



Boletín Brackebuschiano

Geociencias y Sociedad
Asociación Geológica Argentina

Noviembre 2022

Nº 8

ISSN 0328-2724

<http://geologica.org.ar>

prensageologicaaga@gmail.com

INFORMES HETERÓCLITOS

El cono de Arita, Salta: una pirámide perfecta formada por un volcán que no llegó a hacer erupción



Image © 2022 Getty Images

Google Earth

Sociedad y Geociencias

Geología marina: historia y evolución del conocimiento



Fotos de tapa: Google Earth y <https://www.flickr.com/photos/96935551@N02/8943035709/in/photostream/>

El *Boletín Brackebuschiano Geociencias y Sociedad* es una publicación de divulgación y difusión de la Asociación Geológica Argentina (AGA).

secretaria@geologica.org.ar
prensageologicaAGA@gmail.com
Domicilio Maipú 645, 1er Piso
(C1006ACG) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Responsables de la publicación:

Dra. Silvia I. Carrasquero
Dra. Gabriela Massafferro
Srta. Alma Castillo Fortina

Comisión Directiva 2021-2023

Presidente Silvia Irene Carrasquero
Vicepresidente Nora Alicia Rubinstein
Secretaria Sonia Quenardelle
Tesorera Virginia Josefina Villamayor

Vocales Titulares

Germán Bértola
Aixa Rodríguez
Carina Colombi
Alina Tibaldi

Órgano de Fiscalización

Titulares

Alberto C. Riccardi
Silvia Chávez

Suplente

Augusto Morosini



Twitter: @AsoGeoArg
Instagram: asociacion.geologica.argentina
Facebook: @geologicaargentina

La Asociación Geológica Argentina AGA no se hace responsable de las opiniones vertidas en esta publicación por los autores de las notas

ÍNDICE

ESPACIO AGA	4
Próximo curso de postgrado	
Cuota societaria 2022	
Próximos congresos coorganizados por la AGA	
 INFORMES HETERÓCLITOS	 6
 SOCIEDAD Y GEOCIENCIAS	 13
 OTROS CONGRESOS	 21
 ÚLTIMAS PUBLICACIONES RECIBIDAS	 21
 PREMIOS EN EL ÁREA GEOLOGÍA	 22
 MEMES GEOLÓGICOS	 22



ESPACIO AGA

Próximo curso de postgrado

Génesis de yacimientos de litio: pegmatitas y salmueras continentales

Docente Dra. Vanina L. López de Azarevich (UNSa – CONICET)

12 al 16 de diciembre de 2022.

Formulario de preinscripción

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdYXYpqXZQCdLtpEwbP6ACkFuqdJYk5eRYsgcAtbjptgnoN2g/viewform>

Programa del curso

<https://drive.google.com/file/d/1Rw7YZJ2QNumsymJmauHIS4OQc87cI-4I/view?usp=sharing>

Cuota societaria 2022

Adherente (Estudiante de Grado) \$2.300.

Activos \$5.860.-

Activos tesistas/Becarios doctorales \$4.550.

Socios Institucionales \$32.500.

El pago se puede realizar mediante transferencia bancaria a la cuenta a nombre de la Asociación Geológica Argentina.

- CUIT AGA 30-59955993-7
- Cuenta Corriente N° 0013-21285-8
- HSBC Bank Argentina SA, Sucursal Centro, N° 057
- CBU 1500000800000132128582

Una vez realizado el pago enviar copia del comprobante de la transferencia a secretariageologicaargentina@gmail.com y a secretaria@geologica.org.ar aclarando a nombre de quién se debe confeccionar el recibo.



¡Recuerden suscribirse a nuestro canal de YouTube, donde encontrarán todas nuestras conferencias y charlas!

PRÓXIMOS CONGRESOS COORGANIZADOS POR LA AGA

XXII CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO 2024

El próximo XXII Congreso Geológico Argentino 2024 se realizará en la ciudad de San Luis, en las instalaciones de la Universidad Nacional de San Luis, en noviembre de 2024.

La **Junta Ejecutiva** está conformada de esta manera

Presidente: Dr. Daniel Alejandro Sales (UNSL)

Vice-Presidente: Dra. Silvia Irene Carrasquero (UNLP)

Secretario: Dr. Carlos Enrique Gardini (UNSL)

Tesorera: Dra. María Belén Roquet (UNSL)

Vocales Titulares: Dra. Laura Beatriz Giambiagi (CONICET- Mendoza) - Dr. Juan Matías Perón Orrillo (UNSL) - Dra. Alina Maria Tibaldi (UNRC- CONICET)

Vocales suplentes: Dra. María Cecilia Gallard Esquivel (UNSL) - Dr. Augusto Francisco Morosini (UNSL- CONICET) - Dra. Aixa Inés Rodríguez (CONICET- UNSJ) - Dr. Jorge Chiesa (UNSL).

VIII SIMPOSIO DEL JURÁSICO 2023



Se encuentra disponible en la página del evento (<https://sites.google.com/view/viiisaj>) la tercera circular con información respecto al hospedaje en la ciudad de Comodoro Rivadavia cercano al lugar de realización del Simposio. Asimismo encontrarán toda la información necesaria para la inscripción y envío de resúmenes. Los esperamos!

XIV MINMET – V PIMMA 2023



**XIV CONGRESO DE MINERALOGÍA,
PETROLOGÍA ÍGNEA Y METAMÓRFICA,
Y METALOGÉNESIS**

(XIV MinMet - V PIMMA)

9 al 11 de agosto de 2023

Bahía Blanca, Argentina

CATEGORÍAS	COSTO DE INSCRIPCIÓN	
	Hasta el 20/12/2022	Desde el 21/12/2022
Estudiantes de grado socios de la AGA o AMA	3200	Los valores de inscripción al evento serán actualizados a partir de esta fecha de acuerdo a la inflación prevista para el año 2023
Estudiantes de grado no socios de la AGA o AMA	3600	
Estudiantes de posgrado socios de la AGA o AMA	5000	
Estudiantes de posgrado no socios de la AMA o AGA	6000	
Profesionales de organismos del estado socios de la AMA o AGA	8000	
Profesionales de organismos del estado no socios de la AMA o AGA	10000	
Profesionales de empresas socios de la AGA o AMA	15000	
Profesionales de empresas no socios de la AGA o AMA	18000	

Estos valores cambiarán a partir del 20 de diciembre. La fecha límite para enviar contribuciones es el **viernes 17 de marzo de 2023**. Próximamente saldrá la segunda circular con las normas. Para más información <https://sites.google.com/view/minmet-pimma/inicio>



INFORMES HETERÓCLITOS¹

El cono de Arita, Salta: una pirámide perfecta formada por un volcán que no llegó a hacer erupción

José Sellés-Martínez
Dpto. de Ciencias Geológicas, FCEyN, UBA
pepe@gl.fcen.uba.ar

El título de esta contribución, como habrá deducido el lector, es sólo una broma, cruel desde cierto punto de vista, acerca de los errores que se cometen al intentar divulgar el origen y composición del denominado "Cono de Arita", en la provincia de Salta. No es un invento del autor, sino, como se verá en la primera parte, una síntesis de lo que se publica al respecto intentando hacer divulgación científica. Qué podemos –y debemos- hacer los geólogos al respecto para corregir y evitar problemas como este, es el tema que se desarrolla en la segunda parte del trabajo.

Introducción

La divulgación de la ciencia de punta suele quitarles el sueño a muchos periodistas científicos. Los conceptos involucrados sólo pueden ser entendidos por especialistas que, además, dominen la jerga específica de la disciplina (que muchas veces incluye términos cuyo *sensu lato* suele ser muy diferente de su *sensu stricto*) y como consecuencia, suele ser casi imposible explicar en forma breve y sin jerga, cosas que inevitablemente requieren explicaciones más extensas y algo de jerga. Sin embargo, a veces aparecen notas y comentarios que describen cosas que podríamos llamar "de todos los días" y, a pesar de ello, en pos de la simpleza y la brevedad, las explicaciones son un galimatías incomprensible de términos científicos o se introducen flagrantes errores en la explicación. A lo señalado se une muchas veces tanto el uso abusivo de términos como "misterioso" e "inexplicable" para cosas que no tienen nada de ello, como la vinculación del objeto de estudio con civilizaciones remotas en el tiempo y en el espacio que conducen a divagaciones esotéricas cuya consideración escapa al objetivo de esta contribución.

En los ejemplos que se presentan, referidos a la Geología y en particular al origen del Cono de Arita, queda clara la situación señalada, en la que el loable objetivo de informar al lector se frustra completamente porque la información que se le proporciona resulta no ser fiable. Para rematar el caso, a los errores geológicos se suman un increíble error geométrico y numerosos errores de redacción y sintaxis, por lo que se advierte al lector crítico que los mismo están en los originales.

Finalmente, para que esta contribución no sea una mera exposición de errores ajenos y una lamentación infructuosa, se realizan algunos análisis y propuestas que se consideran de utilidad para mejorar la enseñanza y divulgación de las ciencias geológicas.

El cono de Arita

El denominado "Cono de Arita" es un atractivo rasgo geomorfológico localizado en el extremo austral del Salar de Arizaro (Coordenadas: 25° 01 05 11" S/67° 43 44 60" O) en el área de Tolar Grande, Prov. de Salta (Argentina). Su forma cónica casi perfecta y su posición aislada, rodeado por la superficie blanca y llana del depósito salino, han hecho de él un ícono turístico de la región (**Fig. 1**). Este rasgo geomorfológico fue presentado como candidato para la elección de las siete maravillas naturales de la Argentina, si bien no logró formar parte del grupo de ganadores. Entre los numerosos videos disponibles sobre el tema recomendamos el sitio <https://www.youtube.com/watch?v=MpQmy-tZyZs>, por cuanto brinda imágenes tomadas con una gran aproximación y pueden verse algunos detalles geológicos de interés, como la variación de la litología entre la parte basal del cono y su casquete superior.

¹ RAE: Que no está sujeto a la regla común o que se aparta de lo regular.

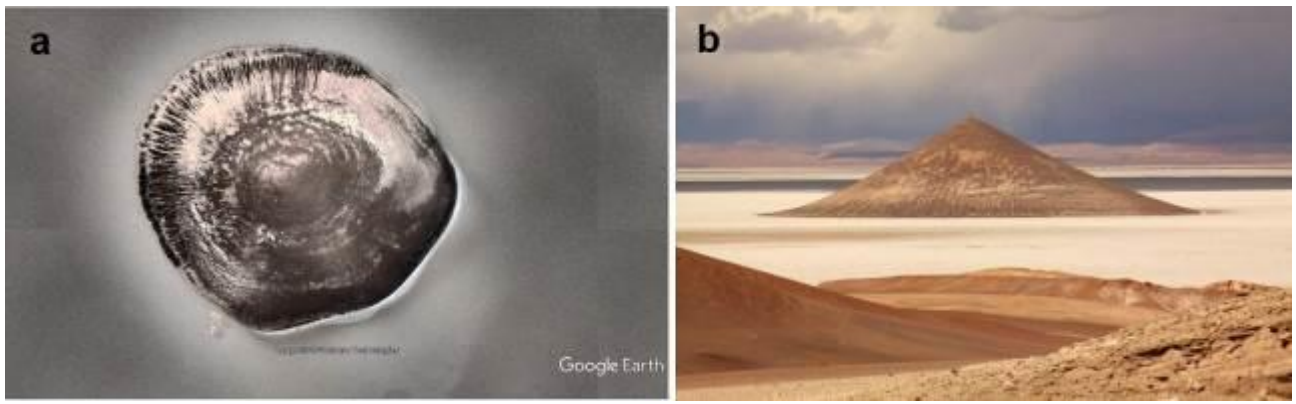


Figura. 1. a) El Cono de Arita según aparece en *Google Earth*. **b)** Fotografía panorámica del mismo en la que se destaca su forma característica. Obsérvese que la pendiente de la ladera se suaviza al llegar a la base, por lo que no podría hablarse de una forma cónica en sentido estricto. (<https://www.flickr.com/photos/96935551@N02/8943035709/in/photostream/>).

