

# BOLETÍN



*Imagen alegórica de Theophrastus y sus discípulos en el Liceo de Atenas, estudiando rocas, minerales y plantas*

Vol. LXXXVI, n.º 1  
Enero - junio 2026

# BOLETÍN



Vol. LXXXVI, n.º 1, 2026

VENEZUELA

© Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales

## Comisión Editorial

Deanna Marcano - Editor jefe  
Ismardo Bonalde  
Gioconda Cunto de San Blas

Depósito Legal: DC202000891  
ISSN: 2665-0444

## Edición Digital 2026

### Coordinación de edición

Pamela Navarro  
Deanna Marcano

### Diseño y diagramación

María Alejandra Ramírez

### Imagen de portada:

Open IA (2025, 20 de octubre). Gemini 2.5.  
<https://gemini.google.com/app/f8632b49af2cdf9>

Publicación oficial semestral de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales  
Palacio de las Academias, av. Universidad, Apartado de Correo 1421. Caracas, 1010-A. Venezuela

El material publicado en el Boletín podrá ser reproducido total o parcialmente, siempre que se indique la fuente.  
Las opiniones expresadas en los apartados firmados son de exclusiva responsabilidad de los autores.

---

---

# Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales

## Junta de Directores 2026-2027

<i>Presidenta</i>	Alicia Ponte-Sucre
<i>Primera vicepresidenta</i>	Mireya Goldwasser
<i>Segunda vicepresidenta</i>	Deanna Marcano
<i>Secretaria académica</i>	María Soledad Tapia
<i>Tesorera</i>	Flor Pujol
<i>Bibliotecaria</i>	María Eugenia Grillet

### Individuos de Número

I.	Alicia Ponte-Sucre
II.	Arnoldo Gabaldón
III.	Antonio Machado Allison
IV.	Claudio Bifano
V.	Eduardo Buroz
VI.	VACANTE
VII.	Vidal Rodríguez Lemoine
VIII.	VACANTE
IX.	Wolfgang Scherer Gruber
X.	María Eugenia Grillet
XI.	Jorge Mostany
XII.	Carlos Machado Allison
XIII.	María Soledad Tapia
XIV.	Benjamín Scharifker
XV.	José Grases Galofré
XVI.	Flor Helene Pujol
XVII.	Ignacio L. Iribarren
XVIII.	Alicia Villamizar (Electa)
XIX.	VACANTE
XX.	Gioconda Cunto de San Blas
XXI.	Mireya R. de Goldwasser
XXII.	Margarita Lampo
XXIII.	Deanna Della Casa de Marcano
XXIV.	VACANTE
XXV.	Liliana López
XXVI.	Jaime Requena
XXVII.	Carlos A. Di Prisco
XXVIII.	Franco Urbani
XXIX.	José Luis Paz
XXX.	Ismardo Bonalde

### Miembros Correspondientes Nacionales

Jorge Baralt Torrijos
Pedro Berrizbeitia
Lelis Bravo de Guenni
José Rafael León
Miguel Octavio

### Miembros Correspondientes Extranjeros

<i>Armenia</i>	Gurgen P. Tamrazyan
<i>Brasil</i>	Hernan Chaimovich Eduardo Falabella Sousa-Aguiar
<i>Canadá</i>	Howard Alper
<i>Colombia</i>	Jorge Arboleda Valencia
<i>España</i>	Rafael Heras Rodríguez María Josefa Yzuel
<i>Estados Unidos</i>	Shirley Ann Jackson Chen Ning Yang Michael Clegg Gerardine Botte
<i>Francia</i>	Pierre Lena Guillean France
<i>Italia</i>	Julián Chela Flores
<i>México</i>	Luis Esteva Maraboto
<i>Reino Unido</i>	Sir Ernest Ronald Oxburgh Audrey Butt Colson Nicholas J. Young

---

---

---

---

## CONTENIDO

Editorial	V
Los comienzos de la Estación Biológica El Frío: 1973-1977, estado Apure, Venezuela <i>Natalia Díaz Peña</i>	1
Theophrastus (371 - 287 a. C.) El «Padre fundador de la mineralogía» (ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΥ ΠΕΡΙ ΛΙΘΩΝ) <i>Jhonny Edgar Casas</i>	11
Criptobioturbación. La importancia de la bioturbación ocasionada por el meiobentos intersticial en sucesiones sedimentarias del registro geológico <i>Jhonny Edgar Casas</i>	19
Claves para una reforma universitaria en Venezuela: educación superior como motor de la transición democrática <i>Benjamín R. Scharifker</i>	29
Recordando a Vladimiro Mujica	35
Guía para los autores	37

---

---

---

---

## EDITORIAL

Con este primer *Boletín Volumen LXXXVI, 2026, nro. 1*, abrimos el año 2026 de las publicaciones periódicas de Acfiman. Este año ha comenzado con noticias de diversa índole que enmarcan el movimiento continuo al cual estamos sometidos como país y como sociedad. Hago mención a la instauración de la Junta de Directores (JdD) de Acfiman para el período febrero 2026–julio 2027. En nombre de este nuevo grupo que asume la JdD, quiero agradecer a las JdD que nos han precedido en este trayecto que nos toca como representantes de la ciencia en el país, especialmente a la JdD inmediatamente anterior, su entrega y compromiso.

Repito las palabras con las que culminé mi intervención el día de la juramentación de la *–ejecutar una sinfonía juntos, la sinfonía de las ciencias. Deben ensayar incansablemente para lograr un sonido armónico. El director los acompaña en su participación individual y grupal, ambos tipos de altísima calidad, donde los solistas se alternan en su ejecución para brillar cada uno y todos en conjunto.*

Los invito, por otra parte, a disfrutar cada uno de los artículos que se presentan en este boletín y a difundir entre sus allegados su contenido. Los mismos reflejan el acervo de conocimiento y el esfuerzo de los investigadores venezolanos por continuar en su trayecto de generadores de saber en diversas áreas. Este número de forma muy relevante resalta tres artículos cuyos nombres sugieren cuán apegados a este territorio y su suelo estamos los venezolanos.

El primero, *Los comienzos de la Estación Biológica El Frío: 1973-1977, estado Apure, Venezuela*, cuya autora es Natalia Díaz Peña, nos narra cómo entre 1973 y 1977 la Estación Biológica El Frío, vio la luz como proyecto pionero de integración en investigación ecológica, conservación y cooperación internacional de nuestros llanos inundables venezolanos. Y cómo el Archivo Histórico Alvaro Darío Maldonado (AHADM) ha permitido la reconstrucción del proceso de articulación de esfuerzos entre científicos de la Estación Biológica de Doñana (CSIC), instituciones venezolanas y organismos norteamericanos –como el Smithsonian Institution y el Cuerpo de Paz, lograron establecer en El Frío un centro de referencia para el estudio de primates, mamíferos, aves rapaces y cocodrilianos. En este proceso, la colaboración iberoamericana en ecología tropical salió fortalecida debido a formalización de la estructura científica y administrativa de la Estación Biológica del Frío gracias a la firma y puesta en marcha del Protocolo de Intención de 1977. Esta publicación pone de manifiesto cómo el legado documental preservado por Alvaro Maldonado habla de un legado histórico que permite comprender la proyección internacional de la estación y su contribución al conocimiento de los ecosistemas llaneros que desde hace tantos siglos forman parte de la idiosincrasia venezolana.

El segundo, *Theophrastus (371 – 287 a. C.), el «padre fundador de la mineralogía» (ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΥ ΠΕΡΙ ΛΙΘΩΝ)*, cuyo autor es Johnny Edgar Casas, nos habla de Theophrastus, filósofo y naturalista griego, sucesor de Aristóteles a quien se le conoce como el «padre de la botánica clásica», aunque con una faceta menos conocida, que debería haber sido la fuente de otra consideración: el «padre fundador de la mineralogía». De hecho, como nos narra el autor de este artículo, fue el primer autor en la historia, con una obra dedicada a las rocas y los minerales. El profesor Casas nos lleva de la mano por las obras de este filósofo, que se pasa por la descripción y clasificación de rocas, minerales y materiales terrosos, clasificaciones conocidas de materiales según sus propiedades, métodos de minería, extracción y usos prácticos de estos materiales, y aún más. De hecho, un hito histórico fue cómo su libro, fue el texto sobre este tema que permitió durante casi dos mil años, hasta el Renacimiento, sentar las bases del estudio sistemático de los materiales de la Tierra. Theophrastus nos habla de interdisciplinariedad, un término muy en boga, entre áreas disímiles, pero de alguna forma complementarias: la filosofía y las ciencias de la tierra.

El tercero, *Criptobioturbación. La importancia de la bioturbación ocasionada por el meiobentos intersticial en sucesiones sedimentarias del registro geológico*, también de Johnny Edgar Casas. Nos habla de ese grupo de organismos invertebrados cuyo tamaño oscila entre la macrofauna y la microfauna, que habitan todo tipo de sedimentos, en los ambientes marinos y en todas las zonas climáticas. Sus actividades son fundamentales para moldear las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sedimentos durante la construcción de madrigueras y los microorganismos que las habitan, durante su búsqueda de alimentación. Por otra parte, habla de la criptobioturbación como actividad meiofaunal en rocas sedimentarias y su influencia en la modulación de la apariencia de las capas, principalmente en los ambientes marino somero/estuarino.

El cuarto artículo de este número del boletín de Acfiman, escrito por el académico Benjamín Scharifker, se traslada a un ámbito fundamental como es la urgente necesidad de lograr una reforma universitaria en Venezuela en el contexto país que estamos viviendo. El profesor Scharifker identifica cuatro elementos esenciales para dicha reforma, a saber, aprendizaje innovador orientado a la transformación social y económica; estructura académica flexible, interdisciplinar y adaptada al futuro; instituciones universitarias autónomas, diversas y vinculadas con la sociedad; y modelos de financiamiento y gobernanza transparentes y sostenibles. Todo esto en el contexto del papel de la universidad dentro de la sociedad del conocimiento, acorde con el siglo XXI, donde la formación de ciudadanos críticos y comprometidos es esencial para lograr el desarrollo de un país con sostenibilidad adecuada. El Prof. Scharifker termina su artículo con propuestas concretas: revisión de la Ley de Universidades, modernización curricular, fortalecimiento de la investigación y la extensión universitaria, descentralización institucional, diversificación de fuentes de financiamiento, establecimiento de alianzas estratégicas y participación estudiantil.

Cerramos este editorial con un artículo conmovedor del académico Prof. José Luis Paz en la memoria de nuestro querido Prof. Vladimiro Mujica, quien nos dejó el pasado 26 de abril de 2026. El escrito del Prof. Paz refleja lo intensa de la amistad y el cariño que existió entre estos dos seres, académicos entregados a la docencia universitaria, a la formación de talentos, a la producción de conocimiento y a la defensa de los valores cívicos del país, y refleja lo profundo que el ser y estar de Vladimiro caló y permanece en la vida académica universitaria. A pesar del dolor que nos produce su partida, el orgullo de haberlo tenido entre nosotros con su ejemplo y presencia permanece.

Finalmente, quiero enfatizar que visualizo al 2026 como un año plagado de iniciativas desde la academia que marcan nuestra misión y visión: promover, integrar y difundir el avance del conocimiento científico y tecnológico en el país. Este nuevo número del boletín es una demostración de ese compromiso con Venezuela.

El mismo promueve la difusión de los conocimientos generados en el país, como parte de nuestra misión por velar por la calidad de los estudios en las áreas de su competencia y en la creación de conocimiento científico y tecnológico para el bienestar social y el desarrollo sustentable de nuestra nación.

*Alicia Ponte-Sucre*

## LOS COMIENZOS DE LA ESTACIÓN BIOLÓGICA EL FRÍO: 1973-1977, ESTADO APURE, VENEZUELA

### THE BEGINNINGS OF EL FRÍO BIOLOGICAL STATION: 1973-1977, STATE OF APURE, VENEZUELA

Natalia Díaz Peña<sup>1</sup> 

#### RESUMEN

Entre 1973 y 1977 se conformó la Estación Biológica El Frío, un proyecto pionero en los llanos inundables de Venezuela que integró investigación ecológica, conservación y cooperación internacional. A partir de una extensa correspondencia conservada en el Archivo Histórico Alvaro Darío Maldonado (AHADM), se reconstruye el proceso mediante el cual científicos de la Estación Biológica de Doñana (CSIC), instituciones venezolanas y organismos norteamericanos –entre ellos el Smithsonian Institution y el Cuerpo de Paz– articularon esfuerzos para establecer en El Frío un centro de referencia para el estudio de primates, mamíferos, aves rapaces y cocodrilianos. La firma del Protocolo de Intención de 1977 formalizó su estructura científica y administrativa, consolidando un modelo temprano de colaboración iberoamericana en ecología tropical. Esta recuperación histórica subraya la relevancia del legado documental preservado por Alvaro Maldonado como base para comprender la proyección internacional de la estación y su contribución al conocimiento de los ecosistemas llaneros.

#### ABSTRACT

Between 1973 and 1977, the El Frío Biological Station was established as a pioneering project in the floodplains of Venezuela, integrating ecological research, conservation, and international scientific cooperation. Drawing on an extensive body of correspondence preserved in the Alvaro Darío Maldonado Historical Archive (AHADM), this work reconstructs the process through which scientists from the Doñana Biological Station (CSIC), Venezuelan institutions, and U.S. organizations –among them the Smithsonian Institution and the Peace Corps– joined efforts to create in El Frío a reference center for the study of primates, mammals, raptors, and crocodilians. The signing of the 1977 Protocol of Intent formalized its scientific and administrative structure, consolidating an early model of Ibero-American collaboration in tropical ecology. This historical reconstruction underscores the significance of the documentary legacy preserved by Alvaro Maldonado as a basis for understanding the station's international projection and its contribution to knowledge of the Venezuelan Llanos ecosystems.

**Palabras clave:** Estación Biológica El Frío, Estación Biológica de Doñana (CSIC), Llanos inundables, conservación de fauna silvestre, cooperación científica internacional, Smithsonian Institution, historia ambiental de Venezuela, archivos científicos históricos.

**Keywords:** Wildlife conservation, Floodplains, El Frío Biological Station, Doñana Biological Station (CSIC), International scientific cooperation, Smithsonian Institution, Environmental history of Venezuela, Historical scientific archives.

## Introducción

Durante la década de 1970, las estaciones biológicas se consolidaron como infraestructura fundamental para la investigación ecológica y la conservación de la biodiversidad. A nivel internacional, estas instituciones respondían a la creciente preocupación por la pérdida de hábitats y especies, al mismo tiempo que incorporaban metodologías modernas de ecología de poblaciones y programas de monitoreo ambiental a largo plazo. En Venezuela, este proceso tuvo expresiones significativas en la Estación Biológica de Rancho Grande, con décadas

de investigaciones en bosques nublados y ecosistemas tropicales [1], así como en iniciativas de investigación universitaria que desde los años setenta comenzaron a consolidar series de datos sobre la dinámica de los bosques [2]. Dentro de este contexto emergió la Estación Biológica El Frío, proyecto pionero en los Llanos inundables que articuló la investigación científica con esfuerzos de conservación y cooperación internacional.

En marzo de 1973, el naturalista español Félix Rodríguez de la Fuente visitó el Hato El Frío para la filmación de *El hombre y la Tierra*. Lo acompañaban, entre otros, Javier Castroviejo, doctor en Biología y director del Departamento de Zoología

1 Archivo Histórico Alvaro Darío Maldonado. Correo-e: [natadi@gmail.com](mailto:natadi@gmail.com)



**Figura 1.** Félix Rodríguez de la Fuente, Alvaro D. Maldonado y Javier Castroviejo, en una escena del documental *El hombre y la Tierra, Hato El Frío*, Televisora Española, marzo 1973.

en la Estación Biológica de Doñana (con sede en Sevilla, España). La logística de la expedición estuvo a cargo de Alvaro Maldonado, ingeniero en Ciencia Animal por la Universidad de Cornell e hijo de Iván Darío Maldonado Bello, propietario del hato. Aquella filmación no solo dejó imágenes inolvidables, sino que sembró la idea de transformar El Frío en un espacio permanente de investigación y conservación (**Figura 1**).

A partir de esta filmación, se inicia una serie de correspondencias entre Javier Castroviejo y Alvaro Maldonado, las cuales dieron inicio a la creación de la Estación Biológica. Más de setenta comunicaciones han sido preservadas en el Archivo Histórico Alvaro Darío Maldonado (AHADM). Entre ellas se cuentan cartas procedentes del Departamento de Biología de la Universidad de Colorado, el Ministerio de Agricultura y Cría en colaboración con el Cuerpo de Paz de los Estados Unidos, la Institución Smithsonian, el Centro Nacional de Investigaciones de Fauna Silvestre de Venezuela, así como de los artistas Jorge Camacho [3], y Jesús Garzón. Los descendientes de Alvaro Maldonado han decidido compartir esta memoria como un homenaje a los pioneros de la investigación biológica en Venezuela.

## 1974

El 15 de enero de 1974, Javier Castroviejo envió desde Sevilla una carta que puede considerarse fundacional. Tras confesar que «los Llanos quizá han sido lo que más me ha impresionado en mi vida», delineaba un plan de investigación para El Frío con dos propósitos centrales: contribuir al conocimiento científico de la fauna sudamericana y abrir el camino a un turismo ecológico controlado que asegurara la conservación de sus recursos. En esa misma carta, proponía instalar un equipo de trabajo por un año, con recursos básicos –vehículo, personal de apoyo, materiales de campo y un sueldo mensual para los investigadores–, y anticipaba como pri-

mer fruto la publicación de un libro ilustrado que difundiera la experiencia. Se despide diciendo: «La naturaleza bien cuidada es hoy algo muy raro y muy cotizado. A mí me gustaría que te convencieses de ello personalmente viniendo a visitar el Coto de Doñana. Si vienes en primavera, podrás comprobar la cantidad de visitas que tenemos; a pesar de Doñana, aun siendo lo mejor de Europa, no puede ni compararse a vuestro Hato El Frío, sin duda uno de los paraísos de la naturaleza bravía mejores del mundo e incluso superiores a muchos de África. Así pues, ya sabes que estás invitado a visitar el Coto cuando quieras...» [4].

Tres meses más tarde, en abril de 1974, Alvaro Maldonado junto con su esposa Elizabeth Degwitz visitaron personalmente el Coto Doñana. A través del álbum fotográfico familiar puede apreciarse la admiración por la arquitectura andaluza, el palacio blanco en la inmensidad de la marisma o el encuentro juguetón con Félix Rodríguez de la Fuente y el perro de agua. A un mes de haber regresado los esposos Maldonado Degwitz de España, desde la gerencia de Invega (empresa ganadera de la familia) se enviaron cartas al biólogo español Francisco Braza y al propio Castroviejo en las que se confirmaba el apoyo a sus proyectos: el estudio de los primates –araguatos y capuchinos– y el inventario faunístico de vertebrados. En ellas se detalla un compromiso concreto: «alojamiento por un año en el hato, manutención, un vehículo rústico con combustible, espacio para un laboratorio de campo, peones para el trabajo y viajes internos a Caracas para consultas académicas. ...» [5].

El 12 de julio, Castroviejo escribía nuevamente a Alvaro, anunciando la incorporación de Carlos Ibáñez (Logroño, 1949, biólogo riojano, colaborador de la Estación Biológica de Doñana) para el estudio de los mamíferos «...En la misma carta solicitaba un adelanto de 1.000 bolívares para adquirir bibliografía y materiales en España, evidencia de los primeros pasos hacia la institucionalización del proyecto científico. Sobre el mismo documento, Alvaro anotó de su puño y letra: 'Giro cablegráfico Bs 1.500', reflejo de que decidió enviar un monto mayor al requerido como gesto de respaldo al proyecto...» [6].

Las cartas también muestran cómo desde muy temprano la visión de Castroviejo iba más allá de la ciencia. En noviembre de 1974 le preguntaba a Alvaro si ya estaba lista la casa de los biólogos y si habían comenzado, al menos, las obras de un parador turístico, convencido de que el ecoturismo podía convertirse en una vía para blindar el proyecto. ...» [7].

No obstante, la llegada de los investigadores españoles se vio demorada por una serie de obstáculos burocráticos y financieros: seguros de viaje, permisos de residencia, adquisición de materiales y retrasos en la entrega de fondos. En agosto, Castroviejo notifica que había recibido en el banco 19.862,90 pesetas enviados por Maldonado, equivalentes a unos 350 dólares, que permitieron cubrir el seguro de Braza y parte del ma-

terial de campo. También que el Instituto de Cultura Hispánica<sup>i</sup> ha pagado el viaje de ida y vuelta del biólogo Carlos Ibáñez. En esa misma carta propone crear una pequeña biblioteca en El Frío y preguntaba si en Venezuela había máquinas de fotocopias para reproducir libros traídos desde España, una idea que revela su concepción temprana del hato como centro de documentación y no solo de observación natural [8].

En paralelo, la red de apoyos institucionales se ampliaba en ambas orillas del Atlántico. Desde España se sumaban el respaldo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Instituto de Cultura Hispánica y la Universidad de Sevilla; desde Venezuela, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza (FUDENA -Francisco Kerdell Vegas)<sup>ii</sup>, el Zoológico de El Pinar (Pedro Trebbau), la Asociación de Amigos del Sur (ASASUR, dirigida por Jorge Viloria), el Consejo de Bienestar Rural (Edgardo Mondolfi)<sup>iii</sup>, y el Centro Nacional de Investigaciones de Fauna Silvestre en Rancho Grande<sup>iv</sup>, bajo la dirección de Gonzalo Medina, quien desde 1957 estuvo a cargo de la Estación Biológica de Rancho Grande -institución que en la época funcionaba como centro nacional de referencia para las investigaciones de fauna silvestre en Venezuela-. Precisamente Gonzalo Medina, en carta dirigida el 1 de octubre de 1974 a Iván Darío Maldonado [9]. Destacaba las condiciones óptimas de El Frío para el estudio de la baba y solicitaba su cooperación en los trabajos de campo para los herpetólogos norteamericanos Scott Maness y Robert Godshalk, enviados por el programa de voluntariado internacional Cuerpo de Paz de los Estados Unidos<sup>v</sup>. Este gesto confirma que el compromiso de la familia Maldonado resultó clave en el tránsito de un proyecto privado hacia un programa de interés nacional. Entre viajes, trámites, cartas enviadas por correo postal y mensajes transmitidos por radio a los hatos, se fue forjando el proyecto que pronto daría lugar a la Estación Biológica de El Frío.

