

LOS TRES GRADOS DE CONOCIMIENTO: APLICACIÓN A LA GEOLOGÍA PALEOCLIMÁTICA DE CANARIAS

Joaquín Meco Cabrera

Profesor Emérito de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

A Emy

Resumen

Se establecen tres grados de conocimiento, identificando el primero con el saber común de la gente, el segundo con el saber de los especialistas y el tercero con la capacidad de conectar e incluso descubrir, un paradigma científico o interpretación general de una rama de la ciencia. Se describe como desde observaciones geológicas en las islas Canarias se ha conectado con la estabilidad de las Canarias orientales, la fusión de hielos antárticos, el desplazamiento de la placa sudamericana, la instalación de hielos en el Ártico y de la Corriente fría de Canarias, El inicio de la estacionalidad en las zonas templadas en Eurasia, la antigüedad del Sahara, las migraciones de faunas cálidas en el Atlántico norte, la huella de la orbita de la Tierra y las consecuencias del origen violento de la luna.

Palabras clave: Didáctica de las ciencias, Paradigmas científicos, observación relevante, Geología de Canarias.

Abstract

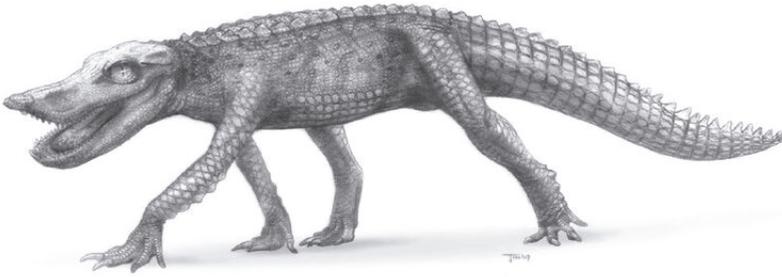
Three degrees of knowledge are established: the first one is believed to be the common knowledge that people have; the second one is the knowledge of specialists in their domains of work; and lastly, the third one concerns the ability to connect and even discover a scientific paradigm or general interpretation of a branch of science. Regarding the latter, there are geological observations of the Canary Islands described. These are about the stability of the eastern Canaries, the melting of Antarctic ice shelves, the displacement of the South American plate, the ice formation in the Arctic, the cold Oceanic Canary current, the seasonality in temperate zones in Eurasia, the antiquity of the Sahara Desert, migrations of warm fauna in the North Atlantic, and the Earth's orbit and consequences of the violent origin of the moon.

Keywords: Didactics of science, Scientific paradigms, relevant observation, Geology of the Canary Islands.

1. INTRODUCCIÓN

Si mostramos una imagen como la de la Figura 1 y preguntamos al observador sobre qué ve o piensa, las posibles respuestas mostrarían los tres grados de conocimiento.

Figura 1. *Anatosuchus*



Fuente: <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Anatosuchus.jpg>

Una respuesta como “algún dinosaurio o reptil fósil” sería del grado uno. El grado de conocimiento dos lo daría una respuesta tal como “un *Anatosuchus*, fósil del cretácico del Sahara” (Serenó & Larsson., 2009: fig. 45: doi: 10.3897/zookeys.28.325). Y, ¿el tercer grado? diría “me veo a mi mismo, a ti, a todos nosotros y a todos los animales vertebrados pues todos somos tubos digestivos que se desplazan mediante cuatro extremidades”. Es decir, veo el paradigma científico de la evolución biológica (Darwin, 1859). Es este tercer grado de conocimiento el que nos interesa. También es el que hemos buscado en nuestros trabajos y aquí exponemos algunos de ellos que muestran el valor global de lo local o cómo es el camino de lo concreto a lo general o, finalmente, cómo se engancha la observación con el paradigma en sentido de Kuhn (1962) entendiendo por paradigma la interpretación general y oficial de una rama de la ciencia. Por ejemplo, el Big Bang, o la Tectónica de Placas.