Había una vez la geometría... O el aperitivo antes del plato fuerte

Muchos artículos de la Internet señalan que el Cono de Arita es una pirámide casi perfecta. ¿qué no puede ser? ¿Qué si es un *cono* no puede ser una *pirámide*? Estos comentarios, tomados de los sitios que se indican entre paréntesis y que se presentan como enlaces al final del trabajo, parecen indicar lo contrario:

- "La forma cónica y casi perfecta que domina la parte sur del salar -con claras similitudes a las pirámides de Egipto- se eleva 200 metros sobre el nivel del Arizaro y es considerado como el cono natural más perfecto del mundo." (1)
- "El protagonista indudable del sitio es el Cono de Arita, una geoforma de origen volcánico que se eleva en el extremo sur del salar y se asemeja a una pirámide." (2)
- "Una pirámide casi perfecta, de 147 metros de altura, se alza en medio del Salar de Arizaro, para imponer su misterio entre la vasta planicie." (3)
- "Cono de Arita, la misteriosa pirámide de Salta. El Cono de Arita es una pirámide (sic) casi perfecta de 147 metros de altura, que se levanta inexplicablemente en medio de la planicie de un salar Arizaro, el tercer salar más grande del continente." (4)

Y para no dejar lugar a ninguna duda, en uno de ellos se expresa de modo contundente:

- "El Cono de Arita es la pirámide natural más perfecta del mundo." (5)

Incluso los medios informativos repiten el error, como es el caso de El Tribuno (6) cuando expresa:

- "El Cono de Arita, la pirámide volcánica más perfecta del planeta. Unos 80 kilómetros más adelante se encuentra el Cono de Arita, considerado el más perfecto del planeta."

y de la agencia Télam, como muestra la captura de pantalla que se reproduce en la figura 2.



Figura 2: Un título geométrica y geológicamente absurdo en el portal de noticias oficial.

A ellos se suman revistas que dicen ser de divulgación científica con un texto que vale la pena reproducir completo por la cantidad de errores en que se desbarranca y que el lector identificará rápidamente:

- "Se emplaza a 3.460 m s.n.m., presenta una altura de 200m y unas dimensiones aproximadas de 10km por 2km de ancho. Aunque su origen sigue siendo un misterio, porque es la única forma de este tipo que se encuentra en el lugar, la teoría más geológica es que... se trataría de un anticlinal, descartando el origen volcánico que muchos le han

atribuido y que el geólogo argentino Aroldo Karcher también ha desmentido, indicando que el cono está formado por areniscas rojas continentales que se asientan sobre rocas ígneas. La intensa erosión eólica que han sido sometidas estas rocas sedimentarias también ha ayudado a que hoy podamos apreciar esta hermosa pirámide natural, que debido a su perfecta forma origina grandes teorías de misterios acerca de su creación”(7)

¿Cómo dijo?

Términos geológicos que carecen del sentido que se pretende darles, procesos y fenómenos que no han sido cabalmente comprendidos y por lo tanto son mal presentados, confusiones en el significado de los términos... todo suma para hacer incomprensibles las explicaciones que se ofrecen en la gran mayoría de los sitios a los que un aficionado a la Geología o un turista curioso puede acceder en una búsqueda en la Internet. Para muestra bastan los siguientes botones.

“Quizás un volcán a medio formarse, este extraño resto de la geología salteña fue lugar sagrado para civilizaciones preincaicas.”(3)

"Algunos estiman que su origen está relacionado con un volcán pequeño que no llegó a hacer erupción, pero hay distintas hipótesis sobre el origen de este cono. A la formación Arita se le asigna una edad carbónica de aproximadamente 180 + – 10 millones de años, y respondería a una estructura geológica sedimentaria denominada anticlinal formado por plegamientos de los estratos de rocas por fuerzas radiales opuestas.”(9)

"Varios estudios han demostrado que esta formación no es más que un volcán que no tuvo la fuerza suficiente para estallar, por lo que no posee cráter ni echó lava. El paisaje que lo rodea es sal negra, atraída a la superficie por magma subterránea.”(2)

"El Cono de Arita: el salar más misterioso de Argentina. (...) Conocido popularmente como el 'Cono de Arita' o el 'Cerro Cono', el salar es un lago superficial, cuyos sedimentos formados por sales se precipitan por la fuerte evaporación. A largo plazo, la precipitación siempre es mayor que la alimentación o la entrada de aguas en la cuenca, provocando su particular aspecto. (...) (c) 2022 Europa Press. (1)

"A comienzos del siglo XX se creía que una pirámide tan perfecta sólo podría haber sido construida por el hombre: pero se trata de un pequeño volcán al que le faltó fuerza para estallar y por eso nunca tuvo cráter ni echó lava. Todo a su alrededor es sal negra sacada a la superficie por antiguas corrientes subterráneas de magma.”(4)

"Varios estudios realizados por geólogos demostraron que esta formación no es más que un volcán que no tuvo la fuerza suficiente para estallar, por lo que no posee cráter ni lanzó lava, el paisaje que lo rodea es sal negra, que es atraída a la superficie por la (sic) magma subterránea (...) Es una gran geoforma casi perfecta de origen volcánico. Al visitarlo se puede ver a lo lejos, en una ladera la montaña, la (sic) escorial de lava que perteneciera a esta misma erupción.”(10)

"El Cono de Arita, la pirámide volcánica más perfecta del planeta (...) Unos 80 kilómetros más adelante se encuentra el Cono de Arita, considerado el más perfecto del planeta. Es de sal y lava negra.” (6)

¿Y qué dicen los geólogos? ... O por lo menos, ¿Qué publican los medios acerca de lo que los geólogos dicen?

Algunos periodistas, perdidos en el mar de las dudas, terminan consultando a los geólogos, a veces el resultado es feliz, otras no tanto. Pueden llegar a rejuvenecer el Carbonífero unos cuantos millones de años, entre otras perlititas que el lector irá descubriendo a continuación.

"Sus líneas exactas hacen pensar en una construcción humana. Sin embargo, la Geología niega esto y explica su singular existencia aunque con grises que dan lugar a explicaciones fantásticas que unen al objeto con civilizaciones perdidas. Tampoco hemos encontrado en el registro geológico un objeto similar en la zona ni otras partes del mundo. Según el geólogo Aroldo Saúl Karcher que trabajó años en la zona, «el Cono está emplazado en la Puna y en el borde austral del Salar de Arizaro. El lugar es de clima intenso, árido y con fuerte amplitudes térmicas. El Cono se asienta en forma discordante sobre la formación Arita, compuesta por una roca ignia (sic) denominada granito-granodiorita. Se trata de un cuerpo saltuario elongado de norte a sur de dimensiones aproximadas de 10 km por 2 km de ancho. A la formación Arita se le asigna una edad carbónica de aproximadamente 180 + - 10 millones de años. ¿A qué estructura geológica respondería el Cono de Arita? Se trata de una estructura sedimentaria denominada anticlinal formada por plegamientos de los estratos de rocas por fuerzas radiales opuestas. Pero aquí las rocas no estén plegadas. Podría semejar a una estructura en forma de domo salino formado por la fluencia plástica de la sal de roca, aunque no existe una espiga de sal que haya fluido, ni el típico casquete de anhidrita.”(11)

"Algunos estiman que su origen está relacionado con un volcán pequeño que no llegó a hacer erupción, pero según numerosas publicaciones del reconocido geólogo salteño Ricardo Alonso, hay distintas hipótesis sobre el origen de este cono. "Ha sido interpretado por algunos como una pirámide artificial, que forma parte del conglomerado de pirámides que se distribuyen en el planeta desde el Sahara hasta la Antártida y desde China hasta las Islas Canarias”, precisó el especialista. No obstante, aclaró que para "los irreverentes de los geólogos, iconoclastas por naturaleza, se

trata de un relicto rocoso en el salar, formado por rocas rojas del Terciario y un capuchón volcánico en el vértice que ha sido sometido a intensa erosión eólica". Según el geólogo Aroldo Saúl Karcher, quien trabajó durante años en la zona, "el Cono se asienta en forma discordante sobre la formación Arita, compuesta por una roca ígnea denominada granito-granodiorita". Se trata de un cuerpo saltuario elongado de norte a sur de dimensiones aproximadas de 10 km por 2 km de ancho. A la formación Arita se le asigna una edad carbónica de aproximadamente 180 + - 10 millones de años. ¿A qué estructura geológica respondería el Cono de Arita? Se trata de una estructura sedimentaria denominada anticlinal formada por plegamientos de los estratos de rocas por fuerzas radiales opuestas. Pero aquí las rocas no están plegadas. Podría semejarse a una estructura en forma de domo salino formado por la fluencia plástica de la sal de roca, aunque no existe una espiga de sal que haya fluido ni el típico casquete de anhidrita."(12).

"Según el geólogo Aroldo Saúl Kärcher (...) El Cono se asienta en forma discordante sobre la formación Arita, compuesta por una roca ignia denominada granito-granodiorita. Esta formación, muy erosionada, es un cuerpo saltuario elongado de norte a sur por unos 10 km y con 2 km de ancho. A la formación Arita se le asigna una edad carbónica de aproximadamente 180 millones de años. Sin embargo, el Cono es mucho más joven. Entonces, ¿a qué estructura geológica respondería el inusual Cono? Por su aspecto podría decirse: a) Se trata de una estructura sedimentaria denominada anticlinal que se forma por el plegamiento de los estratos de rocas por fuerzas radiales opuestas. Pero aquí las rocas no estén plegadas. b) Podría semejarse a una estructura en forma de domo salino formado por la fluencia plástica de la sal de roca, aunque no existe una espiga de sal que haya fluido, ni el típico casquete de anhidrita. c) Un domo lacolítico producido por la intrusión de una masa ígnea entre los planos de estratificación, formando una masa lenticular convexa hacia arriba. Pero su forma no coincide. Y d), se asemeja mucho a la forma de un estrato volcán, donde el cono principal está constituido por coladas de lava en forma de lenguas, y el piroclástico de bombas lapilli y cenizas. Pero el material lítico que compone al cono no tiene relación con un aparato volcánico. El cono está compuesto por areniscas rojas de ambiente continental que se apoya en forma discordante sobre la superficie granítica, muy erosionada y fracturada. Un tipo completamente distinto de los cuerpos aflorantes del entorno. Asombra su presencia porque no pertenece al granito infradyacente. Geológicamente se puede teorizar que estos sedimentos han sido profusamente afectados por la erosión eólica, pero ésta es muy selectiva si observamos los sedimentos subadyacentes. Podríamos especular que la formación del cono obedece a un sinclinal, una estructura geológica que ha sufrido presiones radiales, pero entonces la comba curvaría todos los estratos geológicos. También se podría pensar que este cono es producto de una estructura cómica, que en general se forman por la fluencia plástica de la sal. Pero los domos son redondeados y comban las capas adyacentes por la presión del magma. Si alguna de estas explicaciones sería efectiva, el fenómeno no solamente sería uno sino que, siendo el salar tan grande, deberían formarse similares en otras áreas. Pero no es así. En definitiva no sabemos de qué se trata', concluye Kärcher. 08 de agosto de 2010 (El Tribuno)."(13)

¿Para qué pueden servir tantos errores?

