, originalmente generados en contextos naturales muy diferentes, pasan a formar parte



del paisaje construido. Es esta incorporación no intencionada en el entorno urbano lo que da origen al concepto de "fósiles urbanos" ya que su condición urbana deriva de su presencia visible en los espacios públicos.

Figura 2. a) Caliza bioclástica en muro de residencia de Fredericksburg, Tx b) Losa de banco de piedra caliza conchífera (Cordova Shell Limestone) con múltiples moldes de *Trigonia*, Houston, Tx c) Fragmentos de madera petrificada dispuestos como elemento ornamental y de construcción en edificación de Glen Rose, Tx d) Caliza conchífera con moldes de turritelas y bivalvos de los géneros *Trigonia* y *Exogyra* sp. en bloques de paredes del Memorial Drive Presbyterian Church, Houston, Tx. (Foto J. Porras).

Tabla 1. Fósiles Comunes en Entornos Urbanos

Tipo de fósil	Descripción	Ejemplos
Somatofósiles	Restos directos de organismos, principalmente partes duras.	Amonites, bivalvos, gastrópodos, corales, braquiópodos, crinoideos, trilobites, vértebras de peces.
Icnofósiles	Huellas de actividad biológica preservada en el sedimento.	Huellas, rastros, galerías, madrigueras, perforaciones, huellas de dinosaurios (excepcionales).
Microfósiles	Restos microscópicos de organismos.	Foraminíferos, radiolarios, ostrácodos, nanofósiles calcáreos.
Fósiles vegetales	Impresiones o moldes de partes de plantas.	Hojas, tallos, moldes de raíces, musgos y algas (en travertinos).
Impresiones fantasma	Contornos difusos de fósiles eliminados por recristalización o disolución.	Sombras de conchas, ammonites o corales en mármoles y calizas recristalizadas.

