

## **Excavando más profundo en las prácticas paleontológicas coloniales en el México y Brasil modernos**

**Título original en inglés: Digging deeper into colonial palaeontological practices in modern day Mexico and Brazil**

Juan Carlos Cisneros<sup>1</sup>, Nussaibah B. Raja<sup>2</sup>, Aline M. Ghilardi<sup>3</sup>, Emma M. Dunne<sup>4</sup>, Felipe L. Pinheiro<sup>5</sup>, Omar Rafael Regalado Fernández<sup>6</sup>, Marcos A. F. Sales<sup>7</sup>, Rubén A. Rodríguez-de la Rosa<sup>8</sup>, Adriana Y. Miranda-Martínez<sup>9</sup>, Sergio González-Mora<sup>10</sup>, Renan A. M. Bantim<sup>11</sup>, Flaviana J. de Lima<sup>12</sup>, Jason D. Pardo<sup>13</sup>

*Traducción al español realizada por ORRF y SGM*

<sup>1</sup> Museu de Arqueologia e Paleontologia, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, PI, 64049-550, Brazil, <https://orcid.org/0000-0001-6159-1981>

<sup>2</sup> GeoZentrum Nordbayern, Department of Geography and Geosciences, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg, Loewenichstr. 28, 91054 Erlangen, Germany, <https://orcid.org/0000-0002-0000-3944>

<sup>3</sup> Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Brazil, <https://orcid.org/0000-0001-9136-0236>

<sup>4</sup> School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham, B15 2TT, UK, <https://orcid.org/0000-0002-4989-5904>

<sup>5</sup> Laboratório de Paleobiologia, Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, Brazil

<sup>6</sup> Earth Science Department, University College London, London, United Kingdom, <https://orcid.org/0000-0002-6247-6181>

<sup>7</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - Campus Acopiara, Ceará, Brazil

<sup>8</sup> Unidad Académica de Ciencias Biológicas-Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Zacatecas, Calzada Solidaridad, S/N, Campus II, C.P. 98060, Zacatecas, Mexico. <https://orcid.org/0000-0002-7219-1550>

<sup>9</sup> Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, México.

<sup>10</sup> Museo de Paleontología, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, México, <https://orcid.org/0000-0001-9709-2033>

<sup>11</sup> Laboratório de Paleontologia, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Regional do Cariri. Rua Coronel Antônio Luís, 1161, Pimenta, Crato, Ceará, Brazil, <https://orcid.org/0000-0003-4576-0989>

<sup>12</sup> Laboratório de Paleobiologia e Microestruturas, Centro Acadêmico de Vitória - Universidade Federal de Pernambuco (CAV/UFPE), R. Alto do Reservatório - Alto José Leal, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brazil, <https://orcid.org/0000-0001-8602-6508>

<sup>13</sup> University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada T2N 4N1

### **Contribuciones de los autores**

JCC, NBR, AMG and EMD concibieron el proyecto. JCC, AMG, FLP, ORRF, MAFS, AYM, SGM, RAMB, RARR y FJL compilaron los datos en las tablas. NBR, JCC and FLP hicieron las figuras. Todos en la lista de autoría contribuyeron y aprobaron el manuscrito.

### **Resumen**

Las prácticas científicas derivadas del colonialismo, en las que los países de ingresos medios y bajos suministran datos para los países de ingresos altos y en las que se devalúan las contribuciones de los conocimientos especializados locales, siguen prevaleciendo hoy en día en el campo de la paleontología. En respuesta a estas prácticas injustas, países como México y Brasil adoptaron leyes y regulaciones protectoras durante el siglo XX para preservar su patrimonio paleontológico. Sin embargo, el colonialismo científico todavía se refleja en muchas publicaciones que describen especímenes fósiles obtenidos de estos países. Aquí, presentamos ejemplos de "colonialismo paleontológico" en publicaciones sobre fósiles del Jurásico-Cretácico del NE de México y NE de Brasil que abarcan las últimas tres décadas. Los problemas comunes que identificamos en estas publicaciones son la ausencia de trabajo de campo y de declaraciones de permisos de exportación, y la falta de expertos locales entre la lista de autores. En México, el acceso a muchos especímenes fósiles está restringido debido a que estos especímenes se encuentran en colecciones privadas, mientras que un gran número de estudios sobre fósiles brasileños se basan en especímenes depositados ilegalmente en colecciones extranjeras, particularmente en Alemania y Japón. Finalmente, esbozamos y discutimos los impactos académicos y sociales más amplios de estas prácticas de investigación, y proponemos recomendaciones exhaustivas a científicos, revistas, museos, instituciones de investigación y agencias gubernamentales y de financiamiento para superar estas prácticas.

**Palabras clave:** colonialismo científico, ciencia paracaidista, ética de la investigación, patrimonio paleontológico, comercio ilegal de fósiles, América Latina

## 1. Introducción

Los avances científicos jugaron un papel importante en el apoyo a la agenda del colonialismo europeo. La curiosidad científica se señala como una de las motivaciones clave detrás de las expediciones que condujeron a la colonización y anexión de regiones de Asia, África y América [1]. Como resultado, muchos especímenes "exóticos" recolectados por naturalistas o geólogos provenientes de las colonias fueron enviados de regreso al estado colonial respectivo, para adornar casas de miembros de alto rango de la sociedad o para ser depositados en sociedades o instituciones científicas nacionales, con el propósito de investigación científica [1,2]. Esto último llevó al establecimiento de grandes museos para albergar las vastas colecciones de curiosidades traídas a Europa de expediciones en el extranjero, así como conquistas imperiales dentro de Europa. Aunque el colonialismo se describe con frecuencia en contextos políticos, sociales y militares, también está presente en muchas prácticas científicas que todavía se usan hoy en día. El desarrollo de disciplinas científicas, programas educativos y organizaciones académicas fueron todos productos diseñados para beneficiar el avance colonial [3], por ejemplo, los avances en las herramientas geológicas permitieron a las potencias coloniales descubrir y explotar varios recursos naturales en las colonias.

Esta estructura de la ciencia colonial, derivada de la práctica de la ciencia en las colonias, ha dado lugar al "colonialismo científico" en el mundo poscolonial, algunos de cuyos aspectos extractivos a veces se denominan ciencia paracaídas [4-7], investigación helicóptero [8,9], o incluso ciencia parasitaria [7]. Dentro del colonialismo científico, los países de ingresos medios y bajos son percibidos como proveedores de datos y especímenes para los países de altos ingresos, las contribuciones de los colaboradores locales se devalúan u omiten, y los marcos legales en los países de ingresos bajos se trivializan o incluso se ignoran [6,10-13]. A su vez, las naciones colonizadas deben su riqueza a estas prácticas coloniales extractivas que han existido durante siglos, lo que les permite acumular conocimiento, poder y recursos financieros. Estas prácticas extractivas persisten en el campo de la paleontología hasta el día de hoy [14,15].

En respuesta a una larga historia de prácticas científicas coloniales, muchos países, sobre todo varios países latinoamericanos, adoptaron leyes y regulaciones protectoras en el siglo XX para preservar y proteger su patrimonio biológico, arqueológico y paleontológico. Bajo estas leyes, los fósiles se consideran propiedad de la nación, y su venta, compra y exportación permanente está prohibida [16–18]. Países como Brasil [19], Argentina [16], Colombia [20] y Chile [21] también obligan a una parte extranjera a asociarse con una institución local para realizar trabajo de campo en el país respectivo y recolectar muestras fósiles. Brasil y México prohíben el comercio de sus fósiles, requieren permisos para su exportación temporal y, en el caso de Brasil, no se permite la exportación permanente de especímenes utilizados para describir nuevas especies (holotipos) [22,23]. Estos dos países, a pesar de la presencia de leyes y regulaciones, siguen siendo víctimas del colonialismo científico, incluido el tráfico ilícito de especímenes fósiles. De hecho, el comercio ilegal de fósiles en Brasil ha sido atribuido a la presencia de leyes; Martin [24,25] afirma que el hecho mismo de que existan leyes para la protección de estos fósiles podría ser la razón por la que los funcionarios pueden ser sobornados y por la que estos fósiles pueden venderse a un precio considerable en el mercado negro.

Tanto México como Brasil fueron colonias europeas con vastos territorios, grandes cuencas sedimentarias y un enorme potencial paleontológico que permanece relativamente inexplorado. Estas características, junto con el predominio de una población general de bajos ingresos y monedas locales débiles, las convierten en objetivos atractivos para el colonialismo paleontológico. En las últimas décadas, las formaciones Crato y Romualdo de la cuenca de Araripe en el NE de Brasil y las cuencas de Sabinas, Parras y La Popa (Golfo de México) en el NE de México han producido una riqueza sin precedentes de fósiles del Jurásico al Cretácico (hace 200-66 millones de años). Estos depósitos fósiles extremadamente ricos y bien conservados, conocidos como *Lagerstätten*, han enriquecido nuestra visión de la evolución revelando una gran cantidad de nuevos vertebrados (figuras 1 y 2), invertebrados, plantas y hongos [26-29]. Estos yacimientos producen ejemplos fascinantes de preservación de fósiles, incluidos varios casos de tejidos blandos [30-34]. Sin embargo, la mayor parte de la producción de investigación publicada sobre fósiles de estas regiones ha sido dirigida por grupos de investigación de procedencia extranjera con la participación limitada de grupos locales. Muchos de estos estudios se basan en fósiles que han sido adquiridos y/o exportados de forma poco ética y/o irregular [35]. Varios fósiles publicados carecen de información geográfica y geológica contextual, mientras que muchos especímenes importantes se encuentran en colecciones privadas o extranjeras, donde pueden ser de difícil acceso. Publicaciones recientes que describen nuevas especies fósiles como el plesiosaurio *Mauriciosaurus fernandesi* [32] (figura 1e) y el tiburón *Aquilolamna milarcae* [38] (figura 1f) de la Formación Agua Nueva (Cuenca Sabinas), México, así como el reptil parecido a una serpiente *Tetrapodophis amplectus* [36] (figura 2a) y el dinosaurio "*Ubirajara jubatus*" [37] (figura 2c) ambos de la Formación Crato (Cuenca Araripe) Brasil, han planteado una serie de cuestiones que involucran la ética, cuestiones legales y la reproducibilidad científica. En este estudio, presentamos y discutimos el impacto académico y social de las investigaciones publicadas durante 1990-2021 que representan ejemplos de colonialismo científico en Brasil y México (Recuadro 1). Elegimos este período de tiempo ya que (1) es cuando se ha llevado a cabo la mayor cantidad de investigaciones en las dos cuencas que elegimos como estudios de caso y (2) muchas de las leyes y regulaciones relevantes se establecieron justo antes de o en 1990. También proponemos alternativas y recomendaciones a la comunidad científica, revistas, instituciones de investigación y agencias gubernamentales para superar estas prácticas y garantizar que la investigación paleontológica futura sea más ética y sostenible.

## 2. Marco jurídico

### 2.1. México

Una ley sobre monumentos arqueológicos fue establecida en México en 1897 [39], como reacción al saqueo del sitio maya de Chichén Itzá por Edward Thompson, entonces cónsul de los Estados Unidos en Mérida, Yucatán [40,41]. Actualmente, la ley vigente es la Ley Federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, publicada en 1972 [42]. El Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH, fue creado a través de una ley orgánica en 1939 [40,43] con el fin de proteger este patrimonio. Un decreto presidencial emitido en 1986 [44] agregó el artículo 28bis a la ley de 1972 y reformó la Ley Orgánica del INAH, haciéndolo responsable de supervisar cualquier actividad que implique el descubrimiento y tratamiento de cualquier material fósil, la delimitación de un sitio fosilífero y la salvaguarda

del material en una colección [18,45]. La ley declara que los fósiles son propiedad de la Federación Mexicana aunque estén bajo custodia de un particular (artículos 27, 28 y 28 bis [42]). Las colecciones privadas, es decir, las colecciones de fósiles propiedad de particulares o empresas, deben estar registradas por el INAH [46]. Los fósiles en colecciones privadas son inalienables e imprescriptibles, es decir, una vez registrados, no pueden transferirse a otras colecciones [42]. Desde 1986, la ley mexicana prohíbe explícitamente que los fósiles se comercialicen en México [44,47]. En 1994, el INAH creó el Consejo Nacional de Paleontología para formar un grupo multidisciplinario e interinstitucional con el objetivo de llegar a un acuerdo sobre qué, cómo y por qué legislar la investigación sobre el patrimonio paleontológico en México [23,48]. La ley mexicana no requiere formalmente que miembros de comunidades paleontológicas e instituciones extranjeras trabajen con un socio local. Sin embargo, el Consejo Nacional de Paleontología publicó recientemente una serie de recomendaciones para estudios paleontológicos en el país [49] aconsejando a las partes extranjeras que deseen trabajar en el país que notifiquen previamente al consejo (Recuadro 2). Las leyes mexicanas originales y sus traducciones al inglés están disponibles en el Apéndice B.

## **2.2. Brasil**

En Brasil, los fósiles están protegidos por el Decreto 4.146, publicado en 1942 [50], que establece que los fósiles no pueden ser de propiedad privada, ya que pertenecen a la Unión, y que la recolección de fósiles requiere una autorización de la Agência Nacional de Mineração, ANM (Agencia Nacional de Minería, anteriormente Departamento Nacional de Producción Mineral). En 1990, el gobierno brasileño publicó el Decreto 98.830 (Recuadro 3)[19] para regular las expediciones científicas extranjeras que recolectan material biológico o paleontológico, es decir, fósiles, en el país. Esta ley está regulada por la Ordenanza 55 del Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação, MCTI, anteriormente MCT [51] (véase el recuadro 3). De acuerdo con esta legislación [51], cualquier parte extranjera que desee exportar permanentemente especímenes de Brasil debe tener un permiso de MCTI y una asociación con una institución científica brasileña, quien será la encargada de solicitar el permiso. Además, el Decreto 98.830 establece explícitamente que no se pueden exportar holotipos fósiles, especímenes con nombre que constituyen el 30% de cualquier taxón recolectado y otros especímenes "cuya permanencia en el país sea de interés nacional". Una ordenanza reciente emitida por ANM [52] refuerza la necesidad de que partes extranjeras cumplan con los requisitos estipulados por la ordenanza de MCTI de 1990. Las leyes brasileñas originales y sus traducciones al inglés están disponibles en el Apéndice A.