Más allá de los aspectos misteriosos, míticos y metafísicos que pudieran ser discutidos, los errores y confusiones detectados con respecto al Cono de Arita se vinculan a su origen, a su composición y a los procesos que habrían modelado esta geoforma. El análisis de estas conceptualizaciones erróneas puede ser de gran utilidad para detectar cuáles son los puntos de difícil comprensión por parte de quién recibe la información y brindar herramientas para planificar mejores formas de enseñar y divulgar estos temas. Pero debe destacarse que es sumamente difícil, para una persona que no está familiarizada con la búsqueda de información geológica encontrarla al nivel de detalle necesario en ocasiones como esta.

La única publicación que hemos encontrado con la información buscada es la Hoja Geológica 2569 IV Antofalla (Seggiaro et al., 2007; Fuente14a), de la que se ha tomado el sector del mapa geológico en el que se ubica el Cono de Arita (Fig. 3). En dicha Hoja Geológica puede verse que los materiales constituyentes del Cerro Cono, según se lo denomina en la Hoja, pertenecen a la unidad estratigráfica 11. VULCANITAS DEL MIOCENO INFERIOR. Al avanzar en la descripción puede determinarse que la parte inferior de esta geoforma está formada por depósitos de origen volcánico de edad miocena agrupados en los Complejos Cori y Cave (unidad 11a), mientras su coronamiento representa un flujo ignimbrítico (unidad 11i) de la misma edad, aunque algo más joven, dada la relación de superposición. Rodea al cerro la unidad 25, correspondiente a las evaporitas holocenas que constituyen el salar.

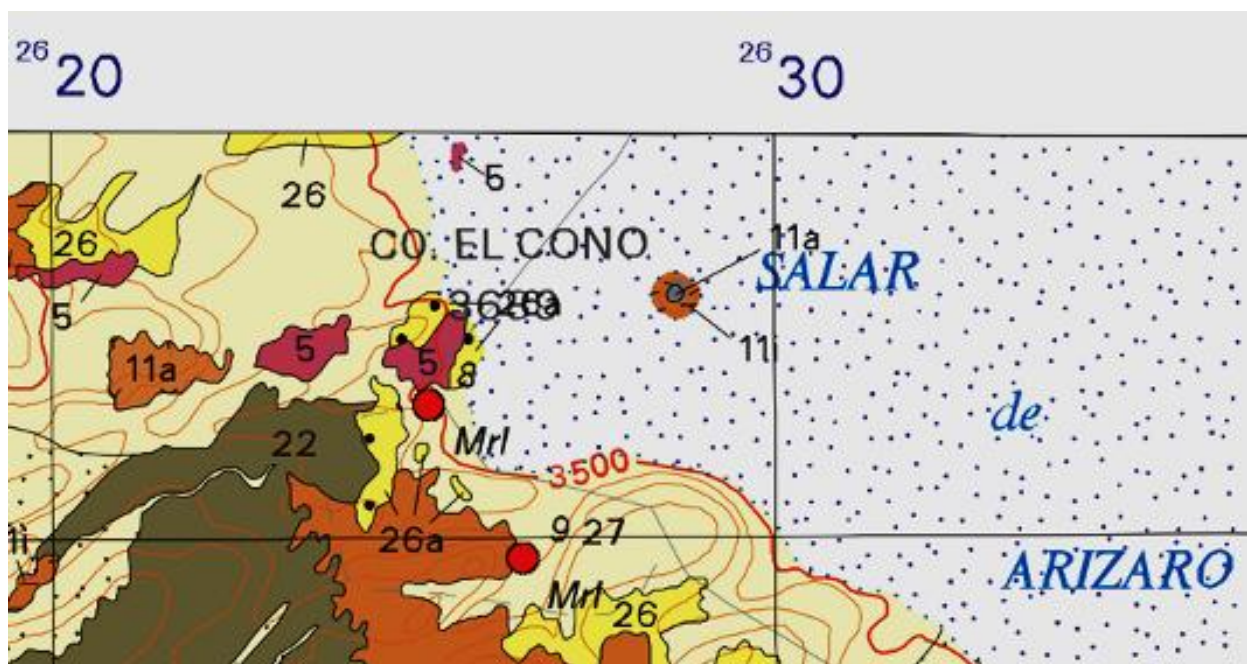


Figura 3. Sector de la Hoja Geológica Antofalla en el que se incluye el Cono de Arita. La unidad 11a, que ocupa el centro del diseño (la cumbre del Cerro Cono) corresponde a ígimbritas que sobreyacen a materiales agrupados en la unidad 11i, con la denominación general de Complejos Cave y Cori, pero sin mayores detalles en cuanto a su litología en este punto en particular (14b).

Desde el punto de vista científico los datos geológicos son entonces los siguientes:

- a. El cerro es una geoforma generada por procesos erosivos y constituye un “cerro testigo” en tanto los materiales que lo rodeaban han sido eliminados.
- b. Su composición está caracterizada por materiales de edad miocena inferior y origen volcánico, diferenciándose su base y su capuchón en los detalles de los procesos volcánicos que les dieron origen (pero que no están explicitados en detalle dada la escala del trabajo)

Es evidente que, si se comparan estos datos con las descripciones e interpretaciones citadas y se toman en cuenta las explicaciones brindadas por los geólogos y las interpretaciones que de ellas hacen los periodistas, divulgadores y personas que difunden el tema en sus redes y sitios, existe un profundo desconocimiento de lo que los términos geológicos que se utilizan significan y ello se ve agravado por ciertas interferencias con preconceptos e ideas populares.

El contexto geológico/geomorfológico

Cuando se menciona que “*Es una gran geoforma casi perfecta de origen volcánico. Al visitarlo se puede ver a lo lejos, en una ladera [de] la montaña, la escorial de lava que perteneciera a esta misma erupción*” o, según otra versión, que “*por detrás se puede ver en la montaña todo un sector quemado que nos demuestra que la fuerza de empuje del magma abajo de la tierra hizo este levantamiento y luego explotó algunos kilómetros más atrás*”, llama la atención el uso de términos de la jerga geológica (geoforma, escorial de lava, magma) pero utilizados en interpretaciones que resultan insostenibles desde lo conceptual. Aun asumiendo que el cono fuera un pequeño volcán, no existe razón para considerarlo un levantamiento producido por el ascenso del magma y vincularlo directamente con otros afloramientos en la lejanía. Esta interpretación podría muy bien haberse originado porque el autor mezcla la información local con alguna ilustración tradicional de un aparato volcánico en el que, junto al aparato de mayor envergadura, se desarrollan conos menores y diques, todos alimentados por el mismo conducto principal.

Se señala en otro caso que “*El material que rodea el cono es rico en minerales negros, marrones, púrpura y rojizo, traídos a la superficie por antiguos flujos de magma*” y aquí surge una duda respecto a si “rodea” se refiere al material que tapiza la superficie del cono, al que se encuentra en su base o al que constituye las elevaciones que rodean al salar. Cualquiera sea la interpretación pone en evidencia la constante referencia a corrientes de magma circulando bajo la superficie, a las que se hace responsable de muchos rasgos más, como se verá a continuación.

Con respecto al paisaje se dice “*El paisaje que lo rodea es sal negra, atraída a la superficie por magma subterránea*” y también “*Todo a su alrededor es sal negra sacada a la superficie por antiguas corrientes subterráneas de magma*”. La observación de las imágenes satelitales y de las fotografías panorámicas no deja lugar a dudas de que si hay algo que se destaca a su alrededor es el blanco deslumbrante de la sal... no su negrura. Pero lo que más llama la atención, más allá que se intente describir al paisaje por su composición y no por los agentes modeladores, es la idea de que esa sal ha sido traída a la superficie por el magma. Es muy probable que este postulado se haya originado en una comprensión incompleta (sumada a una sobre-simplificación) de lo que habitualmente se dice para explicar la presencia de esas sales cuando se señala al respecto que los depósitos de los salares son el resultado de la cristalización de sales como consecuencia de la evaporación de aguas cargadas de iones provenientes de la disolución de minerales presentes en las rocas que rodean el salar (la mayoría de las cuales son de origen magmático, tanto

efusivo como intrusivo). Quizás valga la pena señalar aquí que, para la generalidad de la gente, el agua lleva “sales” en solución, no iones, y no se tiene en cuenta que el tipo de sal que precipitará en cada caso es función de varios parámetros, entre los que se destacan la proporción relativa de cada ión, la temperatura, etc. Si el precipitado será cloruro, sulfato o carbonato no está “predeterminado” por los minerales disueltos al inicio del proceso sino por las condiciones físico-químicas de las aguas al aumentar su concentración y alcanzarse el punto de saturación (que no es simultáneo para todas las sales posibles).

Cuando se hace referencia a la edad del Cono, se afirma que “*a la formación Arita se le asigna una edad carbónica de aproximadamente 180 + – 10 millones de años*”. Más allá de que el período Carbonífero es más antiguo que la cifra brindada (abarca desde los 299 a los 359 Ma) se mezclan dos conceptos totalmente diferentes. El primero es la denominación de la geoforma: “Cono de Arita”; el segundo es el nombre de una unidad estratigráfica: “Formación Arita” que, además de no ser de origen efusivo (se trata de un granito calco-alcalino), es de edad ordovícica.

En este caso la confusión surge de la costumbre popular de llamar a cualquier afloramiento o estructura “formación geológica”. En varios de los textos revisados se hace referencia a que el Cono “*es una formación geológica*” y la expresión aparece frecuentemente en los medios no especializados para describir tanto a geoformas como a cuerpos de roca.

Conclusiones y recomendaciones

Es preciso reconocer que todos cometemos muchos errores involuntarios y no siempre los percibimos... o no llegamos a tiempo para corregirlos. La intención de este trabajo no es la mera crítica a los autores de los ejemplos incluidos (lamentablemente hay muchos más...), sino reflexionar acerca de la paradoja de la utilidad de la Internet en la educación formal y no formal y de los problemas que surgen cuando la información más rápidamente accesible no es la mejor desde el punto de vista conceptual. Si bien el trabajo se ha centrado en el Cono de Arita, no hay duda de que, si se realizara una búsqueda similar con respecto a otros rasgos geológicos de interés turístico, se llegaría a resultados similares.