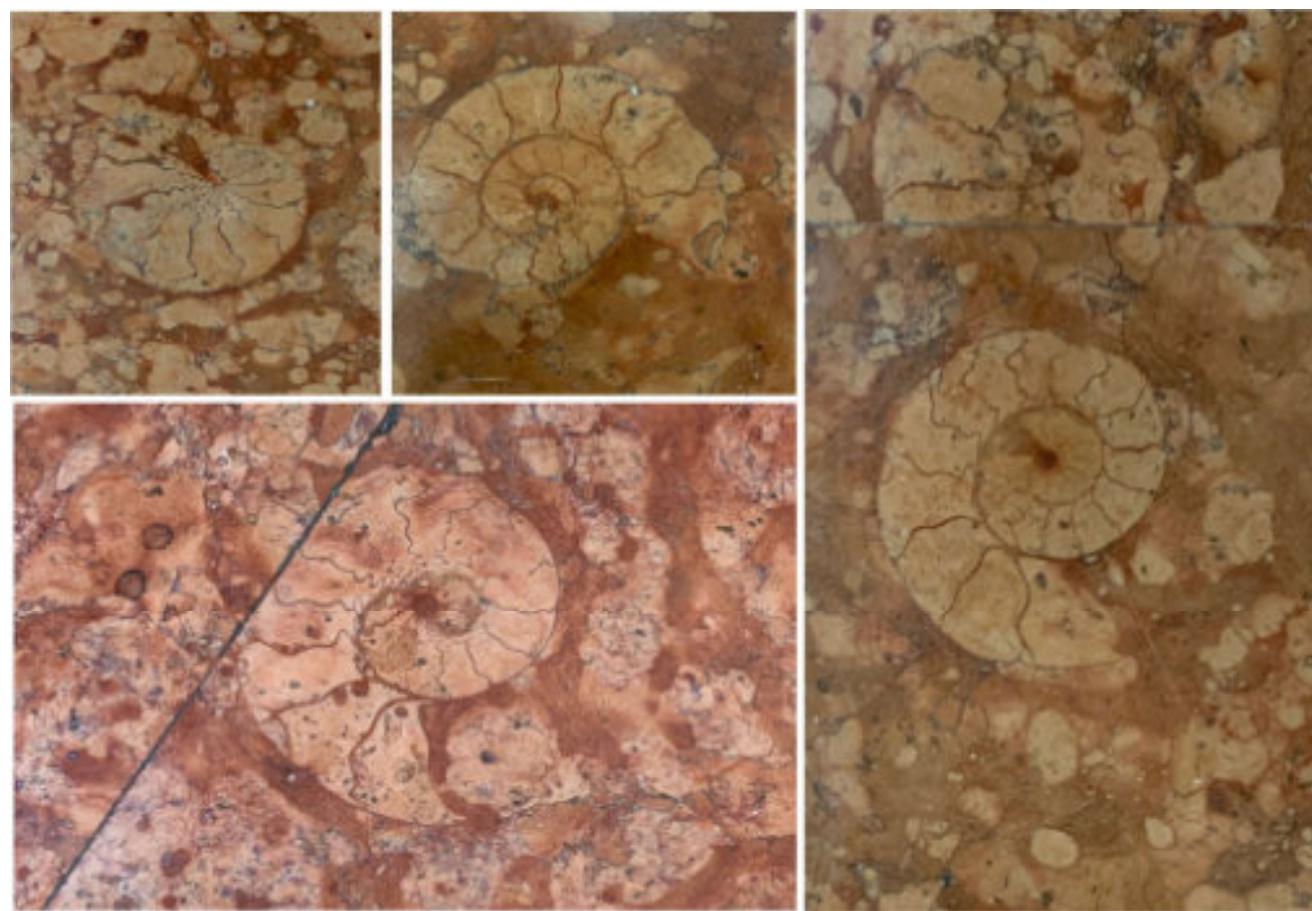


Figura 3. Ammonites y Nautiloideos en losas de caliza Rosso Ammonítico del piso del lobby del Hotel Tequendama, Bogotá, Colombia (Foto J. Porras).

#### Rocas ornamentales y potencial fosilífero

Las rocas ornamentales poseen características propias que condicionan la preservación de los fósiles. Su capacidad fosilífera depende tanto del ambiente de formación de la roca como de procesos geológicos posteriores (compactación, diagénesis, metamorfismo, recristalización) y del tratamiento industrial aplicado (esculpido, pulido, corte). También depende del estado de conservación y exposición en el entorno urbano, factor que puede acentuar o borrar la presencia de fósiles (Carrillo y Gisbert, 1993).

#### Rocas sedimentarias

Son las que presentan mayor abundancia y diversidad de fósiles. Se formaron en ambientes marinos, lacustres, fluviales o costeros mediante la acumulación de sedimentos y restos orgánicos. En este grupo se incluyen:

-Calizas fosilíferas y arrecifales: formadas en plataformas marinas someras, arrecifes o lagunas, son las más ricas en

fósiles visibles. Contienen corales, bivalvos, braquiópodos, crinoideos, amonites, belemnites, etc.

-Calizas micríticas y margas: originadas en ambientes marinos más profundos, contienen principalmente microfósiles como foraminíferos y radiolarios. Algunas variedades nodulares pueden contener amonites.

-Areniscas: preservan principalmente icnofósiles (huellas, galerías) e impresiones vegetales.

-Travertinos: rocas carbonáticas de origen continental, con moldes de vegetación, algas y microorganismos.

-Conglomerados: ocasionalmente conservan fósiles redepositados o fragmentados.

#### Rocas metamórficas (Mármoles)

Los mármoles, o calizas metamorfizadas, pierden casi totalmente su contenido fósil por recristalización, por lo

que los fósiles en mármoles son extremadamente escasos o inexistentes.

Solo pueden reconocerse impresiones muy tenues y poco definidas, conocidas como "impresiones fantasma" (Carrillo & Gisbert, 1993).

Tabla 2. Rocas ornamentales, origen geológico y potencial fosilífero

Tipo de Roca	Origen geológico / Ambiente de formación	Potencial fosilífero
Calizas fosilíferas	Plataformas carbonatadas someras, lagunas marinas, arrecifes	Muy alto: conchas, corales, crinoideos, bivalvos, ammonites
Calizas arrecifales	Arrecifes coralinos fósiles	Alto: corales, briozoos, esponjas, crinoideos
Calizas micríticas / margas	Fondos marinos profundos (pelágicos)	Medio: microfósiles (foraminíferos, radiolarios), ammonites
Areniscas	Ambientes costeros, marinos someros o fluviales	Variable: icnofósiles (huellas, galerías), impresiones vegetales
Conglomerados	Ambientes de alta energía (playas, ríos, taludes submarinos)	Bajo: fósiles redepositados, fragmentados
Travertinos	Ambientes continentales (manantiales, aguas termales)	Medio: moldes de raíces, vegetación, algas, microorganismos
Mármoles	Calizas metamorfizadas (pérdida del ambiente original por metamorfismo)	Muy bajo: fósiles destruidos o transformados en impresiones fantasma



Figura 4. Losas de pared ornamental del Mirador El Morro, Salinas, Ecuador, elaborada con calizas arenáceas, fosilíferas, bioclásticas y coquinas provenientes de la Formación Tablazo (Pleistoceno Inferior) (Foto J. Porras).