## 1975

El año 1975 comenzó con la resolución práctica de un problema que había retrasado durante meses el inicio de los trabajos: el visado de Francisco Braza. El 10 de enero, Maldonado comunicó por radiograma a Javier Castroviejo que Braza ingresaría al país con visa de turista mientras se ajustaban los trámites en Caracas [10]. El entusiasmo era palpable. En junio, Castroviejo escribía a Maldonado con tono de triunfo: «Curro ya está ahí» [11]. Con la llegada de Francisco Braza se establecía el primer investigador de Doñana en los Llanos venezolanos. Pocos días después, una empresa de paquetería confirmaba el envío marítimo de sus pertenencias y equipo desde España a La Guaira [12].

Desde el inicio, Braza se concentró en su proyecto sobre el comportamiento de primates -araguatos, capuchinos y monos ardilla-, mientras que Carlos Ibáñez preparaba su

investigación sobre los mamíferos del hato, un inventario comparado con la fauna de toda la península ibérica<sup>vi</sup> [13, 14]. Estas líneas de trabajo, junto con el estudio de aves rapaces que llevaba Castroviejo, dieron forma al núcleo científico fundador del proyecto.

El arranque de 1975 coincidió con un creciente interés internacional. Desde Madrid escribe Michel Bibin anunciando su viaje a Venezuela en febrero para entrevistar a Alvaro y a su padre, y preparar reportajes destinados a revistas y periódicos europeos [15]. Al mismo tiempo, el biólogo estadounidense Tom Swain (Universidad de Colorado) informaba a Maldonado que había escrito un manuscrito sobre El Frío y que mantenía contactos con la IUCN para proponer la creación de una fundación que asegurara su uso como estación de investigación. Planeaba regresar en el verano para profundizar sus estudios sobre comunidades ecológicas en los llanos [16].

No todo era entusiasmo. Tomás Blohm, naturalista y ganadero venezolano, escribió en febrero desde su Hato Masaguaral, en el estado Guárico, en pleno corazón de los llanos centrales de Venezuela. Allí, además de la actividad pecuaria, impulsaba estudios sobre fauna silvestre. En una carta dura dirigida al cineasta sueco Jan Lindblad, lo acusaba de no haber entregado el material filmado y de buscar prestigio personal en lugar de apoyar la conservación. Más allá de la polémica, advertía sobre la invasión de campesinos y los planes oficiales de «módulos», que podían afectar también a El Frío. Su testimonio mostraba que la investigación se desarrollaba en un contexto de presiones agrarias que daban mayor urgencia que a la causa conservacionista [17].

Ese mismo año, los documentos registran las visitas del fotógrafo español Jesús Garzón quien agradece la hospitalidad recibida en El Frío y notifica sobre el estatus de las fotografías [18]. En julio, el gran artista Jorge Camacho escribía a Alvaro Maldonado desde Apure relatando su experiencia en el hato donde realizó un registro fotográfico de las aves de El Frío, cuyo resultado se expuso en la Biblioteca Nacional en la sede de Caracas [19, 20].

En agosto, Castroviejo envió al Dr. Francisco Kerdell Vegas, presidente de FUDENA, el *Programa de estudio sobre los vertebrados de los Llanos (Hato El Frío)*, con duración prevista de tres años. El plan pedía apoyo logístico, como un vehículo adicional, y proponía crear una reserva biológica bajo el patronazgo de la familia Maldonado, con publicaciones en español para fortalecer la producción científica local [21]. En noviembre, presentó al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Venezuela (CONICIT), una solicitud de financiamiento por más de 415 500 bolívares destinada a sueldos, vehículos, laboratorios y materiales de campo. En ese documento, Castroviejo, presenta los proyectos de estudio ecológicos de los llanos, incluyendo: ecología de las aves de presa (JCV), estudio de los mamíferos (Carlos Ibáñez),

biología y comportamiento de los primates (Francisco Braza), comportamiento y ecología del chigüire (Tomás de Azcarate Bang). En la narrativa destaca los apoyos recibidos de científicos venezolanos como José Ojasti, Edgardo Mondolfi, Tomás Blohm, Gonzalo Medina, Hermano Hoyos, R. Lancini, y Pedro Trebbau, que avalaban la legitimidad del programa [22].

### 1976: El Frío como plataforma internacional

El año 1976 abrió con un cambio decisivo: El Frío dejaba de ser un proyecto sostenido principalmente por la familia Maldonado y los investigadores españoles, para convertirse en una plataforma internacional de ciencia y conservación. La llegada de instituciones como el Smithsonian Institution, universidades norteamericanas y operadores pioneros de turismo de naturaleza situó al ható en el mapa mundial de la investigación tropical.

En abril, los herpetólogos norteamericanos Scott Jay Maness y Robert Godshalk escribieron desde la Estación Biológica Rancho Grande, informando a Alvaro Maldonado sobre sus avances en reptiles: ya habían reunido datos suficientes sobre caimanes y galápagos para una primera publicación. Bajo la supervisión de Dale L. Marcellini, curador de investigación en reptiles del Smithsonian Institution, planificaban ampliar el trabajo a babas, galápagos e iguanas. Anunciaban también la llegada de John Eisenberg, jefe de investigaciones del Smithsonian, quien veía en El Frío un escenario con más potencial que Guatopo o Masaguaral [23]. Un mes después, Maness relataba el impacto de esa visita: Eisenberg había quedado «realmente impresionado con el ható», al punto de financiar su doctorado en la Universidad de Kansas, EE. UU. sobre reptiles de El Frío, garantizando así la continuidad académica de las investigaciones. En la misma carta mencionaba la posibilidad de importar una casa prefabricada como infraestructura para los científicos [24].

La red se expandía también hacia la ornitología. En junio, Maness presentó a Steven L. Hilty, candidato doctoral en ornitología en la University of Arizona, EE. UU. cuyo trabajo se centraba en la estacionalidad de las estructuras vegetativas y reproductivas en los ecosistemas tropicales y su impacto sobre aves frugívoras y nectarívoras. Su énfasis principal era el estudio de los tangaras (*Tanagra*, *Thraupidae*), investigación que había desarrollado principalmente en Colombia y que complementaba con observaciones en Rancho Grande. Maness subrayaba la importancia de que Hilty conociera también los Llanos, en particular El Frío, donde hallaría un escenario privilegiado para sus estudios. La incorporación de Hilty evidenciaba cómo el proyecto se perfilaba como un nodo pionero para el naciente *birdwatching* de alto nivel [25].

Mientras tanto, desde Sevilla, Javier Castroviejo lidiaba con la fragilidad financiera del programa. En mayo explicaba a

Maldonado que los fondos de Invega se habían agotado antes de hacerse efectivos los recursos del CONICIT. Para sostener la investigación, envió dinero propio y pidió paciencia: antes de septiembre, prometía, comenzarían a salir publicaciones. Reconocía también su deuda con el libro de divulgación, aunque señalaba que los problemas en Doñana empezaban a resolverse gracias al apoyo del gobierno español. La carta incluía una advertencia estratégica: la amenaza de expropiación era real y creciente; como respuesta, sugería quizás disminuir la ganadería y potenciar el turismo como fuente de ingresos y defensa frente a presiones externas [26].

El turismo internacional entraba en escena. En abril, Sven Olof Lindblad –pionero de los cruceros de expedición en las Galápagos y África– escribió a Alvaro ofreciendo información sobre campamentos de lujo tipo *tented camps*, convencido de que el ható podía convertirse en un destino de naturaleza de alto nivel. Sus elogios situaban a El Frío en el circuito global del turismo científico y conservacionista [27].

La institucionalización avanzaba en paralelo. En septiembre, Castroviejo informó que el *II Congreso de Chigüires y Babas*, programado para diciembre en Maracay, incluiría una visita a El Frío. El hecho daría visibilidad al trabajo del ható y reduciría el riesgo de expropiación. Señalaba, además, que el Ministerio de Agricultura y Cría consideraba financiar estudios de chigüire y baba en El Frío como centro piloto, y que la Presidencia de la República había recibido con interés el informe sobre la Estación Biológica. En esos mismos meses circulaban los primeros borradores de estatutos fundacionales y se trabajaba en un mapa de biotopos del ható, evidenciando que el proyecto entraba en su fase legal y científica de formalización [28].

En noviembre, Dale Marcellini escribió directamente a Alvaro Maldonado para formalizar la cooperación con el National Zoological Part, Smithsonian Institution. Anunciaba una próxima publicación en una revista venezolana sobre reptiles, proponía instalar una casa móvil de 25 × 4 metros como estación de trabajo y confirmaba que regresaría en 1977 acompañado de un experto en radiotelemetría para estudiar caimanes [29]. Ese mismo mes, Jeffrey W. Lang, biólogo de la University of Minnesota especializado en cocodrilos, dirigió una carta a James R. Dixon, destacado herpetólogo del Department of Wildlife and Fisheries Sciences de Texas A&M University, proponiendo unificar esfuerzos y evitar duplicaciones, una señal de que El Frío ya funcionaba como plataforma de referencia en estudios internacionales sobre cocodrilos (**Figura 2**) [30].

Pero no todos compartían la misma visión. El 22 de noviembre, Tomás Blohm escribió a Maness criticando el énfasis en los caimanes. A su juicio, las prioridades debían estar en especies más amenazadas: *Crocodylus acutus*, americano, las anacondas de El Frío o la anidación del galápagó *Podocnemis vogli*.



**Figura 2.** Hato El Frío. Fotografías de Alvaro D. Maldonado. Circa 1975 (AHADM-4388).

Reclamaba que el manejo en cautiverio estaba disperso y pedía un enfoque más centralizado [31].

Ese mismo diciembre, El Frío se convirtió en vitrina audiovisual internacional. Invega firmó un contrato con la productora Hanseatic-Kontakt-Film de Hamburgo, que filmó en el hato para la serie *Ecosystems* de la televisión pública alemana (ZDF). El documental de 28 minutos, titulado provisionalmente *The Llanos - Ecosystem*, se transmitiría en Alemania y se entregaría una copia en 16 mm al Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) [32].

El ciclo cerró el 7 de diciembre, cuando Alvaro Darío Maldonado escribió a Dale Marcellini confirmando su pleno acuerdo con la instalación de la casa móvil, autorizando los trabajos del Smithsonian para el próximo verano y expresando su disposición a establecer una colaboración permanente con el National Zoological Park [33].

### 1977

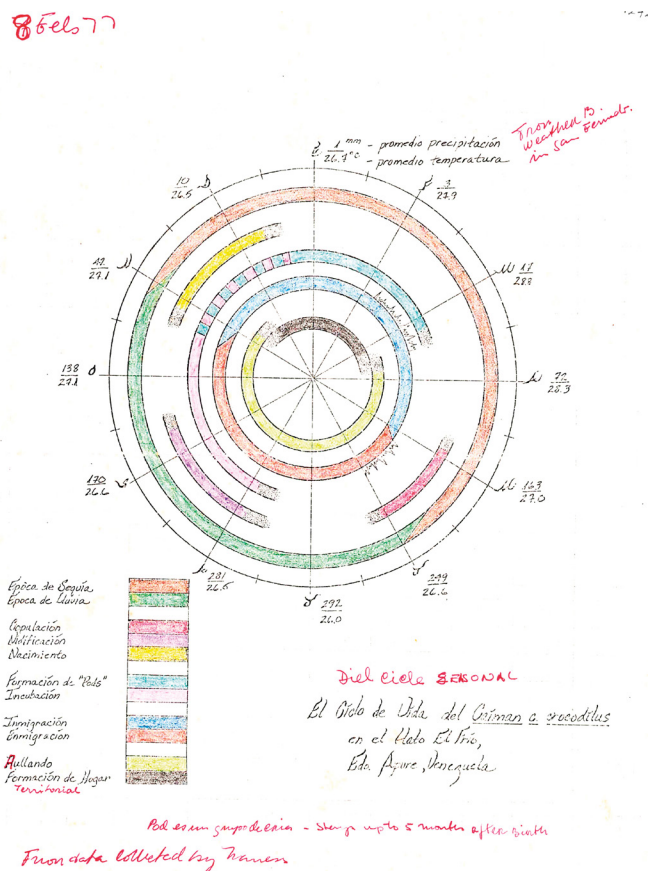
El año comenzó con el envío de una bibliografía sobre cocodrilianos por Scott Maness y Robert Godshalk. La recopilación incluía más de setenta referencias sobre cocodrilianos: desde México hasta India y África, con aportes de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y la International Union for Conservation of Nature (IUCN) [34].

Poco después, Maness y Godshalk presentaron el plan preliminar Smithsonian/Peace Corps Crocodylian Project. Dividido en dos fases, la primera contemplaba estudios integrales de la baba (*Caiman crocodilus*) en El Frío, con énfasis en reproducción, comportamiento y ecología poblacional. La

segunda proponía experimentación de cría en cautiverio en instalaciones del Ministerio de Agricultura y Cría, con miras a la repoblación y el aprovechamiento sostenible. Este plan unía investigación básica con conservación aplicada, proyectando a El Frío como epicentro de un programa nacional de manejo de fauna llanera [35].

En el archivo, también se encuentra la formulación del proyecto internacional coordinado por Gonzalo Medina (MAC) y Götz Schürholz (FAO), titulado *The Biology and Conservation of Caiman crocodilus*, articulado con la IUCN y la FAO, el cual integra estudios de campo con radiotelemetría y marcaje en El Frío, programas de cría en cautiverio en El Limón y lineamientos de manejo para repoblación y uso sostenible [36].

El diseño de estos programas comenzó a traducirse en datos de campo. Con fecha 8 de febrero de 1977, y a partir de la información recopilada por Maness, se envió a Alvaro Maldonado el documento titulado «El ciclo de vida del caimán (*Caiman crocodilus*) en el Hato El Frío», acompañado de notas técnicas con tablas de precipitaciones, registros de nidos y eclosiones, así como correlaciones entre clima, suelos y reproducción de reptiles. Estos registros evidencian cómo El Frío empezaba a consolidarse como una estación de monitoreo ecológico sistemático, integrando variables ambientales y ciclos biológicos (Figura 3) [37].



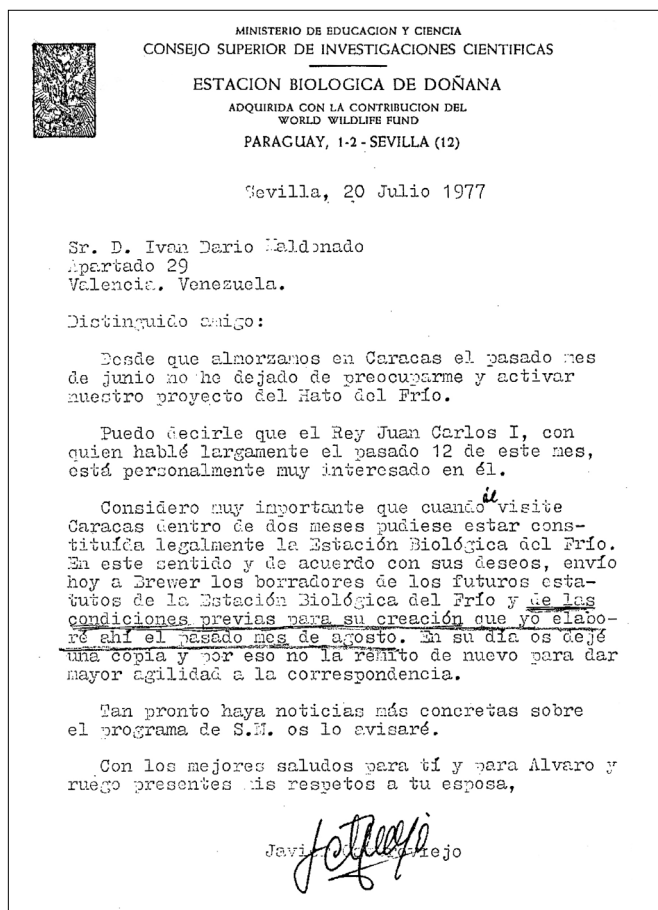
**Figura 3.** Ciclo de vida del caimán en el Hato El Frío (AHADM-1272).

En paralelo, Scott J. Maness presentó en la Universidad de Kansas su propuesta doctoral sobre la biología reproductiva y el comportamiento social del caimán, mientras que el Dr. Marcellini avanzaba en sus estudios sobre la ecología poblacional de caimanes y tortugas en los Llanos venezolanos bajo el proyecto del Smithsonian [38]. A estos esfuerzos se sumó Jeffrey W. Lang (Universidad de Minnesota), quien en abril y mayo de 1977 desarrolló en El Frío un estudio sobre la ecología térmica y los comportamientos sociales de los caimanes [39]. Su investigación, basada en radioteleetría y observación de individuos marcados en la «laguna en forma de 8», documentó cómo los caimanes regulaban su temperatura corporal en relación con la radiación solar y reveló un complejo sistema de señales acústicas, vibracionales y posturales en sus interacciones sociales. Ese mismo año, Lang y Leslie Garrick publicaron en la revista Smithsonian un artículo de divulgación titulado *The Alligator Revealed* [40], en el que presentaban al público estadounidense un retrato integral de la vida del aligátor americano. Aunque no mencionaba directamente a Venezuela, el texto difundía hallazgos sobre ecología térmica, comunicación social y cuidado maternal que dialogaban con las investigaciones que Garrick y Lang realizaban simultáneamente en El Frío sobre caimanes [41].

La diversificación de estudios alcanzó también a los mamíferos. El Dr. Tom Swain (Universidad de Colorado) propuso un proyecto sobre el chigüire (*Hydrochoerus hydrochaeris*), centrado en dieta, consumo energético y densidad poblacional. La propuesta se dirigió al biólogo español José Ayarzagüena, quien ya trabajaba en la Estación Biológica El Frío a través de la Estación Biológica de Doñana. Su interés confirmaba la importancia de este roedor no solo como especie emblemática de los llanos, sino como clave en el equilibrio ecológico y económico [42].

En paralelo, los pioneros investigadores de la Estación Biológica de Doñana en El Frío entregan resultados: Carlos Ibáñez presentó un inventario exhaustivo de mamíferos [43], registrando desde marsupiales y murciélagos hasta chigüires, venados y félidos, con observaciones sobre dieta, reproducción y uso del hábitat. Francisco Braza [44], documentó la estructura social de los araguatos (*Alouatta seniculus*), sus ritmos de actividad y modos de comunicación, en uno de los primeros estudios sistemáticos de primates en Venezuela. Por su parte, Tomás de Azcárate se centró en el chigüire, con censos poblacionales, registros de comunicación acústica y mapas de uso del espacio que aportaban una comprensión inédita de esta especie clave en los llanos [45]. Castroviejo estudiaba la ecología de las aves de presa en los llanos de Venezuela [46].

En marzo de 1977, el Protocolo de Intención entre C.A. Invega y la Estación Biológica de Doñana, firmado en Valencia por Iván Darío Maldonado y Javier Castroviejo, selló el acuer-



**Figura 4.** Correspondencia de Javier Castroviejo para Iván Darío Maldonado sobre interés del rey Juan Carlos I en el proyecto de la Estación Biológica El Frío. Sevilla, 20-07-1977 (AHADM-1235).

do formal para la creación de la Estación Biológica El Frío, definiendo sus normas de funcionamiento tanto administrativas como científicas. El documento estableció además un primer programa de investigaciones, que incluía la creación de un zoológico, censos de chigüires, venados, babas y galápagos, así como estudios sobre mamíferos, araguatos, aves de presa y vegetación, junto a otros proyectos en fase de planificación [47]. Meses más tarde, en julio de 1977, Castroviejo informaba a Iván Darío Maldonado que el rey Juan Carlos I de España manifestaba su interés personal en la experiencia de El Frío [48]. Este respaldo situó al proyecto en el terreno de la diplomacia científica, proyectándolo al más alto nivel político (Figura 4).

En 1977 la relación con la Estación Biológica de Doñana tuvo un desarrollo exitoso. En mayo de ese año, José Ayarzagüena llegó a El Frío para realizar su tesis sobre la biología de la baba o caimán de anteojos [49], y en septiembre se incorporó Cristina Ramo con un proyecto de tesis sobre la biología del galápagos. También se sumó Jacobo Pérez Torres, perito agropecuario, quien colaboraba con los trabajos de campo que se realizaban en el hato. El apoyo logístico fue brindado por Invega, mientras que la Fundación Samuel Darío Maldonado otorgó becas para la realización de las tesis.

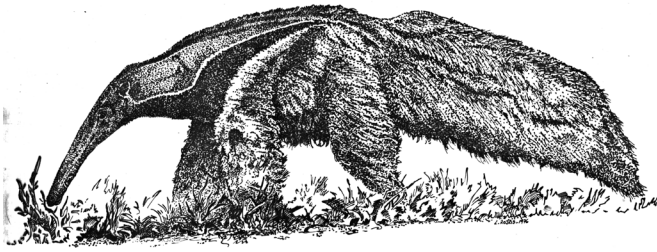


Figura 5. Oso melero por Joaquín López Rojas, 1977 (AHADM-1228).

A este núcleo se agregó Joaquín López, ilustrador enviado por Javier Castroviejo, encargado de elaborar una colección de dibujos sobre la fauna llanera [50] (Figura 5).

Ese mismo año, Alvaro recibía la invitación de la Estación Biológica de Doñana a participar en la *I Reunión Española e Iberoamericana de Zoólogos de Vertebrados*, a celebrarse en La Rábida en diciembre de 1977 [51]. Organizada por el CSIC con apoyo del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, World Wildlife Fund) y del Ministerio de Educación y Ciencia de España, la reunión buscaba articular un espacio de cooperación científica entre España, Portugal e Iberoamérica. La presencia de El Frío en esa convocatoria confirmaba que el hato había dejado de ser solo un centro experimental en los Llanos para convertirse en referente de la conservación y la zoología tropical en el marco de una red iberoamericana en formación.