## **2.3. Convención de la UNESCO sobre el Tráfico Ilícito**

La Convención de 1970 sobre las medidas que deben adoptarse para prohibir e impedir la importación, la exportación y la transferencia de propiedad ilícitas de bienes culturales de la UNESCO [53] se firmó en noviembre de 1970 y entró en vigor en abril de 1972 como respuesta al crecimiento del mercado negro de bienes culturales desde el año 1950. La Convención de 1970 promueve la cooperación internacional entre los países como medio para proteger el patrimonio cultural y es teóricamente fundamental para prevenir el tráfico ilícito de bienes culturales. Los signatarios de la convención reconocen que "la importación,

la exportación y la transferencia ilícitas de propiedad de bienes culturales constituyen una de las causas principales del empobrecimiento del patrimonio cultural de los países de origen de dichos bienes" y, como tal, la importación, exportación y transferencia de propiedad está prohibida por la convención. Por lo tanto, los signatarios de la Convención están obligados a promulgar leyes y servicios nacionales para la protección del patrimonio cultural. También se espera que adopten las medidas apropiadas para que los museos y otras instituciones dentro de sus territorios no puedan adquirir bienes culturales exportados ilegalmente desde otro país, así como para cooperar con la restitución de los objetos. Esta convención fue ratificada por varios estados nacionales, incluidos Brasil (en 1973) y México (en 1972), quienes consideran objetos o sitios paleontológicos como parte de la propiedad cultural, al igual que Alemania (en 2007). Japón (en 2002) incluye características geológicas entre otras cosas que están protegidas por la ley de propiedad cultural.

### **3. Métodos**

Nuestra encuesta se divide en dos casos de estudio: Noreste de México (cuencas de Sabinas, La Popa y Parras) y Noreste de Brasil (Cuenca de Araripe). Para el primer caso de estudio del noreste de México, compilamos una lista de publicaciones de las últimas tres décadas (1990-2021) sobre macrofósiles, exceptuando plantas, jurásicos y cretácicos de estas cuencas mexicanas, y otros sitios de esa edad en los estados de Coahuila y Nuevo León. Como punto de partida, buscamos publicaciones en la autoría principal o correspondiente esté afiliada a una institución extranjera, es decir, no de México, exceptuando estudiantes, a quienes los consideramos de acuerdo con su nacionalidad y no a su afiliación. Se realizaron búsquedas de publicaciones en inglés mediante el motor de búsqueda web Google Scholar. Palabras clave utilizadas: Sabinas, La Popa, Parras, vertebrados, invertebrados, fósiles, México, Cretácico, Jurásico (tanto en inglés como en español). Las palabras clave se utilizaron en diferentes combinaciones (por ejemplo, La Popa + Cretácico + Invertebrado; Sabinas + vertebrado + fósil) y los 100 mejores resultados (páginas 1-10) fueron considerados. A estos resultados añadimos nuestro conocimiento previo de lo que se ha publicado en nuestros campos de estudio, con el fin de proporcionar una lista lo más completa posible. Por ejemplo, si una publicación no se recuperó durante las búsquedas, pero alguien de nosotros en la autoría la conocía, se incluyó. Esto agregó algunas publicaciones de revistas más pequeñas que no están indexadas por Google Scholar o que no aparecieron en los primeros 100 resultados de búsqueda. Cuando se descubrió que un autor tenía varias publicaciones sobre el tema, buscamos su perfil de Google Scholar o ResearchGate para localizar más publicaciones relacionadas. Las publicaciones que no se centraban en localidades fósiles de estas cuencas fueron ignoradas (por ejemplo, revisiones taxonómicas). Una búsqueda preliminar no encontró publicaciones lideradas por extranjeros sobre plantas jurásicas o cretácicas en la región, por esa razón incluimos solo vertebrados e invertebrados en la lista de publicaciones. Las publicaciones dirigidas por autores locales también se incluyeron en las tablas con fines comparativos. Luego verificamos una serie de factores que pueden caracterizar las prácticas científicas coloniales: (1) No hay autores locales; (2) La autoría local no está afiliada a una institución de investigación; (3) Hay ausencia de permisos de recolección (si corresponde); (4) El fósil está almacenado en colección privada; (5) El fósil no fue devuelto al país de

origen; 6) No hay mención de los permisos de exportación (si procede); (7) ¿Probable compra de los fósiles? Los resultados se presentan en material complementario electrónico, Tabla S1.

Para el segundo estudio de caso, la cuenca brasileña de Araripe, compilamos una lista de publicaciones científicas de las últimas tres décadas (1990-2020) sobre macrofósiles del Cretácico de la cuenca brasileña de Araripe. Debido a la gran cantidad de publicaciones sobre fósiles de Araripe, solo consideramos aquellos que describen nuevos géneros o especies (es decir, especímenes designados como holotipos) para esta cuenca, y restringimos la búsqueda a vertebrados y plantas (pero ver más abajo). Se buscaron publicaciones en las que la autoría principal o correspondiente estuviera afiliada a una institución extranjera (es decir, sin sede en Brasil). Al igual que las búsquedas anteriores, esta búsqueda se realizó en Google Scholar, con combinaciones de las palabras clave: Araripe, Crato, vertebrado, reptil, pez, plantas, Cretácico. Además, consultamos una revisión sobre fósiles de Araripe para identificar publicaciones que podrían haber sido omitidas en nuestras búsquedas [54]. Al igual que en la búsqueda para el estudio de caso anterior, también analizamos los perfiles de los autores en Google Scholar e ResearchGate para intentar localizar más publicaciones sobre el tema. Las publicaciones dirigidas por autores locales también se incluyeron en las tablas con fines comparativos. Luego verificamos una serie de factores que pueden caracterizar las prácticas científicas coloniales, ver (1) a (7) como se describió anteriormente. La lista de publicaciones está disponible como material complementario electrónico, cuadro S2.

Los paleontólogos y las paleontólogas brasileños asociados con una institución de investigación estatal o federal no están obligados a obtener un permiso para recolectar fósiles; sólo deben comunicar a la Agência Nacional de Mineração (ANM, antes DNPM) que se llevará a cabo el trabajo de campo. Para quienes hacen investigación con afiliación extranjera, solo consideramos que el permiso de trabajo de campo era aplicable cuando los autores informan explícitamente que el fósil en la publicación fue recolectado por ellos (lo que rara vez es el caso). La compra de fósiles se consideró como una posibilidad válida en los casos en que: los fósiles se mantienen en instituciones extranjeras; no se mencionan los permisos de exportación; se menciona el trabajo de campo, pero no está claro si alguien en la lista de autores recolectó el fósil por sí mismo; los datos de procedencia son vagos y/o el trabajo de campo no se menciona en absoluto (es decir, el fósil de repente "aparece" en una colección extranjera); o la compra se reconoce directamente en las publicaciones.

También se compiló una lista preliminar de publicaciones sobre nuevos géneros o especies de artrópodos arácnidos depositados en colecciones extranjeras (es decir, fuera del Brasil) (material complementario electrónico, cuadro S3). La lista incluye publicaciones que van desde 1990 hasta abril de 2021. El buscador Google Scholar se utilizó con combinaciones de las palabras clave: Araripe, fósil, Odonata, Ephemeroptera, Orthoptera, Isoptera, Dermaptera, Hemiptera, Coleoptera, Hymenoptera, Neuroptera, Arachnida, Chilopoda, Crustacea. También se consultó una revisión de insectos fósiles [55]. El único propósito de esta tabla era ayudar aún más a estimar el número de holotipos fósiles que se exportaron desde Brasil en las últimas décadas. Debido a la naturaleza inacabada de esta lista, estas publicaciones no se utilizaron en las estadísticas presentadas en nuestro estudio.

Finalmente, también se realizó un análisis en Twitter sobre las repercusiones del caso "*Ubirajara jubatus*". Los tweets con el hashtag #UbirajarabelongstoBR se recopilaron utilizando la API de búsqueda estándar de Twitter [56], desde el 10 de diciembre de 2020

hasta el 1 de abril de 2021. Se realizó un gráfico utilizando un total de 2908 tweets originales (incluidos retweets de citas), 10721 retweets y 61073 me gusta encontrados en ese período de tiempo.

#### 4. Casos de estudio

##### 4.1. Estudio de caso 1: Paleontología en las cuencas de Sabinas, La Popa y Parras de México

En el noreste de México existen varios yacimientos fósiles con gran interés paleontológico: Parras, La Popa, Rincón Colorado, Múzquiz y Vallecillo (figura 3a, b). Éstas se incluyen dentro de las cuencas de Sabinas, Parras y La Popa, que se extienden desde el centro de Coahuila hasta el sureste de Nuevo León [57]. Si bien, la mayoría de estos sitios son conocidos popularmente por la presencia de fósiles de dinosaurios, también contienen fósiles de invertebrados, plantas y varios vertebrados acuáticos (figura 1). Los yacimientos de Muzquiz y Vallecillo apoyan las actividades económicas de la comunidad local, donde el material de losa de estos depósitos se explota comercialmente para la construcción. Durante la extracción de las losas, a menudo se pueden encontrar fósiles de preservación excepcional. Algunos pueden ser destruidos en el proceso de extracción de losas y otros son mantenidos por trabajadores de canteras [58]. Infortunadamente, algunos otros terminan en el mercado negro.

Uno de los sitios más importantes considerados en este estudio es la cantera de Vallecillo en Nuevo León, que fue explotada por sus afloramientos de plomo, zinc y plata. Actualmente, materiales de construcción son extraídos de la cantera. En la década de 1980, los habitantes del pueblo de Vallecillo comenzaron a encontrar varios fósiles de vertebrados e invertebrados bien preservados [59]. El valor paleontológico de la localidad fue reconocido ya desde 1997 [60], pero la investigación sobre fósiles de esta localidad ha sido intensamente llevada a cabo por grupos de investigación con afiliación extranjera. El material de la cantera se exportó por primera vez en 1999-2000 a la Universidad de Karlsruhe, en Alemania, donde permaneció hasta que fue devuelto a Nuevo León en 2007 y depositado en el Museo La Plomada [61].

Encontramos 128 publicaciones sobre macrofósiles del Jurásico-Cretácico (excluyendo plantas) de las cuencas de Sabinas-La Popa-Parras y otros sitios en los estados de Coahuila y Nuevo León en el NE de México, publicadas entre 1990-2021 (ver material complementario electrónico, Tabla S1). Grupos de investigación extranjeros lideraron el 46,88% de las publicaciones (figura 5). La mayor parte de esta investigación liderada en el extranjero (51.67%), no incluye autoría local, es decir, un(a) autor(a) con sede en una institución científica/académica mexicana de acuerdo con las afiliaciones enlistadas en las publicaciones. En cuatro publicaciones [38,62–64], los autores locales incluidos en la lista de autores no están afiliados a ninguna institución científica. Cinco publicaciones se basan en fósiles que se almacenan en colecciones privadas, es decir, no en un museo reconocido u otro repositorio científico oficial, dos de las cuales describen nuevos géneros y especies (holotipos) [32,38]. Finalmente, dos mencionan la compra de un fósil [31,38] mientras que otro menciona que un espécimen "fue obtenido por un coleccionista privado de un trabajador de cantera local" [65]. No encontramos ningún registro de fósiles mexicanos almacenados en



colecciones extranjeras, a excepción de un estudio publicado en 1990 [66] que estudió una colección de fósiles que se afirma fue recolectada en la década de 1930.

Algunos estudios recientes de fósiles de esta área justifican una mirada más cercana. Frey *et al.* [32] describen el plesiosaurio *Mauriciosaurus fernandesi* (figura 1e) de Vallecillo, en la Cuenca de Sabinas, declarando que permanecerá almacenado y accesible en el Museo del Desierto en Saltillo, Coahuila, pero solo tres páginas después los autores se contradicen y afirman que este espécimen de plesiosaurio está depositado en el Museo Papalote Verde, en Monterrey (Nuevo León). Este último es un museo dirigido a niños, que exhibe réplicas de fósiles, y no cuenta con registro del INAH ni permiso para almacenar fósiles. El espécimen de *M. fernandesi* fue publicado utilizando el número de registro del INAH CPC RFG 2544 P.F.1 (*sic*) que se refiere a una colección privada, a pesar de las afirmaciones hechas en el documento. El INAH utiliza un protocolo estándar para los números de registro, en el que el sufijo "PF" (= *persona física*) se refiere a un particular [67]. El prefijo "CPC RFG" no es utilizado por el INAH, y probablemente fue confundido con un código de registro del Museo del Desierto, que en realidad usa "CPC" (= Colección Paleontológica de Coahuila) en su catálogo, y una falta de ortografía de REG (= *registro*). De acuerdo con el código estándar del INAH, el número de registro correcto de este fósil debe ser REG2544PF1, es decir, la colección de Mauricio Fernández (REG2544PF), fósil número 1. Como fósil registrado a un particular por el INAH, el único ejemplar conocido del plesiosaurio *M. fernandesi* no puede ser transferido a un museo según la Ley Federal de Zonas y Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos [42]. Además, este trabajo fue publicado en el Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, una revista que, infortunadamente, no requiere formalmente que los fósiles sean accesibles en una colección pública o institución de investigación reconocida [68].

El condricio *Aquilolamna milarcae* (figura 2f), también encontrado en la cantera de Vallecillo y que fue recientemente descrito por Vullo *et al.* [38] en la revista *Science*, que tiene políticas editoriales generales con respecto a la ética, ya ha suscitado controversia [69]. La única persona local involucrada en este estudio no está afiliada a una institución ni es un científico, como admite en una entrevista [70] a pesar de figurar en la lista de autores como un "investigador independiente". Vullo *et al.* [38] reconoció abiertamente que el fósil fue comprado a una cantera (ver versión original de Materiales Suplementarios [71]). Se informó que el espécimen holotipo fue registrado como INAH 2544 P.F.17 (*sic*). Una vez más, este es un número de catálogo incorrecto de acuerdo con los estándares del INAH. El registro correcto del INAH sería REG2544PF17, es decir, colección privada de Mauricio Fernández (REG2544PF) fósil número 17. En un comunicado, Vullo *et al.* [71] prometieron que el espécimen estaría disponible para la comunidad científica en un museo que, de hecho, aún no se había construido al momento de la publicación. Como se mencionó anteriormente, los fósiles registrados en una colección privada en México no pueden ser transferidos a otras colecciones [42], por lo tanto, este espécimen permanecerá bajo la custodia del coleccionista privado incluso si se presta a un museo. Vullo *et al.* publicaron una corrección a los materiales complementarios el 8 de abril de 2021 [72] y una fe de erratas solo una semana después [73]. La fe de erratas indica que el fósil se alojará en el Museo del Desierto en Saltillo, Coahuila, hasta que se abra el nuevo museo. En ambas versiones modificadas del suplemento [72,73], Vullo *et al.* reafirmaron el número de registro incorrectamente como

INAH 2544 P.F.17(*sic*), y no mencionaron que se trata de una colección privada [67], ni que el fósil fue comprado, como lo declararon originalmente los autores. Además, el propietario del espécimen *de A. milarcae* declaró recientemente que compró la roca que contiene el fósil [69].