Un rasgo, especialmente de la paleontología, se puede ilustrar de un modo simplista también con un ejemplo. Aunque hoy sobreviven tres especies de elefantes, una especie de este animal, por lo general de gran tamaño, es conocida sólo por la mitad posterior del tercer molar inferior derecho (Aguirre, 1969). De modo que solo un fragmento de muela permite saber que ese fragmento pertenece a un elefante y que ese elefante era diferente de todos los conocidos, al menos 24 especies fósiles más. Y ello gracias al Principio de Correlación orgánica de Cuvier (Rudwick, 1997). Es decir, conocida la parte, conocido el

todo. Este proceder es común a todas las ciencias que estudian el Cosmos y la Tierra y se mueven así por el borde de lo conocido. Un proceder imposible de ignorar en la enseñanza.

2. CÓMO SE LLEGÓ A LOS GRANDES PARADIGMAS GEOLÓGICOS (EN MODO MUY SIMPLIFICADO Y A NUESTRO PROPÓSITO)

El Universo

Aparentemente pequeñas observaciones han dado lugar a los más grandes modelos del conocimiento. Sabemos si un tren se acerca o se aleja por el sonido que percibimos, el llamado efecto Doppler (1842). Esto, llevado a la luz, el efecto Doppler-Fizeau (1848), permitió averiguar que las estrellas estaban alejándose. La expansión del Universo llevó a Lemaître (1931) al modelo luego conocido como Big Bang.

El sistema Tierra-Luna

La Luna y La Tierra tienen la misma composición isotópica pero diferente de la de Marte y de la de los otros planetas. Ello indica un origen común. Un impacto gigante (Pahlevan & Stevenson 2007) del que es testigo presente la inclinación de la Luna (Cuk et al., 2016).

El enfriamiento de la Tierra

Las costas de los continentes encajan unas en otras de ahí el modelo de la Deriva Continental imaginado por Wegener (1912) y luego el de la Tectónica de placas. La distribución de los sismos dibuja los bordes de las placas (véase por ejemplo Wilson, 1968) mientras que la distribución de mares, tierras y cordilleras y volcanes se debe a un proceso de enfriamiento térmico.

Un notable precedente

Un precedente de este proceder se encuentra, hacia mediados del siglo III antes de Cristo, en Eratóstenes que con la observación de la sombra del sol en dos puntos geográficos de Egipto hizo el primer cálculo del radio de la Tierra.

Corolario didáctico

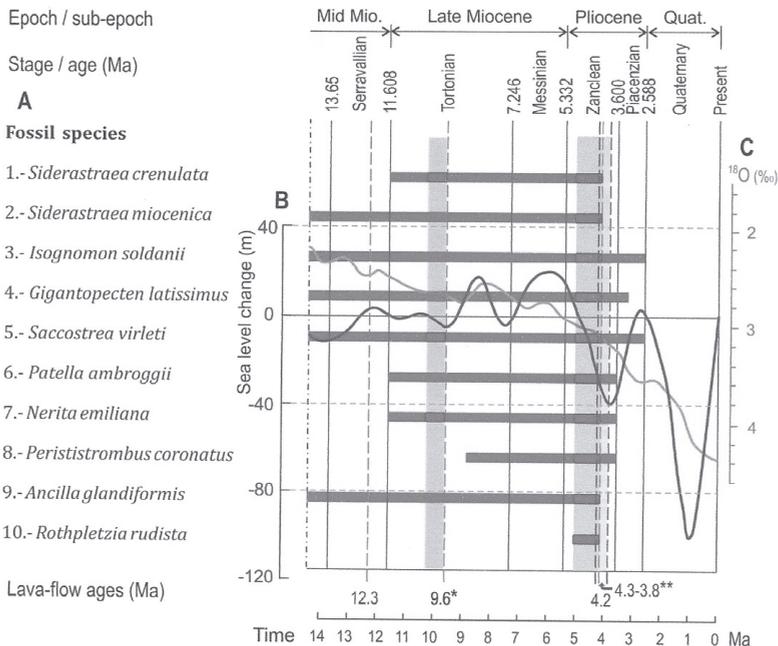
El modo de enganchar una observación con el paradigma empieza por enseñar a diferenciar entre la observación irrelevante y la observación pertinente. La irrelevante está fuera del paradigma y la pertinente entronca con la estructura de la ciencia. Un ejemplo sencillo: si un animal tiene seis patas es un Exá-

pedo o Insecto y el número de patas es la observación pertinente en este caso mientras que muchos de los otros rasgos no conducen a ninguna conclusión, sino que están comprendidos en la correlación orgánica.