## Abundancia de fósiles

La abundancia y visibilidad de fósiles en el entorno urbano depende de la roca, el tratamiento superficial aplicado a la roca (pulido, corte, desgaste) y la disponibilidad y uso de ciertos materiales pétreos en el mercado de la construcción. Se expresa según la clasificación siguiente:

- Extremadamente raros: visibles solo en casos excepcionales, como improntas de huesos, huellas de dinosaurios, dientes, cráneos, o elementos esqueléticos (costillas, vértebras) de animales superiores, incluidos peces, como los casos que se detallarán más adelante.
- Raros: muy difíciles de encontrar en el entorno construido. Su presencia es excepcional y requiere una búsqueda minuciosa. ej. Amonites en calizas variedad Rosso Ammonítico y Amarillo Siena, y calizas de estromatolitos.
- Poco comunes: son visibles tras una búsqueda cuidadosa en fachadas, pavimentos o interiores. Pueden encontrarse algunos ejemplares dispersos (1-2 especímenes). ej. amonites en calizas tipo Rosso Ammonítico, generalmente poco comunes o raros, según la disponibilidad. Pueden incluirse en este grupo los corales, solitarios o en colonias, equinoideos (erizos de mar), nummulites y crinoideos.
- Comunes: relativamente fáciles de observar en ciertos tipos de rocas ornamentales ampliamente utilizadas en la arquitectura urbana. ej. gastrópodos, braquiópodos y bivalvos en "mármoles" e icnofósiles (galerías, perforaciones), presentes en ciertas areniscas ornamentales.
- Abundantes: forman parte significativa del patrón visual de la piedra. Se encuentran en grandes cantidades en losas, muros o pavimentos. ej. amonites en losas de calizas de revestimientos exteriores y pavimentos, conchas marinas y microfósiles o restos mal preservados, aunque menos perceptibles a simple vista.

Algunos hallazgos destacan por su excepcionalidad, ya sea por la naturaleza del fósil, su tamaño, antigüedad o por lo inusual de su integración en elementos arquitectónicos. Estos casos, considerados extremadamente raros, incluyen restos de vertebrados fósiles, huellas de dinosaurios o grandes moldes esqueléticos cuya presencia en materiales constructivos es altamente inusual. Entre ellos se encuentran los peces fósiles del Devónico, de unos 400

millones de años, impresos en losas de aceras en Glasgow y Edimburgo (Reino Unido), que representan registros biológicos significativamente más antiguos que los dinosaurios (The Telegraph, 2024). Un hallazgo similar corresponde al fósil de un manatí marino del género *Prototherium*, datado en 40 millones de años (Eoceno), identificado en losas de calizas del pavimento urbano de Girona (España) (Voss et al., 2019, 2023).

Las conocidas huellas de dinosaurios en las aceras de Greenfield (Massachusetts, EE.UU.), descubiertas en 1935, son otro ejemplo singular. Datadas en el Jurásico (200 millones de años), constituyen un testimonio directo de la actividad biológica del pasado preservado en el espacio urbano (Nash Dinosaur Tracks, 2024). La ciudad de Araraquara (Brasil) constituye un caso singular de paleontología urbana. Desde inicios del siglo XX, se han utilizado lajas de eolianitas de la Formación Botucatu (Cretácico Inferior) para el pavimento de aceras y espacios urbanos. Estas rocas conservan icnofósiles de gran valor, como huellas de invertebrados, mamíferos primitivos y dinosaurios, que hoy se encuentran distribuidos en las aceras de la ciudad (Francischini et al., 2020).

En Zapala (Neuquén, Argentina) se documentó el molde fósil de un hueso de pterosaurio, de aproximadamente 150 millones de años (Jurásico), visible en una laja de caliza utilizada en el pavimento (Quintana, 2013; Diario Río Negro, 2009). Otro hallazgo excepcional es el fósil incrustado en la balaustrada del altar mayor de la Catedral de Vigevano (Italia), que corresponde posiblemente a parte del cráneo de un dinosaurio, incluyendo dientes y lóbulos nasales. Durante siglos permaneció inadvertido y fue inicialmente interpretado como un ictiosaurio (Paleo, 2010).