La lectura de los párrafos anteriores demuestra claramente que no es fácil vulgarizar sobre temas que no se conocen y que el resultado más probable es cometer errores. Surge con claridad también que muchas de las notas comentadas son copia unas de otras... y esto incluye copiar lo malo y lo bueno. Estas situaciones minan, lamentablemente, el poder educativo “no formal” que ofrece la Internet y es difícil encontrar los mecanismos (sobre todo en el corto plazo) que permitan corregir estos problemas. Si bien es relativamente sencillo corregir errores en la Wikipedia, es casi imposible hacerlo en los casos anteriores.

Esta situación, observada desde la perspectiva más abarcadora, es consecuencia natural de la falta de formación geológica que la mayoría de la ciudadanía sufre, ya que las ciencias de la Tierra están completamente ausentes de la mayoría de los programas de educación primaria y secundaria. Sólo educación, educación y más educación pueden ayudar a revertirla ya que, bien lo dice el refrán, “Es mejor prevenir que curar”. Todos los especialistas en didáctica tienen claro que es más fácil introducir un concepto correcto sobre un tema nuevo que corregir uno equivocado previamente adquirido.

Es aquí donde los geólogos estamos obligados a actuar. Es imprescindible que las instituciones dedicadas a la investigación y a la educación en esta área del conocimiento se involucren en el desarrollo de actividades de difusión y capacitación. Una iniciativa brillante del SEGEMAR, la publicación de los Sitios de Interés Geológica, de méritos indiscutibles, es aún inaccesible (por no decir indescifrable) para la inmensa mayoría de los guías turísticos de la Argentina. La cantidad y complejidad de la jerga geológica utilizada atenta contra el objetivo con que se la desarrolló,

Casi una veintena de establecimientos en los que se investiga y enseña Geología y numerosos Servicios Geológicos, tanto el Nacional como algunos Provinciales, distribuidos en todo el territorio argentino, son una valiosísima base desde la que podrían instrumentarse cursos de capacitación para los guías turísticos que, es importante señalarlo, en su mayor parte se muestran ávidos por obtener información fidedigna y comprensible pero no la encuentran. Establecer alianzas entre esas instituciones y los ministerios o secretarías de turismo, e incluso también con las organizaciones que a diferentes niveles nuclea a los guías, puede ser una forma de simplificar los aspectos menos académicos del armado y desarrollo de los cursos que, hoy en día, pueden también ofrecerse en forma virtual, facilitando la participación de más interesados.

Fuentes citadas

Dadas las características de las fuentes citadas se ha omitido el formato tradicional de referencias por incluir la referencia como un número entre paréntesis y la presentación de los enlaces a esas publicaciones en este ítem de "Fuentes citadas", sistema que resulta de mayor eficiencia y brevedad en este caso.

- (1) [notimérica/sitios increíbles de américa](#)
- (2) <https://www.voydeviaje.com.ar/argentina/que-no-lo-conocias-el-cono-de-arita-una-piramide-perfecta-en-salta/>
- (3) <https://7mar.com.ar/arita>
- (4) <https://tripin.travel/cono-de-arita-la-misteriosa-piramide-de-salta/>
- (5) <https://www.saltasoy.com.ar/el-cono-de-arita-es-la-piramide-natural-mas-perfecta-del-mundo/>
- (6) <https://www.tribuno.com/salta/nota/2018-9-30-8-27-0-el-cono-de-arita-y-el-salar-de-pocitos-finalistas-de-las-siete-maravillas-naturales-argentinas>
- (7) [https://twitter.com/revistaciencia/status/1369309966713167874;](https://twitter.com/revistaciencia/status/1369309966713167874)
- (8) <https://www.telam.com.ar/notas/201905/354903-el-cono-de-arita-la-piramide-natural-mas-perfecta-del-mundo.html>
- (9) <http://blog.alquilerargentina.com/paseos-y-excursiones/conoce-el-cono-de-arita-en-salta.html>
- (10) https://www.tangol.com/blog/esp/el-cono-de-arita-un-lugar-misterioso-y-poco-conocido-de-salta_nota_2892
- (11) https://www.elheraldo.com.ar/noticias/107333_el-misterioso-cono-de-arita-no-tiene-explicacion.html
- (12) <https://www.tribuno.com/salta/nota/2019-5-4-0-21-0-el-cono-de-arita-es-la-piramide-natural-mas-perfecta-del-mundo>
- (13) https://web.archive.org/web/20130201030224/http://www.noti1.com.ar/despachos.asp?cod_des=4296&ID_Seccion=279
- (14a) <https://repositorio.segemar.gob.ar/bitstream/handle/308849217/97/Antofalla.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- (14b) <https://repositorio.segemar.gob.ar/bitstream/handle/308849217/97/HG%202569-IV%20Antofalla.pdf?sequence=10&isAllowed=y>



SOCIEDAD Y GEOCIENCIAS

Geología marina: historia y evolución del conocimiento

Roberto Antonio Violante

Geólogo retirado como

Director de Investigaciones del Área de Geología y Geofísica Marina

del Servicio de Hidrografía Naval

rober.a.violante@gmail.com

Introducción

La geología marina se expandió desde mediados del Siglo XIX al disponerse de barcos de investigación e instrumental especializado, cuando se tomó conciencia que el fondo oceánico podía dar luz a muchos interrogantes sobre la evolución de la Tierra. No obstante, la disciplina avanzó sobre experiencias nacidas con la misma historia, desde que el mar fue visto como ámbito de expansión, conquista, comercio, conocimiento y... misterio. Este artículo es una breve síntesis (sin duda incompleta) de esa historia.

Primeras civilizaciones

Los Egipcios atribuían su origen a un océano primordial del cual surgió Amón-Ra, dios del Sol (**fig. 1a**); construyeron los primeros grandes barcos, conocían la dinámica del Nilo y navegaron el Mar Rojo y el Mediterráneo; el Faraón Necho III habría viajado alrededor de África hacia 600 a. C. Los babilonios, autores del primer mapa conocido de la tierra rodeada de agua (**fig. 1b**), habrían tenido cartas de navegación. Cretenses (supuestamente destruidos por el tsunami provocado por la erupción del Thera ca. 1600 a. C), Fenicios y Cartagineses fueron grandes navegantes. Los Fenicios salieron al Atlántico descubriendo las Islas Canarias, llegaron a Inglaterra y navegaron la costa de África.

Griegos

Expertos navegantes, elaboraron mapas, como el de Homero que representó al mundo llamando *Oceanus* a las aguas circundantes (**fig. 1c**). Tales de Mileto y Anaximandro atribuyeron los fenómenos naturales a causas no relacionadas a los dioses. En el Siglo V a. C Herodoto hizo descripciones geográficas y de procesos naturales y refirió a las mareas del Golfo Pérsico. Luego Demócrito observó la selección de los rodados en la playa y Aristóteles interpretó la salinidad del mar y el ciclo precipitación-evaporación, especuló sobre la batimetría del Mediterráneo y mares vecinos estudiando las corrientes y llamó la atención sobre fósiles marinos en las montañas. Hacia 325 a. C Piteas, en su relato *Sobre el océano*, documentó un viaje al Mar del Norte, describió el hielo marino y relacionó las mareas con la Luna.



Figura 1. Documentos de las civilizaciones más antiguas. **a)** Papiro egipcio que representa a Nun, dios del Océano primordial, llevando la barca solar (del dios Ra). De: *Ancient Egypt online*, <https://ancientegyptonline.co.uk/nun/>.

- b)** Mapa babilonio dibujado en una tablilla de arcilla, que muestra (en la mitad inferior) al mundo rodeado por el océano Maratum (río amargo o salado). De: Historia de la cartografía, <https://storymaps.arcgis.com/stories/8038911a1021464aa2816da5c954aac6>.
- c)** Mapa de Homero con el *Oceanus fluvius* rodeando la Tierra (*Oceanus* es el nombre de un ser mitológico). De: *The depths of Okeanos*, <https://aeon.co/essays/how-the-god-ocean-filled-the-blank-between-land-and-heaven>.
- d)** Mapa de Estrabón con paralelos y meridianos vinculados a lugares costeros conocidos en la época. De: *Strabo's World view*, <http://www.myoldmaps.com/maps-from-antiquity-6200-bc/115-strabo/115-strabo.pdf>.

Más tarde Nearco navegó el Índico y describió el delta del Indo. En el Siglo III a. C los Ptolomeos dominaban temas geodésicos, astronómicos y geográficos en la Escuela de Alejandría, donde Estratón sugirió que el Mediterráneo y el Negro habían sido un solo mar con un nivel más alto al hallar conchillas y sal en tierra, interpretó que los estrechos del Bósforo, Helioponto y Gibraltar se formaron cuando ese mar abrió sus barreras, y mencionó en Gibraltar un banco submarino que probaba la unión previa de Europa y África.

Romanos

Provistos de grandes flotas estudiaron las costas y las mareas para asegurar sus desembarcos. Muchos aportes científicos se atribuyen a naturalistas de origen griego, como Polibio que en el Siglo II a. C describió su viaje por la costa africana, estudió el aporte sedimentario a los mares Azov y Negro e hipotetizó sobre cambios del nivel del mar en función de la dinámica fluvial, y Posidonio que refirió la profundidad del mar de Cerdeña en 1.000 brazas y mencionó al nacimiento de nuevas islas volcánicas en Sicilia. En el Siglo I a. C Estrabón elaboró el primer mapa con coordenadas (**fig. 1d**), afirmó que el relieve cambia por ascenso y descenso de las tierras y fondos marinos y que los ríos acumulan sedimentos cerca de las costas y no mar adentro, e Hippalus hizo mapas del Índico y describió los vientos monzónicos, lo que sirvió para acortar los tiempos de navegación aprovechando condiciones climáticas favorables. Plinio el Viejo volvió a relacionar las mareas con la Luna y reportó las corrientes en Gibraltar. Ya en la Era Cristiana, Séneca, en su obra *Cuestiones Naturales*, mencionó la erosión de las costas por olas, describió la formación de los deltas y afirmó que las pequeñas partículas sedimentarias son llevadas hacia los fondos marinos. En el Siglo II d. C Claudio Ptolomeo, el más grande geógrafo romano, elaboró mapas que los navegantes usaron por más de 1000 años.

Edad Media

Fue época de grandes navegantes, como los vikingos (que en 1021 llegaron a Groenlandia y Norteamérica bajo los climas favorables del calentamiento medieval), hanseáticos, venecianos, genoveses, normandos y árabes. Éstos tenían detallados mapas de las costas y mares (**fig. 2a**), mejoraron el compás magnético inventado por los chinos, describieron el mar que se extendía hasta Japón y la inversión de las corrientes por la estacionalidad de los monzones, estudiaron la evaporación, la formación de la lluvia y la salinidad del mar, interpretaron que la India había sido mar alguna vez y teorizaron sobre el origen de las montañas. En el Siglo VII el monje Beda observó la no simultaneidad regional de las mareas y más tarde Shen Kuo infirió procesos de formación de la Tierra a partir de fósiles marinos en las montañas. En el Siglo XIII los persas notaron la variación de los sedimentos entre las costas y el mar. En esa época aparecían cartas marinas en Italia y hacia 1400 Enrique el Navegante fundó un observatorio y escuela náutica en Portugal y d'Ailly planteó una configuración de los continentes que sirvió a los propósitos de Colón.