La Estación Biológica El Frío funcionó como un laboratorio natural de referencia internacional hasta 2009, cuando el Estado venezolano ordenó la adquisición forzosa del hato, que incluía sus instalaciones. Ese mismo año destruyeron su biblioteca, que albergaba más de 450 publicaciones científicas derivadas de investigaciones realizadas en el humedal de los Llanos. Consciente del valor patrimonial mundial de ese legado, Alvaro Maldonado convocó en 2021 al personal científico de la Estación Biológica de Doñana-CSIC, quienes se reunieron en Sevilla para trazar un plan de recuperación y divulgación de la documentación perdida. De ese esfuerzo surgió la Biblioteca Digital del Hato El Frío ([www.hatoelfrio.com](http://www.hatoelfrio.com)), que reúne los trabajos de investigación desarrollados en el humedal desde 1973 y asegura la continuidad histórica de una experiencia que transformó la conservación en Venezuela [51] (Figura 6).

La relación histórica entre ambas instituciones, iniciada en 1973, tuvo un nuevo impulso en 2024, cuando Milagros Maldonado generó el Proyecto AVE Doñana. La iniciativa busca difundir la importancia del Parque Nacional de Doñana a través del diálogo entre arte y naturaleza, e incluye la creación de la Residencia Artística Doñana. El proyecto se formalizó mediante la firma de un Protocolo de Actuación entre la Fundación Maldonado Education Through Art (META Miami) y la Estación Biológica de Doñana-CSIC, suscrito el 16 de junio. Más adelante, ese mismo año, la Fundación

Biodiversidad y META Miami firmaron un acuerdo de colaboración para la organización conjunta de actividades que promuevan cambios en los estilos de vida a través de propuestas culturales y artísticas, financiadas en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, – financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU [52, 53].

## Conclusión

La creación de la Estación Biológica El Frío entre 1973 y 1977 representó un hito en la historia de la investigación ecológica en Venezuela y en la cooperación científica iberoamericana. El proceso, que se consolidó con el Protocolo de Intención de 1977, articuló esfuerzos privados e institucionales y abrió un espacio pionero para la conservación de los ecosistemas llaneros. En esta gestación confluyeron la visión de C.A. Invega, el liderazgo científico de la Estación Biológica de Doñana y

• Foto: Montemayor Mora G./Tomás y el Guarítico, 1982.

**Hato El Frío**  
Reencuentro de investigadores y especialistas

- Reconstrucción del trabajo científico y pionero de la conservación en Venezuela.
- Creación de directorio.

**Martes 21 de septiembre**

**Hora:** 10 am  
**Lugar:** Casa de la Ciencia. Pabellón del Perú. Av María Luisa. Sevilla.  
**Almuerzo:** 2:30 pm  
Restaurant La Raza. Parque María Luisa.

\*\*\*  
[www.civa.org.za](http://www.civa.org.za)  
[www.maldonadofamilia.com](http://www.maldonadofamilia.com)

Estación Biológica Doñana CSIC | VENIZUELA LOS LLANOS | CSIC | Fundación Maldonado Education Through Art | Álvaro Darío Maldonado

Figura 6. Invitación para el Encuentro de investigadores de la Estación Biológica El Frío. Casa de la Ciencia. Sevilla 2021. Foto: Montemayor MoraG/«Tomás y el Guarítico», Hato El Frío, 1982.

la temprana participación de instituciones norteamericanas como el Smithsonian Institution, el National Zoological Park y el Peace Corps, lo que subraya su carácter internacional desde los orígenes. Como señaló Javier Castroviejo, lo novedoso fue que los científicos de Doñana lograron por primera vez «abrir brecha en América» con investigaciones de campo en el área neotropical, un propósito que hasta entonces parecía inalcanzable. Este inicio marcó la inserción de Venezuela en las redes globales de investigación de largo plazo y mostró cómo la conjunción de actores locales e internacionales podía dar origen a una estación biológica con proyección mundial. Todo este proceso hoy puede ser reconstruido gracias a que Alvaro Maldonado preservó cuidadosamente la carpeta de documentos fundacionales, reconociendo su importancia personal e histórica.

## Referencias<sup>vii</sup>

- [1] Badillo, A., Visbal, L. *Estación Biológica de Rancho Grande: 50 años de investigación en los bosques nublados de Venezuela*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), Caracas (1992).
- [2] Vilanova, E. *Ecología de bosques en Venezuela: dinámica y monitoreo a largo plazo*. Universidad de los Andes, Mérida (2020).
- [3] Díaz, N., Fotografías de Jorge Camacho sobre Hato El Frío en París. <https://maldonadofamily.com/fotos-jorge-camacho-hef-paris/> (consultado en septiembre 2025).
- [4] Castroviejo, J., Carta a Alvaro Maldonado sobre la planificación del estudio de la ecología del Hato El Frío y sus proyecciones científicas y turísticas (2 pp.), Sevilla (1974, enero 15). (AHADM-1223).
- [5] Castroviejo, J., Carta a Alvaro Maldonado sobre la gestión de fondos para los viajes de Francisco Braza y Javier Castroviejo; incluye borradores y copias remitidas por Invega (5 pp.). Sevilla (1974, mayo 8–16). (AHADM.1221).
- [6] Castroviejo, J., Carta a Alvaro Maldonado sobre la documentación enviada para la solicitud de gastos de viaje y asignación de temas de investigación en El Hato El Frío (1 p.), Sevilla (1974, julio 12). (AHADM.1218).
- [7] Castroviejo, J., Carta a Alvaro Maldonado sobre dificultades de visado para Carlos Ibáñez y trámite requerido en Caracas (1 p.). Sevilla, (1974, noviembre 21). (AHADM.1227).
- [8] Castroviejo, J., Carta a Alvaro Maldonado informando sobre fondos recibidos, seguro de Braza, retraso del viaje de Carlos Ibáñez y aprobación de su proyecto por el Instituto de Cultura Hispánica; incluye copia de carta enviada a Pedro Trebbau (2 pp. + sobre). Sevilla, (1974, agosto 16). (AHADM.1219).
- [9] Medina Padilla, G., Carta a Iván Darío Maldonado sobre la posibilidad de ejecutar en el Hato El Frío un programa de investigación biológica de la baba con apoyo del Cuerpo de Paz de EE. UU. (1 p.). Caracas, (1974, octubre 1). (AHADM 1278).
- [10] Maldonado, A., Radiograma a Javier Castroviejo sobre la posibilidad de que Carlos Ibáñez viaje con visa de turista (1 p.). Valencia, Vzla (1975, enero 10). (AHADM-1222).
- [11] Castroviejo, J., Carta a Alvaro Maldonado sobre la importancia de facilitar el trabajo de Carlos Ibáñez y la necesidad de un libro de divulgación científica para evitar la expropiación del Hato El Frío (2 pp.). Sevilla, (1975, junio 10). (AHADM.1224).
- [12] Villasevil B., Carta a Francisco Braza Lloret sobre mercancía enviada a Venezuela a bordo del buque «Roncesvalles» y solicitud de pago de portes (1 p.). Madrid (1975, junio 25). (AHADM-1231).
- [13] Braza, F., Proyecto de estudio de campo sobre la biología y comportamiento de los primates *Cebus nigrivittatus*, *Alouatta seniculus* y *Saimiri sciureus* en los Llanos de Venezuela (18 pp.). Sevilla (1974). (AHADM 1212).
- [14] Ibáñez, C., Introducción al estudio faunístico y ecológico de los mamíferos de los Llanos de Venezuela (16 pp.). Madrid 1974). (AHADM 1206).
- [15] Bibin, M., Carta a Alvaro Maldonado sobre interés periódico en visitar el Hato El Frío y entrevistar a la familia Maldonado (1 p.). Madrid (1975, enero 15). (AHADM-1300).
- [16] Swain, T. A., Carta a Alvaro Maldonado informando sobre manuscrito completo sobre Hato El Frío y contacto con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (1 p.). Colorado (1975, febrero 3). (AHDHM-1299).
- [17] Blohm, T., Carta a Jan Lindblad criticando el uso personal de material audiovisual de conservación y mencionando riesgos de expropiación en los Llanos venezolanos (1 p.). (1965, febrero 17). (AHADM-1269).
- [18] Garzón, J., Carta manuscrita a la familia Maldonado informando sobre fotografías e índice de fauna realizados en El Frío (1 p.). Valencia (1975, mayo 9). (AHADM-1225)
- [19] Camacho, J., Carta a Alvaro Maldonado solicitando apoyo logístico y acceso a El Frío para realizar fotografías en misión vinculada a la Estación Biológica de Doñana (2 pp.). Valencia (1975, julio 1). (AHADM 1213).
- [20] Castroviejo, J., Carta a Alvaro Maldonado y Francisco Braza presentando a Jorge Camacho, pintor y fotógrafo, para colaborar en un libro de divulgación sobre la fauna del Hato El Frío (1 p.). Sevilla (1975, julio 21). (AHADM 1216)
- [21] Castroviejo, J., Carta a Francisco Kerdel Vegas, presidente de FUDENA, adjuntando resumen del proyecto de estudio sobre los vertebrados de los Llanos (5 pp.). Sevilla (1975, agosto 28) (AHADM-1208).
- [22] Castroviejo, J., Ibáñez, C., Braza, F., & Azcárate, T. Solicitud a CONICIT de fondos para financiamiento de investigación científica o tecnológica: Estudio ecológico sobre los Llanos de Venezuela en la Estación Biológica El Frío (36 pp.). Caracas (1975, noviembre 20) (AHADM -1217).
- [23] Maness, S. J., Godshalk, R., Carta a Alvaro Maldonado sobre resultados preliminares de caimanes y galápagos y posibilidad de proyectos con el Smithsonian (1 p.). Maracay (1976, abril 28). (AHADM-1283).
- [24] Maness, S. J., Comunicación para el Dr. Alvaro Maldonado (Invega) sobre la importación de una casa prefabricada del Smithsonian y coordinación de planes con John Eisenberg (1 p., en inglés). Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay (1976, mayo 25). (AHADM-1289).
- [25] Maness, S. J., Comunicación para el Dr. Alvaro Maldonado (Invega) sobre apoyo del Smithsonian a los estudios de caimanes y *podocnemis*, y envío de viviendas prefabricadas a Venezuela (1 p., en inglés). Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay (1976, junio 22). (AHADM-1284).

- [26] Castroviejo, J., Comunicación para Alvaro Maldonado sobre fondos de Invega, apoyo del CONICIT, envío de recursos y planificación de la Estación Biológica El Frío (2 pp.). Estación Biológica de Doñana. Sevilla (1976, mayo 24). (AHADM-1210)
- [27] Lindblad, S.-O., (Comunicación para Alvaro Maldonado (Invega) sobre planes de campamentos de tiendas de campaña y reunión con su padre (1 p., en inglés). New York 1976, abril 8). (AHADM-1290).
- [28] Castroviejo, J., Comunicación para Alvaro Maldonado sobre el II Congreso de chigüire y babas en Maracay, la posibilidad de que MAC considere al Hato El Frío como centro piloto y el interés del gobierno en el informe de la Fundación y Estación Biológica de El Frío (2 pp.). Estación Biológica de Doñana. Sevilla (1976, septiembre 24). (AHADM-1229).
- [29] Marcellini, D. L., Comunicación para Alvaro Darío Maldonado sobre solicitud de permiso para trabajar en El Frío, cooperación con el Smithsonian y propuesta de instalación de casa móvil (2 pp., en inglés). Smithsonian Institution. Washington (1976, noviembre 8). (AHADM-1211).
- [30] Lang, J. W., Comunicación para el Dr. James R. Dixon sobre su participación en un estudio de caimanes en Venezuela y la necesidad de establecer correspondencia directa (2 pp., en inglés). University of Minnesota. Minnesota (1976, noviembre 12). (AHADM-1270).
- [31] Blohm, T., Comunicación para Scott J. Maness sobre la ubicación de un higrómetro y sugerencias de investigación del Smithsonian en Cuare y El Frío (1 p., en inglés). Caracas. (1976, noviembre 22) (AHADM-1280).
- [32] Hanseatic-Kontakt-Film GmbH Co. KG. C.A. Invega., Agreement for filming at Hato El Frío and inclusion of material in the documentary *The Llanos-Ecosystem* (1 p., en inglés). Hamburg (1976, diciembre 7). (AHADM 1275).
- [33] Maldonado, A. D., Comunicación para Dale L. Marcellini sobre autorización de trabajos en El Frío y aceptación de la instalación de una casa móvil (1 p., en inglés) (1976, diciembre 7). (AHADM-1282).
- [34] Godshalk, R. E., Maness, S. J., Supplementary crocodilian bibliography (6 pp., en inglés, mimeografiado). (1977, febrero 1-2). (AHADM-1274).
- [35] Maness, S. J., Godshalk, R., Crocodilian project: Preliminary study plan (16 pp., en inglés). Ministerio de Agricultura y Cría; Smithsonian Institution; Peace Corps. Dirección de Gonzalo Medina Padilla. (1977). (AHADM-1277).
- [36] Medina Padilla, G., Schürholtz, G., Project proposal: The biology and conservation of *Caiman c. crocodiles* (Linnaeus), with status reports on other crocodilians in Venezuela (11 pp., en inglés). (1977). (AHADM 1279).
- [37] Maness S. J., Gráfica de «El ciclo de vida del caimán *crocodilus* en el Hato El Frío, Edo. Apure, Venezuela». 1 págs (1977, febrero 2). (AHADM-1272).
- [38] Maness, S. J. (s. f.). Proposed research outline: Reproductive biology and social behavior of *Caiman crocodilus crocodilus* in a wet/dry season climatic regime in the Llanos of Venezuela (18 pp., en inglés). National Zoological Park, Smithsonian Institution; University of Kansas, Department of Systematics and Ecology. [Incluye anexo de D. L. Marcellini: The role of annual flooding in the distribution of turtles and caimans in the Llanos]. (January 1978 – January 1979). (AHADM-1291).
- [39] Lang, J. W., Progress report on thermal ecology and social behaviors of *Caiman crocodilus* in the Llanos of Venezuela (7 pp., en inglés). National Zoological Park, Smithsonian Institution. (1977, abril–mayo). (AHADM-1297).
- [40] Garrick, L. D., J. W. Lang., The alligator revealed. *Natural History* 86(6), 53-61 (1977) (AHADM-1306).
- [41] Lang, J. W., Garrick, L. D., Social signals and behaviors of adult alligators and crocodiles. *American Zoologist* 17, 225–239 (1977). (AHADM-1305).
- [42] Velasco, E., Carta a José Ayarzagüena Sanz, con copia a Alvaro Maldonado, informando sobre interés del profesor Tom Swain en realizar un análisis ecológico en El Frío (1 p.). Valencia (1977, octubre 6). (AHD-1234).
- [43] Ibáñez Ulargui, C., Estudio de la biología y ecología de los mamíferos de los Llanos de Venezuela, principalmente del Hato El Frío (6 pp.). (s. f.). (AHADM 1236).
- [44] Braza Lloret, F., Estudio de campo de la biología y comportamiento del primate *Alouatta seniculus* en los Llanos de Venezuela en el Hato El Frío. Reporte de la investigación (3 pp.). (s. f.). (AHADM 1203).
- [45] De Azcárate Bang, T., Estudio de campo sobre el comportamiento del chigüire (*Hydrochoerus hydrochaeris*) (4 pp.). Reporte de investigación. (s. f.). (AHADM-1204).
- [46] Castroviejo, J., Introducción al estudio de la ecología de las aves de presa en los Llanos (27 pps.), (s. f.). (AHADM.1205).
- [47] C.A. Invega., Estación Biológica de Doñana. Protocolo de intención entre C.A. Invega y la Estación Biológica de Doñana sobre cooperación científica en el Hato El Frío (13 pp.). Firmado por Iván Darío Maldonado (presidente de C.A. Invega) y Javier Castroviejo (director de la Estación Biológica de Doñana). Valencia. (1977, marzo 22). (AHFM-5187).
- [48] Castroviejo Bolívar, J., Comunicación para el Dr. Iván Darío Maldonado sobre el interés del rey Juan Carlos I y envío del borrador de estatutos de la futura Estación Biológica (1 p.). Sevilla (1977, julio 20). (AHADM-1235).
- [49] Ayarzagüena Sanz, J., Estudio del babo (*Caiman crocodilus*) en el Hato El Frío, Llanos de Venezuela. (9 pp.). (1977, mayo 12). (AHADM-1202).
- [50] López J., Conjunto de dibujos de diversos animales, algunos fechados y anotados con el nombre de la especie (49 pp.). (1976–1977). (AHADM-1228).
- [51] Reencuentro de investigadores y especialistas en la Casa de la Ciencia en Sevilla. EBD-CSIC. Fuente: <https://www.hatoel-frío.com/2021/09/30/reencuentro-casa-de-la-ciencia-sevilla/> Consultado en septiembre 2025.
- [52] Fundación Maldonado Education Through Art y la Estación Biológica de Doñana-CSIC firman un acuerdo para divulgar ciencia a través del arte. EBD-CSIC. Fuente: <https://maldonadofamily.com/fundacion-maldonado-education-through-art-y-la-estacion-biologica-de-doñana-csic-firman-un-acuerdo-para-divulgar-ciencia-a-traves-del-arte/> Consultado en septiembre 2025.
- [53] Díaz, N., AVEDoñana: «Jorge Camacho + Christian Vinck: viaje de ida y vuelta, los artistas con Doñana». Maldonado Family. <https://maldonadofamily.com/avedonana-jorge-camacho-christian-vinck-viaje-de-ida-y-vuelta-los-artistas-con-doñana/>. (2024, noviembre 15). Consultado en septiembre 2025.

## Notas

- i El Instituto de Cultura Hispánica de España se creó en 1946 como organismo del Ministerio de Asuntos Exteriores para fomentar los vínculos académicos y culturales entre España y los países de Iberoamérica, Filipinas y Guinea Ecuatorial. Durante el franquismo funcionó como plataforma de becas, publicaciones y cooperación científica y cultural, en el marco de la política de la «hispanidad». En 1977, tras la transición democrática, pasó a denominarse Instituto de Cooperación Iberoamericana (ICI), luego Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), y actualmente forma parte de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). (s. f.). Historia y objetivos. Recuperado de [https://www.aecid.es/historia-y-objetivos?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.aecid.es/historia-y-objetivos?utm_source=chatgpt.com)
- ii La Fundación para la Defensa de la Naturaleza (FUDENA) se creó en Caracas el 2 de mayo de 1975 como organización no gubernamental dedicada a la conservación ambiental en Venezuela. Vinculada desde sus inicios a la red internacional del World Wildlife Fund (WWF), ha desarrollado programas de protección de ecosistemas y especies –chigüires, babas, tortugas marinas, cotorra margariteña–, así como proyectos de educación ambiental y manejo sostenible de áreas naturales en distintas regiones del país. Fundación para la Defensa de la Naturaleza (FUDENA). (s. f.). Quiénes somos. Recuperado de <https://fudena.org.ve/quienes-somos>.
- iii El Consejo de Bienestar Rural fue una organización civil venezolana activa desde mediados del siglo XX que colaboraba con el Ministerio de Agricultura, el Instituto Agrario Nacional y el Banco Agrícola en programas de desarrollo rural, extensión agrícola, crédito y proyectos forestales (véase: Consejo de Bienestar Rural, 25 años, 1948–1973). Edgardo Mondolfi actuó como representante de ese Consejo en convenios y publicaciones sobre conservación de bosques húmedos, vinculados al Sierra Club y al Ministerio de Agricultura.
- iv La Estación Biológica de Rancho Grande, ubicada en el Parque Nacional Henri Pittier, estado Aragua, se consolidó desde mediados del siglo XX como centro de referencia para la investigación de fauna silvestre en Venezuela. En 1957, el Lic. Gonzalo Medina asumió la dirección del Museo de la Estación y promovió la incorporación de mamíferos y aves de caza a sus colecciones, en el marco del Inventario Nacional de Fauna Silvestre. Durante su gestión, la Estación se reconoció de hecho como un centro nacional de investigación en fauna silvestre, inicialmente bajo el Ministerio de Agricultura y Cría y, desde 1976, bajo el Ministerio del Ambiente.
- v El Cuerpo de Paz de los Estados Unidos fue un programa de voluntariado internacional creado en 1961 por el presidente John F. Kennedy. En Venezuela operó entre 1962 y 1976, con proyectos de educación, salud, agricultura y conservación en comunidades rurales y urbanas. En los años setenta participó en programas de extensión agrícola y manejo de fauna silvestre en colaboración con instituciones nacionales como el Ministerio de Agricultura y Cría y el Consejo de Bienestar Rural.
- vi «Aunque se trata de una zona de 70000 ha, el número de especies existentes es aproximadamente al de toda la Península Ibérica. Esta no solo es interesante por su número, sino por el hecho de que entre ellas hay grandes mamíferos como el jaguar, el puma, o los delfines de agua dulce que revisten un interés muy especial». Carlos Ibáñez Ulargui. (AHADM-1206).
- vii En la lista de referencias, los documentos citados del Archivo Histórico Alvaro Darío Maldonado incluyen su respectivo número de registro.

## THEOPHRASTUS (371 - 287 A. C.) EL «PADRE FUNDADOR DE LA MINERALOGÍA» (ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΥ ΠΕΡΙ ΛΙΘΩΝ)

### THEOPHRASTUS (371 - 287 BC) THE “FOUNDING FATHER OF MINERALOGY”

Jhonny Edgar Casas<sup>1</sup> 

#### RESUMEN

Theophrastus fue un filósofo y naturalista griego, sucesor de Aristóteles en la dirección del Liceo en Atenas. Se conoce como el «padre de la botánica clásica» por sus obras sobre plantas, pero con una faceta menos conocida, por la cual debería ser considerado también el «padre fundador de la mineralogía», ya que fue el primer autor en la historia, con una obra dedicada a las rocas y los minerales. Su obra más relevante acerca de este tema fue «Tratado sobre las piedras» (*Peri Lithōn* o *De Lapidibus*), escrita alrededor del 315 a. C. En este trabajo, clasificó y describió con detalle cerca de 70 sustancias, incluyendo rocas, minerales y materiales terrosos. Hizo una de las primeras clasificaciones conocidas de materiales según sus propiedades (dureza, densidad, color y brillo). Describió métodos de minería, extracción y usos prácticos de estos materiales, incluyendo los que se usaban para pigmentos, para esculpir y para construcción. Su libro fue el texto de referencia sobre el tema durante casi dos mil años, hasta el Renacimiento, sentando las bases del estudio sistemático de los materiales de la Tierra. Así, Theophrastus es un claro ejemplo de un famoso filósofo cuya formación le llevó a hacer contribuciones pioneras en las Ciencias de la Tierra.