Un problema generalizado, tanto para las partes extranjeras como locales, es la ausencia de permisos de recolección que se informan en las publicaciones, a pesar de que estos permisos son un requisito legal para el trabajo en sitios fósiles en México [42] (figura 4). Cuando se registra un proyecto de investigación paleontológico a través del Consejo de Paleontología del INAH, se incluye la solicitud de permiso de recogida. Los permisos se generan si el proyecto es aprobado. La recolección de permisos puede ser solicitada por el personal del INAH o las autoridades locales durante el trabajo de campo en áreas federales, pero esto rara vez ocurre. Tradicionalmente, el INAH ha aconsejado a la comunidad paleontológica que registren sus proyectos cuando impliquen la exportación temporal de especímenes o cuando sean realizados únicamente por partes extranjeras. Recientemente, el Consejo de Paleontología del INAH ha publicado nuevas guías que animan a todos los grupos de investigación a registrar sus proyectos paleontológicos [49]. Vale la pena mencionar que algunas revistas que publican estudios paleontológicos recientemente comenzaron a solicitar información de permiso para ser divulgada, mientras que la mayoría aún no solicita formalmente esta información en absoluto.

Algunas de las cuestiones descritas anteriormente representan claros ejemplos de colonialismo científico. Es notable que, a pesar de la presencia de partes expertas locales, que fueron responsables de la mayor parte de la producción de investigación en el mismo período ( $n = 68$ ), la mayoría de los estudios dirigidos por partes extranjeras no incluyen grupos de investigación de la comunidad paleontológica mexicana. También es cuestionable que algunos de estos estudios incluyan autores locales e independientes, pero no instituciones locales, lo que puede sugerir un objetivo general de no cooperación con la comunidad científica local. Además, cinco de estos estudios se basaron en fósiles de colecciones privadas, lo que arroja dudas sobre el acceso y la reproducibilidad de los resultados (ver más abajo). En contraste, ninguno de los estudios dirigidos por partes mexicanas utilizó fósiles de colecciones privadas.

#### **4.2. Estudio de caso 2: Paleontología en la cuenca del Araripe de Brasil**

La Cuenca del Araripe se encuentra en el noreste de Brasil (figura 3c), región con la mayor concentración de pobreza del país (47.9% de la población de la región) [74]. Los afloramientos fosilíferos ocurren en el sur del Estado de Ceará, al noroeste del Estado de Pernambuco y al este del Estado de Piauí, abarcando varios municipios con bajo Índice de Desarrollo Humano (IDH; un índice compuesto estadístico de indicadores de esperanza de vida, educación e ingreso per cápita) [75]. La Cuenca de Araripe en el noreste de Brasil ha sido durante mucho tiempo una fuente para el mercado negro de fósiles [35,76,77]. El primer reconocimiento de especímenes paleontológicos de la Cuenca del Araripe fue en una carta de 1800 del naturalista brasileño João da Silva Feijó, y los fósiles reportados fueron enviados rápidamente a la Academia Portuguesa de Ciencias, en Lisboa, donde todavía residen hasta el día de hoy [78]. El primer relato formal de un fósil de Araripe fue una ilustración en la famosa serie de libros *Reise im Brasilien* (1823-1831) por dos naturalistas alemanes que eran

miembros del séquito de María Leopoldina de Austria, poco antes de que se convirtiera en Emperatriz Consorte de Brasil [79]. Después de la expedición brasileña de George Gardner (1836-1841), quien envió abundantes peces fósiles brasileños al ictiólogo y defensor del racismo científico Louis Agassiz [80] en los Estados Unidos, la importancia de los especímenes de Araripe se hizo evidente en el extranjero, estimulando la explotación, el comercio y el ensamblaje de enormes colecciones. Afortunadamente, algunas de estas colecciones fueron destinadas a instituciones de acceso público, como la Colección de Peces Fósiles de Axelrod (donada al Museo Americano de Historia Natural, Nueva York) y la Colección Desirée (donada al Museu Nacional, Río de Janeiro). Sin embargo, es imposible estimar el número de colecciones privadas que contienen fósiles brasileños, y el comercio (ilegal) de estos especímenes persiste hasta el día de hoy [81-84].

Se encontraron 71 publicaciones sobre macrofósiles del Cretácico (excluyendo invertebrados y material no holotipo) de la cuenca de Araripe, publicadas entre 1990-2021 (ver material complementario electrónico, Tabla S2 para la lista de publicaciones). La mayoría de estas publicaciones (59.15%), fueron dirigidas por partes extranjeras, y más de la mitad de las publicaciones dirigidas por partes extranjeras (57.14%) no mostraron evidencia de colaboración con partes brasileñas locales (figura 5). Una gran proporción (88%) de los fósiles descritos en estas publicaciones (todos los especímenes holotipos) fueron tomados de Brasil para ser alojados en colecciones de museos extranjeros y aún no han sido devueltos. Entre las publicaciones que describen fósiles que fueron llevados permanentemente a colecciones extranjeras, ninguna reportó permisos de exportación. Solo uno [85] informó que los especímenes fueron recolectados durante el trabajo de campo realizado por los autores, pero no mencionó un permiso de recolección como lo exige la ley. Varias publicaciones proporcionan solo declaraciones vagas de procedencia (por ejemplo, "Cuenca de Araripe, Brasil" [86], "Meseta de Araripe, Brasil" [87]), y no mencionan el trabajo de campo ni explican cómo los fósiles terminaron en colecciones extranjeras. Este hecho, unido a la ausencia de permisos de exportación reportados, nos lleva a considerar que estos fósiles pueden haber sido comprados (figura 5). Algunas publicaciones afirman que los fósiles fueron "obtenidos de un obrero de cantera" [88] o "de una excavadora de fósiles" [89] y ocho publicaciones [90-97] reconocen directamente que el espécimen fue comprado.

Las partes brasileñas, por otro lado, son responsables del 40.85% (n = 29) de la investigación publicada sobre nuevas especies de vertebrados y plantas de Araripe durante el mismo período (figura 5). Tres de estas publicaciones se basan en fósiles depositados en colecciones extranjeras, sin mencionar los permisos de exportación; uno de estos fósiles fue supuestamente recolectado en la década de 1960 [98], mientras que los otros dos [99,100] carecen de datos sobre la procedencia y probablemente fueron comprados por los museos.

Dos publicaciones recientes sobre fósiles de alto perfil merecen nuestra atención aquí debido a las prácticas cuestionables expuestas en él. La supuesta serpiente con extremidades *Tetrapodophis amplectus* de Araripe causó una considerable controversia [101,102] cuando se publicó en 2015 en la revista *Science* por Martill et al. [36] (figura 2a). Para empezar, la publicación no involucró a ningún investigador o instituciones brasileñas. Los autores también afirmaron que el espécimen estaba permanentemente disponible en un museo. El fósil, sin embargo, pertenece a un coleccionista privado en Alemania [101,103,104] y el acceso a este espécimen se ha dificultado para otras partes que desean estudiarlo [101,103].

Por último, los autores no aportaron ninguna prueba de que el fósil fuera recogido y exportado legalmente desde Brasil.

Más recientemente, en 2020, una publicación que describe al dinosaurio "*Ubirajara jubatus*" (figura 1c), también de la cuenca del Araripe, no incluyó a grupos de investigación o instituciones brasileñas. El espécimen fue recolectado y retirado de Brasil después de 1990, por lo que, de acuerdo con la ley brasileña, el trabajo debería haberse realizado a través de una asociación con una institución brasileña y el espécimen debería haber estado acompañado por un permiso de MCTI. El artículo fue publicado en la revista *Cretaceous Research*, pero fue retirado temporalmente dos semanas después por el editor [37], a la espera de una investigación. Esto atrajo una considerable atención de los medios de comunicación. A través de un reportaje periodístico [105], E. Frey, coautor de la publicación y curador en el Museo Estatal de Historia Natural de Karlsruhe (SMNK), Alemania, donde se encuentra actualmente el fósil, presentó un documento de 1995 [106] firmado por José Betimar Melo Filgueira, agente de la oficina regional del Departamento Nacional de Producción Mineral. Este documento es sorprendentemente vago, y no especifica cuántos o qué tipo de fósiles se exportaron, sólo "dos cajas con muestras de piedra caliza que contienen fósiles". Tampoco hubo información sobre si se trataba de una exportación temporal o permanente, ni mención de ninguna institución brasileña colaboradora. El agente antes mencionado ha colaborado previamente con uno de los autores [107] del artículo "*Ubirajara jubatus*" casi al mismo tiempo que el espécimen fue exportado desde Brasil, lo que puede representar un conflicto de intereses. Además, los autores del estudio no mencionan la autorización de exportación necesaria del MCTI, legalmente exigida por el Decreto 98.830 [19]. Recientemente se reveló que, contradiciendo la versión de Frey, el espécimen de "*Ubirajara jubatus*" no fue exportado en 1995 ni transportado a Alemania por este individuo, sino que en realidad fue adquirido por una empresa privada en 2006 y vendido a SMNK en 2009 [108]. La ausencia de pruebas satisfactorias con respecto al estado legal del espécimen llevó a la revista *Cretaceous Research* a eliminar permanentemente el artículo "*Ubirajara jubatus*" en septiembre de 2021.

Varios de estos estudios dirigidos por partes extranjeras representan casos claros de colonialismo científico. También muestran un desprecio por la experiencia local en una medida aún mayor que la observada en los ejemplos de México. Para empeorar las cosas, la abrumadora mayoría de estos estudios se basan en fósiles que probablemente se compran y exportan ilegalmente. Nuestro estudio muestra que los principales destinos de la mayoría de los fósiles exportados ilícitamente son el Museum für Naturkunde Berlin (13 holotipos de plantas) y el Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe (10 holotipos de vertebrados) (véase material complementario electrónico, cuadro S2). Nuestro estudio se limitó a holotipos fósiles, y no incluimos artrópodos y otros invertebrados, por lo tanto, los números anteriores probablemente representan solo una pequeña parte de los fósiles que han sido llevados irregularmente de Brasil a instituciones extranjeras. Sin embargo, nuestra búsqueda preliminar de publicaciones de artrópodos de Araripe en Google Scholar (ver material complementario electrónico, Tabla S3) indica que al menos 47 holotipos de insectos, arácnidos y quilópodos han sido transferidos ilegalmente a colecciones alemanas, incluyendo algunos a Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart, al menos siete al Museo Senckenberg en Frankfurt am Main, cuatro al Museo für Naturkunde Berlín, cuatro a Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, y varios otros fósiles a otras instituciones y

colecciones privadas, totalizando un mínimo de 90 holotipos procedentes de Araripe. Además, nuestro estudio de publicaciones localizó al menos cuatro holotipos de vertebrados y siete holotipos de artrópodos alojados en colecciones japonesas.

### **5. Más allá de las cuencas de Sabinas y Araripe**

Las prácticas coloniales de paleontología en Brasil y México no se limitan a las cuencas de Sabinas-La Popa-Parras y Araripe. En México, importantes especímenes de mamíferos del Pleistoceno de la Península de Yucatán han sido blanco [109-114], al igual que los depósitos fósiles de los estratos del Mioceno de la Cuenca del Acre en Brasil [115,116]. Un estudio de 2012 encontró que la investigación dirigida por partes extranjeras se ha llevado a cabo ampliamente en varios estados del norte de México (Baja California Sur, Coahuila y Nuevo León) [117]. Además, identificó investigaciones realizadas exclusivamente por grupos de investigación estadounidenses en tres estados: Guanajuato, Jalisco y Sonora [117]. La madera petrificada de la Formación Pérmico Pedra de Fogo en Brasil también ha sido objeto de estas mismas prácticas [118-121] con una serie de holotipos almacenados irregularmente en el Museo Chemnitz en Alemania.

América Latina no es la única región afectada por este tipo de prácticas. Otros países como Marruecos, Mongolia y Myanmar (Birmania) también han estado en el extremo receptor del colonialismo paleontológico. La paleontología marroquí se ha alimentado en gran medida de las exportaciones comerciales de fósiles principalmente a Europa y América del Norte, a pesar del hecho de que Marruecos es signatario de la Convención de la UNESCO de 1970 y ha promulgado una orden ministerial de 1994 que prohíbe explícitamente la exportación de fósiles [122,123]. Si bien los exportadores generalmente obtienen un gran ingreso de las exportaciones de fósiles (estimados en US \$ 100,000 por año), estos fósiles son originalmente encontrados y excavados por personas locales que viven en áreas marginadas que obtienen ingresos muy limitados de estos especímenes [123]. Como resultado, Marruecos ha sido la fuente de un gran número de especímenes excepcionales sin ninguna información contextual sobre la geografía o la geología, un gran número de ellos descritos y publicados por una parte coleccionista comercial carente de antecedentes científicos y/o sin ninguna participación de instituciones de investigación marroquíes [124]. En 2019, el gobierno marroquí redactó un decreto con recomendaciones específicas sobre exportaciones y préstamos autorizados, un paso adelante en lo que respecta a la protección del patrimonio paleontológico, así como a los medios de vida de quienes dependen de él [123].

Del mismo modo, la investigación paleontológica en el desierto mongol de Gobi había estado ocurriendo durante casi un siglo, pero hasta hace poco, este patrimonio paleontológico era en gran parte desconocido para el público en general en Mongolia [125]. Esto ha cambiado en los últimos años debido a los esfuerzos del gobierno mongol asistido por otras partes en otros países para organizar la repatriación de fósiles (véase la sección 9 a continuación), así como a una iniciativa internacional de divulgación científica impulsada en gran medida por la organización sin fines de lucro el Instituto para el Estudio de los Dinosaurios Mongoles [126]. Por último, la toma de conciencia por parte de la comunidad paleontológica de la controvertida procedencia del ámbar myanma (birmano) y su vínculo con el contrabando y las violaciones de los derechos humanos ha provocado reformas en toda la comunidad paleontológica [127]. La reacción de algunas sociedades y revistas

profesionales fue declarar una moratoria sobre especímenes atrapados en ámbar de Myanmar [128-130]. Esto sentó un precedente para que tanto las sociedades profesionales como las revistas adaptaran sus directrices y códigos de conducta para abordar y reducir las prácticas de investigación injustas y poco éticas, aunque algunas revistas y sociedades se han resistido a adoptar estos estándares.