Más allá de estos casos extremadamente raros, existen ejemplos notables de fósiles más comunes, aunque igualmente valiosos desde una perspectiva patrimonial y uso extensivo. Destaca la "Pedra de Girona", una caliza numulítica del Eoceno (48-41 millones de años), utilizada ampliamente en construcciones medievales y contemporáneas en Cataluña. Sus superficies exhiben claramente grandes foraminíferos del género *Nummulites* (Geology is the Way, 2024). Otras variedades europeas destacadas por su valor comercial y patrimonial, aunque poco comunes por la abundancia relativa de fósiles, son las calizas micríticas "Rosso Ammonítico", de tonalidad rojiza y abundantes amonites, ampliamente utilizadas en revestimientos arquitectónicos, y las calizas arrecifales de

rudistas, conocidas como Rojo Bilbao o caliza de Ereña, del Cretácico del País Vasco, muy apreciadas en la arquitectura histórica por su resistencia y riqueza paleontológica (Porras, 2024).

Un ejemplo emblemático en América es la Caliza Indiana (Bedford limestone o Salem limestone), explotada masivamente entre finales del siglo XIX y mediados del siglo XX en Estados Unidos y Canadá, llegando a representar entre el 60 y el 80% de las edificaciones construidas en ese período. Esta roca del Mississippiano (330 millones de años), llamada erróneamente como "caliza oolítica", presenta abundantes fósiles de foraminíferos (*Endothyra baileyi*), crinoideos, briozoos, ostrácodos, gastrópodos y braquiópodos, además de icnofósiles y espículas de esponjas (Shaffer, 2019). Según la Indiana Limestone Quarrymen's Association (1920), se la

definía como una roca conformada por abundantes restos biológicos diminutos, ostras, bivalvos, conchas y caracoles, completos o fragmentados, de textura variable, entre fina y granular.

Otro caso particular es el de Guane (Santander, Colombia), donde los fósiles no forman parte del material constructivo en sí, sino que fueron incorporados como elementos decorativos en plazas, aceras y pisos. Proceden de afloramientos cretácicos cercanos y abarcan principalmente amonites y bivalvos, aunque en la región se han encontrado tortugas marinas, plesiosaurios y restos de dinosaurios.



Figura 5. Amonites diversos, bivalvos, nódulos, concreciones fosilíferas y septarias, incorporados a la decoración de la plaza principal del poblado de Guane, Departamento de Santander, Colombia. A la derecha, detalle.

## Las ciudades como canteras del pasado

Los fósiles más comunes en materiales pétreos urbanos, principalmente calizas y areniscas, son improntas de amonites y conchas marinas, visibles en lajas y losas, tanto pulidas como rústicas. En superficies pulidas, estos moldes

fósiles presentan mayor definición y detalle. De manera más ocasional, los amonites aparecen en calizas nodulares micríticas rojas, como la variedad "Rosso Ammonítico" (Porras, 2023) o "Giallo di Siena" (Amarillo Siena) (Porras, 2024).



Figura 6. Moldes parciales de ammonites en lajas de calizas litográficas empleadas para pavimentos, caminerías y veredas de la ciudad de Buenos Aires. Las canteras de calizas se localizan por excelencia en Zapala (Neuquén) y en las provincias de Río Negro y La Pampa. El ejemplar de la derecha pudiera ser un *Catutosiphnetes rafaeli* (Jurásico Sup) (Foto J. Porras).

También son frecuentes las losas de calizas recristalizadas o marmóreas, comercializadas como “mármoles”, que contienen abundantes fósiles de gastrópodos y fragmentos de bivalvos. Lazo y Padula (2025) indican que

calizas de este tipo, por su estética y belleza arquitectónica, han sido ampliamente utilizadas en la ornamentación de palacios y edificios históricos o de importancia cultural.



Figura 7. Losa pulida de caliza marmórea fosilífera de la Formación Chachao (Cretácico) en placa conmemorativa-histórica de la fachada del Hospital Militar y detalle de placa. La caliza está compuesta principalmente por bivalvos de gran tamaño, aunque se reconocen ammonites, gastrópodos, serpúlidos, pelecípodos, corales, equinodermos, trazas fósiles y microfósiles (Foto J. Porras).

Según Castaño de Luis et al. (2011), los fósiles urbanos más habituales son somatofósiles, principalmente partes duras de organismos como conchas, caparazones, huesos, dientes o estructuras esqueléticas coloniales. Estos restos se encuentran, en su mayoría, mineralizados o reemplazados por minerales como calcita, aragonito, sílice o pirita, lo que ha favorecido su preservación a lo largo del tiempo.