#### ABSTRACT

Theophrastus was a Greek philosopher and naturalist, who succeeded Aristotle as head of the Lyceum in Athens. He is known as the "Father of Botany" for his works on plants, but he also had a lesser-known facet for which he should be considered the "Founding Father of Mineralogy" as he was the first author in history to write a work dedicated to rocks and minerals. His most important work was "On Stones" (*Peri Lithōn* or *De Lapidibus*), written around 315 BC. In this work, he classified and described in detail nearly 70 substances, including rocks, minerals, and earthy materials. He made one of the first known classifications of materials according to their properties (such as hardness, density, color and luster). He described methods of mining, extraction, and practical uses of these materials, including those used for pigments, sculpting and construction. His book remained the reference text on the subject for almost two thousand years, until the Renaissance, laying the foundations for the systematic study of the Earth's materials. Thus, Theophrastus is a clear example of a famous philosopher whose training led him to make pioneering contributions to the Earth Sciences.

**Palabras clave:** rocas, minerales, geología, lapidarios, Grecia.

**Keywords:** rocks, minerals, geology, lapidaries, Greece.

## 1. Introducción

Es difícil encontrar lo que denominaríamos formalmente un geólogo en tiempos antiguos, ya que la geología como ciencia moderna, y con ese nombre, no se estableció definitivamente sino hasta 1778, cuando Jean-André Deluc (1727-1817) utilizó y definió el término «geología», con un significado cercano al actual, refiriéndose al estudio de la Tierra. Sin embargo, podemos encontrar un erudito de la Antigüedad Clásica, famoso por ser el primero que realizó y documentó las contribuciones sistemáticas primigenias de lo que hoy llamamos mineralogía y ciencias de la Tierra. Se trata de Theophrastus

(371-287 a. C.), filósofo y naturalista griego, el cual debería ser considerado el «padre de la mineralogía», ya que fue el primer autor conocido en la historia con una obra dedicada a las rocas, minerales y materiales terrosos.

Su códice es el texto más antiguo de la tradición occidental que se conserva y que hace un estudio organizado de los minerales y rocas. Describió decenas de sustancias, incluyendo menas (rocas con minerales de interés), gemas, ámbar, lignito, materiales de ornamento y arcillas. Clasificó los materiales terrestres según sus propiedades (color, dureza, densidad, propiedades térmicas); incluso propuso teorías sobre su origen y

1 Escuela de Petróleo y Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Universidad Central de Venezuela (UCV). Correo-e: [jcasas@geologist.com](mailto:jcasas@geologist.com)



**Figura 1.** Imagen alegórica de Theophrastus y sus discípulos en el Liceo de Atenas, estudiando rocas, minerales y plantas. Fuente: Open IA (2025, 20 de octubre). Gemini 2.5. Fuente: <https://gemini.google.com/app/f8632b49af2cdf9>

formación a partir de la mezcla de los cuatro elementos primarios (tierra, agua, aire, fuego). En su obra, no solo menciona y describe las rocas, sino que también alude a elementos que hoy reconocemos como fósiles. Observó las conchas petrificadas y otras estructuras, y hasta deja entrever el proceso de fosilización («congelación» de la materia orgánica), lo que lo convierte también en uno de los precursores de la paleontología.

Reconocer la labor de Theophrastus es esencial porque, a diferencia de otros filósofos griegos que solo observaron fenómenos (como volcanes o terremotos), él se enfocó directamente en la composición y las propiedades de los materiales sólidos de la Tierra.

## 2. ¿Quién fue Theophrastus?

Theophrastus nació en Ereso (en la isla de Lesbos, Grecia) en el 371 a. C., donde recibió lecciones de filosofía por parte de Leucipo de Mileto. Años después se desplazó a Atenas, donde entra en el llamado círculo platónico. Alumno primero de Platón, quien fallece en el 347 a. C. [1], y más tarde de Aristóteles (384-322 a. C.), aprendió durante varios años de estos grandes filósofos y pensadores.

Theophrastus viajó con Aristóteles a Asos (ciudad griega próxima a Lesbos), en Asia Menor, y posteriormente a Macedonia, pues Aristóteles fue requerido allí como tutor de Alejandro Magno (356-323 a. C.). Alrededor del 335 a. C., ambos filósofos regresaron a Atenas, donde Aristóteles fundó su escuela [2] en el *Lyceum* (Liceo). Theophrastus fue un reconocido erudito de la Escuela Peripatética de Filosofía (Peripatos), recibiendo su nombre de la práctica de caminar o pasear, especialmente por los terrenos del Liceo de Atenas (una verdadera universidad de su época), mientras se hacían observaciones

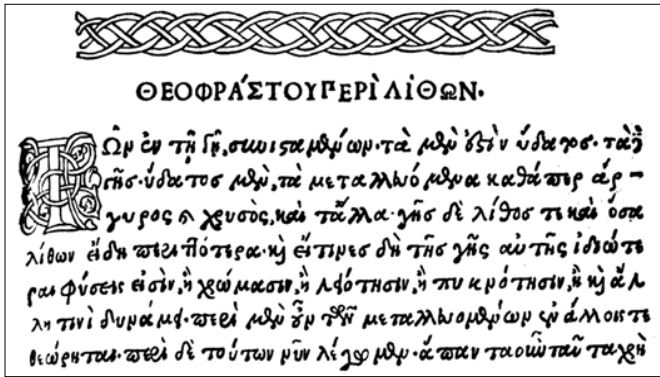
y se discutían ideas acerca de una gran variedad de temas (Figura 1).

Una curiosidad acerca de Theophrastus (Teofrasto, en español) es que su nombre original era Tyrtamos, pero Aristóteles se lo cambió debido a la gracia de su elocuencia. Aristóteles lo nombró en su testamento tutor de sus hijos, le legó su biblioteca privada y los pergaminos originales de todos sus trabajos, designándolo además su sucesor en la dirección del Liceo, al marcharse de Atenas debido al creciente sentimiento antimacedonio en la población [2], durante el 323 a. C. cuando Alejandro Magno falleció [3]. Theophrastus fue así, el director de esta institución de enseñanza durante 35 años hasta su muerte [2],

y según el antiguo biógrafo Diógenes Laercio (historiador de filosofía), se le atribuyen unas 220 obras a su pluma [4], de las cuales solo se conservan menos del 10 %.

Las materias de interés de Theophrastus fueron muy diversas, desde física y biología hasta música, política, ética y metafísica [2]. Continuó el trabajo de Aristóteles sobre la lógica, estudiando además gramática y lenguaje. Fue ampliamente conocido en el ámbito de la literatura, donde su obra «Caracteres» (*Ἠθικοὶ χαρακτήρες*), ejerció considerable influencia en el género literario del drama [4], Theophrastus realizó extensas observaciones y anotaciones acerca de la biogeografía y fisiología de plantas y animales. Una de las obras más destacadas de Theophrastus fueron sus famosos tratados botánicos *Historia Plantarum* y *De causis plantarum*, considerados los libros más importantes en historia natural de la antigüedad [2], donde hizo la primera clasificación sistemática de las plantas. Debido a todos estos trabajos sobre el mundo vegetal, el gran científico naturalista sueco Carl Linneo (1707-1778), en su *Fundamenta Botanica*, menciona a Theophrastus (aforismo 52), al incluirlo por sus obras en la lista de los botánicos más notables, reconociéndolo como el *pater botanices* o «padre de la botánica» antigua [5].

Un códice de Theophrastus, no tan conocido, y denominado «Tratado sobre las piedras», *On Stones, Περὶ λίθων* o *De Lapidibus*, fue probablemente el primero donde se describen docenas de rocas y minerales, sus usos y lugares de extracción. Este tratado parece ser el más antiguo de los volúmenes científicos (filosóficos naturales) que se conservan de Theophrastus. Según Keyser [6], el tratado se podría atribuir al 315-314 a. C., ya que Theophrastus data un descubrimiento de unos noventa años antes de esa fecha, durante el arcontado (magistratura de la ciudad) de



**Figura 2.** Parte superior de la primera página en la versión de: ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΥ ΠΕΡΙ ΛΙΘΩΝ («De Theophrastus sobre las piedras»), publicada en 1497 por Aldus Manutius (Venecia). Fuente: [https://mineralogicalrecord.com/new\\_biobibliography/theophrastus/](https://mineralogicalrecord.com/new_biobibliography/theophrastus/)

Praxiboulo; si el tratado hubiese sido escrito en cualquier otra fecha, no habría ningún motivo para referirse al año 315-314 a. C.

Los escritos de Theophrastus cubren una amplia gama de tópicos universales, como «Meteorología» (330-270 a. C.), «Leyes» (317 a. C.), «Sobre el Agua», «Sobre el Viento», «Sobre el Fuego», «Botánica» (297 a. C.) y «Metafísica» [6]. Además, sus tratados botánicos y mineralógicos proporcionaron bases sólidas para investigaciones posteriores, habiendo servido como estándares durante más de dos milenios. Fue el primer pensador griego en observar y registrar la presencia de las manchas solares, lo cual quedó plasmado en los fragmentos sobrevivientes de su tratado *De Signis Tespestatum* [7]. Murió a los 85 años de edad, en la ciudad de Atenas, donde la población lo honró con un multitudinario funeral público [4].

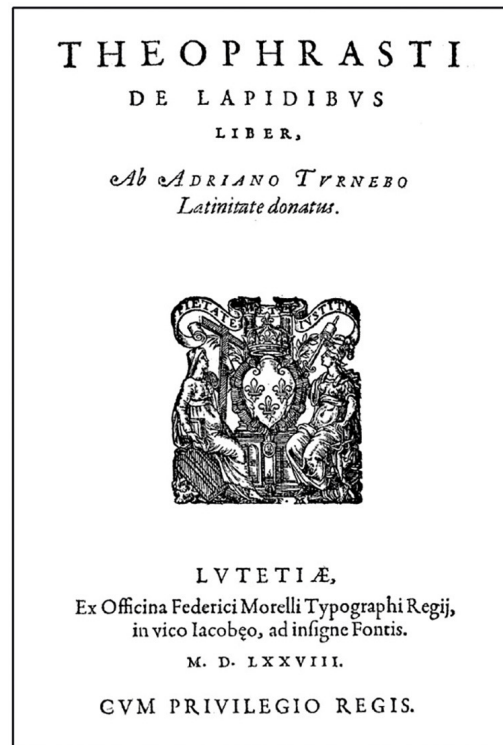
### 3. Los lapidarios

Se conoce como lapidarios un tipo particular de obra o manuscrito literario, a menudo en formato de códice, cuya finalidad es la descripción y narración de minerales, piedras y gemas, donde resaltan las características físicas (como la apariencia, color, dureza) de estos elementos naturales, a los cuales la tradición ancestral les confirió atributos como poderes mágicos y terapéuticos [8]. La mayor parte de los textos originales de los lapidarios antiguos se han perdido, pero se conocen fragmentos de su contenido por haber sido fuentes de obras posteriores, así como por diversos manuscritos realizados por copistas a partir del siglo XIV-XV, bajo el nombre de Lapidarios griegos, por estar escritos en esta lengua [8]. El más antiguo lapidario existente, y que trata de rocas y minerales, es el de Theophrastus. Según se infiere de la lectura de los textos, solo se ha conservado una porción, ya que hay citas en el mismo que se han perdido. El texto original del denominado «Tratado sobre las piedras» de Theophrastus fue muy probablemente escrito cerca del final del IV siglo a. C. [4]. Según

Carrasco *et al.* [9], esta obra se compone de 73 párrafos o epígrafes, aunque según otros autores son solo 69 [4, 10].

Los manuscritos o códices más antiguos en griego que se conservan de la obra de Theophrastus son: *Vaticanus* 1302, 1305 y *Vaticanus Urbinas* 108, probablemente escritos en el siglo XV, aunque el primero pudiera ser anterior, probablemente del siglo XII o XIV [4]. El texto en griego impreso más antiguo del cual se conoce solo una parte de la obra de Theophrastus, y que circuló entre los eruditos, fue la *Editio princeps* (1495-1498), también llamada edición Aldina, por Aldus Manutius (1449-1515), impresa en Venecia [4]. Esta obra, *Editio princeps*, versa acerca de Aristóteles, Theophrastus y otros autores; siendo publicada en cinco volúmenes entre los años 1495 y 1498, donde el segundo volumen (1497) es el que corresponde a Theophrastus, en las páginas 254-260 (Figura 2). Posteriormente, autores tan famosos como el médico y farmacéutico alemán Georgius Bauer Agricola (1494-1555), científico y además autoridad en griego clásico, escribió el libro: *De re metallica* (1556), en el que expone las contribuciones pioneras a la geología minera, recogiendo numerosas de las descripciones y comentarios de Theophrastus [11].

Años después, la primera traducción al latín del «Tratado sobre las piedras» se difundió ampliamente en los círculos científicos, y correspondió a Adrianus Turnebus (1512-1565), quien la culminó antes de 1565 y fue publicada en París, unos años más tarde, en 1578 (Figura 3), después de la muerte del



**Figura 3.** Portada de Theophrasti De Lapidibus Liber, por Adrianus Turnebus (1578). Fuente: [https://mineralogicalrecord.com/new\\_biobibliography/theophrastus/](https://mineralogicalrecord.com/new_biobibliography/theophrastus/)

autor. La primera traducción a un lenguaje moderno que se conoce de la obra de Theophrastus corresponde a Ferrante Imperato (1525-1615), un boticario y naturalista de Nápoles, quien en 1599 tradujo parte de los textos al italiano, probablemente a partir de alguna edición existente en latín durante su época. El mismo autor afirma que la traducción de los textos de Theophrastus se realizó con gran dificultad, tras recuperar dichos escritos, de una copia muy deteriorada [10].

El libro del tratado de historia natural escrito por Ferrante Imperato comienza con un capítulo que, según dice explícitamente, está tomado de Theophrastus (*Di Theophrasto*), donde describe varias rocas, seguido de un capítulo que contiene la propia evaluación de Imperato sobre las observaciones y conclusiones previas del autor griego. El capítulo siguiente, también escribe Imperato, está tomado de Theophrastus, y trata sobre las diferencias entre las gemas, incluidas aquellas artificiales [10]. Estos dos capítulos de este texto en italiano son los únicos donde se menciona explícitamente que la fuente original de los mismos fue de Theophrastus.

A pesar de la importancia fundamental de los escritos de Theophrastus, la primera impresión de una versión traducida al inglés no apareció sino hasta 1746, escrita por John Hill [12], seguida muchas décadas después por otras traducciones al francés y al alemán, pero basadas la mayoría en la obra de Hill [10]. No es sino finalmente hasta mediados de la década de los años cincuenta del siglo XX, donde aparece un libro muy completo, conteniendo los textos en griego y su traducción al inglés, con comentarios, denominado «Las piedras de Theophrastus» [4].

#### 4. El «Tratado sobre las piedras»

En líneas generales, las ideas y conceptos de Theophrastus sobre el origen y la naturaleza de las sustancias minerales se basan en las de sus maestros, Platón y Aristóteles, incluyendo la idea de este último, de que no existía ninguna clase de cuerpo rocoso más allá de la Luna, sino únicamente los planetas conocidos [4]. Desde un punto de vista histórico, el «Tratado sobre las piedras» reviste especial interés porque representa el primer intento de analizar las sustancias minerales de forma sistemática. Cabe destacar de esta obra la casi total ausencia de explicaciones mágicas o sobrenaturales, ya que gran parte de los estudios en este campo escritos en los siglos posteriores, en particular los lapidarios medievales, se centran en gran medida en los supuestos poderes mágicos o curativos de los minerales, piedras preciosas y de los materiales terrosos. De hecho, durante casi dos mil años, el tratado de Theophrastus fue el intento más racional y organizado de estudiar rocas y minerales, su origen, su uso y dónde se localizaban.

En el texto, Theophrastus detalla diferentes tipos de mármol; menciona el lignito, que según él es utilizado por los metalúrgicos para fundir metales; describe diversos minerales metálicos

como oro, plata y cobre. Menciona por primera vez las técnicas para extraer el mercurio a partir del cinabrio; y alude a conocimientos como el que la pumita (clara) o la escoria (oscura) tenían un origen volcánico. También trata acerca de piedras preciosas como esmeraldas, amatistas, turmalinas, granates, ónix, jaspe, etc., y describe una variedad de zafiro azul con vetas de oro, presumiblemente el lapislázuli [4, 12]. Theophrastus tenía conocimiento de que las perlas provenían de bivalvos marinos, que el coral era de origen marino y que los mejores ejemplares provenían de la India. Por último, indica acerca de posibles restos fosilizados, cuando menciona el marfil excavado.

Alude en varios epígrafes al ámbar (resina de plantas) y a su propiedad de atraer objetos. Hoy día sabemos que el ámbar tiene la capacidad de atraer objetos ligeros debido a la electricidad estática que se genera al frotarlo, ya que se produce una transferencia de electrones, lo que crea una carga eléctrica en el ámbar y hace que atraiga partículas livianas como trozos de papel o cabellos. Este fenómeno se observó desde la antigüedad, y de ahí se considera el origen de la palabra «electricidad», derivada del adjetivo neolatino *electricus*, proveniente a su vez del griego *elektron*, que significa ámbar [13].

Señala la característica magnética del mineral de magnetita (*Heraklea*). También considera los usos prácticos de diversas piedras para construcción y esculturas, como yeso, mármol y alabastro. Sugiere que el vidrio está hecho a partir de someter cierto tipo de tierras a la acción del fuego. Reseña por primera vez en un texto que la adición de cobre tiene la propiedad de colorear dicho vidrio. Describe la producción de diversos pigmentos para pintura, las diferentes variedades del ocre y los elementos para la fabricación de mortero.

A continuación, se mencionarán algunos ejemplos de textos o epígrafes del tratado de Theophrastus y su probable significado o interpretación, con comentarios dentro del contexto mineralógico. La numeración y los epígrafes se tomaron de dos de las más usadas traducciones modernas [4, 14].

**Epígrafe 1** *De las sustancias que se forman en el suelo, algunas están hechas de agua y otras de tierra. Los metales obtenidos mediante la minería, como la plata, el oro, etc., provienen del agua; de la tierra provienen las piedras, incluyendo las más preciosas, y también los tipos de tierra que son inusuales por su color, suavidad, densidad o cualquier otra cualidad.*

Este primer epígrafe de Theophrastus y los subsiguientes se enfocan principalmente en la distinción entre las llamadas piedras, que se encuentran en grandes masas en forma de roca, y los diversos minerales de tamaño más pequeño y más escaso, así como las propiedades distintivas de cada uno, basados en un análisis sistemático de color, dureza, densidad, brillo, etc.

**Epígrafe 4** *... Algunos tienen el poder de atracción y otros pueden probar el oro y la plata, como la piedra llamada Heraclea y la llamada Lidia.*

La denominada piedra Heraclea, era un nombre común para el óxido de hierro magnético nativo [4] o magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), de ahí la mención de Theophrastus acerca de su poder de atracción. La denominación de Heraclea probablemente está relacionada con la figura mítica de Heracles (Hércules), debido a su fuerza y poderes extraordinarios.

La piedra de Lidia era probablemente la aún llamada hoy día piedra de toque (*touchstone*) [4]. Esta consistía en una pequeña tablilla de piedra oscura, como la pizarra, la basanita o la radiolarita, utilizadas durante miles de años para reconocer la pureza principalmente del oro y en menor medida de la plata, ya que dichos metales blandos dejan una huella visible al rayarla, y cuya intensidad se relacionaba con su contenido o pureza del metal. A pesar de que esta piedra se conocía desde tiempos antiguos, la descripción en el texto de Theophrastus es la primera de la cual se tiene referencia escrita [11].

**Epígrafe 6** *Las diferencias debidas al color, la dureza, la suavidad, la tersura y otras cualidades similares, que otorgan a las piedras su especial excelencia, se encuentran en muchas variedades, y en algunas se encuentran en toda una región. Entre estas piedras se encuentran la de Paros, la del Pentélico, la de Quíos y la de Tebas, cuyas canteras se han vuelto ampliamente conocidas. También existen las alabastritas halladas en Tebas, Egipto, que también se pueden trabajar en grandes bloques, y la piedra parecida al marfil, llamada chernitas; se dice que Darío fue enterrado en un sarcófago de este material ...*

Solo en esta sección y en la siguiente, Theophrastus menciona los mármoles y otras piedras utilizadas para la elaboración de estatuas. Parece considerar aquí, los mejores ejemplos de estos materiales, en los que se aprecian ciertas propiedades distintivas, mencionando las canteras de la isla de Paros (mar Egeo), famosas en la antigüedad por su excelente mármol [4]. Nombra también las *alabastritas*, piedras particulares halladas en canteras cerca de la Tebas egipcia o sus alrededores, por lo que debe estarse refiriendo a una variedad de yeso, aún tan abundante en esta zona del valle del Nilo. En su tiempo, las *alabastritas* eran también denominadas «alabastro oriental», para distinguirlo del verdadero alabastro, un sulfato de calcio hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). La mención del sarcófago de *chernita* probablemente se refiera al mármol de ónix, usado en la elaboración de objetos funerarios en Egipto [4].