3. NUESTRA EXPERIENCIA: DE LO LOCAL A LO GLOBAL

En Lanzarote, en las Salinas del Janubio, hay un depósito marino íntimamente asociado a una colada de lavas. Obtuvimos una edad Argon/Argon de la colada (Meco et al., 2020) que resultó próxima a los 10 millones de años (Ma). Como el depósito en la actualidad se encuentra a unos 40 m de altura sobre el nivel del mar y éste era igual al de ahora, ello quiere decir que la isla de Lanzarote ha sufrido desde entonces una elevación de 40 m. Pero, en la zona de Los Ajaches, hay otros depósitos marinos, de unos 5 Ma, que están a 70 m. de altura. Por lo tanto, el nivel del mar estaba 30 m más alto que ahora. Esto significa que tuvieron que fundirse los hielos del hemisferio norte pero también casi la mitad de los hielos de la Antártida (Figura 2).

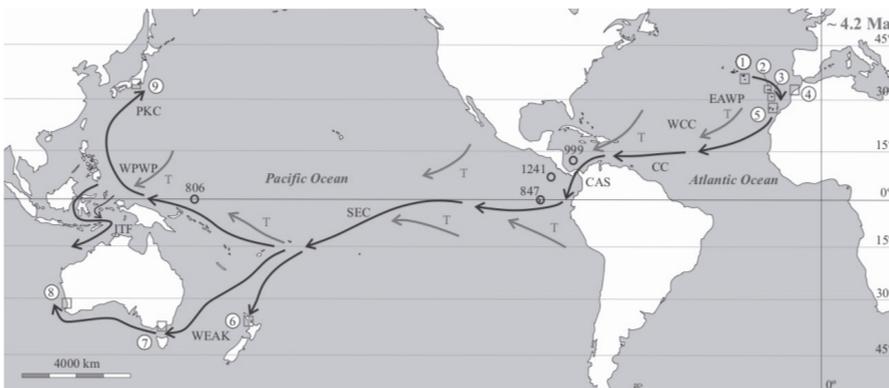
Figura 2. La estabilidad tectónica y el glacioeustatismo en las Canarias más orientales durante los últimos 14 Ma



Fuente: Meco et al., 2020.

En la Isleta de Gran Canaria, una colada datada por Ar/Ar en 4.2 Ma (Meco et al., 2015), está en relación con unos caracoles flotantes del genero *Janthina* que aparecen también fósiles en Japón, Nueva Zelanda y Australia (Figura 3). Esto indica que la placa tectónica sudamericana, que se está desplazando hacia el norte, aún no había cerrado la comunicación entre los Océanos Atlántico y Pacífico.

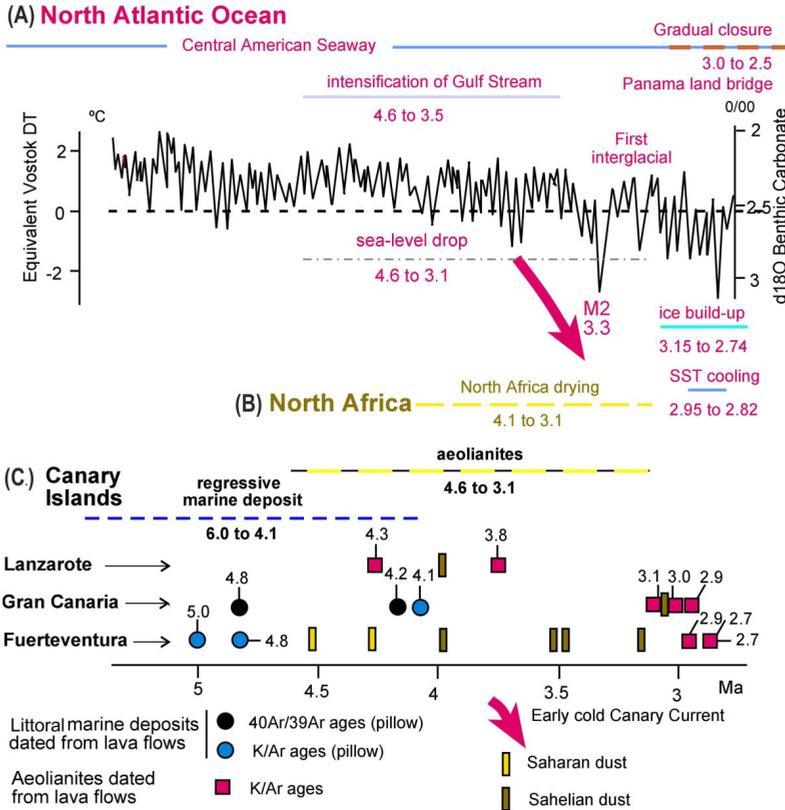
Figura 3. Dispersión de las *Janthina* del Plioceno inferior a favor de las corrientes