A ellos se suman los icnofósiles, que registran huellas, madrigueras y rastros de actividad biológica, entre los que se incluyen rastros de locomoción, perforaciones y galerías. También están presentes microfósiles, fundamentalmente foraminíferos, radiolarios y ostrácodos visibles en cortes pulidos de ciertas calizas, y los fósiles vegetales, como impresiones de hojas y moldes de raíces.

En algunas rocas muy recristalizadas, como los mármoles, es posible observar las “impresiones fantasma”, vestigios difusos de organismos cuyos restos fueron alterados o destruidos por procesos geológicos posteriores.

Los hallazgos fósiles en entornos urbanos demuestran cómo las ciudades funcionan como auténticas canteras urbanas, donde materiales pétreos de diversa procedencia geológica preservan valiosos registros paleontológicos. Estos fósiles, provenientes de formaciones de distintas edades y contextos sedimentológicos o paleogeográficos, son incorporados en elementos arquitectónicos sin ningún criterio estratigráfico, conformando un registro heterogéneo y descontextualizado, pero accesible, que mantiene su valor científico, educativo y patrimonial, por lo que constituyen una ventana abierta al pasado geológico.

#### Valor científico y patrimonial de los fósiles urbanos

Los fósiles presentes en entornos urbanos, si bien no reflejan la historia geológica local del lugar donde se encuentran, poseen un significativo valor científico,

paleontológico y patrimonial. Constituyen una sólida referencia de antiguas especies, ambientes sedimentarios y condiciones paleoclimáticas, por lo que su estudio permite reconstruir aspectos clave de la historia geológica de la Tierra.

Generalmente incorporados de manera no intencional en materiales de construcción y ornamentación, estos restos conforman un registro paleontológico excepcional en el contexto urbano. En algunos casos, descubrimientos fortuitos han llevado incluso a la identificación de especies fósiles hasta entonces desconocidas, lo que destaca su valor científico.

Un ejemplo destacado, y el primero descrito en un edificio modernista de Barcelona, España, es el hallazgo del icnotaxón *Lapillitubus montjuicensis* en rocas del Mioceno medio. Este fósil, correspondiente a madrigueras cilíndricas aglutinadas con litoclastos y atribuidas a anélidos excavadores, fue identificado en areniscas ornamentales extraídas del monte Montjuïc. El descubrimiento resalta el valor paleontológico de los fósiles urbanos, especialmente en entornos donde los afloramientos naturales son escasos o inexistentes (Belaústegui y Belaústegui, 2017).

Desde la perspectiva de la geología urbana, se trata de un recurso visible, accesible y de gran potencial educativo. Su presencia en el paisaje urbano facilita el acercamiento del público a la paleontología, fomenta la valoración del patrimonio natural y favorece la integración del conocimiento científico en la vida cotidiana.

Más allá de su relevancia paleontológica, su estudio permite también comprender los procesos históricos de extracción, comercialización y uso de las piedras naturales en la construcción y arquitectura, revelando la interrelación entre el patrimonio geológico y la cultura arquitectónica urbana.



Figura 8. Diferentes vistas de losas de caliza fosilífera, masiva, grisácea a beige, utilizada en caminerías de viñedo en las afueras de Fredericksburg, Texas. La caliza contiene principalmente bivalvos (ostras, almejas) y gastrópodos, entre otros. (Foto J. Porras).

### Conclusiones / Valoración y Conservación

Los fósiles presentes en entornos urbanos constituyen un patrimonio paleontológico de gran valor científico, educativo y cultural; sin embargo, enfrentan serios desafíos asociados al deterioro físico, poca notoriedad y la falta de reconocimiento social e institucional, factores que dificultan su conservación y limitan su potencial como herramienta de divulgación.

Preservarlos implica no solo su reconocimiento como elementos geológicos de interés, sino también su integración activa en estrategias de educación, comunicación y gestión patrimonial. Para ello, es fundamental aplicar criterios de estricto rigor paleontológico, combinados con enfoques didácticos adaptados a los distintos públicos (Ordiales et al., 2016).