**Epígrafe 16** *Entre las sustancias que se extraen por su utilidad, las llamadas simplemente carbones están hechas de tierra, y se les prende fuego y se queman como el carbón vegetal. Se encuentran en Liguria, donde también se encuentra el ámbar, y en Élide, cuando se va por el camino de montaña hacia Olimpia; y actualmente son utilizados por los trabajadores de los metales.*

El uso del lignito apenas se menciona en textos de la literatura antigua griega [4], por lo que lo referido aquí por

Theophrastus, parece el único texto antiguo que toca el tema. Con solo la mención de Theophrastus, no se puede saber con certeza hasta qué punto se utilizó el lignito como combustible general, ya que solo afirma que los metalúrgicos lo utilizaban. Probablemente lo consideraban especialmente valioso para el funcionamiento de forjas y hornos, algo inusual en la época, ya que solo era de uso masivo la madera y el carbón vegetal.

**Epígrafe 25** *La mayor de las piedras que muchos llaman tanoi es la de Tiro. Pues hay una gran losa en el templo de Heracles, a menos que se trate de un falso smaragdos, pues existe una especie de ese tipo. La piedra se encuentra en lugares bien conocidos y de fácil acceso, especialmente en dos de ellos: las minas de cobre de Chipre y la isla frente a Calcedonia. En esta última se encuentran piedras excepcionales. Esta especie se obtiene mediante minería, como las demás, y la naturaleza la ha producido por separado en muchas vetas de Chipre.*

Posiblemente, *tanoi* era el nombre propio de la turquesa verde, y la gran losa de Tiro mencionada en el texto de Theophrastus estaba compuesta en realidad de otro material que solo se parecía a este mineral [4]. Theophrastus parecía tener esa posibilidad en mente, al sugerir que el material de la losa pudo haber sido un «falso smaragdos» en lugar de *tanoi*. Los mismos autores [4], argumentan que es probable que Theophrastus obtuviera parte de su información sobre esta enorme losa verde de Heródoto, quien visitó Tiro [15] y vio esta notable columna.

El denominado «falso smaragdos» se trata posiblemente de malaquita, ya que se han encontrado grandes bloques de la misma en varias minas de cobre [4]. Probablemente, el término se aplicaba solo a la malaquita masiva, que era lo suficientemente buena como para usarse con fines ornamentales.

**Epígrafe 26** *No suelen encontrarse lo suficientemente grandes para un sello, pero la mayoría son más pequeñas; por esta razón, la piedra se usa para soldar oro, ya que se suelda como la chrysokolla. Algunos incluso suponen que su naturaleza es la misma, pues ambas tienen un color similar. Sin embargo, la chrysokolla se encuentra en grandes cantidades en las minas de oro y aún más en las de cobre, como en las cercanas a los ... distritos.*

Theophrastus menciona la crisocola, un silicato de cobre hidratado ( $\text{Cu}_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), en varios de sus epígrafes, como un mineral que se obtiene de minas. Aunque Theophrastus no lo describe en ninguna parte, su repetida alusión a su presencia en minas de cobre indica claramente que se trataba de este mineral. En el epígrafe 39, se dice que la crisocola se encuentra en el *kyanos* nativo (cobre azul), que era muy probablemente por el color, azurita, un carbonato hidratado de cobre ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ), por lo tanto, es probable una confusión entre la crisocola y malaquita, un carbonato de cobre verde ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ). De hecho, ambos minerales se encuentran con frecuencia juntos y tienden a confundirse entre sí.

**Epígrafe 37** *Pero hay otros, como el marfil cavado que está vetado con marcas blancas y oscuras...*

El marfil cavado mencionado por Theophrastus seguramente se refiere a material enterrado, derivado de colmillos o molares de animales fósiles. Restos fosilizados de proboscídeos extintos se conocían desde la antigüedad en la región. Los griegos seguramente descubrieron, por ejemplo, restos de *Deinotherium*, un animal parecido al elefante (el cual ha sido encontrado fósil en la isla de Creta), o de *Palaeoloxodon*, otro proboscídeo encontrado en Sicilia, y que la mitología griega asoció con la existencia de cíclopes, para explicar el enorme agujero en el centro del cráneo [16]. La alusión a manchas blancas y oscuras, seguramente corresponde a la decoloración del material durante su soterramiento.

**Epígrafe 38** *El coral, que es como una piedra, es rojo y redondeado como una raíz, y crece en el mar. Y, en cierto modo, la caña india petrificada no difiere mucho del coral en su naturaleza. Pero este es un tema para otra investigación.*

Desde la antigüedad, el coral rojo se explotaba en diversos lugares del Mediterráneo. No está claro en el texto si Theophrastus lo consideraba un animal, una roca o una planta, aunque un capítulo acerca de los corales se incluyó en su código de animales marinos [4]. Al compararlo con el *kálamos indikós* (bambú) petrificado, muy probablemente se esté refiriendo a un vegetal fósil del tipo equisetos [9].

**Epígrafe 50** *También sería posible determinar las diferencias que se adaptan naturalmente a la transformación de la tierra en piedra; pues las que se deben a la localidad, que causan diferentes tipos de sabores, tienen su propia naturaleza peculiar, como las que afectan a los sabores de las plantas...*

En este epígrafe, Theophrastus parece implicar que las diferencias naturales en el medioambiente son causantes de las diferentes propiedades de las tierras, y que estas a su vez causan diferencias en las plantas, posiblemente mencionando la palabra sabores, como una indicación de que el gusto al paladar de los productos agrícolas cultivados cambia según el tipo de tierra donde se cultiven, asociado esto al tipo de roca madre que genera un suelo.

**Epígrafe 51** *Todos se encuentran en minas de plata y oro, y algunos en minas de cobre, como el oropimente, el rejalgar, la chrysokolla, el ocre rojo, el ocre amarillo y el kyanos. Este último se encuentra raramente y solo en pequeñas cantidades, mientras que existen vetas de algunos de los otros, y se dice que el ocre amarillo se encuentra en grandes cantidades. Existen todo tipo de ocre rojo, por lo que los pintores pueden usarlo para pigmentos color carne...*

Cabe señalar que los escritores antiguos a menudo mencionan estas sustancias minerales juntas (oropimente y rejalgar), ya que esto ayuda a identificarlas como los dos sulfuros na-

58 γίνεται δὲ καὶ κιννάβαρι τὸ μὲν αὐτοφνὲς τὸ δὲ κατ' ἐργασίαν. αὐτοφνὲς μὲν τὸ περὶ Ἰβηρίαν σκληρὸν σφόδρα καὶ λιθῶδες, καὶ τὸ ἐν Κόλχοις. τοῦτο δὲ φασὶν εἶναι (ἐπὶ) κρημνῶν ὃ καταβάλλουσι τοξέουτες. τὸ δὲ κατ' ἐργασίαν ὑπὲρ Ἐφέσου μικρὸν ἐξ ἐνὸς τόπου μόνον. ἔστι δ' ἄμμος ἣν συλλέγουσι λαμπυρίζουσαν καθάπερ ὁ κόκκος· ταύτην δὲ τρίψαντες ὅλως ἐν ἀγγείοις λιθίνουσι λειοτάτην πλύνουσι ἐν χαλκοῖς [μικρὸν ἐν καλοῖς] τὸ δ' ὑψιστάμενον πάλιν λαβόντες πλύνουσι καὶ τρίβουσι, ἐν ᾧ περ ἔστι τὸ τῆς τέχνης· οἱ μὲν γὰρ ἐκ τοῦ ἴσου πολὺ περιποιούσιν, οἱ δ' ὀλίγον ἢ οὐθέν· ἀλλὰ πλύσματι (τῷ) ἐπάνω χρῶνται ἐν πρὸς ἐν ἀλείφοντες. γίνεται δὲ τὸ μὲν ὑψιστάμενον

Figura 4. Texto en griego del epígrafe 58 de Theophrastus. Fuente: [4].

tivos de arsénico. Theophrastus ya las menciona juntas en el epígrafe 40 y de nuevo en el 50 [4]. El oropimente es un sulfuro de arsénico amarillo nativo ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ), y el rejalgar, sulfuro de arsénico rojo anaranjado nativo ( $\text{As}_4\text{S}_4$ ); casi siempre aparecen juntos y a menudo se encuentran entremezclados en la misma muestra.

En el mismo epígrafe, Theophrastus hace un extenso del término ocre rojo, y según algunos autores [4], no cabe duda de que la palabra *μίλτος* en el texto en griego, designa lo que hoy continuamos llamando ocre rojo, una mezcla de óxido férrico rojo con arcilla y arena. Probablemente, Theophrastus lo usaba como un término genérico, para incluir todos los pigmentos que deben su color a la presencia de óxidos férricos de color rojo.

**Epígrafe 58** *También hay un tipo de cinabrio natural y uno preparado. El cinabrio de Iberia, que es muy duro y pedregoso, es natural, al igual que el que se encuentra en Cólquida. Dicen que este se encuentra en los acantilados y que se derriba con flechas que se le disparan. El tipo preparado proviene de un solo lugar, un poco más arriba de Éfeso. Es una arena que brilla intensamente y se asemeja al tinte escarlata; esta se recoge y se muele en vasijas de piedra hasta que esté lo más fina posible; luego se lava en vasijas de cobre ... y lo que queda se toma, se muele de nuevo y luego se lava. Se necesita habilidad para este proceso; pues algunas personas hacen mucho y otras poco o nada con una cantidad igual de arena. El lavado se hace desde arriba, y se humedecen porciones separadas una tras otra; lo que queda en el fondo es cinabrio, y los lavados son lo que queda arriba en mayores cantidades.*

Caley y Richards [4] sugieren que la mención del cinabrio de Iberia en el epígrafe 58 (Figura 4), corresponde a una región de la actual Georgia, y no de España. De esta Iberia y de la región de Cólquida (en la costa este del mar Negro), se extraía cinabrio en terrenos montañosos, lo que a su vez sugiere que el distrito minero estaba situado en la parte noreste de Cólquida, en el Cáucaso. Según describe Theophrastus, es evidente que el proceso de obtención implicaba lavados sucesivos y que se trataba de un método para separar el cinabrio puro, lo cual se basa en las diferencias de sus gravedades específicas.

La gravedad específica del cinabrio puro es de 8,1-8,2 g/cm<sup>3</sup>, mientras que la de la ganga mineral en la que suele encontrarse es inferior a tres.

El cinabrio (HgS) es un mineral muy denso, lo que se considera una ventaja en el procesamiento industrial, ya que permite su concentración mediante métodos basados en la gravedad. Por lo tanto, y según la descripción de Theophrastus, cuando el mineral bruto molido se suspendía en agua, el cinabrio sedimentaba más rápidamente que las impurezas, por lo que, mediante una manipulación hábil, podían eliminarse con el agua. Este relato de Theophrastus es posiblemente la descripción más antigua en el mundo occidental del proceso de separación de un mineral puro de sus impurezas asociadas; por lo tanto, esta narración del método utilizado en las minas de cinabrio cerca de Éfeso reviste un enorme interés histórico. La misma describe notablemente una reacción mecanoquímica para extraer el metal puro de un compuesto, específicamente mercurio (Hg), a partir del cinabrio [17].

**Epígrafe 69** *Gypsos también se queman en Fenicia y Siria, donde se cuecen en un horno. Se queman especialmente los mármoles, así como las piedras más comunes, mientras que se coloca estiércol de vaca junto a las más duras para que ardan mejor y más rápido. Parece calentarse muchísimo al prenderle fuego y se mantiene caliente durante mucho tiempo. Y al calcinarse, se pulveriza como cenizas. De esto se desprende claramente que su naturaleza se debe enteramente al fuego.*

Theophrastus señala en su texto, que el mármol se utilizaba para producir yesos, aunque hoy día sabemos que no se puede obtener yeso a partir de calentar el mármol, ya que son dos materiales completamente diferentes. Sin embargo, el texto lo que demuestra es que la cal viva, que es el producto que se obtiene cuando el mármol se somete a un calor intenso, era una de las sustancias enumeradas bajo el término yesos dentro de su tratado.

## 5. Reflexiones finales

En su trabajo «Tratado sobre las piedras», Theophrastus clasificó y describió con detalle cerca de 70 ejemplares, incluyendo rocas, minerales, probablemente fósiles, y materiales terrosos. Hizo una de las primeras clasificaciones conocidas de materiales según sus propiedades como dureza, densidad, color y brillo. Describió métodos de minería, extracción y usos prácticos de estos materiales, incluyendo los que se usaban tanto para pigmentos, como para materiales de construcción y ornamento. Su códice fue el texto de referencia sobre el tema durante casi dos mil años, hasta el Renacimiento. Su obra, se considera una especie de tratado o manual de mineralogía, que sentaba las bases del estudio sistemático y organizado de los materiales pétreos de la Tierra. Por todas esas razones, Theophrastus tiene todo el mérito de ser reconocido como el «padre fundador de la mineralogía».

Como nota curiosa, un grupo de científicos del Departamento de Estudios Mediterráneos, en la Universidad de Aegea, Grecia [18], se dieron a la tarea de usar las instrucciones del «Tratado sobre las piedras», para generar los pigmentos denominados por Theophrastus: *Kyanos* y *Psimithion*, los cuales corresponden al azul egipcio y al blanco plomo. Una vez generados los pigmentos en el laboratorio, se compararon con muestras de la misma época en la que vivió Theophrastus, obtenidas por los autores, de diferentes sitios arqueológicos (una tumba al norte de Atenas y otra de la Acrópolis). Usando técnicas analíticas de SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-ray Diffraction*) y IRPAS (*Infrared Photoacoustic Spectroscopy*), los autores [18], confirmaron la correspondencia de los pigmentos generados a partir de las instrucciones de Theophrastus, con los encontrados en las tumbas helenísticas.

## Referencias

- [1] Casas, J. E. Geomitología ¿una conexión entre el Diluvio Universal, la desaparición de Doggerland y la Atlántida? *Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat* **65**(4): 75-88. <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2024/12/geomitologia-%c2%bfuna-conexion-entre-el-diluvio-universal-la-desaparicion-de-doggerland-y-la-atlantida.-jhonny-e.-casas.pdf> (2024).
- [2] Ierodiakonou, K. "Theophrastus", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter Edition), Edward N. Zalta (ed.), <https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/theophrastus/> (2020).
- [3] Casas, J. E., Alejandro Magno y la utilización de elementos geológicos, como parte de la estrategia para conquistar la Ciudad de Tiro (332 a. C.). Su impacto pasado y presente. *Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat* **68**(3), 23-29 (2025) <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2025/10/Alejandro-Magno-y-el-uso-de-elementos-geologicos-para-derrotar-a-la-ciudad-de-Tiro-Su-impacto-pasado-y-presente.-Jhonny-Casas.pdf> (2025).
- [4] Caley, E.R. and Richards, J.F. Theophrastus on Stones. Graduate School The Ohio State University. Columbus. Monographs. *Contributions in Physical Science* 1, 238 p. (1956). [https://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/archivos\\_01/THEOPHRASTUS\\_CALEY.pdf](https://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/archivos_01/THEOPHRASTUS_CALEY.pdf).
- [5] Linnaeus, C. *Fundamenta botanica*. Salomonem Schouten. 40 p. <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/11535-fundamenta-botanica?offset=2> (1736).
- [6] Keyser, P. Theophrastus. In Keyser, P. and Irby-Massie, G. (eds.). *The Encyclopedia of Ancient Natural Scientists: The Greek Tradition and its many heirs*. Routledge, New York. 1,062 p. (2008).
- [7] Hardy, R. Theophrastus' observation of sunspots. *J. Br. Astron. Assoc.* **101**(5), 261 (1991).
- [8] Liñán, E. La criptopaleontología en los lapidarios griegos apócrifos, *Revista Española de Paleontología*, **20**(2), 119-126 (2005). <https://turia.uv.es/index.php/sjpalaeontology/article/view/20550/18272>.

- [9] Carrasco, J., Liñan, E., Liñan, M., Gámez, J. y Gozalo, R. Análisis criptopaleontológico del lapidario de Teofrasto (s. III a.C.). *Estudios Geológicos*, **69**(1), 115-122, (2013). doi:10.3989/egol.40933.215, <https://estudiosgeol.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeol/article/view/879>.
- [10] Mottana, A. The first modern translation of Theophrastus “On Stones” (*De lapidibus*): Ferrante Imperato (1599). *Rend. Fis. Acc. Lincei*. **21**, 1–25 (2010). [https://www.academia.edu/29027173/The\\_first\\_modern\\_translation\\_of\\_Theophrastus\\_On\\_Stones\\_peq%C4%B1k%C3%ADhxm\\_De\\_lapidibus\\_Ferrante\\_Imperato\\_1599](https://www.academia.edu/29027173/The_first_modern_translation_of_Theophrastus_On_Stones_peq%C4%B1k%C3%ADhxm_De_lapidibus_Ferrante_Imperato_1599).
- [11] Agricola, G. *De Re Metallica*. English translation by: Hover, H. and Hoover, L. 1950. Dover Publications, New York, 675 p. <https://ia601302.us.archive.org/4/items/deremetallica50agri/deremetallica50agri.pdf> (1556).
- [12] Hill, Sir John F. *Theophrastus’s History of Stones*. London. [https://en.wikisource.org/wiki/Theophrastus%27s\\_History\\_of\\_Stones/History\\_of\\_Stones](https://en.wikisource.org/wiki/Theophrastus%27s_History_of_Stones/History_of_Stones) (1746).
- [13] Gilbert, W. *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure; Physiologia Nova Plurimis & Argumentis, & Experimentis Demonstrata*. London, 256 p. [https://archive.org/details/bub\\_gb\\_Mbo2oDsnrAAC](https://archive.org/details/bub_gb_Mbo2oDsnrAAC) (1600).
- [14] Eichholz, D.E. *Theophrastus: De Lapidibus*. Oxford University Press. 141 p. <https://archive.org/details/delapidibusedite-0000theo/page/n5/mode/2up> (1965).
- [15] Casas, J.E. Heródoto: historiador, etnógrafo, geógrafo y ¿geólogo?. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, **LXXXV**(2), 7-22 (2025). <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2025/09/Boletin-LXXXV-n%C2%B02-2025-Jhonny-Edgar-7-22.pdf>
- [16] Romano, M. and Avanzini, M. The skeletons of Cyclops and Lestrigons: misinterpretation of Quaternary vertebrates as remains of the mythological giants, *Historical Biology* **31**(2), 1-28 (2017). <http://dx.doi.org/10.1080/08912963.2017.1342640>.
- [17] Takacs, L. Quicksilver from cinnabar: The first documented mechanochemical reaction?. *Archaeotechnology* **52**, 12–13 (2000). <https://doi.org/10.1007/s11837-000-0106-0>.
- [18] Katsaros, T., Liritzis, I. and Laskaris, N. Identification of Theophrastus’ pigments egyptios yanos and psimythion from archaeological excavations, *ArcheoSciences* **34**, 69-80 (2010). <https://journals.openedition.org/archeosciences/2632>.

## CRIPTOBIOTURBACIÓN LA IMPORTANCIA DE LA BIOTURBACIÓN OCASIONADA POR EL MEIOBENTOS INTERSTICIAL EN SUCESIONES SEDIMENTARIAS DEL REGISTRO GEOLÓGICO

### CRYPTOBIOTURBATION THE IMPORTANCE OF BIOTURBATION CAUSED BY INTERSTITIAL MEIOBENTHOS IN SEDIMENTARY SUCCESSIONS OF THE GEOLOGICAL RECORD

*Jhonny Edgar Casas*<sup>1</sup> 

#### RESUMEN

El término meio bentos se refiere a un grupo de organismos invertebrados de tamaño intermedio entre la macrofauna y la microfauna que habitan todo tipo de sedimentos, en todos los ambientes marinos y en todas las zonas climáticas. Las actividades de esta meiofauna modifican las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sedimentos, al desplazar los granos de los sedimentos durante la construcción de madrigueras y movilizándolo a su vez la materia orgánica y los microorganismos que se encuentran entre ellos, durante su búsqueda de alimentación. La criptobioturbación, término originalmente empleado para sedimentos recientes, se usa hoy día para describir la actividad meiofaunal o bioturbación críptica, aplicada al estudio de rocas sedimentarias (paleoicnología). Su característica principal es su escala milimétrica y su a veces, difusa expresión, ya que dicha bioturbación puede alterar y homogeneizar completamente el sedimento, otorgando la apariencia de capas masivas. La criptobioturbación está ampliamente distribuida en el registro geológico, especialmente en facies arenosas finas, principalmente marino somero/estuarino, y constituye un excelente indicador paleoambiental en conjunto con los criterios sedimentológicos tradicionales. Presenta algunas limitaciones a la hora de identificarla en núcleos/testigos, o en estudios de afloramientos, donde podría ser muy difícil de reconocer debido a las alteraciones propias de las rocas expuestas a la meteorización.

#### ABSTRACT

Meio benthos refers to a group of invertebrate organisms of intermediate size between macrofauna and microfauna, inhabiting all types of sediments in all marine environments and climatic zones. The activities of this meiofauna modify the physical, chemical, and biological properties of sediments, displacing sediment grains during burrow construction and displacing organic matter and microorganisms within the sediments during their search for food. Cryptobioturbation, a term originally used for recent sediments, is now used to describe meiofaunal activity or cryptic bioturbation. The concept was later applied to the study of sedimentary rocks (paleoichnology), and its main characteristic is its very small scale and sometimes diffuse expression, since this bioturbation can completely alter and homogenize the sediment, giving the appearance of massive layers. Cryptobioturbation is widely distributed in the geological record, in sandy facies, primarily shallow marine to estuarine, and constitutes an excellent paleoenvironmental indicator, in conjunction with traditionally used sedimentological criteria. It presents some limitations when it comes to recognizing it in cores, or in outcrop studies, where it can be very difficult to identify due to the alterations inherent in rocks exposed to weathering.