Fuente: Meco et al., 2016.

La intercalación de diferentes episodios sedimentarios con lavas datadas en Canarias ha permitido la reconstrucción de los sucesos más relevantes en el Atlántico Norte y en el norte de África (Figura 4). Así, con el cierre de América central, la Corriente del Golfo se intensifica, empiezan a acumularse hielos en el Polo Norte, se enfría la Corriente de Canarias, baja el nivel del mar y las arenas marinas quedan al descubierto y son acumuladas en forma de dunas en Fuerteventura donde quedan sepultadas por una lava datada en unos 3 Ma.

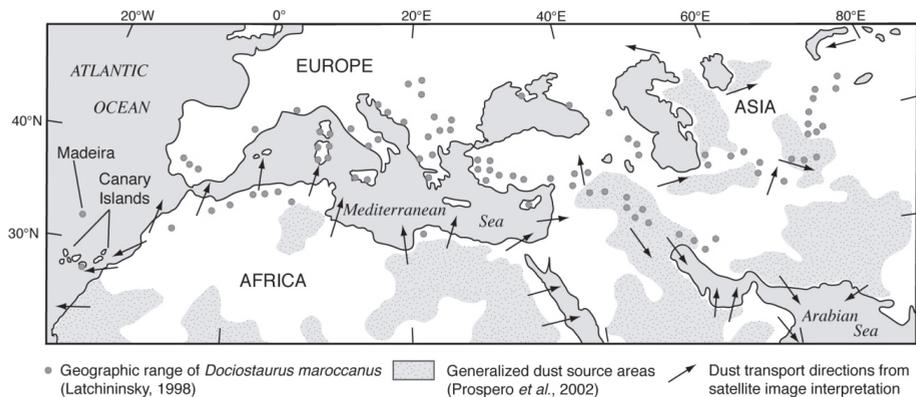
Figura 4. Lavas de las Canarias orientales datando la evolución climática del Atlántico norte y del África del norte



Fuente: Meco et al., 2020.

Con el cese del clima constantemente cálido que acompañaba a las *Janthina* aparece la estacionalidad mostrada por las protecciones de la puesta de huevos de insectos para superar las estaciones desfavorables. Estas cámaras protectoras son propias de las regiones templadas (Figura 5) y aparecen por millones en los paleosuelos de las islas.

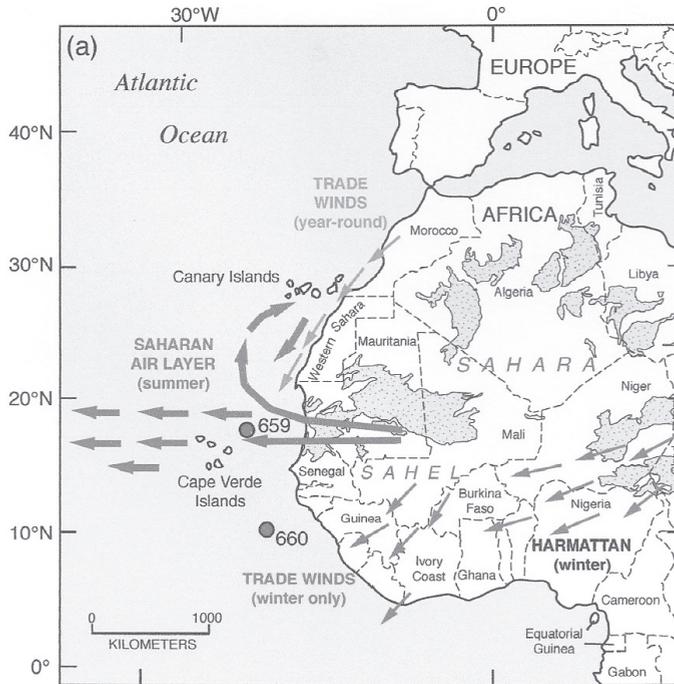
Figura 5. La distribución actual de las plagas de langostas que segregan ootecas protectoras, coincide con las zonas templadas caracterizadas por la alternancia de inviernos y veranos