## **6. En defensa del colonialismo científico en paleontología y más allá**

Hay varios argumentos comúnmente utilizados por partes académicas y coleccionistas de fósiles para defender prácticas científicas poco éticas que resultan en colonialismo científico, no solo en Brasil y México, sino también en otros países:

### **6.1. Los fósiles deben considerarse patrimonio mundial, no patrimonio nacional [24,25,131].**

Esta es una de las justificaciones más populares para las prácticas coloniales en paleontología. El argumento es que, a diferencia de los artefactos arqueológicos, los fósiles no están relacionados con ninguna frontera geopolítica, historia o cultura de un pueblo, región o país específico [24,25,131]. Esta es una suposición incorrecta ya que los fósiles han sido conocidos por la humanidad desde la antigüedad y, en varios casos documentados, se han convertido en parte del folclore y mito local [132-135]. Además, incluso con artefactos arqueológicos y sitios patrimoniales, la conexión entre las personas que produjeron los monumentos o artefactos y los estados nacionales modernos es a menudo tenue. Por ejemplo, la afirmación relacionada con la geopolítica también podría aplicarse a otros sitios u objetos, como Stonehenge y Sutton Hoo en Inglaterra, Lascaux en Francia o el Coliseo en Italia. Estos sitios existían mucho antes de que se establecieran los estados nacionales modernos y en varios casos fueron producidos por personas sin una conexión clara con los residentes modernos del estado-nación, pero decir que estos no deben considerarse patrimonio nacional de esos países respectivamente sería ampliamente rechazado como ridículo. Además, la Convención de la UNESCO de 1970, base de las legislaciones nacionales e internacionales, establece que la definición de tales objetos pertenece al Estado Nación en el que se encuentran [136]. Argumentamos que los fósiles se suman al patrimonio local en forma de importancia o valor científico e incluso histórico y cultural. La idea de que la historia natural debe considerarse "patrimonio global" se deriva de los sistemas que ayudaron a la construcción de las colonias como "laboratorios vivos", donde las prácticas de investigación y los experimentos que no habrían sido factibles en los países colonizadores se habrían llevado a cabo sin limitaciones [3]. En el mundo moderno, esta línea de pensamiento conduciría a una forma de saqueo neocolonial de los recursos paleontológicos en países que no pueden protegerlos [136], un arquetipo del colonialismo científico. Esto no solo sería destructivo para la comunidad científica local, sino también para los individuos que hacen uso de estos fósiles con fines culturales [3.137]. La inadecuada o completa ausencia de aplicación de la ley destinada a proteger los recursos paleontológicos ha permitido a las naciones con un acceso considerablemente mayor a la financiación explotar estos recursos, obstaculizando el desarrollo científico en el país de origen y dando lugar al patrón sesgado de producción de conocimiento global en paleontología que observamos hoy [15]. También es importante señalar que las naciones con mayor acceso a la financiación deben esta riqueza, en gran parte,

a las prácticas coloniales extractivas que han estado llevando a cabo durante siglos. Además, este argumento a menudo no se aplica a los países del Norte Global ricos en recursos como los Estados Unidos, Canadá e Italia, donde la legislación local requiere el cumplimiento de un sistema de permisos para realizar colecciones (ver más abajo), ya sea que este sistema se aplique a un subconjunto de tierras públicas (como en los Estados Unidos) o estados (Canadá e Italia).

**6.2. Los países anfitriones no tienen instalaciones o personal adecuado para almacenar objetos fósiles, por lo que están más seguros en los museos "occidentales" [138–140].**

El caso del Incendio del Museo Nacional de Río de Janeiro en 2018 [141] se ha utilizado más recientemente como un ejemplo de cómo los fósiles supuestamente no son "seguros" en Brasil. Apuntar solo a los museos en el Sur Global utilizando este argumento es fundamentalmente incorrecto. Los museos y sitios históricos occidentales corren el mismo riesgo de ser dañados o destruidos, por ejemplo, a través del fuego [142–145], condiciones deficientes de los museos [146,147], o amenazados con riesgo alto por condiciones climáticas extremas [148–151]. El holotipo del dinosaurio *Spinosaurus aegyptiacus* recolectado en Egipto y almacenado en Múnich [152], y el del cocodrilo *Gryposuchus jessei* recolectado en Brasil y almacenado en Hamburgo [153], fueron destruidos en campañas de bombardeo aliadas durante la Segunda Guerra Mundial, junto con varios otros fósiles importantes en museos de toda Alemania [154].

Existen varios museos de historia natural tanto en Brasil como en México, algunos de los cuales se encuentran en los estados donde se recolectaron los fósiles que mencionamos en este estudio (figura 6). El Museo de Paleontología "Plácido Cidade Nuvens" en Santanado Cariri, que contiene miles de fósiles de la Cuenca Araripe, fue fundado en 1985, presumiblemente antes de que se recolectaran la mayoría de los fósiles de la Cuenca Araripe incluidos en este estudio. Actualmente, las partes locales asociadas con este museo coordinan excavaciones controladas en la región [155-157], y se han producido varias publicaciones científicas basadas en estos materiales [158-164] (ver más publicaciones en material complementario electrónico, Tabla S2). Este museo sería el lugar lógico para almacenar una serie de holotipos y otros fósiles importantes que ahora se encuentran en colecciones extranjeras. Además, incluso si las excolonias tuvieran repositorios o personal insuficientes, este argumento ignora el hecho de que una larga historia de extracción colonial es para empezar la razón más obvia por la cual las instalaciones de los museos están ausentes, son insuficientes o carecen de fondos.

**6.3. Hay una falta de experiencia científica local, educación en investigación e inversión en ciencia en los países de ingresos más bajos [165,166].**

El número de investigadores e investigadoras en los países de ingresos altos es generalmente mayor que el de los países de ingresos medios y bajos [167]. Sin embargo, la suposición de que no existe infraestructura para la capacitación en investigación ni grupos de investigación locales "debidamente calificados" en los países de ingresos más bajos (por ejemplo, Brasil o México) tiene puntos débiles fundamentales. Hay muchos museos de historia natural y varias instituciones que ofrecen cursos paleontológicos de posgrado tanto en Brasil como en México

(figura 6). Raja *et al.* [15] también muestran que los países sudamericanos contribuyen significativamente a la investigación paleontológica en la región, siendo Brasil y México los países líderes en la región después de Argentina. Al momento de la publicación, la Sociedad Brasileña de Paleontología (SBP) tiene 376 asociados y la Sociedad Mexicana de Paleontología (SOMEXPAL) tiene 142 miembros. Estos números deben considerarse conservadores, ya que solo pueden reflejar la población de individuos que eligen tener una asociación formal con estas sociedades científicas. A pesar de la necesidad reconocida de una inversión aún mayor en ciencia tanto en Brasil como en México, la producción de investigación de estos países ha aumentado notablemente en los últimos años y crece a un ritmo más rápido que la mayoría de las contrapartes del Norte Global; según datos de la National Science Foundation de Estados Unidos, Brasil y México tuvieron un crecimiento de 9.13% y 6.8%, respectivamente, en publicaciones científicas entre 2000 y 2018 (ver figura 7), con Brasil en el puesto 11 en producción mundial de investigación. Alemania y el Reino Unido, por otro lado, solo aumentaron un 2.37% y un 1.34%, durante el mismo intervalo (figura 7). Como se mencionó anteriormente, partes mexicanas fueron responsables de la mayoría de las publicaciones (51.12%) sobre fósiles de Sabinas, La Popa y Parras en las últimas tres décadas, mientras que las partes brasileñas produjeron el 40.85% de la investigación sobre la Cuenca de Araripe en el mismo período. También vale la pena mencionar que los países de bajos ingresos tienden a tener los porcentajes más altos de publicaciones de acceso abierto, lo que hace que su investigación sea más accesible [168].

#### **6.4. Hay un desinterés por los fósiles entre la comunidad local [169,170].**

Las comunidades locales sólo pueden expresar interés en su patrimonio local cuando tienen un acceso adecuado a dicho patrimonio. Las actividades de divulgación científica, incluidas las producidas por los museos locales, no solo informan a las personas sobre su área local, sino que también ayudan a generar vínculos entre la sociedad y el objeto de difusión. Además, proporcionan información para que el público tome decisiones sociales, económicas y políticas acertadas sobre su propio entorno y recursos. La eliminación de los fósiles de su lugar de origen resulta en la privación de oportunidades para desarrollar una apreciación y una conexión cultural con su patrimonio paleontológico. Además, la publicación de cualquier conocimiento sobre fósiles de una localidad en particular en un idioma distinto del idioma local y sin una divulgación científica adecuada o la participación pública también contribuye a privar a la comunidad local del acceso a esa información y conduce a una mayor alienación. Varias actividades de divulgación que conectan a la comunidad paleontológica, escuelas, ONG y el público en general ocurren actualmente tanto en Brasil como en México (ver algunos ejemplos en la figura 8). Estas actividades han tenido un tremendo impacto en la popularización de la paleontología en estos países, así como en la educación, la geoconservación y el geoturismo.

Las redes sociales también han jugado un papel importante en la promoción de la paleontología en Brasil y México. La amplia participación pública de la comunidad paleontológica brasileña es precisamente la razón por la que el hashtag #UbirajaraBelongstoBR ganó popularidad en múltiples plataformas de redes sociales tras la controvertida publicación del estudio que describe "*Ubirajara jubatus*" en diciembre de 2020 [171]. El hashtag se ha asociado con cientos de miles de publicaciones en Twitter (figura 9),



cientos de publicaciones en Instagram y Facebook, y al menos 150 videos de YouTube en 115 canales diferentes. Distintos tipos de audiencias participaron en el movimiento #UbirajaraBelongstoBR: tanto científico como no científico, y tanto dentro como fuera de Brasil. Después del movimiento, docenas de artículos en portugués e inglés fueron publicados en medios brasileños [105,172,173], así como en compañías de noticias internacionales [171,174].

#### **6.5. Los especímenes se pierden para la ciencia si no se recolectan y estudian [127,175]**

Este argumento es frecuentemente utilizado por las partes para justificar las malas prácticas de investigación, incluso más allá de los ejemplos de colonialismo científico. Aquellos que usan este argumento asumen erróneamente que las legislaciones y las pautas para la conducta ética actúan como barreras para la ciencia. Lo cierto es que la legislación y las directrices para la conducta ética buscan aumentar la participación en la ciencia, particularmente de los grupos de investigación locales, y crear un entorno más equitativo para todos. Siempre que el trabajo cumpla con la legislación del país de origen (ver más abajo), el material fósil puede ser recolectado o estudiado por cualquier parte con el deseo y los medios para hacerlo. Por lo tanto, quienes utilizan este argumento están insinuando erróneamente que los especímenes fósiles no pueden ser recolectados o estudiados adecuadamente por partes locales, o que la experiencia local está ausente por completo. Esto no es casi siempre así, como lo ejemplifica la producción de investigación de partes locales en Brasil y México (ver sección 5.3 y figura 7).

Los fósiles se pierden todos los días debido a procesos naturales y humanos, como la intemperie y la erosión, los desastres naturales, la extracción y la construcción; no hay forma concebible de que la comunidad paleontológica pueda recolectar y documentar todos los fósiles que se formaron. Incluso cuando se recogen fósiles, los datos contextuales importantes (por ejemplo, estratigrafía, información de ubicación, etc.) e incluso el propio espécimen, pueden perderse debido a procedimientos de recolección deficientes, preservación inadecuada, desastres o accidentes (ver sección 5.2). Esta pérdida de datos fósiles no se limita a los países de bajos ingresos, sino que ocurre en todo el mundo. Argumentar que los especímenes se perderán para la ciencia porque no han sido recolectados y estudiados por grupos de investigación "occidentales" está profundamente arraigado en el colonialismo y se expone fácilmente al mirar especímenes fósiles de países del Norte Global.

#### **6.6. Las leyes son demasiado complicadas o de difícil acceso [10,11,176]**

Aunque las leyes fósiles en Brasil y México generalmente se comparan con las leyes permisivas de Alemania y el Reino Unido, rara vez se hacen comparaciones con países como Canadá o Italia (que regulan estrictamente la recolección y exportación de fósiles), los Estados Unidos (que regulan la recolección de fósiles en tierras federales) o incluso Australia (que restringen la exportación de fósiles encontrados en cualquier parte de su territorio). En Canadá, la exportación de recursos fósiles está regulada estricta y explícitamente tanto a nivel federal por la Lista Canadiense de Control de Exportaciones de Bienes Culturales (C.R.C., c. 448) [177], con restricciones adicionales a nivel de provincias individuales. Canadá también protege varias localidades de importancia mundial a través de la UNESCO y el sistema de

parques nacionales. Estos incluyen los clásicos acantilados fósiles de Joggins [178] y el Parque Provincial de Dinosaurios [179], ambos sitios del Patrimonio Mundial de la UNESCO, el esquisto de Burgess, que está protegido como parte de los Parques Nacionales Yoho y Kootenay [180], y la Formación Escuminac del Devónico, protegida dentro del Parque Nacional de Miguasha [181]. Italia, un país europeo de altos ingresos, también protege sus recursos fósiles bajo una serie de leyes de patrimonio cultural, la misma legislación que se aplica a la arqueología [182]. El comercio de fósiles y la exportación permanente es ilegal, y la recolección requiere una autorización de Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio (Superintendencia de Arqueología, Bellas Artes y Paisaje) [182]. Los fósiles italianos pueden ser exportados temporalmente sólo para su estudio y/o exposición con el permiso de la Soprintendenza. Los Estados Unidos, también, protegen explícitamente los fósiles en el fideicomiso público, siempre y cuando esos especímenes se recolecten en tierras públicas [183] y requieren que estos fósiles sigan siendo propiedad del gobierno federal. Como las tierras públicas representan aproximadamente el 25% de la masa terrestre de los Estados Unidos (incluida la mayoría de la montaña fosilífera al oeste), esto representa una restricción sustancial en la recolección y exportación de fósiles desde los Estados Unidos. Además, se han establecido una serie de parques y monumentos nacionales en los Estados Unidos en áreas de recursos paleontológicos significativos, a veces explícitamente con la intención de preservar esos recursos. Las leyes de recolección de fósiles en Australia son variables entre sus provincias y territorios. En Queensland, los Territorios del Norte y Tasmania, la recolección de fósiles está parcialmente restringida, requiriendo una licencia [184]. La exportación de fósiles de Australia (así como de meteoritos) está restringida por la Ley de Protección del Patrimonio Cultural Movable de 1986 y las Regulaciones asociadas de 1987, que requieren la emisión de un permiso por un examinador acreditado [184]. No tenemos conocimiento de ninguna crítica a estas leyes de patrimonio o de la afirmación de que son innecesariamente nacionalistas, ni tenemos conocimiento de un compromiso importante de partes extranjeras con grupos que intentan eludir estas protecciones. Por lo tanto, debemos concluir que la existencia de leyes nacionales de patrimonio no es un obstáculo para una buena investigación paleontológica [185].