**Palabras clave:** Bioturbación, criptobioturbación, meiofauna, neoicnología, paleoicnología.

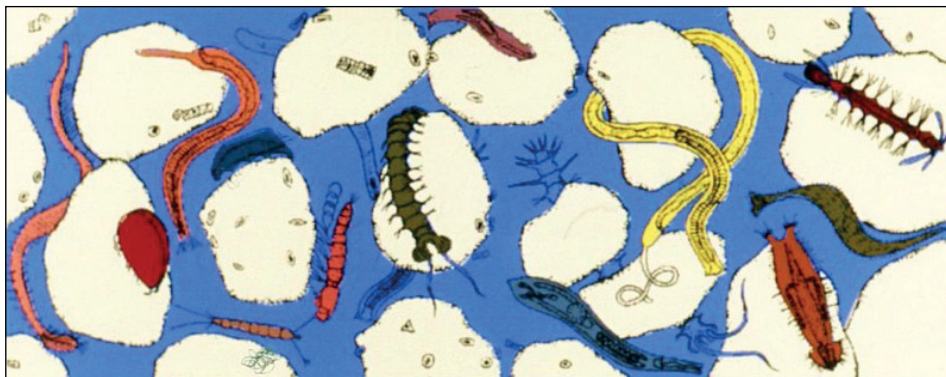
**Keywords:** Bioturbation, cryptobioturbation, meiofauna, neoichnology, paleoichnology.

## 1. Introducción

La identificación e interpretación de trazas fósiles ha contribuido de manera significativa en las últimas décadas como indicador paleoambiental. En años recientes, su estudio denominado icnología, ha sido utilizado con éxito en la definición

e interpretación de discontinuidades estratigráficas, superficies clave para la aplicación de los conceptos de estratigrafía secuencial. Hasta comienzos del siglo XXI, la mayoría de los trabajos publicados identificaban, interpretaban y discutían una serie de trazas fósiles producto de la actividad de orga-

1 MSc. Geología, McMaster Univ, Canadá. Escuela de Petróleo (UCV). Correo-e: [jasas@geologist.com](mailto:jasas@geologist.com)



**Figura 1.** Imagen ilustrativa de un conjunto meiofaunal compuesto por nematodos, arquiánélidos, malacostráceos, y copépodos bioturbando el sedimento. Fuente: Modificado de [10].

nismos macrobentónicos. Se le dedicó muy poca atención a las trazas fósiles producto de la actividad biogénica a escala milimétrica, la cual fue denominada por primera vez en 1942 por Molly F. Mare [1], como la actividad del meio-bentos. El término proviene del griego *meion* (*μείος*), que significa «más pequeño», y *benthos* (*βένθος*), que se traduce como «fondo marino».

## 2. La bioturbación intersticial del meio-bentos

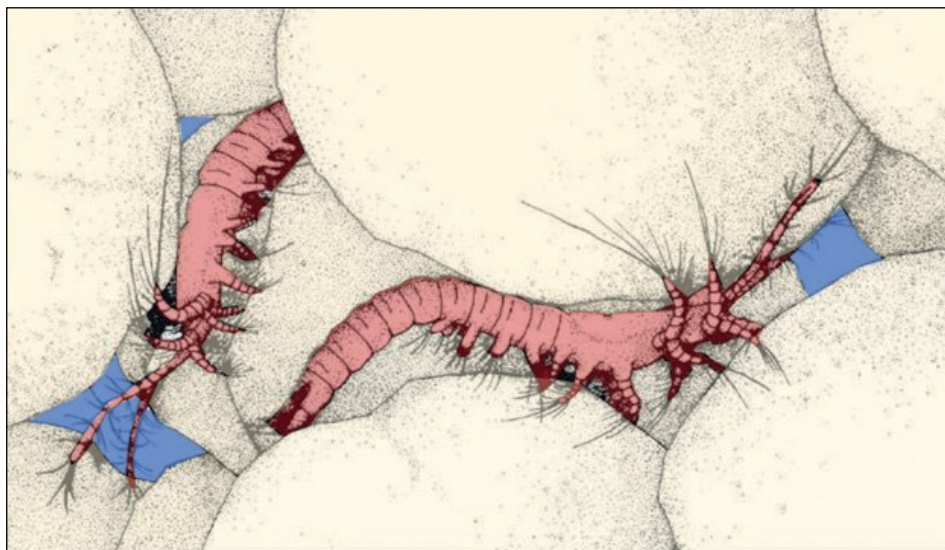
En 1933, el zoólogo alemán Adolf Remane fue uno de los investigadores pioneros en usar tamices para estudiar la minúscula fauna presente en las capas del sedimento superficial en la bahía de Kiel (Alemania). En su publicación utilizó la palabra alemana *Sandlückenfauna* o «fauna de intersticios de arena» [2], para referirse, entre otros, a copépodos y arquiánélidos que viven entre el sedimento. Dos años después, en 1935, Aubrey G. Nicholls publicó un artículo donde describía con mayor detalle el mismo concepto de Remane [2], pero usando el término «fauna intersticial». Este término describe con mayor detalle al conjunto de copépodos, nematodos, rotíferos, protozoos y otros animales suficientemente pequeños como para vivir y alimentarse entre los intersticios del sedimento [3] (pág. 379).

Ya en 1942, se publica un nuevo término: meio-bentos [1] (pág. 519-520), el cual fue acuñado por primera vez para definir un conjunto de metazoos bentónicos que se distinguían por su pequeño tamaño, intermedio entre el microbentos y el macrobentos. En términos más específicos, los organismos del meio-bentos se refieren a un grupo de seres invertebrados de dimensiones intermedias entre la macrofauna y la microfauna, que habitan todo tipo

de sedimentos, principalmente en ambientes marinos y en todas las zonas climáticas. Estos organismos pueden presentarse en densidades altísimas de millones de individuos por metro cuadrado [4]. Las actividades de esta meio-fauna (sinónimo de meio-bentos), modifican diversas propiedades físicas, químicas y biológicas de los sedimentos, generalmente en forma simultánea. Por ejemplo, desplazando los granos de sedi-

mento durante la construcción de madrigueras y movilizan-do la materia orgánica y los microorganismos situados en los intersticios entre los sedimentos durante su búsqueda de alimentos [5].

El conjunto meiofaunal o meio-bentos está compuesto principalmente por ostrácodos, nematodos, copépodos, arquiánélidos, malacostráceos, anfípodos haustóridos, anomópodos, halacáridos, turbelarios, algunos tipos de foraminíferos, así como equinodermos y moluscos juveniles [1, 2, 3, 6], los cuales perturban el sedimento de una manera muy activa y continua (Figura 1). Dicha perturbación es producida por una meio-fauna característica, cuyos límites formales de tamaño, han sido variables a través de los últimos 30 años. No obstante, en líneas generales se definen operativamente, en base al ancho de malla estandarizado de los tamices: entre 500  $\mu\text{m}$  como límite superior y 40  $\mu\text{m}$  como límite inferior [6]. Estos organismos viven esencialmente entre los granos del sedimento (Figura 2), alimentándose de diversas partículas, principalmente bacterias, diatomeas y algas, adheridas a los granos de



**Figura 2.** Visualización artística de un ambiente marino intersticial, mostrando diminutos crustáceos (mistacocáridos) que viven asociados a sedimentos de las zonas intermareal y playera. Fuente: Modificado de [6].

arena [1]. Este tipo de bioturbación es tal que la consistencia y las estructuras primarias de los sedimentos pueden ser modificadas por los organismos de la meiofauna que viven en ellos, asociándose comúnmente su presencia a sedimentos arenosos de grano fino a muy fino.

Algunas investigaciones como las de Cullen [7], Howard & Frey [8, 9] y Bromley [10], reportan que la actividad de estos organismos es tan intensa que pueden destruir tanto las estructuras sedimentarias primarias como las trazas fósiles de mayor tamaño, dejando apenas huellas imperceptibles de su actividad. En una serie de experimentos efectuados en tanques de laboratorio con sedimentos tomados del canal de Bristol en Reino Unido [7], se reportó que, tras un periodo de 10 a 14 días de haber removido toda la macrofauna cuyo tamaño excediera de 1 milímetro, todas las huellas de actividad macrobéntica que existían previamente en el sedimento, desaparecieron gradualmente por efecto de la nueva bioturbación meiofaunal. En este proceso destacaron como miembros más activos y ampliamente distribuidos, los ostrácodos y los nematodos, cuyas velocidades de movimiento a través del sedimento fueron estimadas en 2 mm/s [7].

Estudios adicionales efectuados en sedimentos recientes, analizaron núcleos de arena de grano fino, tomados en un estuario de Georgia (EE. UU.), concluyendo que la intensa bioturbación causada por anfípodos haustóridos, había alterado por completo las laminaciones primarias de la arena, dándole un aspecto «difuso» [8]. Esta misma observación fue realizada previamente por Howard & Elders en 1970 *vide* [8], en sedimentos de la isla Sapelo, también en la costa de Georgia.

No es sino hasta mediados-finales de la década de los 90, del siglo XX, cuando aparecen con mayor frecuencia publicaciones donde se describen e interpretan claramente ejemplos de actividad meiofaunal en rocas sedimentarias antiguas [11-16]. Todas ellas se basaron en el análisis de núcleos o testigos de areniscas cretácicas, interpretadas como depósitos de anteplaza del Miembro Falher D (Albiense), de la Formación Spirit River, así como de sucesiones estuarinas también del Albiense, de la Formación Bluesky [12], ambas en Alberta, Canadá. Una de las mencionadas publicaciones [14] también cita reconocer numerosos ejemplos de evidencias de actividad meiofaunal, en sucesiones sedimentarias de la cuenca de lago de Maracaibo. Específicamente, se cita su identificación sobre todo en los intervalos B-Superior del campo petrolero Barúa-Motatán, en el B-Inferior del campo Ceuta y del Bloque III, en el intervalo C-4 del Bloque Inferior y en el intervalo B-2 del campo petrolero Lagunillas (Bloques 70/80), todos ellos correspondientes a rocas de la Formación Misoa de edad Eoceno medio.

En la mayoría de los casos descritos, el grado de bioturbación de las areniscas parece ser tan intenso y homogéneo

que no se aprecian estructuras sedimentarias primarias (Figura 3), o las mismas se preservan en forma de bandas muy tenues o difusas [11], casi como un «fantasma» (Figura 4). En otros casos dichas estructuras sedimentarias van desapareciendo gradualmente a medida que aumenta la intensidad de la bioturbación meiofaunal [11, 14] (Figuras 5 y 6).

Abundantes ejemplos adicionales proceden de literatura geológica existente, sobre todo de los años 80 y comienzos de los 90, periodo en el que el número de publicaciones de carácter sedimentológico fue notoriamente abundante. En muchas de estas publicaciones se observan fotografías de núcleos o testigos, que muestran claramente este tipo de bioturbación meiofaunal, sin que los autores originales mencionaran o se percataran de su existencia, o de su importancia. Excelentes ejemplos de ello se observan en [17] (pág. 234), [18] (pág. 100), [19] (pág. 246), [20] (pág. 299), [21] (pág. 384) y [22] (pág. 458), por citar algunos.



**Figura 3.** Núcleo LL-3577 (Formación Misoa, B-2, Lago de Maracaibo, Venezuela). Profundidad: 3882,8 pies. Arenisca de grano fino totalmente bioturbada por meiofauna, aunque es posible observar todavía algunas trazas de *Ophiomorpha*. Escala en cm. Fuente: [14].



**Figura 4.** Núcleo 7-25-71-13W6 (Miembro Falher, Formación Spirit River, Alberta, Canadá). Profundidad: 2010,4 metros. Arenisca de grano fino totalmente bioturbada por meiofauna, aunque es posible observar todavía la laminación cruzada original de la roca, pero sumamente difusa.

Los descubrimientos más antiguos de meiofauna fósil son escasos y fortuitos debido a la naturaleza delicada y al pequeño tamaño de los organismos involucrados. Sin embargo, se han reportado fósiles acordes al tamaño del meiobentos, en la Formación Doushantuo (suroeste de China), que datan de 50 Ma antes del comienzo del Cámbrico [23], confirmando una edad ediacárica para el meiobentos. Ya en el Cámbrico inferior se reconocen, a pesar de su diminuto tamaño, restos de meiobentos de concha dura, identificados como ostrácodos [6].

En núcleos o testigos, las huellas de actividad meiofaunal son a veces difíciles de identificar; sin embargo, cuando es posible, estas se caracterizan por una serie de marcas a escala milimétrica. Muchas veces en forma de pequeñas pistas circulares, semicirculares o rectas que resaltan ligeramente sobre el contexto general visual de la roca debido a la agrupación de granos de color claro, lo cual recuerda en cierta forma a la bioturbación producida por *Macaronichnus* juveniles [14]. Una buena parte de los ejemplos corresponde o ha sido descrita en sucesiones de estratos arenosos de grano fino a medio, interpretados en una variedad de ambientes litorales y marea-

les, incluyendo la anteplaya. En estos contextos es común encontrar huellas de este tipo de actividad meiofaunal, comúnmente asociadas a estratos con otras trazas fósiles tales como: *Macaronichnus*, *Palaeophycus*, *Teichichnus* y *Ophiomorpha*, típicas de la icnofacies *Skolithos*. También han podido identificarse, pero en mucho menor grado, asociadas a icnofacies del tipo *Cruziana* [14].

### 3. Bioturbación críptica

Décadas después del uso extendido del término «bioturbación meiofaunal», Pemberton & Gringas [24] emplean el



**Figura 5.** Núcleo 7-25-71-13W6 (Miembro Falher, Formación Spirit River, Alberta, Canadá). Profundidad: 1998,6 metros. Arenisca de grano fino a medio, moderada a fuertemente bioturbada por meiofauna. Es posible observar que la laminación cruzada va tornándose difusa, casi desapareciendo hacia la base del núcleo, a medida que aumenta la intensidad de la bioturbación meiofaunal. Es posible reconocer en esa zona basal, algunos pequeños *Macaronichnus* sp. Fuente: [14].

término «bioturbación críptica» para describir esta misma actividad meiofaunal y la relacionan con las características de permeabilidad exhibidas por las rocas donde se reconoce este tipo de bioturbación. Estos autores [24], postulan una mejora en los parámetros de la distribución de la permeabilidad, inducida por la bioturbación críptica, resultante de alguno de los siguientes procesos:

- (a) la meiofauna altera, pero no destruye, la laminación sedimentaria,
- (b) la infauna a escala milimétrica o micrométrica, así como otras trazas tales como *Macaronichnus*, permiten preservar vestigios de la textura sedimentaria original, mediante un comportamiento de ingestión selectiva de granos,
- (c) eliminación por completo de la estructura sedimentaria primaria, mediante organismos excavadores, en un sustrato que presenta poca variabilidad litológica.

En esta publicación [24], se postula que, en general, la bioturbación críptica es común en ambientes sedimentarios como canales clásticos estuarinos y canales distributarios, así como en los depósitos de la anteplaya superior. Se describen también dos interesantes casos de estudio: Bruce Field (Mar del Norte) y Ferron Sandstone (Utah). En ellos se analiza el comportamiento en términos de porosidad y permeabilidad, de los intervalos con bioturbación críptica [24], aportando además ejemplos con fotografías de núcleos o testigos de este tipo de perturbación biogénica. De este estudio se concluyó que el efecto de la bioturbación críptica no produce necesariamente un incremento de la permeabilidad, sino una reducción de la heterogeneidad interna. Esto da lugar a una distribución más uniforme de dicha permeabilidad [24] en toda la unidad sedimentaria.

La identificación de bioturbación críptica no solo se ha circunscrito a los depósitos sedimentarios arenosos. También ha sido reportada en sucesiones clásticas de grano muy fino [7]. Schieber [25] muestra ejemplos de lutitas oscuras devónicas provenientes de EE. UU. (New Albany Shale y Chattanooga Shale), donde, mediante el uso de rayos X y macrofotografías con alteración de contraste, fue posible observar este tipo de bioturbación normalmente imperceptible. Schieber y Wilson [26], analizando núcleos de rocas clásticas de grano fino ricas en materia orgánica, que abarcan desde el Ordovícico hasta el Cretácico (Formación Maquoketa, Genesee Shale, Huron Shale, Eagle Ford Shale), proponen que la existencia de bioturbación (denominada por los referidos autores como meioturbación), asociada a la alteración de las estructuras primarias por efecto de actividad de organismos meiofaunales, genera laminaciones «fantasma», contactos difusos y bandeamientos.

#### 4. El término criptobioturbación

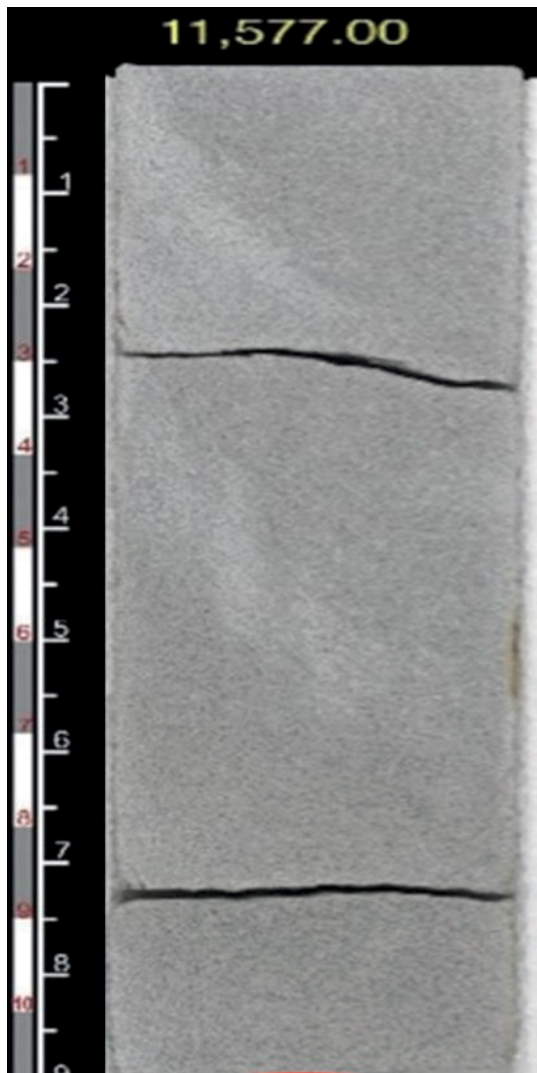
El término criptobioturbación fue acuñado por primera vez en 1975 por Howard & Frey [9], para designar la bioturbación



**Figura 6.** Núcleo 10-12-57-19W5 (Formación Bluesky, Alberta, Canadá). Profundidad: 2664 metros. Sutil contacto irregular entre una arenisca con estratificación cruzada muy difusa (mitad inferior) y una arenisca similar, pero totalmente bioturbada por meiofauna y sin estructuras visibles (mitad superior). Diámetro del núcleo: 4 pulgadas. Fuente: [12]

ocasionada por organismos de la meiofauna, en sedimentos recientes (neoiocnología). Sin embargo, dicho término fue empleado por primera vez en el estudio de rocas antiguas (paleoiocnología) apenas en el año 2007 [27, 28], para describir este nivel de bioturbación, que según los mismos autores, había pasado inadvertido durante décadas en el estudio del registro geológico, siendo notables algunas excepciones [11, 14, 16]. El resurgimiento del término criptobioturbación [27, 28], vino a sustituir a la expresión «bioturbación meiofaunal» y «bioturbación críptica», que aunque en la literatura parecen poseer una sinonimia aparente, en la realidad se podrían separar basándose en si la descripción se realiza sobre la base de los procesos biológicos o sobre los procesos sedimentológicos. En este último caso, el uso de los términos bioturbación críptica o criptobioturbación, es perfectamente válido, reafirmando entonces como característica principal su escala milimétrica o submilimétrica, y su expresión a menudo desapercibida en las rocas sedimentarias que la contienen.

Si bien la bioturbación macroscópica clásica es definida como un «caos biogénico» debido a la total destrucción de la fábrica y de las estructuras sedimentarias originales [28], también se señala que la criptobioturbación, por su escala de acción, puede potencialmente perturbar por completo los



**Figura 7.** Núcleo Chain Lakes 5-5-4 (Lewis Shale, Green River, Wyoming). Profundidad: 11 577 pies. Arenisca de grano fino de apariencia masiva, pero completamente criptobioturbada. Escala vertical en pulgadas. Fuente: [32].

sedimentos, con poca o ninguna distorsión en la laminación original [28]. Esto no siempre es el caso, ya que se han documentado numerosos ejemplos donde la criptobioturbación altera y homogeneiza completamente el sedimento, dando la apariencia de capas sedimentarias masivas, una estructura con la que en ocasiones pudo ser confundida y seguramente continúa siéndolo [14].

Descripciones de sucesiones sedimentarias exhibiendo criptobioturbaciones, principalmente para estudios en yacimientos de hidrocarburos, se han vuelto comunes en la literatura de los últimos 20 años, donde podemos citar algunos ejemplos emblemáticos como: Pemberton & Gingras [24], los cuales reportan bioturbación críptica en Toro Sandstone (Papúa Nueva Guinea) y en la Formación Mirador del Eoceno, en el campo petrolero Cusiana (Colombia). Netto *et al.* [29] mencionan una reducción de las propiedades petrofísicas (porosidad/per-

meabilidad), por efecto de la intensa criptobioturbación, en rocas marinas del Paleozoico superior (Rio Bonito/Palermo), en la cuenca Paraná de Brasil. Tonkin *et al.* [30] reportan niveles con criptobioturbaciones en la Formación Ben Nevis del Cretácico, costa afuera de Newfoundland (Canadá). Ezeh *et al.* [31] reportan núcleos o testigos con secciones crípticamente bioturbadas en rocas del Mioceno del delta de Níger. Mayorga & Sonnenberg [32] reportan la presencia de estratos de areniscas criptobioturbadas en Lewis Shale (**Figura 7**), del Cretácico superior (Campaniense-Maestrichtiense), de la cuenca Green River (Wyoming), así como ejemplos más antiguos de este tipo de bioturbación en estratos devónicos de anteplaya de la Formación Tern [33], en la cuenca Bonaparte (Australia). Por último, se mencionará un reporte interno [34], para el campo San Joaquín (cuenca Oriental de Venezuela), en la Formación San Juan del Cretácico, donde se describen numerosos intervalos de areniscas de grano fino, completamente bioturbadas por meiofauna (**Figura 8**), e interpretadas como depósitos de anteplaya [34].



**Figura 8.** Núcleo JM-190 (Formación San Juan, Cuenca Oriental de Venezuela). Profundidad: 9479,4 pies. Arenisca de grano fino totalmente bioturbada por actividad meiofaunal, aunque es posible observar todavía, pero sumamente difusas, huellas de *Ophiomorpha* y *Macaronichnus* juveniles. Escala=1 pulgada. Fuente [34].