Figura 2. La época de los primeros mapas de navegación. **a).** Mapa del Mediterráneo (*Mar Xâmi*) de Al-Idrisi (cartógrafo del Siglo XII nacido en la España árabe), que forma parte de sus mapas del mundo o *Tabulas Rogerianas*. Con detalles

precisos de las costas, islas y otros rasgos. De: *Al-Andalus y la historia*, <https://www.alandalusylahistoria.com/?p=2097>.

b) Carta portulana de la Escuela de los Oliva, hacia la segunda mitad del Siglo XVI (las cartas portulanas eran manuales y mapas específicos para navegantes, los mapas generalmente dibujados sobre cuero de algún animal). De: *Las cartas portulanas, origen y desarrollo, España*. [https://www.academia.edu/10783926/Las cartas portulanas Origen y desarrollo.pdf](https://www.academia.edu/10783926/Las_cartas_portulanas_Origen_y_desarrollo.pdf)

c) Carta Universal de Sevilla, 1529. *Carta universal en que se contiene todo lo que del mundo se ha descubierto fasta agora / hizola Diego Ribero cosmographo de su magestad, ano de 1529, e[n] Sevilla*. La carta incluye los primeros signos que se usaron para indicar peligros a la navegación y dar seguridad a las naves. De: Catálogo de la Cartoteca, Instituto Geográfico Nacional de España, <https://www.ign.es/web/catalogo-cartoteca/resources/html/038424.html>.

Renacimiento y Edad Moderna

Como el arte, también las ciencias florecieron en esta época. Leonardo da Vinci interpretó, por los fósiles marinos en los Apeninos, que Italia había estado inundada por el mar, y explicó que los ríos llevaban sedimentos al océano donde eran tapados por otros y por lo tanto los fósiles que ahí yacían, representaban organismos antiguos en lechos marinos que luego se elevaban formando montañas; también especuló sobre dinámica sedimentaria y erosión de costas observando las inundaciones del río Arno e hipotetizó sobre la salinidad del mar. La caída de Constantinopla (1453) cortó las rutas terrestres a Asia favoreciendo las navegaciones a India y China por el Atlántico, lo que llevó a la expansión marítima de España y Portugal con desarrollos como mejores cartas de navegación, aparatos para orientarse y medir la velocidad de los barcos y un escándalo para registrar profundidades que usó Magallanes. Iniciado el Siglo XV von Kues ideó una sonda con pesas y flotadores, luego mejorada por Alberti. En los Siglos XV y XVI las cartas portulanas (**fig. 2b**) mostraban accesos a puertos, rasgos costeros y peligros para los barcos como arrecifes y bancos de arena. En 1529 la Carta Universal de Sevilla (**fig. 2c**) incorporó signos hidrográficos para indicar peligros a la navegación. Más tarde Sir William Bourne escribió un manual de navegación en base a observaciones de los astros y rasgos costeros mapeados por triangulación. En 1582 Waghenauer elaboró la que se considera la primera verdadera cartografía náutica (**fig. 3a**). En 1584 se habría usado en Inglaterra la palabra *oceanografía*, aunque no perduró. En 1596 Ortelius propuso, por la forma de los bordes de Sudamérica y África (**fig. 3b**), una hipótesis anticipada de la deriva continental.

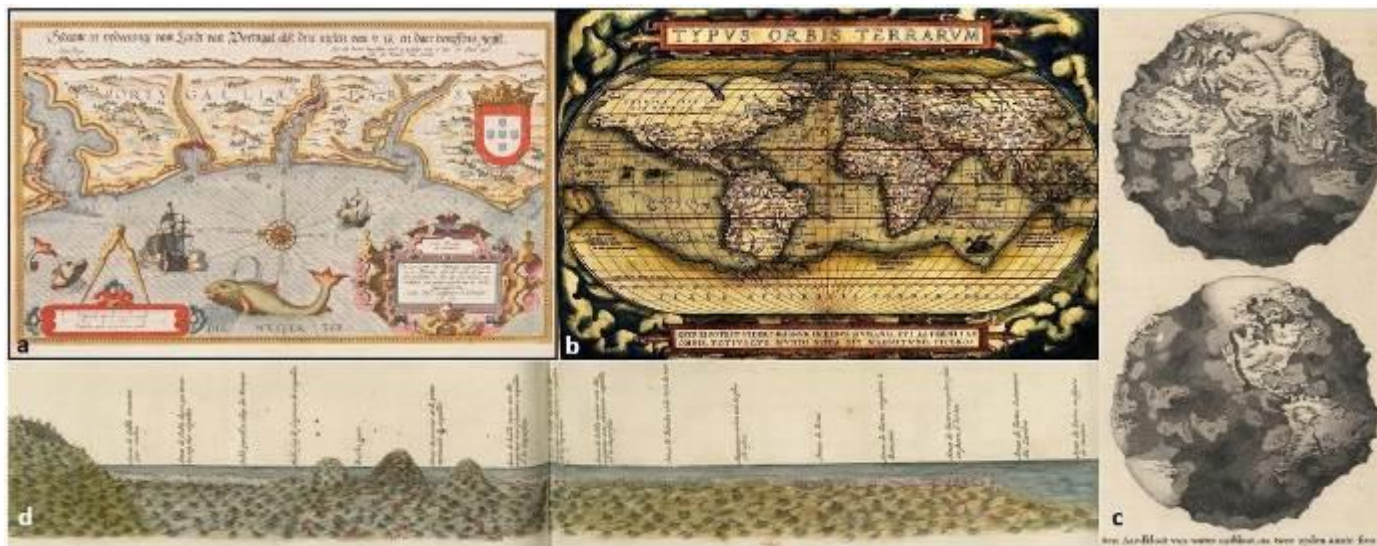


Figura 3. Los mapas comienzan a incorporar datos del lecho marino e información útil para interpretaciones geológicas en el mar. **a)** Carta náutica de Lucas Janszoon Waghenauer de 1682, *Spiegel der Zeevaerdt*, la más completa guía de navegación de la época con profundidades, datos litológicos del fondo y peligros a la navegación. De: Universidad de Utrecht, *Special Collections*, <https://www.uu.nl/en/special-collections/the-treasury/maps-and-atlases/spieghel-der-zeevaerdt-by-waghenauer>.

b) Mapa del mundo de Abraham Ortelius, *Theatrum Orbis Terrarum*, de 1570 (primer Atlas de la historia), que más tarde lo llevó a suponer que la coincidencia en las formas de Sudamérica y África era consecuencia de la movilidad de los continentes que se desplazaban sobre un sustrato líquido. De: Biblioteca histórica Universidad Complutense de Madrid. <https://webs.ucm.es/BUCM/foa/55341.php>.

c) La tierra sin agua previa al Diluvio Universal, según la teoría de Thomas Burnet en su obra *The sacred history of Earth*, 1684 y 1689. De: Durham University, <http://etheses.dur.ac.uk/13080/>.

d) Perfil del fondo y relieve en la costa de Provenza, Francia, por el conde Luigi Ferdinando Marsigli, publicado en *Histoire physique de la mer*, Amsterdam, 1725.

En el Siglo XVII aún se discutía si la historia de la Tierra se ajustaba o no a los relatos bíblicos, como las teorías de Descartes, Newton y Burnet, afirmando éste que los mares se formaron con el Diluvio Universal (**fig. 3c**). Paralelamente los avances en astronomía de Copérnico, Kepler, Galileo y otros se reflejaron en conocimientos para la navegación e instrumentos como el astrolabio, el sextante y la brújula y en entender el ciclo de las mareas. En 1620

Francis Bacon volvió a expresar la posibilidad de la deriva continental. En 1671 Hooke utilizó un batómetro para medir profundidades y un muestreador de aguas (**fig. 4a**). En 1702 Halley (el del cometa) elaboró la primera carta magnética con mediciones en el barco Paramore y determinó una edad de los océanos a partir de la denudación química. En 1725 el Conde Marsigli (algunos lo llaman el Padre ignorado de la Oceanografía), en su *Historia física del mar* (**fig. 3d**), realizó perfiles batimétricos-litológicos, diferenció sitios con rocas y sedimentos estudiando muestras de fondo, determinó que la temperatura del Mediterráneo variaba en profundidad y analizó cambios temporales de salinidad. Mediando el Siglo XVIII Buaché representó curvas de nivel en el Canal de la Mancha mostrando la continuidad submarina de relieves terrestres, y Colonne afirmó que la arena es una sal cristalizada en agua de mar, idea a la que adhirió Linneo. En 1740 Anton Lazzaro Moro describió una Tierra primitiva totalmente inundada, luego una parte se levantó formando montañas y más tarde lava, sal, sulfuro y bitumen fueron eruptados y acumulados en el océano salinizando las aguas, mientras que la alternancia de aportes de ríos y erupciones produjo la sucesión de sedimentos y rocas. Por esa época Baldassari volvió a reconocer fósiles marinos y corales en el centro de Italia, y Knoop y Walet diferenciaron fósiles pelágicos de marinos someros. Lavoisier, además de sus avances en química, mencionó dos tipos de sedimentos marinos: litorales y pelágicos. A partir de 1768 se destacaron los viajes de Cook, primero en cruzar el círculo polar, Malaspina, que lideró la primera expedición científica transoceánica, y von Humboldt, quien escribió sobre cambio climático y observó diferencias estacionales de temperatura en el Pacífico oriental relacionadas al aporte variable de aguas frías desde el sur, lo que permitió identificar la corriente que lleva su nombre. En 1785 Hutton, el Padre de la geología moderna, integró aspectos del continente y océano manifestando que la Tierra debía ser más antigua de lo supuesto para explicar la erosión de las montañas y el aporte de sedimentos al mar que luego volvían a aflorar, lo que lo llevó a especular sobre cambios del nivel del mar. En el Siglo XVIII se crearon organizaciones hidrográficas en Francia, España y Reino Unido.