Fuente: Meco et al., 2011.

Estos paleosuelos muestran entre sus componentes esenciales polvo procedente del Sahara y del Sahel (Figura 6).

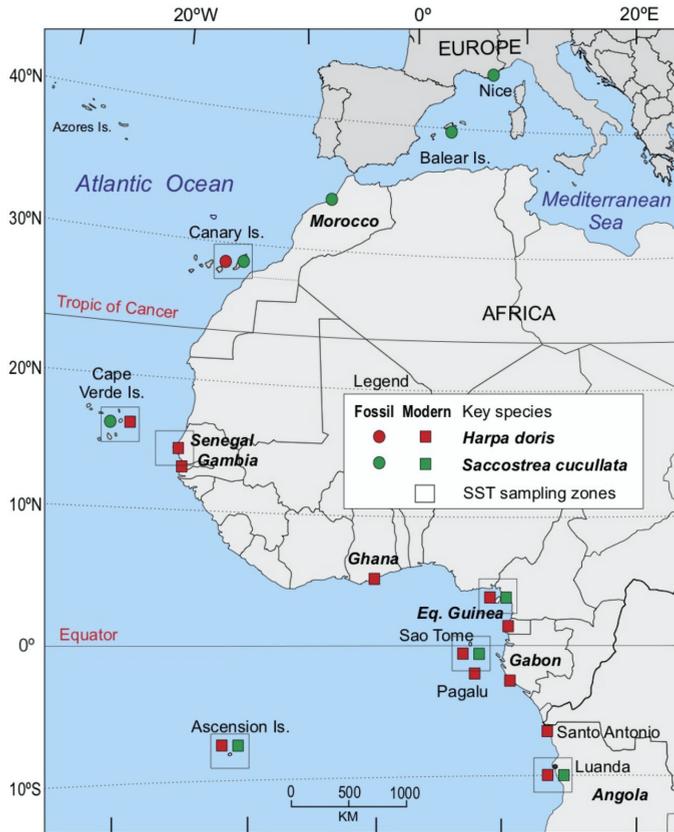
Figura 6. El polvo africano más antiguo llegado a Canarias quedó atrapado entre coladas datadas, mostrando así una antigüedad para el Sahara de unos 4 Ma



Fuente: Muhs et al., 2019.

Con la llegada de los tiempos cuaternarios, caracterizados por las glaciaciones y los interglaciares acompañados de bajadas y subidas del nivel del mar, aparecen en las islas depósitos conteniendo especies marinas que hoy viven en el Golfo de Guinea (Figura 7).