Aunque la inmensa mayoría de la literatura existente describe este tipo de bioturbación en rocas de ambientes sedimentarios marino-marginales, Green *et al.* [35] reportan la primera documentación detallada de posible criptobioturbación en areniscas depositadas en ambientes marinos profundos, correspondientes a la Formación Rio Dell (Plioceno), ubicada en la cuenca Eel River en California. Estos autores [35], sin embargo, postulan que este tipo de bioturbación difícilmente puede ser identificada a menos que existan algunas macro bioturbaciones preservadas en forma aislada, o que en secciones delgadas puedan observarse estructuras tubulares revestidas y con granos orientados.

## 5. Comentarios finales

Interesantes experimentos de neocnología llevados a cabo en laboratorio [36] consistieron en colocar capas delgadas de granos de arena sobre la superficie de una capa de arcillas, que contenía una densidad de nematodos similar a la de ambientes modernos (80 individuos/cm<sup>3</sup>). Los resultados proporcionaron evidencia empírica e ilustraron claramente la eficacia de los nematodos, para desplazar y dispersar los granos de arena, alejándolos de su ubicación original. En menos de dos días, aproximadamente el 75 % de la capa de arena se había difuminado en la capa de lodo infrayacente. Esto indicaba que incluso las capas de sedimento con un marcado contraste composicional, pueden volverse casi invisibles muy rápidamente, dejando como resultado estructuras bandeadas difusas [36].

La importancia de identificar este tipo de actividad orgánica radica en el hecho de que permite explicar la aparente falta de estructuras sedimentarias que presentan muchos estratos de areniscas en diferentes formaciones y edades geológicas. Aunado a esto, se encuentra el hecho de que la gran mayoría de los ejemplos identificados hasta el momento en areniscas están asociados principalmente a la icnofacies del tipo *Skolithos* en ambientes marino-marginal; y en menor medida a depósitos clásticos de aguas profundas. Esto convierte a la criptobioturbación en un poderoso indicador paleoambiental, en conjunto con los criterios sedimentológicos e icnológicos tradicionalmente utilizados [14, 37].

Para autores clásicos como Pemberton *et al.* *fide* [28], las cada vez más numerosas publicaciones acerca de estudios en sucesiones sedimentarias antiguas, exhibiendo criptobioturbaciones, sirven para demostrar lo que J. Howard [28], vaticinó hace casi 50 años: «Las trazas fósiles se encuentran cuando se buscan, es decir, prácticamente existen en cualquier lugar si se observa con suficiente empeño... la ausencia total de trazas, por otro lado, debería ser motivo de gran preocupación para el investigador que analiza sedimentos antiguos y sugiere que sería conveniente reexaminar el intervalo con mucho mayor detalle».

Hasta ahora, los criterios para la identificación de criptobioturbación no han sido establecidos o formalizados, debido

precisamente a su carácter milimétrico y a las dificultades de su reconocimiento macroscópico. En algunos casos, es clave observar una gradación vertical desde intervalos visiblemente bioturbados por organismos macrobentónicos a intervalos de apariencia masiva, como los mostrados en las Figuras 5 y 6. En todos los otros casos, la observación de reliquias o «fantasmas» de estructuras sedimentarias, así como una serie de marcas a escala milimétrica en forma de pequeñas pistas circulares, semicirculares o rectas, que resaltan ligeramente sobre el contexto general visual de la roca debido a la agrupación de granos de color claro, parece ser un fuerte indicio de criptobioturbación.

Si bien la criptobioturbación está ampliamente distribuida en facies arenosas del registro geológico, su correcta identificación se ha convertido en un factor clave al momento de describir e interpretar sucesiones sedimentarias. No obstante, presenta algunas limitaciones a la hora de reconocerla macroscópicamente, especialmente si los núcleos o testigos, no han sido seccionados verticalmente para permitir una visión bidimensional del estrato. Asimismo, existen limitaciones en estudios de afloramiento, donde podría ser muy difícil reconocerla debido a las alteraciones propias de las rocas expuestas a la meteorización, las cuales pueden enmascarar por completo estas huellas milimétricas.

## Referencias

- [1] Mare, M.F. A study of a marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. Mar. Biol. Ass., UK*, **25**, 517–554 [https://plymsea.ac.uk/id/eprint/1212/1/A\\_study\\_of\\_a\\_marine\\_benthic\\_community\\_with\\_special\\_reference\\_to\\_the\\_micro-organisms.pdf](https://plymsea.ac.uk/id/eprint/1212/1/A_study_of_a_marine_benthic_community_with_special_reference_to_the_micro-organisms.pdf) (1942).
- [2] Remane, A. Verteilung und Organisation der benthischen Mikrofauna der Kieler Bucht. *Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Abt. Kiel* **21**, 161–221 [https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/58617/1/Remane\\_A\\_1928.pdf](https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/58617/1/Remane_A_1928.pdf) (1933).
- [3] Nicholls, A.G. Copepods from the interstitial fauna of a sandy beach. *J. Mar. Biol. Ass.* **20**: 379–405 [https://plymsea.ac.uk/id/eprint/883/1/Copepods\\_from\\_the\\_interstitial\\_fauna\\_of\\_a\\_sandy\\_beach.pdf](https://plymsea.ac.uk/id/eprint/883/1/Copepods_from_the_interstitial_fauna_of_a_sandy_beach.pdf) (1935).
- [4] Urban-Malinga, B. Meiofentos in marine coastal sediments. En: Martini, I. P. & Wanless, H. R. (eds). *Sedimentary Coastal Zones from High to Low Latitudes: Similarities and Differences*. Geological Society of London, Special Publications **388**, 59–78 (2014).
- [5] Schratzberger, M. & Ingels, J. Meiofauna matters: The roles of meiofauna in benthic ecosystems. *J. Experimental Marine Biology and Ecology* **502**, 12–25 [https://www.researchgate.net/publication/313324364\\_Meiofauna\\_matters\\_The\\_roles\\_of\\_meiofauna\\_in\\_benthic\\_ecosystems](https://www.researchgate.net/publication/313324364_Meiofauna_matters_The_roles_of_meiofauna_in_benthic_ecosystems) (2018).
- [6] Giere, O. *Meiofentology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin, 538 p. (2009).
- [7] Cullen, D.J. Bioturbation of superficial marine sediments by Interstitial Meiofentos: *Nature* **242**, 323–324 <https://www.nature.com/articles/242323a0> (1973).

- [8] Howard, J. D. & Frey, R. W. Characteristic physical and biological sedimentary structures in Georgia estuaries. *AAPG Bulletin* 57(7), 1169-1184 <https://pubs.geoscienceworld.org/aapg/aapgbull/article/57/7/1169/36878/Characteristic-Physical-and-Biogenic-Sedimentary> (1973).
- [9] Howard, J.D. & Frey, R.W. Estuaries of the Georgia coast, U.S.A.: Sedimentology and biology II. Regional animal-sediment characteristics of Georgia estuaries. *Senckenbergiana Maritima* 7, 33-103 (1975).
- [10] Bromley, R.G. *Trace fossils, biology and taphonomy*. 2<sup>nd</sup> ed.: London, Unwin-Hyman, 361 p. (1990).
- [11] Casas, J.E. *Sedimentology, facies association and sequence stratigraphy of Falher divisions C and D, Lower Cretaceous Spirit River Formation, West-central Alberta, Canada*, McMaster University, Unpublished MSc Thesis, 231 p. <https://macsphere.mcmaster.ca/items/94e886fd-83b3-46a4-b153-60ce3e4036f3> (1996).
- [12] Terzuoli, A. *Sedimentology and ichnology of estuarine channels in the Lower Cretaceous Bluesky Formation: The Edson Gas Reservoir, West-Central Alberta, Canada*. McMaster University, Unpublished MSc Thesis, 180 p. (1996).
- [13] Casas, J. & Walker, R. Sequence Stratigraphy and Facies Association of Falher units C and D, Lower Cretaceous, Alberta Basin, Canada., *II AAPG/SVG International Congress*, Caracas, Venezuela, Abstracts, *AAPG Bulletin* 80(8), 1279 (1996).
- [14] Casas, J. Importance of bioturbation by interstitial meiobenthos in ancient sedimentary successions. *Memorias I Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Margarita*, Soc. Ven. Geol. Tomo I, 157-160. [https://www.researchgate.net/publication/250003981\\_Importancia\\_de\\_la\\_Bioturbacion\\_ocasionada\\_por\\_el\\_Meioyentos\\_intersticial\\_en\\_sucesiones\\_sedimentarias\\_antiguas](https://www.researchgate.net/publication/250003981_Importancia_de_la_Bioturbacion_ocasionada_por_el_Meioyentos_intersticial_en_sucesiones_sedimentarias_antiguas) (1997).
- [15] Casas, J. & Walker, R. High resolution sequence stratigraphy of Falher Division D, Spirit River Formation, Alberta, Canada. *Memorias I Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Margarita*, Soc. Ven. Géol. Tomo I, 145-155 (1997).
- [16] Casas, J. & Walker, R. Sedimentology and depositional history of unit C and D of the Falher Member, Spirit River Formation, West-Central Alberta. *Bull. of Canadian Petroleum Geology* 45(2), 218-238. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/495267> (1997).
- [17] Weimer, R.J., Howard, D.R. & Lindsay, D.R. Tidal flats and associated tidal channels En: Scholle, P.A. y Spearing, D., ed., *Sandstone Depositional Environments*. AAPG Memoir 31, 191-245 (1982).
- [18] Hayes, B.J.R. Incision of a Cadotte Member paleovalley-system at Noel, B.C. - Evidence of a Late Albian sea level fall, en: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoria 15, 97-106 (1988).
- [19] Vossler, S.M. & Pemberton, S.G. Ichnology of the Cardium Formation (Pembina oilfield): Implications for depositional and sequence stratigraphic interpretations En: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 15, 237- 254 (1988).
- [20] Harding, S.C. Facies interpretation of the Ben Nevis Formation in the North Ben Nevis M-61 well, Jeanne D'Arc Basin, Grand Banks, Newfoundland. En: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoria 15, p. 291-306 (1988).
- [21] Moslow, T.F. & Pemberton, S.G. An integrated approach to the sedimentological analysis of some lower Cretaceous shoreface and delta front sandstones sequences. En: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoria 15, p. 373-386 (1988).
- [22] Ranger, M.J., Pemberton, S.G. & Sharpe, R.J. Lower Cretaceous examples of a shoreface-attached marine bar complex: the Wabiskaw "C" Sand of northeastern Alberta En: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and Subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoria 15, p. 451-462 (1988).
- [23] Chen, J-Y., Bottjer, D., Oliveri, P., Dornbos, S., Gao, F., Ruffins, S., Chi, H., Li, C-W. & Davidson E. Small bilaterian fossils from 40 to 55 million years before the Cambrian. *Science* 305, 218-222. [https://www.researchgate.net/publication/8527645\\_Small\\_bilaterian\\_fossils\\_from\\_40\\_to\\_55\\_million\\_years\\_before\\_the\\_Cambrian](https://www.researchgate.net/publication/8527645_Small_bilaterian_fossils_from_40_to_55_million_years_before_the_Cambrian) (2004).
- [24] Pemberton, S.G., & Gingras, M. Classification and characterizations of biogenically enhanced permeability. *AAPG Bulletin*, 89(11), 1493-1517 <https://pubs.geoscienceworld.org/aapg/aapgbull/article/89/11/1493/40191/Classification-and-characterizations-of> (2005).
- [25] Schieber, J. Simple Gifts and Buried Treasures –Implications of Finding Bioturbation and Erosion Surfaces in Black Shales. *The Sedimentary Record* 1(2), 4-8 <https://thesedimentaryrecord.scholasticahq.com/article/30047-simple-gifts-and-buried-treasures-implications-of-finding-bioturbation-and-erosion-surfaces-in-black-shales> (2003).
- [26] Schieber, J. & Wilson, R. Burrows without a trace—How meioturbation affects rock fabrics and leaves a record of meiobenthos activity in shales and mudstones. *PalZ* 95, 767-791. <https://doi.org/10.1007/s12542-021-00590-7> (2021).
- [27] Pemberton, S. G., Maceachern, J., Gingras, M. & Saunders, T. Cryptobioturbation and the work of sedimentologically friendly organisms. *AAPG Annual Convention*, Long Beach, California. Abstracts. <https://www.searchanddiscovery.com/abstracts/html/2007/annual/abstracts/lbPemberton.htm> (2007).
- [28] Pemberton, S.G., Maceachern, J. B, Gingras, M., & Saunders T. Biogenic chaos: Cryptobioturbation and the work of sedimentologically friendly organisms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 270 (3-4), 273-279. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031018208004239> (2008).
- [29] Netto, R., Tognoli, F., Buatois, L. & Mangano, M. Reduction in Reservoir Potential by Cryptobioturbation. A Case Study In Upper Paleozoic Shallow-Marine Sandstones (Rio Bonito/ Palermo sedimentary succession, Paraná Basin, south Brazil). *Geological Society of America Abstracts with Programs* 40(6), 440. <https://gsa.confex.com/gsa/2008AM/webprogram/Paper146577.html> (2008).
- [30] Tonkin, N., Mcilroy, D., Meyer, R. & Moore, A. Bioturbation influence on reservoir quality: A case study from the Cretaceous Ben Nevis Formation, Jeanne d'Arc Basin, offshore Newfoundland, Canada. *AAPG Bulletin* 94(7), 1059-1078 (2010).

- [31] Ezeh, S., Mode, A., Adejinmi, K. & Ozumba, B. Cryptobioturbation; The Hidden Signature in Reservoir Homogenization: Example from Early-Late Miocene Core of the Niger Delta Basin. *International Conference and Exhibition-NAPE ICE*, Lagos, Nigeria. 1-12. [https://www.researchgate.net/publication/326461934\\_Cryptobioturbation\\_The\\_Hidden\\_Signature\\_in\\_Reservoir\\_Homogenization\\_Example\\_from\\_Early-Late\\_Miocene\\_Core\\_of\\_the\\_Niger\\_Delta\\_Basin](https://www.researchgate.net/publication/326461934_Cryptobioturbation_The_Hidden_Signature_in_Reservoir_Homogenization_Example_from_Early-Late_Miocene_Core_of_the_Niger_Delta_Basin) (2013).
- [32] Mayorga, C. & Sonnenberg, S. High-Resolution Reservoir Characterization of the Lewis Shale, Greater Green River Basin, Wyoming. *SPE/AAPG/SEG Unconventional Resources Technology Conference*, Houston, Texas, USA. <https://doi.org/10.15530/urtec-2021-5653> (2021).
- [33] Bann, K. & Fielding, C. An integrated ichnological and sedimentological comparison of non-deltaic shoreface and subaqueous delta deposits in Permian reservoir units of Australia, En: MCILROY, D. (ed.) 2004. *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*. Geological Society, London, Special Publications **228**, 273-310. <https://www.lyellcollection.org/doi/pdf/10.1144/gsl.sp.2004.228.01.13> (2004).
- [34] Casas, J. E. *Reporte Final de Estudios Geológicos. Caso Formación San Juan (Cretácico). Distrito Anaco, Venezuela*. Gazprom Latin América, Reporte interno no publicado, 100 p. (2011).
- [35] Green, T., Gingras, M., Gordon, G. & McKeel, D. The significance of deep-water cryptic bioturbation in slope-channel massive sand deposits of the lower Rio Dell Formation, Eel River basin, California. *Marine and Petroleum Geology* **29**(1), 152-174. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264817211001723?via%3Dihub> (2012).
- [36] Schieber, J. & Wilson, R. Burrows without a trace - How meioturbation affects rock fabrics and leaves a record of meibenthos activity in shales and mudstones. *Paläontologische Zeitschrift* **95**, 767-791. <https://doi.org/10.1007/s12542-021-00590-7> (2021).
- [37] Casas, J. Allostratigraphy of Falher member d, Spirit River formation (lower Cretaceous), Alberta, Canada. *Maya Revista de Geociencias* **1**, 109-123 <https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/12/Revista-Maya-Geociencias-Enero-2026.pdf> (2026).



## CLAVES PARA UNA REFORMA UNIVERSITARIA EN VENEZUELA: EDUCACIÓN SUPERIOR COMO MOTOR DE LA TRANSICIÓN DEMOCRÁTICA

### KEYS TO UNIVERSITY REFORM IN VENEZUELA: HIGHER EDUCATION AS AN ENGINE FOR DEMOCRATIC TRANSITION

Benjamín R. Scharifker<sup>1</sup> 

#### RESUMEN

Se aborda la urgente necesidad de una reforma universitaria en Venezuela en el contexto de su transición hacia la democracia. Se identifican cuatro elementos esenciales para dicha reforma: un aprendizaje innovador orientado a la transformación social y económica; una estructura académica flexible, interdisciplinaria y adaptada al futuro; instituciones universitarias autónomas, diversas y estrechamente vinculadas con la sociedad; y modelos de financiamiento y gobernanza transparentes y sostenibles. Se destaca la importancia de que la universidad recupere su rol como motor de cambio, formando ciudadanos críticos y comprometidos, capaces de liderar el desarrollo democrático y sostenible del país. Se proponen medidas concretas, como la revisión de la Ley de Universidades, la modernización curricular, el fortalecimiento de la investigación y la extensión, la descentralización institucional, la diversificación de fuentes de financiamiento, el establecimiento de alianzas estratégicas y la promoción de la participación estudiantil. Finalmente, se analizan los desafíos y oportunidades para implementar estas reformas, subrayando que la universidad debe ser protagonista en la reconstrucción de Venezuela, en base a los valores democráticos, la ética y su búsqueda constante de la excelencia.

#### ABSTRACT

The urgent need for university reform in Venezuela is addressed within the context of its democratic transition. Four essential elements for such reform are identified: innovative learning oriented toward social and economic transformation; a flexible, interdisciplinary academic structure adapted to the future; autonomous, diverse university institutions closely linked to society; and transparent and sustainable funding and governance models. The role of universities as catalysts for change is emphasized, as they educate critical and engaged citizens capable of leading the country's democratic and sustainable development. Concrete measures are proposed, including revising the University Law, modernizing curricula, strengthening research and outreach, institutional decentralization, diversifying funding sources, establishing strategic alliances, and promoting student participation. Finally, the challenges and opportunities for implementing these reforms are analyzed, underscoring that universities must play a leading role in Venezuela's reconstruction, based on democratic values, ethics, and their permanent pursuit of excellence.

**Palabras clave:** innovación, autonomía universitaria, financiamiento, flexibilidad curricular, gobernanza, desarrollo sostenible.

**Keywords:** innovation, university autonomy, financing, curricular flexibility, governance, sustainable development.

### 1. Introducción: Venezuela ante el reto de la transición democrática

Venezuela atraviesa una coyuntura histórica marcada por la urgencia de una transición democrática que permita superar años de crisis política, social y económica. La reconstrucción del tejido institucional y la restauración de la confianza ciudadana exigen reformas profundas en todos los ámbitos, incluyendo la educación superior. Las universidades, históri-

camente espacios de pensamiento crítico, generación y transferencia de conocimientos y compromiso social, enfrentan el desafío de transformarse para acompañar activamente la transición democrática del país. Esta urgencia no solo responde a la necesidad de formar profesionales competentes, sino también a la de fomentar el desarrollo, la cultura y el bienestar, consolidar ciudadanos capaces de liderar el cambio y reconstruir el pacto social.

<sup>1</sup> Departamento de Química, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Individuo de Número, Sillón XIV, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Correo-e: [benjamin@usb.ve](mailto:benjamin@usb.ve)

Este artículo forma parte del libro titulado *Luz en el túnel. Contribuciones a la reforma educativa que acompañen la necesaria y urgente transición a la democracia en Venezuela*, R. A. Uzcátegui (ed.), Ediciones de la Memoria Educativa Venezolana, Caracas, ISBN 978-980-18-8467-5, pp. 35-43 (2026).

En este contexto, la universidad venezolana requiere integrar cuatro elementos fundamentales: aprendizaje innovador y orientado a la transformación social, estructura académica flexible y adaptada al futuro, institucionalidad autónoma y conectada con la sociedad, y mecanismos de financiamiento y gobernanza transparentes y sostenibles. En este ensayo exploramos cómo estos ejes pueden articularse en una propuesta de reforma universitaria que impulse la transición democrática y el desarrollo sostenible en Venezuela.

## 2. El papel de la educación superior en la construcción democrática

La educación superior es mucho más que la formación de recursos humanos; constituye un espacio privilegiado para la deliberación, la innovación y la reproducción de valores democráticos. En sociedades en crisis, como la venezolana, la universidad puede ser un actor decisivo en la regeneración institucional, el diálogo plural y la reconciliación nacional. Para cumplir este rol, debe superar inercias, abrirse al cambio y asumir su responsabilidad histórica.

La universidad venezolana ha sido víctima de décadas de asfixia presupuestaria, intervencionismo político y deterioro de la infraestructura y la autonomía. Necesita recapitalizar su talento y renovar su compromiso social, a fin de catalizar la transición democrática. Para ello es necesario que se implementen reformas orientadas a recuperar y ampliar su capacidad de acción, su relevancia social y, sobre todo, su sostenibilidad.

## 3. Elementos esenciales para la reforma universitaria

### 3.1 Aprendizaje centrado en la innovación y la transformación social

El primer elemento de una reforma universitaria orientada a la democracia es el aprendizaje que trasciende la mera transmisión de conocimientos para convertirse en un proceso de formación integral, capaz de promover valores democráticos, pensamiento crítico, creatividad y compromiso cívico. En el contexto venezolano, este enfoque es fundamental para reconstruir la confianza en las instituciones y estimular que la formación de los jóvenes los transforme en agentes de cambio.

Para lograrlo, es necesario impulsar metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo y la integración de tecnologías emergentes. Estas estrategias permiten que los estudiantes desarrollen competencias para resolver problemas complejos en entornos cambiantes, una habilidad esencial para la reconstrucción democrática y la recuperación económica de Venezuela. Además, el currículo debe incorporar contenidos sobre derechos humanos, ética pública, participación ciudadana y cultura de paz, de modo

que la universidad se convierta en un semillero de líderes comprometidos con la transformación social.