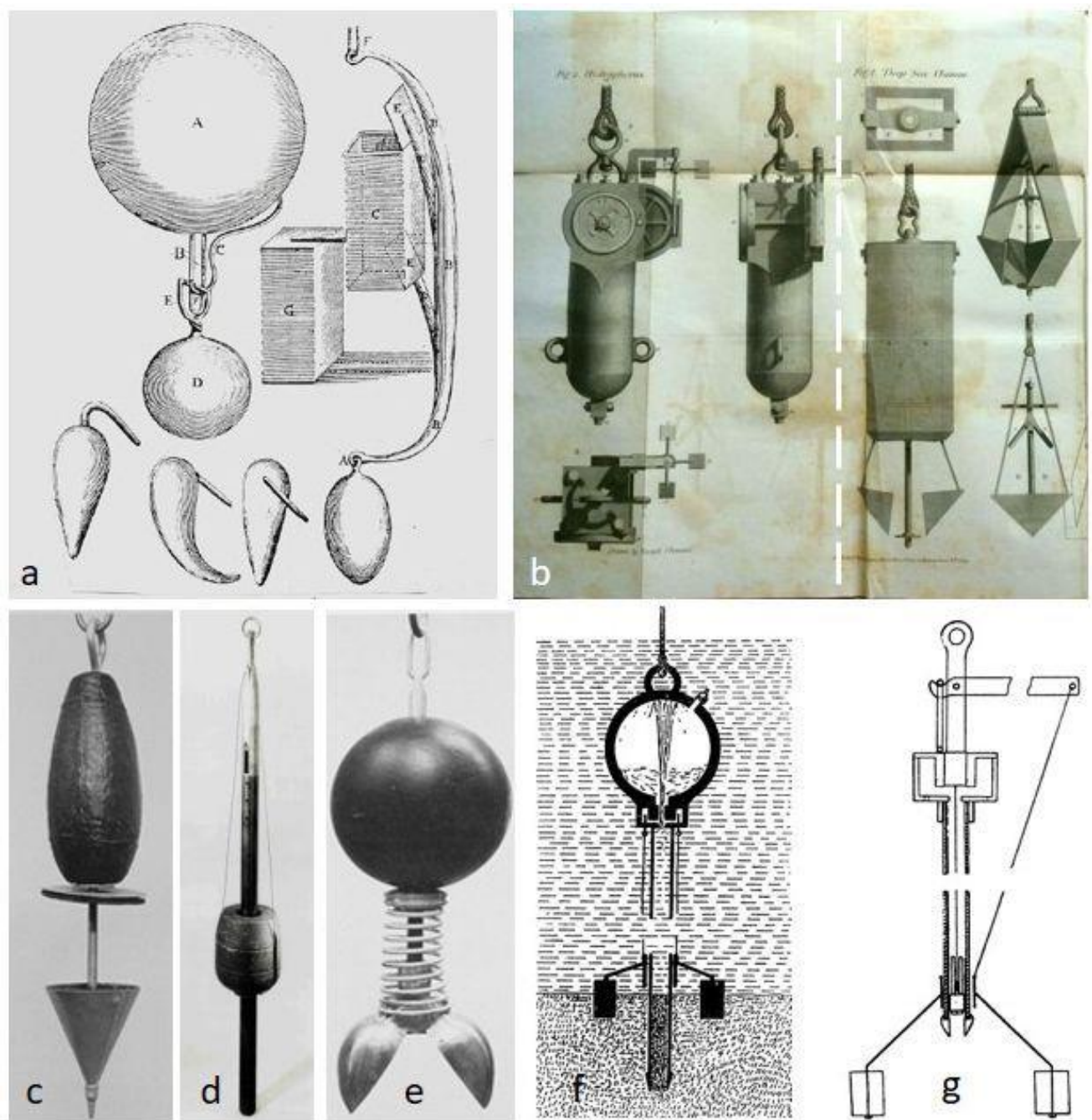


Figura 4. Antiguos equipos de muestreo. **a)** Aparato para obtener muestras de agua ideado por Robert Hooke en 1663, construido con pesas y flotadores. De: McConnell, A., 1978, *The Development of Instruments and Apparatus for Physical Oceanography 1800-1914*. Universidad de Leicester, <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/U435521.pdf>.

- b)** Instrumentos oceanográficos de Sir John Ross, izquierda: muestreador de agua, derecha: muestreador de mandíbulas para sedimentos. De: *Historie van de Oceanografie Club, John Ross's deep sea instruments*, <http://www.historie-oceanografie.nl/het-origineel/johnrosssdeepseainstruments1818>.
- c)** Muestreador de sedimentos del Servicio Costero de Estados Unidos, 1842. De: NOAA Photo Library, <https://photolib.noaa.gov/Collections/Voyage/History-of-Oceanography-Collection/The-Early-Instruments-Collections/Sounding-Instruments/emodule/1314/egallery/694/epage/1>.
- d)** Sacatestigos de Baillie construido en 1873, utilizado en el Challenger, con capacidad de muestreo de hasta 60 cm. Referencia idem a 4a.
- e)** Muestreador de mandíbulas de 1891 (predecesor del hoy conocido Snapper). Referencia idem a 4c.
- f)** Sacatestigos de vacío de Pettersson. De: *The Sweedish deep-sea expedition*, H. Pettersson, 1947, Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 134 (876): 399-407.
- g)** Sacatestigos a pistón de Kullenberg. Referencia ídem a 4f.

Edad contemporánea

Iniciado el Siglo XIX Sir John Ross fabricó sondas y muestreadores de sedimentos (**fig. 4b**). Darwin, entre sus aportes a la geología marina, teorizó sobre el origen de los arrecifes lo que llevó a entender la subsidencia de los fondos oceánicos, especuló sobre la evolución de los continentes y océanos por la presencia de fósiles marinos en las montañas, e interpretó que antes del Cámbrico los continentes se extendieron donde hoy están los océanos y viceversa, mientras que la configuración desde el Paleozoico y Mesozoico fue afectada por oscilaciones del nivel marino. Hacia 1838 Dana hizo observaciones a bordo del barco Porpoise sobre el origen y estructura del Pacífico y teorizó sobre la interconexión entre cuencas oceánicas. James Ross realizó sondeos del fondo marino mejorando los sistemas de su tío John Ross, y descubrió el polo magnético. En 1842 el Servicio Costero de Estados Unidos utilizaba por rutina muestreadores de fondo (**fig. 4c**). Una campaña marina de la época, *La Cruzada Magnética*, hizo grandes aportes a la red global de observaciones geomagnéticas. En 1851 Bailey diferenció depósitos costeros cuarzosos de marinos con foraminíferos, y Huxley estudió los fangos calcáreos marinos sugiriendo que depósitos equivalentes en tierra indicaban antiguos fondos oceánicos. Milne-Edwards y Audouin afirmaron que restos de organismos en el lecho marino pueden no hallarse donde vivieron por haber sido transportados, aportando al conocimiento de las corrientes.

En 1853 Matthew Maury, oficial de la Armada de Estados Unidos, Padre de la oceanografía para muchos y primer geólogo submarino, elaboró la primera carta batimétrica en aguas profundas (**fig. 5a**) y mapas de vientos y corrientes, hizo estudios en micropaleontología marina, desarrolló teorías sobre la circulación de la atmósfera y el océano y promovió la uniformización de métodos de obtención de datos náuticos y meteorológicos hasta entonces utilizados con criterio propio por cada navegante; en 1855 publicó *Geografía física del mar*, considerado el primer texto sobre oceanografía.

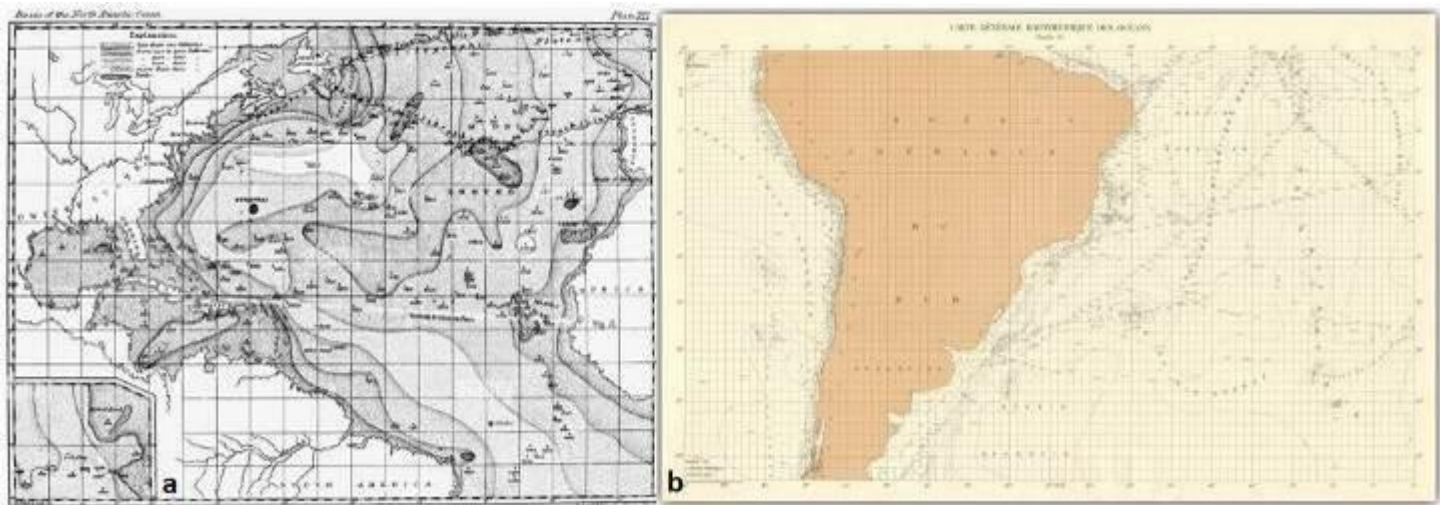


Figura 5. Los primeros mapas batimétricos modernos. **a)** Primer mapa batimétrico de un sector de la cuenca oceánica en el Atlántico norte, publicada por Matthew Maury en 1853. De: NOAA Photo Library, <https://photolib.noaa.gov/Collections/Voyage/History-of-Oceanography-Collection/Bathymetric-Maps-Collection/emodule/1287/eitem/72846>. **b)** Sector del Atlántico suroccidental (Carta A'1) de la Carta Batimétrica General de los Océanos GEBCO (*General Bathymetric Charts of the Ocean*), 1ª. Edición (1903). De: Historical GEBCO Charts, https://www.gebco.net/data_and_products/historical_gebco_charts/.

Hacia 1870 Pourtalés asoció en las costas de Florida sedimentos silíceos a corrientes frías y calcáreos a corrientes cálidas. Agassiz, además de su aporte al conocimiento de las glaciaciones, describió depósitos marinos en los continentes, especuló sobre variaciones del nivel del mar y reconoció arrecifes en zonas tropicales someras que hacia el mar pasaban a fangos y más allá a lechos rocosos. En 1871 Delesse publicó *Litología de los mares de Francia y de los*

principales mares del mundo. En 1877 Petermann produjo una batimetría del Pacífico. En 1903 se editó la primera carta batimétrica general de los océanos (GEBCO, **fig. 5b**) y se fundó en California una estación de estudios marinos y costeros, hoy Instituto Oceanográfico Scripps.

La expedición del Challenger y otras navegaciones pioneras

La corbeta británica Challenger (**fig. 6a**) realizó la primera gran campaña oceanográfica mundial (1872-1876) promovida por Charles Wyville Thomson, marcando el nacimiento de la oceanografía moderna. Sus mayores logros fueron: medición de profundidades de 8.000 m alrededor de las islas Marianas, descubrimiento de la fosa de Puerto Rico, mapeo de la dorsal mesoatlántica, hallazgo de volcanes submarinos y nódulos polimetálicos, identificación de distintos tipos de fangos (de globigerinas, radiolarios y diatomeas) y arcillas (rojas y grises), obtención de datos batimétricos y magnéticos, medición de corrientes y de propiedades del agua de mar observando que diferencias regionales se relacionarían al aporte de aguas polares y que a más de 200 m de profundidad la temperatura es independiente de las variaciones de superficie. En esas campañas se utilizó un sacatestigos corto (**fig. 4d**). John Murray (*The Sir of the Ocean Depths*), sucesor de Thomson en el análisis de los datos del Challenger, acuñó definitivamente la palabra *oceanografía*, agrupó los depósitos marinos en terrígenos y pelágicos, elaboró mapas de sedimentos (**fig. 6b**) y publicó en 1891 *Deep Sea deposits*, primer libro de sedimentología marina.