Una de las propuestas más efectivas es la creación de recorridos geourbanos, en los que los fósiles visibles en pavimentos, muros, fachadas y monumentos se integren a circuitos interpretativos accesibles a residentes, estudiantes y visitantes. La instalación de señalización informativa, el diseño de materiales educativos, así como visitas guiadas, talleres y otras actividades didácticas, son herramientas clave para poner en valor estos registros paleontológicos insertos en el espacio construido. Iniciativas divulgativas de este tipo han funcionado con éxito en León (España) donde se han utilizado tanto técnicas tradicionales (libro guía, trípticos y rutas guiadas) como modernas de comunicación (páginas interactivas, redes sociales, websites) (Fernández-Martínez et al., 2011)

Desde el ámbito institucional, se recomienda que municipios, universidades y museos asuman un rol activo en su identificación, registro y monitoreo, desarrollando programas de conservación preventiva y protocolos de actuación ante eventuales daños, intervenciones o remociones. La colaboración entre los sectores académico, educativo y cultural resulta esencial para una gestión sostenible y socialmente significativa de este patrimonio.

En conjunto, estas acciones convierten los fósiles urbanos en una valiosa herramienta de divulgación científica, integrando la geología y la paleontología al paisaje cotidiano y promoviendo una conciencia patrimonial más amplia en la ciudadanía.

### Bibliografía / Referencias

Belaústequi Barahona Z. y Belaústequi A., 2017. Modernist architecture in Barcelona reveals a new trace fossil from the Miocene of Montjuïc (NE Spain). *Geologica Acta*, 2017, vol.VOL 15, núm. 3, p. 169-86, <https://raco.cat/index.php/GeologicaActa/article/view/328012>.

Carrillo Vigil L. y Gisbert Aguilar J., 1993. Guía de Rocas Ornamentales. Ed. Ayuntamiento de Zaragoza. Servicio de Medio Ambiente, Tres tomos, 144 p.

Castaño de Luis R., García Ortiz de Landaluce E., García Parada L., Molero Guerra J. y Fernández Martínez E., 2011. Fósiles urbanos de León. Recorridos

paleontológicos desde el Campus de Vegazana hasta el Albéitar. 78 p.

Quintana C., 2013. Fósiles Urbanos: museos ocultos a la vista de todos. *Revista Boletín Biológico* N° 30 - Año 7 – 2013, p 19-24. Universidad de León, Oficina Verde.

Fernández-Martínez E., Castaño de Luis R., García Parada L., Molero Guerra, J. y García Ortiz de Landaluce E., 2011. Viejas y Nuevas Formas de Divulgar el Patrimonio Paleontológico: el Caso de los Fósiles Urbanos de León, en Fernández-Martínez, E. y Castaño de Luis, R. (Eds.) 2011. Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España). Universidad de León. 346 pp.

Francischini H., Adorna Fernandes M., Kunzler J., & Rodrigues R., Leonardi G. y de Souza Carvalho I., 2020. The Ichnological Record of Araraquara Sidewalks: History, Conservation, and Perspectives from This Urban Paleontological Heritage of Southeastern Brazil, *Geoheritage* (2020) 12:50 <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00472-5>

Lazo D.G. y Padula H., 2025. Fósiles Urbanos en Calizas de Origen Nacional. Parte 1: El Caso De La Piedra Laja Jurásica de Catutos y Parte 2: El Caso de las Calizas Cretácicas de Chachao, 4tas Jornadas Argentinas de Geoturismo, 22 al 26 de abril 2025.

Ordiales A., Martínez García B. y Murelaga Bereicua X., 2016. Los fósiles de las rocas ornamentales de Bilbao (Bizkaia, N de España) como herramienta para la didáctica de la paleontología. Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología / Sociedad Española de Paleontología (aut.), Guillermo Meléndez Hevia (dir.), Alizia Nuñez (dir.), Marta Tomás (dir.), 2016, ISBN 978-84-9138-016-0, págs. 251-255

Padula H. y Lazo D.G., 2021. Fósiles urbanos: Paleontología entre Edificios y Calles, Libro Digital VII Semana de la Arqueología y la Paleontología, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, p 158-167.

Porras J.S., 2023. Buenos Aires: legado geológico de sus calles y edificios. *Revista Maya de Geociencias*, Noviembre 2023, p 59-67.

Porras J.S., 2024. Mármoles y Fósiles del Teatro Colón, Buenos Aires, Argentina. *Revista Maya de Geociencias*, Dic 2024, p 65-72.

Indiana Limestone Quarrymen's Association, 1920. Indiana Limestone: The Aristocrat of Building Materials, Vol. 1, Sixth Edition, June 1920, Bedford, Indiana, booklet recompiled by Peggy B. Perazzo, 2012, Email: pbperazzo@comcast.net September 2012

Paleo, 2010. Boletín Paleontológico del Grupo Paleo Contenidos. Año 8. Número 52. Diciembre de 2010.