Sin embargo, puede ser difícil para los grupos de investigación extranjeros navegar por la legislación y la burocracia locales, y la cooperación con las instituciones locales en Brasil y México es esencial en este sentido (y requerida en el caso de Brasil). Además de ayudar con los procedimientos legales, la institución brasileña o mexicana puede proporcionar orientación sobre legislación específica con respecto a la recolección, estudio y/o exportación temporal de fósiles. Las leyes pertinentes que se aplican al trabajo paleontológico en Brasil y México (traducidas al inglés) se han proporcionado en su totalidad en este documento (ver Apéndice A y B). La burocracia que puede molestar y frustrar a algunos, ayuda al cumplimiento de la legislación local para que el patrimonio local esté protegido.

#### **6.7. La explotación comercial de fósiles ayuda a la ciencia [186,187].**

Esta suposición sugiere que la explotación comercial de depósitos fósiles (por ejemplo, minería, canteras) y el comercio de fósiles extraídos pueden resultar en más fósiles finalmente descubiertos. Sin embargo, un mayor número de fósiles no implica

necesariamente un beneficio para la ciencia. Cuando los fósiles se comercializan abiertamente, la explotación de los depósitos fósiles puede volverse descontrolada, lo que probablemente resulte en una pérdida de información importante sobre la procedencia de ese material. La extracción de fósiles sin ninguna documentación de información geológica reduce el valor científico de estos especímenes; nuevos materiales fósiles pueden conducir al descubrimiento de nuevas especies, pero, sin contexto, estos especímenes no pueden informar sobre la ecología o la evolución de estos organismos. En el caso del comercio permisible, es decir, permitir sólo la venta de ciertos tipos de fósiles y/o fósiles de ciertos lugares, como en Marruecos, se debe considerar la ley de "oferta y demanda". La comercialización de este tipo de objetos raros (1) conduce a un aumento de la desigualdad en la ciencia, al concentrar este tipo de material en instituciones y países con los medios financieros para adquirirlos, (2) fomenta la existencia de colecciones privadas, lo que puede ser un obstáculo para la reproducibilidad de la ciencia, y (3) estimula la modificación artificial de fósiles [188,189] para obtener un mejor precio de mercado. Esto último puede ejemplificarse con un caso de la propia Cuenca de Araripe. Martill *et al.* [90] estudió un espécimen "mejorado" artificialmente adquirido ilícitamente de Brasil y sólo descubrió estas modificaciones importantes durante el curso de su trabajo. El caso dejó a los autores tan "irritados" que decidieron expresar esta frustración en nombre del nuevo taxón: *Irritator challengerii*.

La explotación comercial puede ser un aliado en casos específicos cuando se trata de una recolección controlada, regulada y documentada de material. No obstante, esta discusión debe ser dirigida por la comunidad local, junto con iniciativas de comunicación efectivas de partes y experiencia locales para resaltar la importancia científica y cultural de los fósiles.

## **7. Implicaciones para la ciencia y la comunidad local**

### **7.1. Las colecciones privadas pueden interferir con la reproducibilidad de la ciencia e impedir el acceso tanto de la comunidad científica como del público en general.**

Los especímenes fósiles y los datos obtenidos de ellos deben ser accesibles para la comunidad científica, no solo para la reproducibilidad y replicabilidad, sino también para fines de verificación y comparación. Una colección privada suele ser propiedad de una entidad personal o corporativa y cualquier acceso al material queda a discreción del propietario [190]. Sin embargo, a menos que se hagan los arreglos apropiados, existe el riesgo de perder estos materiales fósiles debido a circunstancias cambiantes, por ejemplo, muerte o enfermedad, o cambios en las finanzas personales que requieran la venta de partes de una colección. La investigación actual y futura se basa en la accesibilidad permanente y el almacenamiento estable de estos materiales, que a menos que se coloquen en un fideicomiso público, rara vez es el caso de las colecciones de propiedad privada [128,191]. Las colecciones privadas también dificultan el acceso de la información al público en general. La ciencia es un esfuerzo público, a menudo financiado por el dinero procedente de impuestos y, como tal, la comunidad científica tiene la responsabilidad de transmitir los hallazgos y proporcionar acceso a los materiales, a través de los museos, al público. Cuando los fósiles se almacenan en colecciones privadas, se niega la capacidad al público no solo de disfrutar, sino también de examinar la investigación científica que surge de los fondos públicos.

### **7.2. La compra de fósiles no beneficia a la comunidad local a largo plazo.**

Los depósitos fósiles son finitos. Con el agotamiento del recurso, el salario digno ganado de cualquier comercio asociado se vuelve rápidamente inaccesible para las personas que dependen financieramente de él. Además, los impactos de la actividad minera, incluidos los daños ambientales, serán asumidos por la comunidad mucho después de que se agote el recurso. Es una compensación cuyo costo a largo plazo generalmente recae en los ciudadanos más vulnerables.

Los países y provincias discutidos en este estudio son económicamente vulnerables, con índices de desarrollo humano medios-bajos y bajos niveles de educación en contraste con los estándares europeos [75,192]. Por lo tanto, las comunidades locales son vulnerables a la explotación de terceros, y el beneficio económico la mayoría de las veces no llega al segmento de la sociedad que más lo necesita [74] (por ejemplo, ver la investigación de precios fósiles de Araripe por Martill [193]). La permanencia del material fósil en instituciones regionales, por otro lado, como museos y universidades, tiene el potencial de generar una economía más sostenible y duradera, con una distribución del ingreso mayor y más equitativa. Los museos y parques geológicos o paleontológicos atraen a los turistas, lo que ayuda a apoyar una red de establecimientos y personas en el sector servicios, como restaurantes, hoteles, gasolineras, guías turísticos, artesanos y puntos de venta. Además, brindan apoyo a las instituciones educativas, ayudando a capacitar al personal y generar productos científicos y tecnológicos. La simple retirada y el comercio internacional de fósiles no contribuyen eficazmente al desarrollo económico de la región. La compra de fósiles importantes, ya sea por coleccionistas privados o partes/museos extranjeros, está privando a los museos locales de atracciones que podrían impulsar a los visitantes y contribuir a la economía local. El apoyo de este tipo de actividad mantiene al "país colonizado" como eterno exportador de mercancías dependientes de su "colonizador" para prestar servicios y productos especializados.

Sin embargo, no criticamos el comercio de piedra caliza que contiene fósiles ni las operaciones mineras *per se*, siempre que cumplan con los requisitos legales y se aborde su impacto ambiental. La minería de piedra caliza es una fuente importante de empleo en muchas áreas. Además, muchos fósiles importantes no habrían sido descubiertos si no fuera por la minería comercial. Las instituciones locales tanto en Brasil como en México los visitan regularmente para evitar que fósiles significativos sean destruidos o vendidos accidentalmente como material de construcción. En Araripe, se llevan a cabo actividades de divulgación en las que participan quienes laboran en las canteras con el fin de sensibilizarlos y animarlos a reportar estos fósiles [77].

### **7.3. La falta de interacción con las partes locales puede generar investigación de mala calidad.**

Aunque la inclusión de partes locales no es requerida por la ley en México, es obligatoria en Brasil (ver sección 2.1). Los grupos de investigación locales tienen conocimientos más específicos sobre el contexto geológico de la región, la coocurrencia de fósiles, estudios relevantes que se han publicado en revistas locales o regionales (a menudo en el idioma local) y otra información útil, como seguridad/protección o cuestiones sociopolíticas. La

colaboración internacional puede contribuir significativamente a la formación de investigadores e investigadoras locales, que es una forma de retribuir al país de origen del material fósil. Además, los grupos de investigación locales que interactúan regularmente con, o incluso han crecido y vivido en, comunidades cercanas a sitios fósiles están en la mejor ubicación para comprender las necesidades económicas y culturales de dichas comunidades, así como para llevar a cabo actividades de divulgación centradas en la importancia de los fósiles locales. Las actividades de divulgación son necesarias para crear conciencia y proteger el patrimonio (véase la sección 6.4), y también pueden dar lugar a nuevos descubrimientos de fósiles por parte de la población local.

Un ejemplo de un problema producido por la falta de cooperación con grupos de investigación locales es la confusión que se perpetúa alrededor de dos dinosaurios espinosáuridos de la Cuenca de Araripe, Brasil, *Irritator* (figura 2d) y el sorprendentemente similar *Angaturama*. Ambas especies se publicaron en el mismo mes, con solo unos días de diferencia. *Irritator* fue descrito exclusivamente por investigadores no brasileños, basado en la porción posterior de un cráneo, que fue adquirido de comerciantes de fósiles [90]; y *Angaturama* fue descrito por investigadores brasileños, basado en la porción anterior de un cráneo, adquirida a través de una donación de una colección privada a la Universidade de São Paulo [194]. La situación hizo que algunos autores especularan que los fósiles pertenecían al mismo individuo [195,196], lo que fue, mucho más tarde, descartado [197]. La comunicación con los grupos de investigación locales y el cumplimiento de la legislación nacional podrían haber evitado este problema y dado lugar a un trabajo mucho más exhaustivo desde el principio. Además, este es otro ejemplo de cómo la recolección ilegal de fósiles puede dañar a la ciencia. Si se hubieran registrado los datos de campo apropiados durante una recolección legal y controlada, no habría incertidumbre sobre si ambos especímenes fósiles pertenecían o no al mismo individuo.

#### **7.4. La mala conducta en las colaboraciones internacionales erosiona la confianza de los expertos locales**

El *modus operandi* del colonialismo científico, tanto en paleontología como en otras áreas, puede generar desconfianza y sospecha generalizadas hacia las partes extranjeras que desean colaborar con partes locales. Las prácticas científicas coloniales en paleontología generan esta desconfianza hacia las partes extranjeras, independientemente de quién lidere el proyecto o qué institución(es) representen los grupos de investigación, ya que se considera que perpetúan la investigación extractiva a expensas de la comunidad local. Por el contrario, las partes locales que desean asociarse con colegas extranjeros a menudo son vistos con sospecha por otras partes locales debido a la mala imagen generada por las prácticas coloniales de terceros. En general, esta situación impide el progreso de la cooperación científica internacional y obstaculiza el desarrollo de la ciencia local y de las comunidades de investigación locales.

#### **7.5. Los especímenes fósiles de difícil acceso tienen un impacto negativo en el desarrollo de la ciencia local.**

Cuando los fósiles se llevan para ser alojados en instituciones extranjeras, pueden no estar disponibles para los grupos de investigación y estudiantes locales, lo que restringe el avance

de la investigación paleontológica en sus países de origen. Las cuestiones relacionadas con los visados [198] y la reducción de la financiación [15] son algunos de los principales obstáculos a los viajes internacionales que es más probable que enfrenten los grupos de investigadores del Sur Global. Las abismales diferencias de cambio de divisas impiden rutinariamente que los investigadores latinoamericanos viajen para acceder a fósiles en colecciones extranjeras. Este es un problema especialmente grave con respecto al acceso a los holotipos. Si bien el acceso a los datos de especímenes digitales está cada vez más disponible, ciertos tipos de investigación aún requieren que muchos fósiles se examinen en persona. Además, la dificultad de acceder al material fósil también implica que la investigación no puede ser reproducida por pares que podrían estar interesados en replicar el estudio y/o realizar más pruebas. Como tal, la eliminación de fósiles de su país de origen profundiza la desigualdad entre la ciencia producida en los países "colonizados" y "colonizadores".

#### **7.6. La investigación de mala calidad puede producir una gran cantidad de datos dudosos**

A veces, los fósiles se pueden recolectar sin tener en cuenta la información tafonómica o estratigráfica asociada, especialmente cuando la colección está coordinada por coleccionistas comerciales. Como resultado, la información crucial para la comprensión precisa de ese material se pierde permanentemente. Algunas publicaciones sobre especímenes brasileños examinados en este estudio solo indican vagamente cuándo se recolectó el fósil, en lugar de proporcionar un contexto geográfico y geológico completo (ver sección 3.2). No podemos descartar que esto pueda ser intencional, ya que admitir que un fósil brasileño fue encontrado después de 1942 implica que un permiso de recolección de ANM habría sido legalmente requerido para recolectarlo. La ausencia de información sobre permisos en una publicación no indica necesariamente que un equipo en particular no obtuvo los permisos requeridos. De hecho, varios grupos de investigación paleontológica locales tampoco han reportado los permisos de recolección requeridos en sus publicaciones. En situaciones en las que se permite el comercio de fósiles o se desarrolla el tráfico de fósiles, los fósiles pueden incluso ser modificados artificialmente por coleccionistas o vendedores de fósiles para valorarlos, como fue el caso de *Irritator challengerii* [90]. Esto da como resultado una investigación de mala calidad o no reproducible, y corregir estos errores puede requerir años de investigación, retrasando en gran medida el avance de la ciencia. La carga de este trabajo generalmente recae en los grupos de investigación en el país de origen de los fósiles, ya que están en la mejor ubicación para 'aclarar las cosas' dado su conocimiento del sitio, la literatura local y los especímenes comparativos. Esto exacerba aún más las desigualdades en la investigación paleontológica global, ya que le quita tiempo y energía a las partes locales de otros proyectos.

#### **7.7. "Lavado de fósiles"**

En algunos casos, los fósiles adquiridos irregularmente suelen agregar un investigador local como autor secundario para aparentar ser más éticamente aceptables para las revistas y la comunidad de investigación en general. En muchos casos, el autor local no está afiliado a ninguna institución de investigación (por ejemplo, [38,64,97,199,200] (figuras 4 y 5, material complementario electrónico, cuadros S1 y S2). Si bien abogamos por dar crédito donde se debe, esta "autoría simbólica" representa la dinámica de poder en juego y es un claro intento

de "lavado de fósiles". La paleontología aficionada produce contribuciones muy valiosas a la ciencia, a menudo trabajando con sus recursos personales [201,202]. Por ejemplo, en Coahuila, México, los Paleontólogos Aficionados de Sabinas A.C. (Asociación Civil de Paleontólogos Aficionados de Sabinas, ver figura 8c) establecieron el Museo de Paleontología Múzquiz en 2005 [58]. Trabajar con aficionados y estudiantes locales dedicados es inmensamente importante por las razones descritas en la Sección 6.4, y no criticamos su merecida inclusión como coautores en los estudios en los que participaron, particularmente porque son el grupo con más probabilidades de ser excluidos de las publicaciones en general. Nuestra crítica se dirige, en cambio, hacia la ausencia de verdaderas asociaciones entre partes extranjeras e instituciones científicas locales. En muchos casos, esta práctica con frecuencia crea problemas éticos y, en algunos casos, legales y promueve la explotación de las comunidades locales.