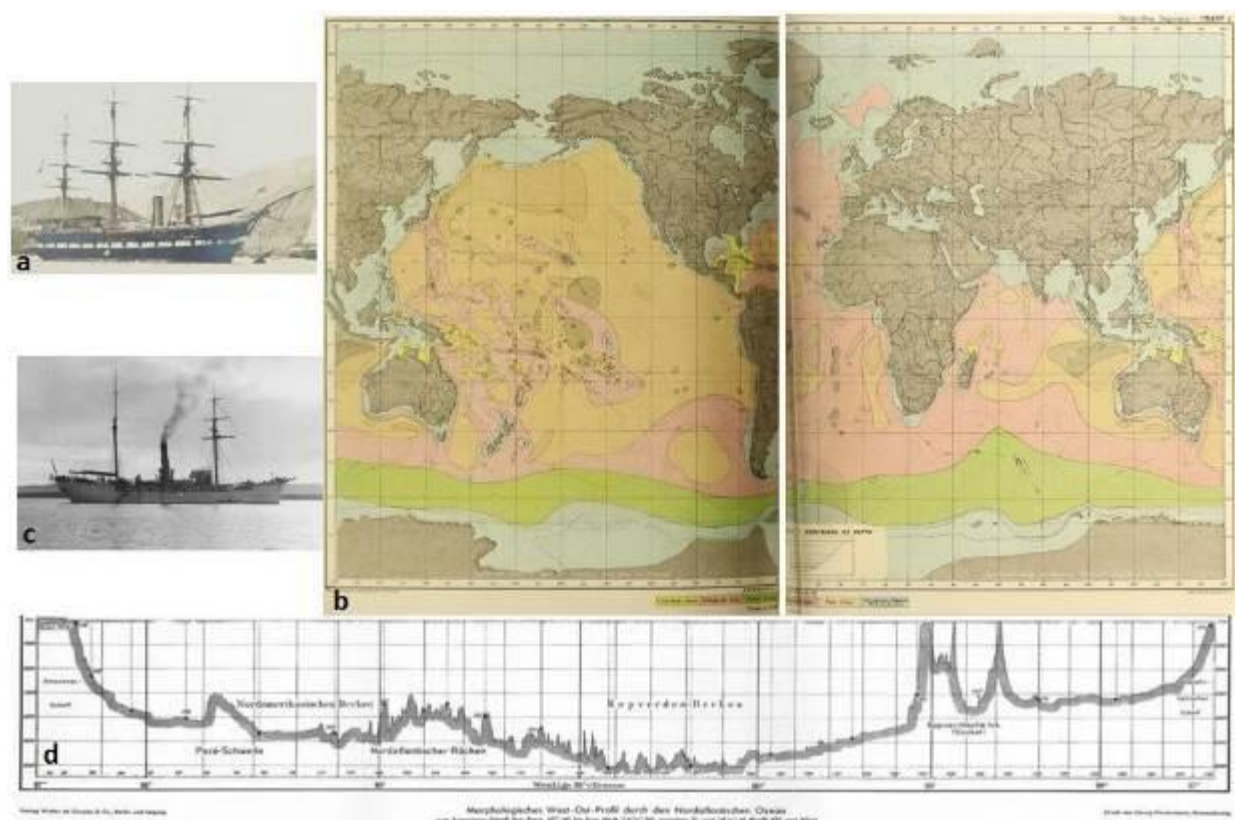


Figura 6. Las grandes navegaciones de fines del Siglo XIX y principios del XX y sus resultados. **a)** Corbeta británica HMS Challenger. De: The Museum of South Kensington, Londres, <https://www.nhm.ac.uk/visit/exhibitions/the-challenger-expedition-and-its-legacy.html>. **b)** Carta litológica con datos del Challenger, publicada en *Deep Sea Deposits* por John Murray, 1891, Londres (publicada a dos páginas con el este sudamericano en la unión, de ahí que en el original no sale el sector argentino). **c)** Buque USS Albatross de la Armada de Estados Unidos, primera embarcación construida expresamente para desarrollar tareas científicas en el mar. De: National Museum of the US Navy, <https://www.history.navy.mil/content/history/museums/nmusn/explore/photography/ships-us/ships-usn-a/uss-albatross-research-vessel.html>. **d)** Perfil batimétrico que cruza el Atlántico norte obtenido por el buque alemán Meteor en 1925/27. De: *History of sea-floor exploration*, University of Calgary, <https://live-ucalgary.ucalgary.ca/tamaratt-teaching-professorship/projects/historical-case-studies/history-seafloor-exploration>.

El buque George S. Blake de la Armada de Estados Unidos (1874-1905) obtuvo datos batimétricos y litológicos en el Atlántico noroccidental y Caribe. El Albatross, de la misma Armada, primer barco exclusivamente científico (**fig. 6c**), realizó (1882-1919) relevamientos hidrográficos y biológicos. La corbeta rusa Vityaz circunnavegó el mundo (1869-1892) haciendo estudios oceanográficos. El buque alemán Gazelle hizo grandes contribuciones en el Atlántico (1874-1889) con toma de datos hidrográficos, meteorológicos y concentraciones de ozono, observaciones astronómicas y precisas mediciones magnéticas favorecidas por ser un barco de madera. En esas campañas se utilizaban sacatestigos y muestreadores de fondo (**fig. 4e**). El buque noruego Fram navegó en búsqueda del Polo Norte (1893-1896) bajo el mando de Fridtjof Nansen, científico que ideó instrumental oceanográfico como las botellas para muestreo de aguas que llevan su nombre; también estudió la formación del hielo marino y desplazamiento de los icebergs, la profundidad

del Ártico, mediciones magnéticas y variaciones del nivel del mar. En la Expedición Gauss, que inició una serie de campañas antárticas alemanas (1901-1913), se mejoró substancialmente el sistema de extracción de testigos. En los años '20 Vening Meinesz usó un gravímetro a péndulo desde un submarino descubriendo anomalías asociadas a fosas oceánicas, sugiriendo el principio de equilibrio isostático, la formación de las fosas y la teoría de convección del manto. Su alumno Harry Hess se destacó más tarde por su rol en la teoría de expansión de los fondos oceánicos. La expedición holandesa Snellius (1929-1930) en el Pacífico sudoccidental y Atlántico norte usó un sacatestigos a explosión obteniendo muestras de sedimentos de hasta 2 m utilizadas para los primeros análisis evolutivos temporales. El buque alemán Meteor (1925-1927) realizó estudios batimétricos (**fig. 6d**), muestreos con testigos, mediciones oceanográficas y observaciones meteorológicas, siendo su mayor aporte el primer relevamiento continuo con ecosondas de la dorsal mesoatlántica y su extensión hacia el Índico. La Expedición británica Discovery (1925-1951) con los buques Discovery I y II y William Scoresby, hizo observaciones oceanográficas en el Atlántico y estudió la corriente de Benguela. Una campaña sueca de extracción de testigos en el Atlántico, Pacífico e Índico (1947-48) utilizó diferentes sistemas (sacatestigos de vacío por gravedad y de pistón, **fig. 4f, g**) que extrajeron muestras de hasta 16 m de longitud.

La tectónica de placas y expansión de los océanos

Por ser un tema tan difundido, sólo se menciona que siguiendo las ideas de Ortelius del Siglo XVI sobre la movilidad de los continentes, numerosos científicos avanzaron en la materia hasta que Wegener desarrolló su teoría, seguido por Holmes, du Toit, Dietz, Hess, Wilson, Irving y otros, continuando con quienes a partir de la interpretación de las lineaciones y reversiones magnéticas del lecho marino (Vacquier, Mason, Raff, Vine, Matthews, los mismos Hess y Wilson, Heirtzler, Pitman, Dickson, Le Pichón) establecieron definitivamente el conocimiento sobre la expansión de los océanos.

Avances a partir de las guerras mundiales

La guerra antisubmarina y otras necesidades bélicas llevaron a grandes avances en la investigación oceánica, como en sensoramiento remoto, transmisión del sonido en el mar, perturbaciones del campo magnético, uso de ecosondas, sonares, magnetómetros e hidrófonos de gran sensibilidad, sistemas sísmicos e imágenes del fondo. Los primeros sistemas geofísicos submarinos de los años '30 se adaptaron a partir de equipos eléctricos y sísmicos terrestres. En el ámbito científico se destacó en esa época Francis Shepard, geólogo de Scripps, Padre de la geología marina moderna, quien estudió los cañones submarinos del margen de Estados Unidos y asistió a la Armada de su país durante la segunda guerra. En 1946 publicó *Geología Submarina*, primer libro en la temática. Tuvo de alumnos a Dietz y Emery, grandes referentes en la materia. En 1930 se fundó el Instituto Oceanográfico Woods Hole, cuyo primer buque científico fue el Atlantis I que luego perteneció a Argentina (**fig. 7**), y en 1949 el Instituto Lamont, entre cuyos grandes avances estuvo el estudio geológico y geofísico del sector atlántico argentino y adyacencias. Allí descollaron Maurice Ewing, Padre de la geofísica marina y de los sistemas de sacatestigos que llevan su nombre, y Marie Tharp y Bruce Heezen, quienes elaboraron mapas de los fondos oceánicos que son considerados entre los más detallados existentes, compilados en 1977 para construir el mapa mundial del relieve de los océanos. En 1950 Philip Kuenen publicó *Geología Marina*, y en 1958 tituló uno de sus trabajos *No hay Geología sin geología marina*.



Figura 7. Buque Oceanográfico Atlantis I/El Austral. **a)** Buque de investigación motovelero Atlantis I del Instituto Woods Hole, que navegó desde 1931 realizando aportes trascendentales a la oceanografía, geología y biología marina. En 1966 fue adquirido por Argentina tomando originalmente el nombre de El Austral y a partir de 2005 el de Bernardo Houssay. De: Woods Hole Oceanographic Institution, <https://www.whoi.edu/multimedia/v-history-of-who-ships/>. **b)** Campaña del Servicio de Hidrografía Naval a bordo de El Austral en 1991. Fotografía personal del autor.

A partir de la segunda mitad del Siglo XX la historia es conocida y no entraremos en detalles. Se destacan: los avances de los programas internacionales *Deep Sea Drilling Project*, *Ocean Drilling Program*, *Integrated Ocean Drilling Program* e *International Ocean Discovery Program*; los novedosos conceptos en oceanografía desde que Wüst propuso en 1936 la circulación termohalina en los océanos, y los de dinámica sedimentaria desde que Heezen y Hollister descubrieran, en los años ´60, ondulas unidireccionales en el lecho oceánico y acuñaran el concepto de *contornitas*; los nuevos conocimientos sobre evolución de los márgenes continentales; y el desarrollo de la paleoceanografía desde los años ´50 con los trabajos pioneros de Urey, Schott, Ericson, Wollin, Emiliani, Shackleton, Imbrie y otros.

La geología marina en Argentina

Nuestro país, con una de las mayores extensiones marinas del planeta, alcanzó relevancia en la investigación oceánica desde la creación en 1879 de la Oficina Central de Hidrografía (hoy Servicio de Hidrografía Naval, **fig. 8**), de gran trayectoria nacional e internacional a la que en el Siglo XX se sumaron otros institutos relevantes en el tema. Esa historia y los avances logrados pueden consultarse en las citas mencionadas al final.