Shaffer N.R., 2019. Indiana Limestone: America's Building Stone, in Geological Society, London, Special Publications 486, Global Heritage Stone: Worldwide Examples of Heritage Stones Edited By: J. T. Hannibal, S. Kramar, and B. J. Cooper, p 77-101.

Nash Dinosaur Track <https://nashdinosaurtracks.com/>

The Telegraph 2024 <https://www.telegraph.co.uk/news/2024/09/03/fish-fossil-older-than-dinosaurs-found-in-city-centre/>

Diario Rio Negro 2009 <https://www.rionegro.com.ar/inedita-pieza-paleontologica-en-el-centro-de-zapala-EYHRN1255488066136/>.

Geology is the Way, 2024. <https://geologyistheway.com/urban-geology-nummulites-on-the-stone-walls-of-girona-catalonia/>

Voss M., Hampe O., Mata Leonart R. y Ferrer López J., 2019. Fossil Sea Cow Remains (Mammalia: Sirenia) on Paving Stones in the City of Girona (Catalonia, Spain). The European Association for Conservation of the Geological Heritage 2019. *Geoheritage* <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00419-5>

Voss M., Hampe O., Mahlow K. y Vilanova J.C., 2023. New findings of *Prototherium ausetanum* (Mammalia, Pans-Sirenia) from paving stones in Girona (Catalonia, Spain)? *Fossil Record* 26 (1) 2023, 135–149 | DOI 10.3897/fr.26.99096



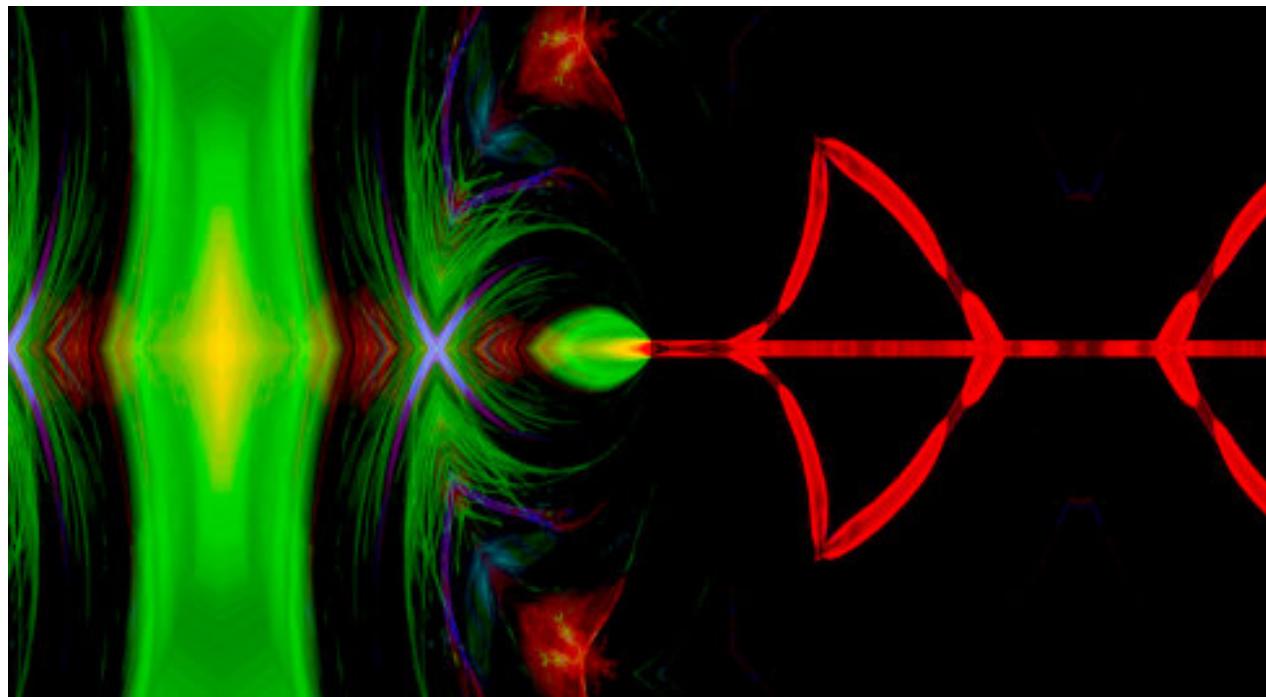
#### SOBRE EL AUTOR:

**Jesús S. PORRAS M.** es Ingeniero Geólogo de la Universidad de Oriente con Maestría en Ciencias Geológicas de la Universidad Central de Venezuela.