### 8. Ejemplos históricos de colaboraciones internacionales en Brasil y México

No estamos abogando por un enfoque nacionalista de la investigación paleontológica. La colaboración internacional es una parte inherente del quehacer científico y ayuda al desarrollo de la ciencia local. Las colaboraciones internacionales no son un fenómeno nuevo en México o Brasil. En 1950, se fundó el Departamento de Paleontología de Petróleos Mexicanos (PEMEX), donde Manuel Maldonado-Koerdell (mexicano) y Federico Bonet (español) comenzaron a formar a futuros miembros de la comunidad paleontológica mexicana. Maldonado-Koerdell es considerado el fundador de la comunidad paleontológica mexicana moderna [203]. Maldonado-Koerdell promovió la cooperación internacional como lo atestigua su trabajo "Correlation of the Triassic formations of Central America, México, and the United States"[204]. Él tenía un gran interés en el Pan-Americanismo y colaboró con las agencias de gobierno Centro Americanas en proyectos relacionados con la paleontología y minería (en Nicaragua)[203]. Los paleontólogos entrenados por Maldonado-Koerdell fueron, en su turno, pioneros en el estudio de otros organismos. Agustín Ayala-Castañares fue un pionero de la micropaleontología en México y tuvo colaboraciones exitosas con varios autores extranjeros de Suiza, Estados Unidos y Cuba [205–208]. Sus colaboraciones también resaltaron en el trabajo "Opportunities and challenges for Mexico-US cooperation in ocean sciences"[209].

Llewellyn I. Price, un paleontólogo nacido en Brasil y que trabajó con Alfred S. Romer en Estados Unidos, hizo equipo con grupos de investigación brasileños después de su regreso a Brasil [210–213] y eventualmente fue conocido como "el fundador de la paleontología de vertebrados en Brasil". El paleontólogo brasileño Carlos de Paula Couto, anteriormente estudiante de Price, se asoció con George Gaylord Simpson [214,215] y se convirtió en el principal especialista de mamíferos fósiles en Brasil, además entrenó a las nuevas generaciones de investigadores e investigadoras locales. Tanto Llewellyn I. Price y Carlos de Paula Couto fueron autores prolíficos [216] y contribuyeron enormemente en el desarrollo de la ciencia brasileña.

### 9. Pequeños pasos en la dirección correcta y el reto de la repatriación

Parece que algunos grupos de investigación involucrados en prácticas de colonialismo científico han revisado sus enfoques. La investigación extensa sobre los bosques petrificados brasileños que están almacenados en el Museo Chemnitz, Alemania ha sido desarrollada por la comunidad científica brasileña en colaboración de grupos de investigación alemanes [217–221] con financiamiento del organismo brasileño Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq (Consejo Nacional para el Desarrollo Científico y Tecnológico). A pesar de esta valiosa colaboración, los especímenes de madera fósil irregularmente adquiridos y exportados, que incluyen varios holotipos, permanecen en Alemania. La repatriación y restitución de fósiles, especialmente aquellos que fueron adquiridos ilegalmente, constituyen un proceso clave hacia la descolonización de la paleontología por medio del abordaje de las injusticias bajo el contexto colonial o neocolonial, así como trasladando el poder de la protección de los recursos patrimoniales hacia los países de origen [222–224].

Varios museos en el Norte Global están enfrentando demandas para la repatriación de los fósiles, incluyendo otros objetos culturales y antropológicos, algunos de los países que han hecho esas demandas han tenido éxito [225,226]. Un caso de alto perfil que sienta un precedente para la aplicación de leyes nacionales sobre los fósiles hacia otro país fue la repatriación de dos especímenes de *Tarbosaurus bataar* junto con otros 16 especímenes fósiles de los Estados Unidos a Mongolia tras un proceso legal exitoso en 2013 [227]. El éxito se debió a los esfuerzos de Bolortsetseg Minjin, un paleontólogo de Mongolia que alertó a las autoridades de su país después de ver el anuncio de la subasta de un espécimen de *Tarbosaurus* en Nueva York. Neil Kelley, un paleontólogo residente en Estados Unidos, inició una petición en change.org para detener la subasta [228], la cual atrajo la atención del abogado norteamericano Robert Painter y Phillip Currie, un paleontólogo canadiense, quien junto con Minjin y Kelley compartieron su experiencia para mostrar que estos especímenes fósiles provenían de Mongolia [229]. Esto preparó el camino para la repatriación de más de 30 especímenes fósiles mongoles de los Estados Unidos, Francia y Corea del Sur [231].

Más recientemente, en 2019, en un caso que guarda paralelismos con el del *Tarbosaurus*, un tribunal francés falló a favor de Brasil para la repatriación de 45 especímenes provenientes de la región de Araripe [232]. Después de ser alertados en Facebook de la subasta en línea de uno de los más grandes y completos especímenes de *Anhanguera santanae*, paleontólogos brasileños avisaron al Ministerio Público de Brasil, que inmediatamente comenzó una investigación con ayuda de las autoridades francesas [83,232]. Otro caso de éxito de repatriación es el de los fósiles chinos recuperados de Australia en 2008 gracias a los esfuerzos del paleontólogo australiano John Long con ayuda de sus colaboradores chinos, quienes trabajaron junto con la Policía Federal Australiana siguiendo una solicitud de China de 2004 [233]. Una nueva especie de araña recientemente descrita, *Cretapalpus vittari* [234], fue repatriada a Brasil sólo unos meses después de su publicación, junto con otros 35 especímenes de arácnidos no descritos (figura 10) que se encontraban alojados irregularmente en la Universidad de Kansas, Estados Unidos [235]. La repatriación se hizo de forma voluntaria a petición de uno de los autores del estudio (M.R. Downen) después de familiarizarse con los problemas relacionados con estos especímenes a través de



la información disponible en las redes sociales. Estos casos resaltan la importancia de la experiencia local, las redes de colaboración y los medios de comunicación en la cobertura y la lucha del tráfico ilícito de fósiles.

Como se mencionó anteriormente, un gran número irregular de fósiles brasileños han terminado ilegalmente en colecciones extranjeras en Alemania y Japón. Al menos 12 holotipos de fósiles de vertebrados e invertebrados de Araripe están ilegalmente almacenados en museos y colecciones privadas en Japón (p.e., “Collection Masayuki Murata”) (ver tabla S2). Al menos 90 holotipos de Araripe fueron contrabandeados hacia museos alemanes (ver sección 3.2 y el material electrónico complementario, tablas S2 y S3), la mayoría hacia Stuttgart, Karlsruhe y Berlín. Brasil enfrenta grandes dificultades para repatriar estos fósiles. Históricamente, estos países han sido los menos partidarios de la Convención de la UNESCO de 1970 [236] y no la ratificaron hasta la década de los años 2000. Las guías para la restitución de objetos bajo “contextos coloniales” en Alemania fueron desarrolladas en 2019 pero no son legalmente vinculantes y no proveen ningún marco legal confiable dentro del cual se puedan realizar reclamaciones legales [237]. Además, cualquier objeto que fue importado hacia Alemania antes de 2007 no entra bajo la protección de la ley redactada en Alemania después de la ratificación de la Convención de la UNESCO de 1970 [238]. Dicho eso, Chile ha recibido exitosamente de vuelta fósiles almacenados en Alemania en el pasado con la asistencia de un museo alemán [225]. Por el contrario, la repatriación del espécimen de *Psittacosaurus mongoliensis*, contrabandeadado de China y comprado por el mismo museo alemán, después de un numeroso cambio de “dueños”, no ha sido exitoso [239,240] y hasta lo que va del 2020 no ha sido repatriado [241]. Museos alemanes recientemente están de acuerdo con la repatriación de varios artefactos arqueológicos adquiridos durante los tiempos coloniales [237], incluyendo los bronce de Benín hacia Nigeria [242]. Nosotros esperamos que en el futuro esto se extienda también a los especímenes paleontológicos.

## 10. Caminos a seguir

### 10.1 Avances en la tecnología y en el intercambio de información

La tecnología puede ser un aliado en el proceso de descolonización de la paleontología. Museos e instituciones científicas pueden compartir réplicas, tomografías computarizadas, datos de fotogrametría e impresiones 3D de fósiles importantes, permitiendo que la información sea intercambiada de forma más amplia y equitativa [243]. Un grupo internacional que trabaja con fósiles del Pérmico en el noreste de Brasil está utilizando actualmente este enfoque. Los fósiles de vertebrados recientemente recolectados son depositados en la Universidade Federal do Piauí, en Teresina, Brasil, mientras que moldes, modelos fotogramétricos y tomografías computarizadas de los fósiles son compartidos entre varias instituciones asociadas en el exterior [244–247]. Los grupos de investigación deben también considerar hacer disponibles sus datos de tomografía computarizada en repositorios en línea como MorphoBank o MorphoSource, los cuales podrían facilitar la distribución equitativa de datos y su reproducibilidad. Idealmente los materiales fósiles, especialmente los holotipos, deben ser repatriados a sus países de origen. La repatriación es generalmente percibida negativamente por los museos que enfrentan estas demandas, que prevén grandes

costos asociados con el envío de material, como también la pérdida de especímenes prominentes que pueden atraer público o proveer datos de investigación valiosos. Sin embargo, los procesos de repatriación tienen un enorme potencial para establecer nuevas alianzas en los países de origen, especialmente cuando se adoptan nuevas tecnologías como las mencionadas anteriormente.

## 10.2 **Recomendaciones a los editores y revisores de revistas científicas**

Las revistas orientadas a la paleontología, y aquellas que rutinariamente publican estudios paleontológicos, deben adoptar pautas más rigurosas con respecto a la ética de la investigación y el estatus legal de los fósiles que aparecen en sus artículos. Idealmente, las revistas deben solicitar a los autores reportar tanto los permisos de recolecta como de exportación cuando son aplicables, i.e., cuando un estudio se basa en trabajo de campo o cuando los fósiles no se depositan en sus países de origen. Algunas revistas con un historial de fósiles de dudosa procedencia (ver el material complementario electrónico tablas S2 y S3) parecen ir en la dirección correcta. Tanto *Palaeontology* y *Papers in Palaeontology* recientemente han actualizados sus pautas para autores, que ahora estipulan que todos los manuscritos deben incluir “información clara de procedencia” y que “las muestras deben ser recolectadas y exportadas siempre en conformidad con los permisos correspondientes y las leyes locales, y de forma responsable” [248]. Ambas revistas también exigen que los especímenes deben ser “depositados en un museo reconocido o colección que permita el acceso libre a perpetuidad para otros investigadores” [248]. Aunque estas orientaciones no incluyen ningún ejemplo concreto de los casos en los que se necesitan permisos, ni de los lugares en los que los autores podrían encontrar más información, son sin duda un paso en la dirección correcta. *Current Biology* y otras revistas de *Cell Press*, las cuales frecuentemente publican estudios paleontológicos, abogando por la transparencia y la información accesible [249], y a partir de enero de 2021 permitirá a los autores incluir una declaración de inclusión y diversidad en un intento, entre otros, de frenar la cantidad de colonialismo científico presente en la academia [250]. Un estudio reciente que describe a un nuevo fósil de pterosaurio de China publicado en *Current Biology* aprovechó la ocasión para destacar que la lista de autores de este trabajo incluía "colaboradores del lugar donde se realizó la investigación que participaron en la toma de datos, el diseño, el análisis y/o la interpretación del trabajo" [251].

Otras revistas paleontológicas tienen aparentemente políticas estrictas en materia de ética y legalidad, pero lamentablemente no las ponen en práctica. *Cretaceous Research*, por ejemplo, estipula en sus pautas para autores que "el material fósil de procedencia incierta o dudosa no se aceptará para su publicación en *Cretaceous Research*. Esto incluye el material que se encuentra actualmente en las colecciones de los museos y que carece de registros detallados de recolecta en campo, y/o cuya procedencia no puede determinarse definitivamente con certeza"[252]. Esta revista, sin embargo, notoriamente continúa publicando numerosos fósiles de origen altamente cuestionable de regiones como Araripe [253–256], incluyendo a “*Ubirajara jubatus*” [37], que finalmente ha sido removido tras los reclamos de otros investigadores y la presión en las redes sociales. *Cretaceous Research* también continúa publicando artículos sobre el ámbar de Myanmar (54 artículos hasta octubre

de 2021), a pesar de que muchas otras revistas de paleontología han puesto restricciones sobre la publicación de este material por razones éticas y legales [128–130] (ver la discusión en la Sección 4).

Tanto en Brasil como en México, el comercio o la exportación de fósiles sin permiso es ilegal. Los manuscritos que involucren fósiles de estos países y que sólo incluyan declaraciones vagas sobre la adquisición de un espécimen o que no puedan proporcionar información completa sobre cómo se obtuvo el fósil, no deben ser considerados para su publicación. Los fósiles brasileños recolectados después de 1942 y almacenados en colecciones extranjeras deben ser considerados con alta desconfianza. Los autores que afirmen que un fósil brasileño en una colección extranjera fue obtenido antes de 1942 deben poder presentar pruebas de esto. Sabemos que la ANM de Brasil autorizó la exportación legal de algunos fósiles brasileños después de esta fecha (e.g. especímenes de *Prionosuchus plummeri* depositados en el Museo de Historia Natural de Londres, Reino Unido, [257]) pero se trata de casos muy raros que involucran especímenes que no son holotipos. Cualquier holotipo brasileño depositado en una colección extranjera que haya sido recolectado después de 1990 representa una violación de las leyes brasileñas, como se ha mostrado anteriormente. Los autores deben obtener y proporcionar la documentación adecuada de ANM y MCTI que demuestre que estos fósiles fueron recolectados y exportados legalmente. Los fósiles que se mantienen en colecciones privadas y no en instituciones de investigación, tampoco deben ser considerados para su publicación, especialmente cuando se trata de nuevos taxones. Los fósiles mexicanos que tienen un número de registro del INAH no se depositan necesariamente en museos o universidades porque esta agencia gubernamental también registra colecciones privadas. Además, para fomentar el registro, el INAH no hace preguntas sobre la procedencia o autenticidad de los fósiles. Los autores que deseen publicar fósiles mexicanos registrados por el INAH deben aportar la documentación que demuestre que el fósil en cuestión está a disposición de la comunidad científica en una institución de investigación y no forma parte de una colección privada. Como se mencionó anteriormente, algunos de los grupos de investigación extranjeros que suelen trabajar con estos fósiles abogan abiertamente por infringir las leyes y normativas locales [10,11,176]. Recomendamos enfáticamente a los editores que se nieguen a publicar estudios sobre estos fósiles a menos que se haya demostrado claramente su estatus legal con documentación de respaldo por parte de los autores. En los casos donde las políticas editoriales de la revista estén ausentes o sean inadecuadas, recomendamos que los revisores vayan más allá de los requisitos de la revista para hacer estas preguntas y exigir la documentación de forma proactiva. Si bien es imperativo que la investigación cumpla con la legislación nacional, no existe ningún requisito legal para realizar un trabajo ético o para abstenerse de la ciencia paracaidista. Por lo tanto, también debemos recomendar a los editores, revisores y autores que sean conscientes de las implicaciones de una investigación que no sea justa.