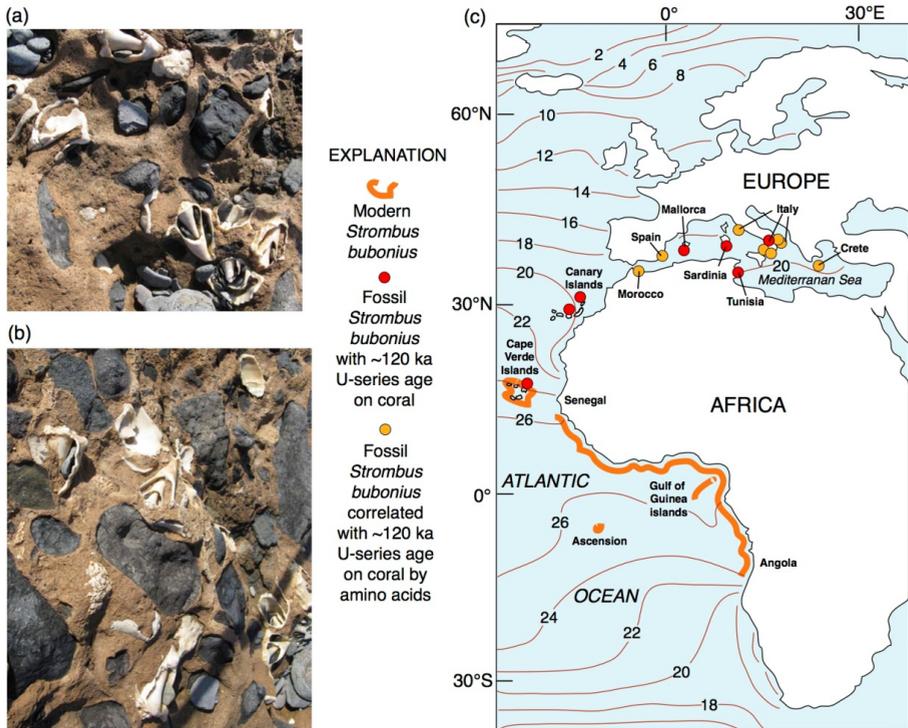
Figura 7. Distribución geográfica actual y fósil de una especie del interglacial más cálido del Pleistoceno medio (en verde) y de otra del último interglacial con el que se inicia el Pleistoceno superior



Fuente: Montesinos et al., 2014.

El último interglacial ha sido datado en Canarias por series de Uranio sobre corales fósiles entre hace 120 y 130 mil años (Figura 8).

Figura 8. En el último interglacial se trasladaron las faunas del Golfo de Guinea, también llamada senegalesa, al Mediterráneo. (a) y (b) Muestran el yacimiento de Matas Blancas en el sur de Fuerteventura y (c) la distribución geográfica fósil y actual de las caracolas del género *Strombus*



Fuente: Muhs et al., 2014.

Y, lo más reciente, los depósitos de playa (Figura 9) datados por Carbono catorce en unos 1.500 años (Meco et al., 2018) que corresponderían a un grado de precesión de los equinoccios.

Figura 9. Cada uno de los escalones que forman estos depósitos de playa fósil correspondería a una vuelta de la Tierra alrededor del Sol en los tiempos de Atila, hacia el año 450 de nuestra Era



Fuente: Meco et al., 2018.

Finalmente, en la actualidad estamos trabajando en la relación, posiblemente visible en Canarias, entre los depósitos marinos cuaternarios y el origen de la Tierra actual y la Luna. Según una reciente teoría (por ejemplo: Cuk et al., 2016) la luna se originó por un Impacto Gigante entre la proto-tierra y la “madre de la luna” (Eurifaesa) que produciría un efecto oscilatorio de la Inclina-ción de la luna respecto a la eclíptica. Este innovador trabajo no ha sido publicado. Su publicación es muy difícil, casi heroica, porque el sistema editorial científico actual requiere revisores y estos suelen estar instalados en el grado dos que es muy especializado y poco especulativo. Aunque sin un gramo de especulación no habría ningún avance científico.

4. CONCLUSIÓN

Un primer grado de conocimiento es el saber común de la gente. Un segundo grado consistiría en el saber de los especialistas en cada rama de las ciencias de la Naturaleza. El tercer grado coincide con la capacidad de conectar con un paradigma científico o interpretación general de la ciencia. Este grado se aplica a observaciones geológicas en las islas Canarias y así se ha conectado

con la estabilidad de las Canarias orientales, la fusión de hielos antárticos, el desplazamiento de la placa sudamericana, la instalación de hielos en el Ártico y de la Corriente fría de Canarias, el inicio de la estacionalidad en las zonas templadas en Eurasia, la antigüedad del Sahara, las migraciones de faunas cálidas en el Atlántico norte, la huella de la órbita de la Tierra y con consecuencias del origen violento de la luna.