Posee amplia experiencia profesional en la industria petrolera donde ha desempeñado diversos cargos en proyectos, tanto de exploración como de desarrollo, de reservorios convencionales y noconvencionales.

Actualmente se desempeña como Geólogo Consultor Senior liderando grupos de estudios integrados de yacimientos para operadoras nacionales e internacionales. Tiene particular interés en temas de patrimonio geológico, geodiversidad y geoconservación, comunicación en geociencias, geología urbana y geoturismo.

Es miembro activo de diversas asociaciones profesionales y autor o coautor de más de 60 trabajos presentados en diferentes congresos geológicos nacionales e internacionales, simposios y revistas técnicas.



**El poder no cambia a las personas, solo revela quiénes son.**

**José Mujica**

## La Energía Nuclear

**Luis Angel Valencia Flores**  
Editor de la Revista

#### Resumen

En este trabajo se aborda la energía nuclear desde varios ángulos, incluyendo su estado actual, perspectivas futuras y aspectos técnicos como principales temas. La energía nuclear se posiciona como un tema de vital importancia en el debate energético global, debido a la necesidad de garantizar el suministro, avanzar hacia una economía con bajas emisiones de CO<sub>2</sub> y disponer de una industria que provea muchos recursos energéticos. El consumo mundial de energía primaria se triplicó desde 1973 hasta 2024, con una tendencia al alza en el consumo por habitante, lo que genera presiones energéticas y medioambientales. Ante la preocupación por los combustibles fósiles (su carestía, riesgo geopolítico y contribución al calentamiento global), existe una fuerte demanda social para sustituirlos por fuentes sostenibles. En este contexto, la energía nuclear, tanto por fisión como por fusión, es considerada una de las principales candidatas para contribuir a la descarbonización del mundo.

#### Abstract

This article approaches nuclear energy from several angles, including actual status, future perspectives and technical aspects. Nuclear energy is of vital importance in the global energy debate due to a need to guarantee energy supply, advance towards an economy with less CO<sub>2</sub> and as an industry that may provide abundant energy resources. Worldwide energy consumption tripled from 1973 to 2024, with a tendency toward per capita increase, thereby generating pressure on energy availability and the environment. With worries about fossil fuel prices, geopolitical risk and contributions to global warming there exists strong social demand for substitution with sustainable resources. In this context, nuclear energy, both fission and fusion, is considered one of the principal candidates for worldwide decarbonization.

#### Introducción

La energía nuclear se ha consolidado como un tema de importancia preponderante en el discurso energético a nivel mundial. Su relevancia emana de una serie de necesidades apremiantes que enfrenta la humanidad en el siglo XXI. En primer lugar, existe una imperiosa necesidad

de garantizar el suministro energético para una población global en crecimiento constante y con una demanda de energía per cápita en ascenso. En segundo lugar, es crucial avanzar hacia una economía con bajas emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para mitigar los efectos adversos del cambio climático. Finalmente, la capacidad de la industria nuclear para proveer una multitud de recursos energéticos la posiciona como una pieza clave en la matriz energética futura.

La preocupación por los combustibles fósiles es diversa: se enfrentan a su carestía y agotamiento, conllevan un riesgo geopolítico inherente debido a la concentración de sus reservas en zonas volátiles, y son los principales contribuyentes al calentamiento global a través de la emisión de gases de efecto invernadero. Ante esta compleja realidad, existe una fuerte demanda social y política para sustituir estas fuentes tradicionales por fuentes sostenibles que aseguren un futuro energético más limpio y seguro. Es competitiva en términos económicos, especialmente cuando se consideran los costos a largo plazo. Y tal vez lo más significativo, es que prácticamente inagotable cuando se considera el potencial de los combustibles para la fisión y especialmente para la fusión. Actualmente, más de 400 centrales (reactores) nucleares distribuidas en 30 países proveen una porción fundamental de la energía eléctrica básica necesaria para sus poblaciones e industrias.



Reactores nucleares de última generación: un futuro con menos residuos y mayor seguridad.

#### Métodos para generar energía nuclear: Fisión y Fusión

La energía nuclear puede generarse principalmente a través de dos procesos fundamentales: "la fisión y la fusión". Aunque ambos procesos liberan vastas cantidades