### **10.3 Recomendaciones a los gobiernos locales y autoridades**

Los gobiernos deben aplicar estrictamente las leyes y reglamentos vigentes, y revisarlas periódicamente en consulta directa con los expertos y partes interesadas. En agosto de 2020

se aprobó en el Congreso de Nuevo León una iniciativa de ley que redefine el material de Vallecillo (en la Cuenca de Sabinas), trabajado durante más de dos décadas, como "grabados inusuales en piedra caliza". Una de las principales preocupaciones, según informaron los periodistas en su momento [258] y expresado por el Consejo de Paleontología del INAH [259], es que la nueva ley abre la posibilidad de comercializar abiertamente los fósiles extraídos de la cantera de Vallecillo saltándose así las legislaciones de protección de fósiles [258,259]. Para que nuestro estudio sea más accesible a las autoridades locales y a los responsables políticos, hemos realizado traducciones al español y al portugués (ver el material electrónico complementario Traducción S1 y S2).

Sin embargo, debido a la asimetría de poder entre los gobiernos de los países antiguamente colonizados y las principales potencias coloniales del Norte Global, la carga para impedir el contrabando de fósiles recolectados furtivamente en países con sólidas leyes sobre el patrimonio debe ser asumida también por los países donde estos fósiles finalmente se compran. En algunos países del Norte Global, sobre todo en Canadá y EE.UU. [227,260], se han realizado esfuerzos para combatir el contrabando de objetos del patrimonio cultural y nacional, así como de fósiles y fauna protegida, pero este esfuerzo se ha centrado en gran medida en artículos de alto perfil (e.g. esqueletos de dinosaurios) más que en el comercio general de objetos patrimoniales contrabandeados. Otros países, como Alemania, han sido mencionados anteriormente como uno de los centros del comercio internacional de antigüedades ilícitas [261]. Una adhesión más firme a los convenios internacionales sobre el contrabando de objetos del patrimonio por parte de los países de destino es una pieza fundamental de cualquier esfuerzo por reforzar la legislación local de protección de los fósiles.

#### **10.4 Recomendaciones para las instituciones de investigación, agencias de financiamiento y revisores**

La paleontología es una ciencia que captura el interés de un público amplio [262,263]. Las prácticas científicas coloniales llevadas a cabo repetidamente por algunas partes pueden dar lugar a una percepción pública negativa hacia las instituciones académicas o museos que las toleran. Cumplir con la normativa local no sólo es un paso lógico antes de emprender una expedición o una investigación con especímenes de origen internacional, sino que también debe ser una práctica ética esperada para las comunidades paleontológicas y científicas en general. Algunas sociedades profesionales de paleontología tienen ahora un Código de Conducta que aborda este punto específico y que sus miembros deben cumplir [264,265]. Los museos y universidades deben asesorar y apoyar a la comunidad paleontológica y sus miembros que investigan en países de bajos ingresos o con pocos recursos para evitar realizar prácticas científicas coloniales. Las universidades también deben considerar la inclusión de cursos de historia de la ciencia y ética como parte de sus programas de licenciatura y posgrado para garantizar que la futura generación de paleontólogos y paleontólogas reciba una formación adecuada sobre cuestiones éticas dentro de la paleontología (así como las ciencias geológicas y biológicas en general). Las agencias de financiación deben obligar a los solicitantes a demostrar que cumplirán con las leyes de los países en los que desean llevar a

cabo la investigación. En caso de no hacerlo, la financiación debería ser retirada. Los financiadores también deben exigir que se facilite una cooperación equitativa e institucionalizada con las contrapartes locales de forma que se beneficien ambas partes de la colaboración. Al igual que ocurre con la revisión de los manuscritos, los revisores de las subvenciones deberían considerar la posibilidad de examinar preventivamente las asociaciones propuestas y el trabajo de campo internacional, independientemente de que el financiador exija o no esta supervisión. Los revisores también deben tener en cuenta las implicaciones éticas de las asociaciones y los resultados propuestos, al margen de los requisitos legales.

Los museos comparten una carga de responsabilidad por las prácticas coloniales que es difícil de ignorar [266]. Es difícil imaginar que casi un centenar de holotipos de Araripe (y presumiblemente un número aún mayor de fósiles no tipo) hayan llegado ilegalmente a los museos extranjeros sin el conocimiento o incluso el apoyo de sus respectivos curadores. Como se ha visto anteriormente, hay varios casos en los que los autores admiten abiertamente que los fósiles fueron comprados. Los detalles de las compras se registran incluso en las etiquetas de los museos dentro de las colecciones (figura 11a) e incluso hay casos en los que los fósiles de Araripe se venden en las tiendas de regalos de los museos (figura 11b). Los museos deben adoptar políticas estrictas en cuanto a la recepción de especímenes en sus colecciones. Prohibir la admisión de fósiles con datos de procedencia dudosa o de países que prohíben su exportación, como es el caso de Brasil y México, debe adoptarse como política formal.

## 11. Conclusiones

Nuestro estudio ofrece un amplio panorama de las prácticas científicas coloniales que profundizan las desigualdades globales en la investigación paleontológica. Aunque nuestra investigación se centra en Brasil y México, estas prácticas se dan en muchos otros países, como lo demuestran los numerosos casos presentados anteriormente de contrabando de fósiles, fraude e incluso el flagrante desprecio de las leyes nacionales. Los museos, universidades y organismos de financiación deben evitar fomentar las investigaciones o a los grupos de investigación que estén implicados en prácticas científicas coloniales, especialmente cuando haya indicios de violación de las leyes y normativas locales, como lo es la compra y exportación ilegal de fósiles. Es igualmente importante que las revistas obliguen a los autores a proporcionar los permisos de investigación y exportación aplicables junto a sus manuscritos, y que se nieguen a publicar investigaciones que se produzcan a través de actividades poco éticas e irregulares, como los casos mencionados anteriormente. Las partes extranjeras deben respetar las leyes y normativas locales, y participar en colaboraciones constructivas, éticas y equitativas. Una mala conducta en investigación, que se salta las normas éticas y legales resulta en la pérdida de confianza en los expertos, investigaciones dudosas y no reproducibles, y aumenta la dificultad en el acceso de especímenes fósiles importantes. La historia extractiva de la paleontología colonialista no puede reescribirse, pero podemos forjar un nuevo camino basado en una cooperación

respetuosa que beneficie mutuamente a las instituciones extranjeras y locales, así como a las comunidades locales que siguen siendo los custodios de su patrimonio paleontológico.

### Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los oficiales de la ley que investigan y protegen el patrimonio fósil del tráfico ilícito, a los periodistas y comunicadores que exponen estos temas y sensibilizan, y al público general que habla de este tema y lo mantiene vivo en las redes sociales y ayuda a añadir presión a los individuos e instituciones responsables del contrabando y sustracción de este patrimonio. Este manuscrito contó con la colaboración de otros colegas que prefirieron permanecer en el anonimato. Agradecemos la ayuda prestada por Alberto Blanco Piñón en nuestra discusión sobre los fósiles de Sabinas, así como las fotografías que nos proporcionó. Agradecemos a Felisa Aguilar Arellano (Consejo de Paleontología - INAH) su valiosa ayuda con las leyes mexicanas sobre fósiles. Chico Camargo nos ayudó a extraer los datos de Twitter en este estudio. Nuestro agradecimiento también a: Paolo Schirolli (Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia) y Lorenzo Marchetti (Museum für Naturkunde Berlin) que proporcionó información sobre las leyes italianas, Jeff Liston (Royal Tyrrell Museum of Palaeontology) y John Long (Flinders University) por proporcionar información sobre anteriores repatriaciones de fósiles, y Edenilce P. Batista (Universidade Regional do Cariri) por la información sobre las plantas de Araripe. La fotografía de *Tetrapodophis amplexus* (figura 2f) fue proporcionada por Michael Caldwell (University of Alberta), las imágenes en la figura 1e-f son cortesía de EL Norte – Grupo REFORMA, la fotografía de La Cantera La Mula (figura 3b) fue proporcionada por Selene Velázquez, y el arte en la figura 8d fue creado por Saulo Daniel Ferreira Pontes. El manuscrito también se benefició de los comentarios de Sarah Greene (University of Birmingham) y Shazia Kurmoo (Ministerio de Asuntos Exteriores de Mauricio). También agradecemos a Alexandra Elbakyan y al proyecto de Sci-Hub por proveer acceso a varios artículos que fueron necesarios en este estudio. Finalmente, nuestro muy especial *obrigado* a Matthew R. Downen y al Museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas por colaborar con la repatriación de 36 fósiles de arañas a Brasil. NBR es apoyada por Deutsche Forschungsgemeinschaft (KI 806/17-1).

1. Adas M. 2008 Colonialism and Science. In *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures* (ed H Selin), pp. 604–609. Dordrecht: Springer Netherlands. (doi:10.1007/978-1-4020-4425-0\_8518)
2. Aldrich R. 2009 Colonial Museums in a Postcolonial Europe. *African and Black Diaspora: An International Journal* **2**, 137–156. (doi:10.1080/17528630902981118)
3. Andersen C, Clopot C, Ifversen J. 2020 Heritage and interculturality in EU science diplomacy. *Humanities and Social Sciences Communications* **7**, 1–8. (doi:10.1057/s41599-020-00668-8)
4. de Vos A. 2020 The Problem of ‘Colonial Science’. *Scientific American*, 1 July. See <https://www.scientificamerican.com/article/the-problem-of-colonial-science/>.
5. North MA, Hastie WW, Hoyer L. 2020 Out of Africa: The underrepresentation of African authors in high-impact geoscience literature. *Earth-Science Reviews* **208**,

103262. (doi:10.1016/j.earscrev.2020.103262)
6. Stefanoudis PV, Licuanan WY, Morrison TH, Talma S, Veitayaki J, Woodall LC. 2021 Turning the tide of parachute science. *Current Biology* **31**, R184–R185. (doi:10.1016/j.cub.2021.01.029)
  7. The Lancet Global Health. 2018 Closing the door on parachutes and parasites. *The Lancet Global Health* **6**, e593. (doi:10.1016/S2214-109X(18)30239-0)
  8. van Groenigen JW, Stoof CR. 2020 Helicopter research in soil science: A discussion. *Geoderma* **373**, 114418. (doi:10.1016/j.geoderma.2020.114418)
  9. Minasny B, Fiantis D, Mulyanto B, Sulaeman Y, Widyatmanti W. 2020 Global soil science research collaboration in the 21st century: Time to end helicopter research. *Geoderma* **373**, 114299. (doi:10.1016/j.geoderma.2020.114299)
  10. Martill DM. 2011 Protect - and die. *Geoscientist Online* **November-2011**. See <https://www.geolsoc.org.uk/Geoscientist/Archive/November-2011/Protect-and-die>.
  11. Martill DM. 2018 Why palaeontologists must break the law: a polemic from an apologist. *The Geological Curator* **10**, 641–649.
  12. Albersdörfer R. 2018 Fossil legislation - protection or destruction? *The Geological Curator* **10**, 603–605.
  13. Raja NB, Dunne E, Khan TM, Nätscher P. 2020 The Overlooked Realities of Sampling Bias in the Fossil Record. p. 356351. (doi:10.1130/abs/2020AM-356351)
  14. Monarrez PM *et al.* 2021 Our past creates our present: a brief overview of racism and colonialism in Western paleontology. *Paleobiology*, 1–13. (doi:10.1017/pab.2021.28)
  15. Raja N, Dunne E, Matiwane A, Khan TM, Nätscher P, Ghilardi A, Chattopadhyay D. 2021 Colonial history and global economics distort our understanding of deep-time biodiversity. (doi:10.31223/X5802N)
  16. Fernández D, Luci L, Cataldo C, Pérez D. 2014 Paleontology in Argentina: history, heritage, funding, and education from a southern perspective. *Palaeontologia Electronica* (doi:10.26879/146)
  17. da Conceição DM, Tavares TMV, Cisneros JC, Kurzawe F, de Alcântara Alencar M, Filho MP, da Silva-Melo A, Aires HA. 2020 Geoconservation of Permian Petrified Forests from Northeastern Brazil. In *Brazilian Paleofloras* (eds R Iannuzzi, R Rößler, L Kunzmann), pp. 1–36. Cham: Springer International Publishing. (doi:10.1007/978-3-319-90913-4\_13-1)
  18. Guerrero-Arenas R, Arellano FJA, Mendoza LA, Jiménez-Hidalgo E. 2020 How is the paleontological heritage of Mexico and other Latin American countries protected? *Paleontología Mexicana* **9**, 83–90.
  19. Brazil. 1990 Decreto N° 98.830.
  20. Ministerio de Minas y Energía. 2018 Decreto 1353 del 31 de Julio de 2018.
  21. Ministerio de Educación. 1990 Decreto Supremo N° 484, de 1990, del Ministerio de Educación: Reglamento Sobre Excavaciones Y/O Prospecciones Arqueológicas, Antropológicas Y Paleontológicas.
  22. Viana MSS, Carvalho I de S. 2019 *Patrimônio Paleontológico*. Editora Interciência. Editora Interciência: Rio de Janeiro.
  23. Aguilar Arellano FJ, Alvarado Mendoza L. 2020 The Council of Paleontology of INAH: Background and perspectives. *Paleontología Mexicana* **9**, 91–101.
  24. Martin J. 2004 All legal and ethical? Museums and the international market in fossils. In *Museums and the future of collecting*, pp. 155–164. Farnham: Ashgate.
  25. Martin J. 2018 Dodgy fossils: international legislation and the meaning of ‘cultural property’. *The Geological Curator* **10**, 607–616.
  26. Maisey JG. 1991 *Santana fossils: an illustrated atlas*. TFH Publications Incorporated.
  27. Ifrim C, Stinnesbeck W, Frey E, others. 2007 Upper Cretaceous (Cenomanian-Turonian