La formación integral debe también priorizar el desarrollo de habilidades blandas, como la comunicación, la empatía y la capacidad de negociación, así como estimular la investigación, tanto la que se refiere a los temas de mayor interés global como la aplicada a los desafíos nacionales. La universidad debe ser un espacio donde se procuren soluciones a los problemas reales, involucrando a estudiantes y profesores en proyectos de interés para la producción y la provisión de servicios, acarreando impacto directo en la economía y el bienestar.

La integración de asignaturas y talleres dedicados a la democracia, los derechos humanos y la ciudadanía activa en todos los programas de estudio resulta esencial para fomentar una cultura democrática y participativa. Esta formación debe complementarse con la promoción de la innovación a través de laboratorios de emprendimiento social y tecnológico, espacios que permitan a los estudiantes desarrollar proyectos con impacto real en la sociedad y adquirir competencias para enfrentar los retos contemporáneos. Además, es fundamental potenciar la extensión universitaria, conectando el aprendizaje académico con las necesidades concretas de las comunidades y las empresas locales, promoviendo así el compromiso social, la responsabilidad ciudadana y el desarrollo económico. De este modo, la universidad no solo forma profesionales capacitados, sino ciudadanos comprometidos, productivos, creativos y críticos, preparados para liderar procesos de transformación democrática y contribuir activamente al desarrollo sostenible del país.

### 3.2 Estructura académica flexible y orientada al futuro

El segundo elemento es la transformación de la estructura académica, que debe ser flexible, interdisciplinar y capaz de anticipar las demandas de la sociedad y el mercado laboral. En la llamada era cognitiva, marcada por la inteligencia artificial y el avance tecnológico, la universidad venezolana no puede permanecer anclada en modelos rígidos y desactualizados.

La flexibilidad curricular es clave para responder a la diversidad de trayectorias estudiantiles y a los cambios acelerados en el entorno. Esto implica permitir itinerarios personalizados, reconocimiento de aprendizajes previos, y la posibilidad de combinar estudios en distintas áreas del saber. Asimismo, es fundamental impulsar programas interdisciplinarios que integren ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas (STEAM), pero también ciencias sociales y humanidades, incorporando la perspectiva de la sostenibilidad ambiental y social.

La educación continua, accesible y a lo largo de la vida debe formar parte de la oferta universitaria, facilitando la

actualización permanente de profesionales y ciudadanos. Igualmente, se debe fomentar la movilidad estudiantil y profesoral, tanto dentro del país como en el extranjero, para enriquecer la experiencia académica y fortalecer redes de colaboración internacional.

En el marco de una estructura académica flexible y orientada al futuro, es fundamental crear carreras y programas adaptables que incluyan módulos optativos y pasarelas entre distintas titulaciones. Esto permite a los estudiantes diseñar trayectorias formativas personalizadas y responder de manera ágil a las demandas cambiantes del mercado laboral y la sociedad. Además, el impulso a las dobles titulaciones y a los programas conjuntos con universidades extranjeras amplía las oportunidades de internacionalización, fomenta el intercambio académico y enriquece la experiencia educativa, dotando a los graduados de una visión global y competencias interculturales. El desarrollo de plataformas digitales para la educación a distancia y la formación continua es imprescindible para garantizar el acceso permanente al aprendizaje, facilitando la actualización profesional y la inclusión de sectores tradicionalmente excluidos del sistema universitario. Asimismo, la certificación de competencias y saberes adquiridos fuera del aula otorga valor a la experiencia previa y a los aprendizajes informales, promoviendo una educación verdaderamente integral y orientada al desarrollo de capacidades relevantes para el siglo XXI.

### 3.3 Instituciones universitarias diversas, autónomas y vinculadas con la sociedad

El tercer elemento es la reconstrucción de la institucionalidad universitaria sobre bases de autonomía, diversidad y vinculación efectiva con la sociedad. La autonomía universitaria es condición *sine qua non* para el pensamiento crítico, la generación de conocimientos, la creación, la innovación y la defensa de los valores democráticos. No obstante, en Venezuela, la autonomía ha sido permanentemente amenazada por la injerencia estatal, la precariedad presupuestaria y la falta de mecanismos efectivos de participación.

Una reforma universitaria democrática debe garantizar la independencia de gestión, la pluralidad de modelos institucionales y la apertura a la participación de todos los actores: estudiantes, profesores, personal administrativo, egresados y sociedad civil. La diversidad institucional, que permita la coexistencia de universidades públicas experimentales y no experimentales, privadas, institutos tecnológicos, territoriales o comunitarios, favorece la innovación y la adaptación a contextos locales.

Es crucial fortalecer la vinculación universidad-sociedad, estableciendo alianzas estratégicas con el sector productivo, las comunidades y organismos internacionales. Así, la univer-

sidad no solo responde a las demandas del entorno, sino que también contribuye activamente a la solución de problemas y al desarrollo territorial. La descentralización y la competitividad académica deben ser incentivadas mediante la promoción de buenas prácticas en docencia, investigación y extensión.

La consolidación de instituciones universitarias diversas, autónomas y comprometidas con la sociedad requiere una serie de acciones concretas orientadas a fortalecer la democracia interna y la vinculación con el entorno. En primer lugar, resulta imprescindible la reforma de los estatutos universitarios para asegurar una genuina autonomía de gobierno y la participación de todos los actores implicados en la vida universitaria. Esto debe complementarse con el establecimiento de consejos universitarios de composición plural, que integren representantes de estudiantes, profesores, personal administrativo y egresados, dotados de mecanismos efectivos de rendición de cuentas y transparencia en su gestión. Además, es fundamental el desarrollo de programas de extensión y transferencia de conocimiento enfocados en dar respuesta a las necesidades regionales y nacionales, articulando la labor académica con los desafíos concretos de las comunidades y sectores productivos. Finalmente, el fomento de redes universitarias y consorcios interinstitucionales para la investigación y la innovación permitirá sumar capacidades, compartir buenas prácticas y potenciar el impacto de la universidad en el desarrollo territorial y en la construcción de una sociedad más productiva, justa y participativa.

### 3.4 Patrimonio, recursos y gobernanza de las universidades

El cuarto elemento es la gestión sostenible del patrimonio y los recursos universitarios, así como la implementación de modelos de gobernanza transparentes y eficaces. La asfixia financiera ha sido uno de los principales obstáculos para el funcionamiento de las universidades venezolanas, que han visto mermada su capacidad de inversión, mantenimiento y desarrollo institucional.

Para romper este círculo vicioso, es imprescindible diversificar las fuentes de financiamiento, combinando subsidios estatales directos, matrículas diferenciadas, ingresos propios generados por servicios, consultorías y proyectos, así como la creación de fideicomisos y alianzas público-privadas. Esto solo puede lograrse con una gestión autónoma del patrimonio, orientada al desarrollo sostenible, permitiendo a las universidades invertir en infraestructura, tecnología y bienestar estudiantil.

La gobernanza universitaria debe basarse en la transparencia y la rendición de cuentas, mediante auditorías independientes, publicación de informes de gestión y participación de la sociedad en los órganos de control. Solo así se recuperará

la confianza ciudadana y se facilitará la captación de recursos externos, nacionales e internacionales.

La sostenibilidad financiera de las universidades venezolanas requiere la puesta en marcha de modelos de financiamiento mixto, diseñados específicamente para la realidad del país y con el objetivo de garantizar la viabilidad institucional a largo plazo. Para ello, resulta fundamental revisar la figura jurídica de las universidades públicas, de modo que puedan gestionar y administrar plenamente su patrimonio, utilizando estos recursos para su propio desarrollo y modernización. Además, es imprescindible la creación de fondos destinados a la investigación y la innovación, cuya asignación se realice bajo criterios de transparencia y competencia, favoreciendo así la excelencia académica y científica. La implementación de sistemas de información y control de gestión accesibles tanto para la comunidad universitaria como para el público en general permitirá aumentar la transparencia y la rendición de cuentas, elementos clave para recuperar la confianza social. Por último, la promoción activa de la filantropía, el patrocinio y la cooperación internacional se presenta como una fuente complementaria de recursos que puede contribuir significativamente al fortalecimiento institucional y al desarrollo integral de las universidades.

#### 4. Propuestas concretas para la reforma universitaria en Venezuela

A partir de los cuatro elementos expuestos, se proponen una serie de medidas concretas para orientar la reforma universitaria en el marco de la transición democrática:

- 4.1 **Revisión participativa de la Ley de Universidades** para actualizar el marco legal, garantizar la autonomía y establecer mecanismos de gobernanza democrática y transparente.
- 4.2 **Modernización del currículo** mediante la incorporación de competencias para la democracia, la sostenibilidad y la innovación, así como la flexibilización de trayectorias formativas.
- 4.3 **Fortalecimiento de la investigación y la extensión** universitaria, orientando los esfuerzos académicos a la solución de problemas globales, nacionales y regionales.
- 4.4 **Descentralización y diversificación institucional**, promoviendo la consolidación de universidades experimentales en ámbitos nacionales y regionales, y facilitando la movilidad y el intercambio académico.
- 4.5 **Implementación de modelos de financiamiento sostenible** basados en la diversificación de fuentes, la autonomía en la gestión del patrimonio y la rendición de cuentas.
- 4.6 **Establecimiento de alianzas estratégicas** con el sector productivo, la sociedad civil y organismos interna-

cionales para el desarrollo de proyectos conjuntos y la captación de recursos.

4.7 **Desarrollo de infraestructuras digitales** que permitan la educación a distancia, el acceso abierto al conocimiento y la internacionalización de la oferta académica.

4.8 **Fomento de la participación estudiantil** en los órganos de gobierno universitario y en la vida académica, promoviendo la cultura cívica desde la base.

#### 5. Desafíos y oportunidades en la implementación

La puesta en marcha de una reforma universitaria de esta naturaleza enfrenta múltiples desafíos. El contexto venezolano está marcado por la diatriba política, la crisis económica, la emigración masiva de talento y la desconfianza en las instituciones. Sin embargo, también existen oportunidades: una sociedad ávida de cambio, una diáspora dispuesta a colaborar y experiencias acumuladas en la resistencia universitaria a lo largo de las últimas décadas.

Entre los principales retos destacan la necesidad de consensuar una visión compartida del futuro universitario, superar la resistencia al cambio, garantizar la seguridad y el bienestar de la comunidad universitaria y asegurar recursos suficientes para la modernización. La cooperación internacional, la recuperación de la confianza social y el liderazgo de las nuevas generaciones, serán factores clave para el éxito de la reforma.

No menos importante es la construcción de mecanismos de evaluación y seguimiento que permitan ajustar las políticas y garantizar la calidad y pertinencia de la educación superior. La transparencia, la participación y la innovación deben ser principios rectores en todo el proceso de transformación.

#### 6. Conclusión. La universidad como motor de la democracia y el desarrollo sostenible

La transición democrática en Venezuela requiere de universidades fuertes, autónomas, innovadoras y comprometidas con la sociedad. La reforma universitaria debe ser parte central del proceso de reconstrucción nacional, no solo como proveedora de conocimiento técnico, sino como espacio de formación de ciudadanos críticos, responsables, solidarios y productivos.

Integrar los cuatro elementos analizados –aprendizaje innovador y social, estructura académica flexible, institucionalidad autónoma y vinculada, y financiamiento sostenible y transparente– es condición indispensable para que la universidad venezolana recupere su papel histórico y se convierta en motor de la democracia y el desarrollo sostenible. Solo así podrá contribuir a la construcción de un país más productivo, justo y plural, respetuoso de las libertades y con instituciones democráticas robustas, capaz de enfrentar los desafíos del presente y de garantizar oportunidades para todos.

La universidad venezolana tiene la responsabilidad y la oportunidad de liderar la transición democrática, demostrando que el conocimiento, la ética y la búsqueda constante de la excelencia son las herramientas más poderosas para la trans- formación. El futuro de Venezuela depende de su capacidad para reinventarse y para ello necesita de una educación superior sólida al servicio del bien común.



## RECORDANDO A

*Vladimiro Mujica*



Con ocasión del sensible fallecimiento del Dr. Vladimiro Mujica, recientemente acaecido en Ciudad de México, el Dr. José Luis Paz expresó sus sentimientos en el siguiente escrito.

### **Mi amigo Vladimiro: un legado de excelencia y generosidad**

Te conocí por primera vez en **marzo de 1977**. Recuerdo la luz inundando aquella aula frente al decanato de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela (UCV), mientras el profesor Luis Cortés dictaba Química General. Entraste con un grupo de estudiantes, todos con cascos naranjas, para darnos la bienvenida en nuestro primer día de clases. En ese instante, con la intuición de la juventud, pensé: *Qué bueno sería ser su amigo*. Dios me escuchó, y hoy, tras **49 años de vida compartida**, puedo decir con orgullo que no solo fuiste mi amigo, sino mi mejor amigo.

No olvido tu generosidad intelectual al regreso de tu doctorado en Uppsala, Suecia: nos regalaste más de 120 clases magistrales de cuántica a Isaac Reif, Héctor Franco y a mí. Aquellas mañanas y tardes cerca de las oficinas de Carmelo y Orlando fueron nuestro verdadero espacio del saber. Me cediste tu oficina en el primer piso mientras terminabas tu estancia doctoral, y recuerdo aquellos libros que enviabas desde Suecia con nuestra querida Tatiana Mérida.

**Tu vida fue una lección de elegancia y sabiduría.** Te acompañé el día de tu concurso de oposición, y años después, celebré tu merecido Premio Polar en 2001, donde nos recordaste a todos que la verdadera grandeza habita en la humildad.

Pasamos horas interminables junto a Máximo García-Sucre y Emilio Squitieri, intentando que la ciencia brillara incluso cuando la «niebla política» amenazaba con oscurecerlo todo. Juntos construimos espacios en la Universidad Simón Bolívar (USB) bajo la rectoría de Benjamín, rodeados de buenos maestros como Bifano, Gzyl, Bolívar, Krentzien, entre muchos otros. Fuiste un hombre de ciencia y democracia, pero por encima de todo, fuiste un caballero. Nunca desatendiste a tus amigos, fuiste siempre generoso con todos; ahí la razón del respeto y admiración que todos sentían por ti.

Incluso en la distancia, cuando Ecuador nos acogió, seguimos construyendo. Recuerdo al decano Dr. Luis Lascano decirme, tras apenas una hora de escucharte hablar cuando venías de Yachay para apoyar con la creación del Departamento de Química de la Escuela Politécnica Nacional: *Qué persona tan brillante es tu amigo*. Tu intelecto era así: una fuerza natural que ponía orden al caos en cuestión de minutos.

Nos quedaron tareas pendientes. Me queda la tarea de publicar nuestro artículo sobre la **universalidad del factor integrante en termodinámica**, que enviaré con tu nombre en lo alto, como siempre debió ser. Y me queda ese vacío de la visita pendiente a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Lima, donde la cuántica te esperaba este mayo.

Más allá de los laboratorios, me llevo lo cotidiano: viste crecer a mis hijos, nuestro almuerzo en la «**Mujicada**» de San Diego junto a Fernando González Jiménez, las conchas en Ecuador y esos *toques técnicos* en la Buhardilla de Bello Monte en Caracas con Michele Milo, entre tantos otros, donde el ambiente cargado de intelectualidad y academia permitía también descansar.

Fuiste coherente hasta el último aliento. Un ciudadano ejemplar y un amigo incondicional. «Luz de ciencia y libertad», la huella que nos dejaste. Sé que desde donde estés, seguirás cuidando de Gabriela, Froilan y de tus nietos. La Venezuela que está por nacer sabrá reconocer tus luchas.

Hasta siempre, Vladimiro. Gracias por el honor de haber caminado a tu lado.

**José Luis Paz**

Sillón XXIX. Acfiman

Lima, 27 de abril de 2026



## GUÍA PARA LOS AUTORES

### Boletín

#### Objetivos generales

El boletín es el órgano de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales para la difusión del conocimiento científico y técnico. Es una publicación semestral, de libre acceso, revisada por pares y multidisciplinaria en temas de competencia de la Academia. Es una publicación digital, que será impresa cuando así lo considere la Comisión Editora y la Junta de Directores. Su publicación no genera costos a los autores.

El Boletín publica preferentemente trabajos de investigación originales, artículos de revisión, ensayos, trabajos de incorporación, discursos y resultados de foros auspiciados por la Corporación. Se entiende que el material enviado al Boletín de la Academia no ha sido publicado ni enviado a otros órganos de difusión cualesquiera sean su tipo.

- *Artículos de investigación.* Contribuciones originales resultantes de investigaciones científicas realizadas por los autores.
- *Artículos de revisión.* Son trabajos exhaustivos sobre un tema (campo del conocimiento, línea de investigación, etc.) particular. Se recomienda que los mismos puedan dar una visión integradora del tema, actualizando la información proveniente de diferentes autores y fuentes y colocándola en un lenguaje accesible a públicos cultos, aunque no necesariamente especialistas en el campo.
- *Ensayos.* Son trabajos similares a los anteriores donde el mayor peso lo tienen las opiniones que el autor pueda desarrollar sobre un tema de actualidad y de prioritario interés para la Corporación, incluyendo la posibilidad de información original, producto de investigaciones propias del autor que podrían enriquecer el ensayo con información actual.
- *Trabajos de Ingreso.* Como su nombre lo indica, son los trabajos sometidos a la Corporación como requisito parcial para ser aceptado como Miembro Correspondiente.
- *Discursos.* Se incluirán los discursos realizados por las autoridades de la Corporación, por invitados a la Corporación o por cualquier miembro de la Academia durante el acto de su incorporación.
- *Resultados de foros.* La revista publicará en forma regular los resultados parciales (resúmenes) o en extenso de foros organizados por la Academia.

#### Normas para la presentación de trabajos sometidos a publicación

Los artículos para el Boletín se presentan en tamaño carta a una columna y son recibidos en Word o LaTeX. Podrán ser escritos en español o inglés.

- Los manuscritos deben contener:
  - » Título en español y en inglés.
  - » Resumen en español y en inglés de hasta 150 palabras.
  - » Palabras claves en español y en inglés.
  - » Dirección postal de los autores. Indicar el autor de correspondencia.
- El Boletín se estructura en secciones: Introducción, Metodología, Resultados, Discusión, Conclusiones, etc. Las secciones tienen un nivel hasta 4, siendo las tres primeras estrictamente numeradas: sección (1.), subsección (1.1), subsubsección (1.1.1) y párrafo (sin número en letra cursiva).
- Figuras, cuadros y tablas pueden estar incluidas en el texto, pero también deben ser enviadas (correctamente identificadas) por separado. Deben ser concisas y legibles. Su tamaño debe adecuarse al espacio de una columna (80 mm) o de doble columna (160 mm).
- Las tablas y cuadros no deben contener líneas internas ni sombreados. Deben ser presentadas en Excel cuando el texto es en Word.
- Figuras y fotografías:
  - » Color: resolución de 300 dpi; en RGB (edición digital); número colores 8-bit (256).
  - » Tono de grises: resolución de 300 dpi.
  - » Blanco y negro: resolución de 600 dpi.
- Para claridad, evitar patrones de sombreado y relleno en las figuras. Cuando se trabaje en Word, salvar en TIFF preferiblemente, y en LaTeX, guardar el PDF.
- Los pies de página deben evitarse en lo posible. No se permitirán para referencias.
- Tener los permisos de *copyright* en todos los casos que lo requieran.
- Referencias bibliográficas:
  - » El estilo de citas es numérico Vancouver; es decir, [1]. El orden en la lista de referencias (bibliografía) es

aquel del trabajo citado en el texto y el número encerrado en corchetes.

- » El estilo de la bibliografía es similar al de Nature. Los siguientes ejemplos ilustran las diferentes formas de presentación de las referencias bibliográficas. (ejemplos).

- [1] White, B. D., Thompson, J. D. y Maple, M. B. Unconventional superconductivity in heavy-fermion compounds. *Physica C* **514**, 246-278 (2015).
- [2] Ortman, J. E. *et al.* Competition between antiferromagnetism and ferromagnetism in  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  probed by Mn and Co doping. *Sci. Rep.* **3**, 2950 (2013).
- [3] Betts, D. S. *An Introduction to Millikelvin Technology* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1989).
- [4] Landaeta, J. F. Unconventional superconductivity and quantum criticality in noncentrosymmetric heavy fermions. Tesis de Doctorado, Universidad Central de Venezuela (2017).
- [5] López, S. E., Ceballos, J. y Quiroz, A. L. Quantum bits: a new way for computing. Preprint en <http://arXiv.org/quant-ph/0210156> (2020).
- [6] Bonalde, I. Producción científica en Venezuela en los últimos 30 años, <https://sites.google.com/site/lowtemplab/venezuela-1982-2012> (2013)
- [7] Bauer, E. y Sigríst, M. (eds.) Non-Centrosymmetric

Superconductors: Introduction and Overview, Lecture Notes in Physics Vol. 847 (Springer-Verlag, Berlin, 2012).

- [8] Kimura, N. y Bonalde, I. Non-centrosymmetric heavy fermion superconductors. En Non-Centrosymmetric Superconductors: Introduction and Overview, Bauer, E. y Sigríst, M. (eds.) Lecture Notes in Physics Vol. 847 (Springer-Verlag, Berlin, 2012), Cap. 2, pp. 35–79.

### Notas adicionales si se usa LaTeX

Además de las indicaciones anteriores, se sugiere:

- Utilizar documentclass article
- Se sigue `\cite{key}`  $\rightarrow$  [#], donde # es un número dado por el orden en la bibliografía.

### Envío de documentos

Para evaluación se debe enviar el manuscrito (texto con figuras, cuadros y tablas incluidas) en PDF.

### De ser aceptado el manuscrito, se debe enviar:

- Word: texto archivo.doc; tablas y cuadros en Excel y figuras en TIFF
- LaTeX: archivo .tex (con referencias incluidas) y figuras en PDF.

Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales  
Palacio de las Academias, av. Universidad. Apartado de correo 1421. Caracas, 1010-A. Venezuela

---