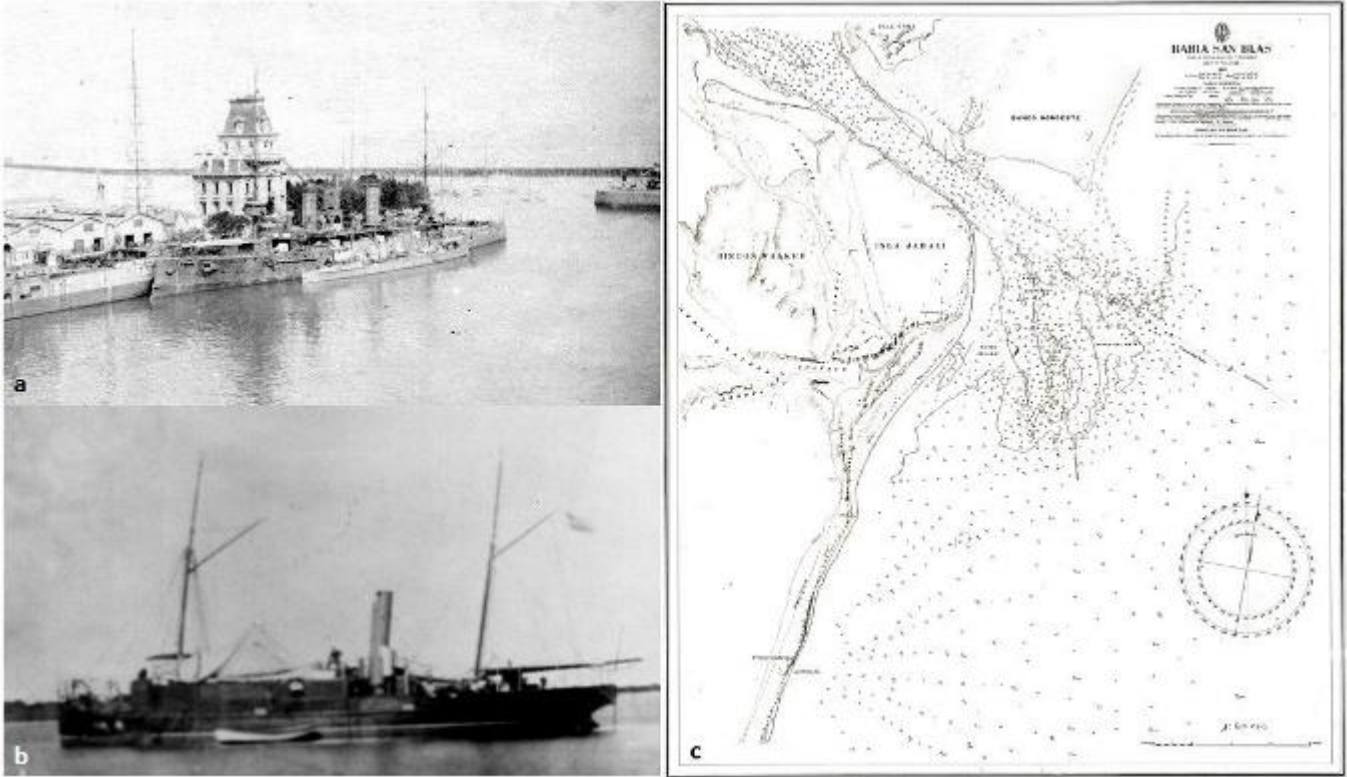


Figura 8. Servicio de Hidrografía Naval. **a)** Su primer edificio propio inaugurado en 1900 (hoy ya no existe), cuando se denominaba *Oficina de Hidrografía, Faros y Balizas*, ubicado en Dársena Norte. De: *Histamar, Historia y arqueología marítima*, <https://www.histamar.com.ar/InfHistorica-4/EdifHidrografia.htm>. **b)** ARA Constitución, buque de la Armada Argentina que en 1882 hizo la primera campaña hidrográfica oficial obteniendo datos en el litoral bonaerense que culminaron al año siguiente con la edición de la primera carta hidrográfica del país, Bahía San Blas. De: <https://www.histamar.com.ar/Armada%20Argentina/Buques1852-1899/Bombarderas/BombarderaConstitucion1874.htm>. **c)** Edición de 1914 de la Carta Bahía San Blas. Gentileza del Departamento Hidrografía del Servicio de Hidrografía Naval.

Conclusión

Las ciencias avanzan sobre su propia historia, la cual es parte esencial de ellas. La que hemos contado es el sustento de la geología marina actual, rama fundamental de las ciencias geológicas por su aporte al conocimiento del Planeta, que evolucionó con el avance de la humanidad.

Bibliografía

Violante, R.A. 2007. La Geología Marina en Argentina. Revista Geotemas, Consejo Superior Profesional de Geología, Buenos Aires, 18: 14-22.

Violante, R.A. 2016. Geología Marina. En: Diccionario histórico de las Ciencias de la Tierra en Argentina. I. Podgorny (Dir. de la Obra). Archivo Histórico del Museo de La Plata, Ed. Prohistoria; 188-192.

Violante, R.A. 2016. Geología marina en Argentina: el rol de la Armada y el Servicio de Hidrografía Naval. Revista del Museo de La Plata 1 (2): 43-44.

OTROS CONGRESOS

VI Congreso Argentino y I Congreso Latinoamericano de Historia de la Geología

6-7 de octubre de 2023, San Miguel de Tucumán, Argentina

Correo electrónico: histogeo2023@gmail.com

XXVI CAMSIG Congreso Argentino de mecánica de suelos.

30 y 31 de agosto y 01 de septiembre de 2023, Comodoro Rivadavia, Argentina.

<https://camsig.saig.org.ar/>

XVI Congreso Geológico Chileno 2023.

26 de noviembre a 1 de diciembre, Santiago, Chile.

<https://sociedadgeologica.cl/congreso-geologico-chileno-2023/>

Xth Hutton Symposium

10 –15th September 2023, Baveno, Italia

<https://hutton10.eu/>

ÚLTIMAS PUBLICACIONES RECIBIDAS

"La matemática y las geociencias" Rubén Barbieri y Claudia Garelik

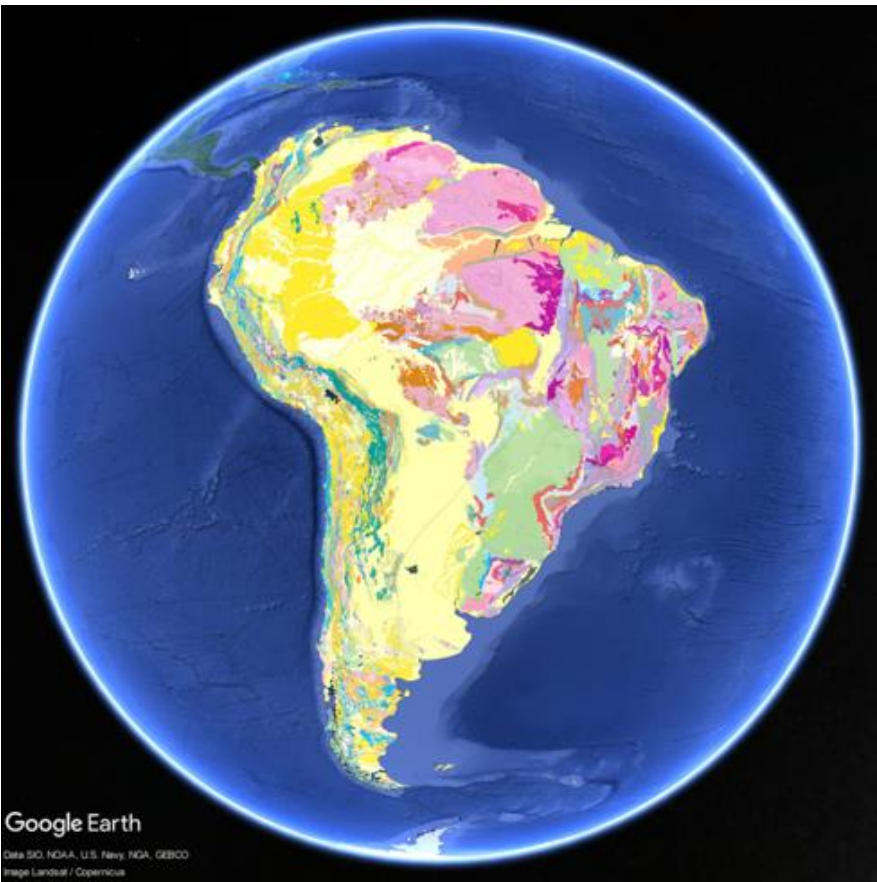
En este libro se puede encontrar una guía para abordar los conceptos fundamentales de la matemática aplicados a la resolución de problemas geológicos. El libro se origina en la experiencia de los autores en la enseñanza de la matemática transdisciplinar en las licenciaturas en Geología y Paleontología de la Universidad Nacional de Río Negro, por lo que se nutre de casos y ejemplos que colaboran con una mejor comprensión de los procesos de la Tierra y de los conceptos matemáticos aplicados a su interpretación.

El archivo .pdf puede descargarse de manera libre en el enlace:

https://editorial.unrn.edu.ar/index.php/catalogo/346/view_bl/62/lecturas-de-catedra/106/la-matematica-y-las-geociencias?tab=getmybooksTab&is_show_data=1

Catálogo de publicaciones del Grupo de Estudios en Minería & Medioambiente (GEMM), Almadén, La Serena, Madrid, donde se pueden obtener textos de descarga libre sobre minería en general, minería sostenible, geología estructural aplicada a la minería y otros temas.

https://aulados.net/GEMM/Libros_Manuales/index_libros.html



El Servicio Geológico colombiano nos hace llegar un enlace donde presenta el sitio ***Geological Map of South America in Google Earth.***

El mapa puede descargarse en formato pdf en el siguiente enlace:

https://www2.sgc.gov.co/MGC/Paginas/gmsa_google_earth.aspx?fbclid=IwAR2xXwgztCTZVLyszrwnV1tXXBlcBfTKQ0QANowgB7OOLk5YXESQFfZJviw

PREMIOS EN EL ÁREA GEOLOGÍA

La Cátedra libre de "Teoría, Historia y Filosofía de la Geología" de la Universidad Nacional de Salta entregó un primer premio a una tesis de grado que defendió el ahora geólogo Emmanuel Arredes en homenaje a Brackebusch. ¡Felicitaciones al Geólogo Emmanuel Arredes!



Cátedra Libre
TEORÍA, HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA GEOLOGÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
"50 Aniversario" (1972-2022)

PREMIO "PROF. DR. ACADEMICO LUDWIG BRACKEBUSH"

Al Geól. EMMANUEL ARREDES

POR SU TRABAJO DE TESIS PROFESIONAL TITULADO:
"REVISIÓN DE LA METALOGÉNESIS Y GEOLOGÍA DE LA PUNA"

Salta, 22 de junio de 2022

Dra. Teresita del Valle Ruiz
Profesora Adjunta

Dr. Ricardo N. Alonso
Profesor Emérito

Geol. Mauro de la Hoz
Profesor Adjunto

MEMES GEOLÓGICOS

Cuando el profe de geología no para de caminar en la practica de campo