RECONOCIMIENTO

Los trabajos utilizados (véase autores e instituciones en: <https://orcid.org/0000-0001-7658-9956>) han sido realizados en equipo. El equipo ha incorporado a diferentes miembros de otras instituciones científicas según la técnica empleada. Consuelo Sendino (Department of Earth Sciences, Natural History Museum) realizó el Abstract. Las figuras 2, 3, 4 y 7 se deben a Alejandro Lomoschitz (Departamento de Ingeniería Civil de la ULPGC); las figuras 5, 6 y 8 a Daniel R. Muhs (U.S Geological Survey) y la Figura 9 a Juan Francisco Betancort (Dr. colaborador en la Facultad de Ciencias del Mar de la ULPGC).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Enríquez, E. (1969). Revisión sistemática de los *Elephantidae* por su morfología y morfometría dentaria (Tercera parte). *Estudios Geológicos*, 25, 317-367.
- Cuk, M., Hamilton, D. P., Lock, S. J. & Stewart, S. (2016). Tidal evolution of the Moon from a high-obliquity, high-angular-momentum Earth. *Nature*, 539, 402-406.
<https://doi.org/10.1038/nature19846>
- Darwin, Ch. (1859). *On the origin of Species*. London, John Murray.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press
- Meco, J., Muhs, D. R., Fontugne, M., Ramos, A. J. G., Lomoschitz, A. y Patterson, D. (2011). Late Pliocene and Quaternary Eurasian locust infestations in the Canary Archipelago. *Lethaia*, 44, 440-454.
DOI: 10.1111/j.1502-3931.2010.00255.x
- Meco, J., Lomoschitz, A. y Betancort, J. F. (2016). Early Pliocene tracer of North Atlantic and South Pacific sea surface currents: *Janthina typica* (Bronn, 1860) (Mollusca: Gastropoda). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 33, 2, 192-197.

- Meco, J., Lomoschitz, A., Rodríguez, A., Ramos, A. J. G., Betancort, J. F. y Coca J. (2018). Mid and Late Holocene sea level variations in the Canary Islands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 507, 214-225.
DOI: 10.1016/j.palaeo.2018.07.020
- Meco, J., Lomoschitz, A., Koppers, A. P., Miggins, D. P., Huertas, M. Betancort, J. F. y Soler-Onís, E. (2020). Late Miocene to Early Pliocene marine deposits from eastern Canary Islands, Spain: New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and paleoclimatic significance. *Journal of African Earth Science*, 164, 103802
<https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103802>
- Meco, J., Koppers, A. A. P., Miggins, D. P., Lomoschitz, A. y Betancort, J. F. (2015). The Canary Record of the Evolution of the North Atlantic Pliocene: New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Ages and Some Notable Palaeontological Evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 435, 53-69.
<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.05.027>
- Montesinos, M., Ramos, A. J. G., Lomoschitz, A., Coca, J., Redondo, A., Betancort, J. F. y Meco, J. (2014). Extralimital Senegalese species during Marine Isotope Stages 5.5 and 11 in the Canary Islands (29° N): sea surface temperatures estimates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 410, 153-163.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.05.046>
- Muhs, D. R., Meco, J., Budahn, J. R., Skipp, G. L., Betancort, J. F. y Lomoschitz, A. (2019). The antiquity of the Sahara Desert: New evidence from the mineralogy and geochemistry of paleosols on the Canary Islands, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 533, 109245.
<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109245>
- Muhs, D. R., Meco, J. y Simmons, K. R. (2014). Uranium-series ages of corals, sea level history, and palaeozoogeography, Canary Islands, Spain: an exploratory study for two Quaternary interglacial periods. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 394, 99-118.
- Pahlevan, K. y Stevenson, D. J. (2007). Equilibration in the aftermath of the lunar-forming giant impact. *Earth and Planetary Science Letters*, 262, 438-449.
- Pahlevan, K. y Morbidelli, A. (2015). Collisionless encounters and the origin of the lunar inclination. *Nature* 527, 492-494.
- Rudwick, M. (1997). *Georges Cuvier, Fossil Bones, and Geological Catastrophes*. The University of Chicago Press. ISBN 0-226-73106-5
- Sereno, P. y Larsson, H. (2009). Cretaceous Crocodyliforms from the Sahara. *ZooKeys* 28, 1-143. doi:10.3897/zookeys.28.325
- Wilson, J. T. (1968). A Revolution in Earth Science. *Geotimes*, 13, 10-16.