- and Turonian-Coniacian) open marine plattenkalk deposits in NE Mexico. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* **245**, 71–81. (doi:10.1127/0077-7749/2007/0245-0071)
28. Heads SW, Miller AN, Crane JL, Thomas MJ, Ruffatto DM, Methven AS, Raudabaugh DB, Wang Y. 2017 The oldest fossil mushroom. *PLOS ONE* **12**, e0178327. (doi:10.1371/journal.pone.0178327)
  29. Heads SW, Miller AN, Crane JL. 2017 On the name of the oldest fossil mushroom. *Mycol Progress* **16**, 1071–1072. (doi:10.1007/s11557-017-1355-4)
  30. Kellner AWA. 1996 Fossilized theropod soft tissue. *Nature* **379**, 32–32. (doi:10.1038/379032a0)
  31. Frey E, Buchy M-C, Stinnesbeck W, González González A, Di Stefano A. 2006 *Muzquizopteryx coahuilensis* ng, n. sp., a nyctosaurid pterosaur with soft tissue preservation from the Coniacian (Late Cretaceous) of northeast Mexico (Coahuila). *Oryctos* **6**, 19–40.
  32. Frey E, Mulder EWA, Stinnesbeck W, Rivera-Sylva HE, Padilla-Gutiérrez JM, González-González AH. 2017 A new polycotyloid plesiosaur with extensive soft tissue preservation from the early Late Cretaceous of northeast Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* **69**, 87–134. (doi:10.18268/BSGM2017v69n1a5)
  33. Maldanis L *et al.* 2016 Heart fossilization is possible and informs the evolution of cardiac outflow tract in vertebrates. *eLife* **5**, e14698. (doi:10.7554/eLife.14698)
  34. Dias JJ, Carvalho I de S. 2020 Remarkable fossil crickets preservation from Crato Formation (Aptian, Araripe Basin), a Lagerstätten from Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* **98**, 102443. (doi:10.1016/j.jsames.2019.102443)
  35. Gibney E. 2014 Brazil Clamps down on Illegal Fossil Trade. *Nature* **507**, 20–20. (doi:10.1038/507020a)
  36. Vullo R, Frey E, Ifrim C, González González MA, Stinnesbeck ES, Stinnesbeck W. 2021 Manta-Like Planktivorous Sharks in Late Cretaceous Oceans. *Science* **371**, 1253–1256. (doi:10.1126/science.abc1490)
  37. Martill DM, Tischlinger H, Longrich NR. 2015 A Four-Legged Snake from the Early Cretaceous of Gondwana. *Science* **349**, 416–419. (doi:10.1126/science.aaa9208)
  38. Smyth RSH, Martill DM, Frey E, Rivera-Sylva HE, Lenz N. 2020 Temporary Removal: A Maned Theropod Dinosaur from Gondwana with Elaborate Integumentary Structures. *Cretaceous Research* , 104686. (doi:10.1016/j.cretres.2020.104686)
  39. Mexico. 1897 Decreto por el cual los monumentos arqueológicos existentes en territorios mexicanos son propiedad de la nación y nadie podrá explorarlos, removerlos, ni restaurarlos, sin autorización expresa del ejecutivo de la unión de mayo 11 de 1897.
  40. Sánchez-Gaona L. 2012 Legislación Mexicana de Patrimonio Cultural. *Universidad de Alcalá, Cuaderno Electrónico de DD.HH.* **8**, 57–74.
  41. Bueno C. 2016 *The Pursuit of Ruins: Archaeology, History, and the Making of Modern Mexico*. University of New Mexico Press.
  42. Mexico. 1972 Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricas.
  43. Mexico. 1939 Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia.
  44. Mexico. 1986 Decreto por el que se reforma la Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Secretaría de Educación Pública, Estados Unidos Mexicanos.
  45. Mexico. 1975 Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricas.
  46. Mesa S, Echauri E, Hernández W. 2017 El registro público del patrimonio cultural en el INAH. *Arqueología* **52**.
  47. Mexico. 2004 Ley General de Bienes Nacionales.



48. Carreño AL, Montellano-Ballesteros M. 2005 La Paleontología mexicana; pasado, presente y futuro. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* **57**, 137–147. (doi:10.18268/BSGM2005v57n2a2)
49. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). 2020 Lineamientos para la investigación de vestigios o restos fósiles de interés paleontológico en México. See <https://www.normateca.inah.gov.mx/pdf/01612485398.PDF> (accessed on 5 April 2021).
50. Brazil. 1942 Decreto-lei nº 4.146.
51. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 1990 Portaria nº 55.
52. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). 2016 Portaria Nº 155, de 12 de Maio de 2016. Aprova a Consolidação Normativa do DNPM e revoga os atos normativos consolidados.
53. UNESCO. 1970 Convention on the Means of Prohibiting and Preventing the Illicit Import, Export and Transfer of Ownership of Cultural Property. See [http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL\\_ID=13039&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=13039&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html) (accessed on 3 April 2021).
54. Martill DM, Bechly G, Loveridge RF. 2007 *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*. Cambridge University Press.
55. de Moura-Júnior DA, Scheffler SM, Fernandes ACS. 2018 A Paleontomofauna Brasileira: Cenário Atual. *Anuário IGEO UFRJ* **41**, 142–166. (doi:10.11137/2018\_1\_142\_166)
56. Twitter, Inc. 2021 Standard search API. *Standard search API | Docs | Twitter Developer Platform*. See <https://developer.twitter.com/en/docs/twitter-api/v1/tweets/search/api-reference/get-search-tweets> (accessed on 20 October 2021).
57. López-Ramos E. 1981 Paleogeografía y tectónica del Mesozoico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* **5**, 158–177.
58. Aguilar FJ, Porrás-Múzquiz H. 2009 Los fósiles del Museo de Múzquiz AC y su resguardo patrimonial por el Instituto Nacional de Antropología e Historia. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* **61**, 147–153. (doi:10.18268/BSGM2009v61n2a1)
59. Blanco-Piñón A, Alvarado-Ortega J. 2007 Review of *Vallecillichthys multivertebratum* (Teleostei: Ichthyodectiformes), a Late Cretaceous (early Turonian) ‘Bulldog fish’ from northeastern Mexico. *Revista mexicana de ciencias geológicas* **24**, 450–466.
60. Blanco-Piñón A. 1998 Vallecillo Nuevo León: yacimiento fosilífero del noreste de México: Linares, NL. Master thesis, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra.
61. Armendáriz E. 2007 Nuevo León en el mapa paleontológico internacional. *Ciencia UANL* **10**, 63–66.
62. Ifrim C, Stinnesbeck W, Garza RR, Ventura JF. 2010 Hemipelagic cephalopods from the Maastrichtian (late Cretaceous) Parras Basin at La Parra, Coahuila, Mexico, and their implications for the correlation of the lower Difunta Group. *Journal of South American Earth Sciences* **29**, 597–618. (doi:10.1016/j.jsames.2009.08.005)
63. Ifrim C. 2013 Paleobiology and Paleoecology of the Early Turonian (late Cretaceous) Ammonite *Pseudaspidoceras Flexuosum*. *PALAIOS* **28**, 9–22. (doi:10.2110/palo.2012.p12-005r)
64. Zell P, Beckmann S, Stinnesbeck W, Flores-Ventura J. 2013 First record of *Duvalia* ex. gr. *lata* (Cephalopoda, Coleoidea) from Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* **65**, 527–531. (doi:10.18268/BSGM2013v65n3a7)
65. Frey E, Elgin RA, Stinnesbeck W, Padilla-Gutiérrez JM, Ifrim C, Giersch S, González-González AH. 2012 A new specimen of nyctosaurid pterosaur, cf. *Muzquizopteryx* sp. from the Late Cretaceous of northeast Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias*

- Geológicas* **29**, 131–139.
66. Sandy MR. 1990 Early Cretaceous brachiopods from Mexico and their paleobiogeographic significance. *Journal of Paleontology* **64**, 942–956.
  67. Castillo Mangas MT. 2014 El registro nacional de colecciones de piezas arqueológicas en custodia de particulares. In *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años*, pp. 665–679. Mexico City: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
  68. Universidad Nacional Autónoma de México - Instituto de Geología. 2019 Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana: Instrucciones - Instructions. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. See <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/index.php/instrucciones-instructions> (accessed on 10 May 2021).
  69. Pérez Ortega R. 2021 This ancient shark fossil is exquisite. But some researchers wonder if they'll be able to study it. *Science* (doi:10.1126/science.abj0292)
  70. GeoXplora. 2021 Descubrimiento de Tiburón Filtrador del Cretácico en México.
  71. Vullo R, Frey E, Ifrim C, González González MA, Stinnesbeck ES, Stinnesbeck W. 2021 Supplementary Materials for Manta-like planktivorous sharks in Late Cretaceous oceans.
  72. Vullo R, Frey E, Ifrim C, González González MA, Stinnesbeck ES, Stinnesbeck W. 2021 Supplementary Materials for Manta-like planktivorous sharks in Late Cretaceous oceans (Correction: 8 April 2021).
  73. Vullo R, Frey E, Ifrim C, González González MA, Stinnesbeck ES, Stinnesbeck W. 2021 Erratum for the Report “Manta-like planktivorous sharks in Late Cretaceous oceans” by R. Vullo, E. Frey, C. Ifrim, M. A. González González, E. S. Stinnesbeck, W. Stinnesbeck. *Science* **372**, eabi9203. (doi:10.1126/science.abi9203)
  74. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020 *Pesquisa de orçamentos familiares: 2017-2018: perfil das despesas no Brasil: indicadores selecionados / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento*. Rio de Janeiro: IBGE. See <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101761>.
  75. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) Brasil. 2010 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal 2010. See <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html> (accessed on 7 April 2021).
  76. Campos D, Vidal FWH, Castro NF. 2008 Quarrying Limestones and Saving Fossils of the Araripe Basin, Brazil. In *Dimension Stones – ICDS: XXI Century Challenges – Proceedings of the Second International Congress*, Pisa: Pacini Editore.
  77. Vilas-Boas M, Brilha JBR, Lima FF de. 2013 Conservação do Patrimônio Paleontológico do Geopark Araripe (Brasil): Enquadramento, Estratégias e Condicionantes. *Boletim Paranaense de Geociências* **70**. (doi:10.5380/geo.v70i0.31418)
  78. Antunes MT, Balbino AC, Freitas I. 2005 Early (18th century) discovery of Cretaceous fishes from Chapada do Araripe, Ceará, Brazil – Specimens kept at the ‘Academia das Ciências de Lisboa’ Museum. *Comptes Rendus Palevol* **4**, 375–384. (doi:10.1016/j.crpv.2005.02.001)
  79. Pinheiro FL, Fernandes-Ferreira H. 2014 História da Zoologia no Estado do Ceará Parte II: Paleozoologia e Etnozoologia. *Gaia Scientia* **8**, 121–135.
  80. Gould SJ. 1981 *The mismeasure of man*. 1st ed. New York: Norton.
  81. Miranda G. 2010 Fósseis brasileiros leiloados pela Sotheby's saíram do país ilegalmente, diz governo. *Folha de S. Paulo*, 6 October. See <https://www1.folha.uol.com.br/paywall/login.shtml?https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/810509-fosseis-brasileiros-leiloados-pela-sothebys-sairam-do-pais-ilegalmente->

- diz-governo.shtml.
82. Miranda G. 2012 Fósseis levados ilegalmente do Brasil estão à venda em site. *Folha de S. Paulo*, 19 March. See <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/1063822-fosseis-levados-ilegalmente-do-brasil-estao-a-venda-em-site.shtml>.
  83. Oliveto P. 2014 Loja francesa faz leilão de fóssil brasileiro no Ebay. *Estado de Minas*, 4 February. See [http://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2014/02/04/interna\\_tecnologia,494724/loja-francesa-faz-leilao-de-fossil-brasileiro-no-ebay.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2014/02/04/interna_tecnologia,494724/loja-francesa-faz-leilao-de-fossil-brasileiro-no-ebay.shtml).
  84. Leite C. 2020 Mercado internacional: perfil online leilão fóssil traficado do Cariri cearense. *O Povo Online*, 11 November. See <https://www.opovo.com.br/noticias/cariri/2020/11/11/mercado-internacional--perfil-online-leilao-fossil-traficado-do-cariri-cearense.html>.
  85. Coiffard C, Kardjilov N, Manke I, Bernardes-de-Oliveira MEC. 2019 Fossil evidence of core monocots in the Early Cretaceous. *Nat. Plants* **5**, 691–696. (doi:10.1038/s41477-019-0468-y)
  86. Rydin C, Mohr B, Friis EM. 2003 *Cratonia cotyledon* gen. et sp. nov.: a unique Cretaceous seedling related to *Welwitschia*. *Proc. R. Soc. Lond. B* **270**. (doi:10.1098/rsbl.2003.0044)
  87. Yabumoto Y. 2002 A new coelacanth from the Early Cretaceous of Brazil (Sarcopterygii, Actinistia). *Paleontological Research* **6**, 343–350. (doi:10.2517/prpsj.6.343)
  88. Fielding S, Martill DM, Naish D. 2005 Solnhofen-style soft-tissue preservation in a new species of turtle from the Crato Formation (Early Cretaceous, Aptian) of North-East Brazil: soft-tissue preservation in a Cretaceous turtle. *Palaeontology* **48**, 1301–1310. (doi:10.1111/j.1475-4983.2005.00508.x)
  89. Martill DM. 2011 A new pterodactyloid pterosaur from the Santana Formation (Cretaceous) of Brazil. *Cretaceous Research* **32**, 236–243. (doi:10.1016/j.cretres.2010.12.008)
  90. Martill, DM, Cruickshank ARI, Frey E, Small PG, Clarke M. 1996 A new crested maniraptoran dinosaur from the Santana Formation (Lower Cretaceous) of Brazil. *Journal of the Geological Society* **153**, 5–8. (doi:10.1144/gsjgs.153.1.0005)
  91. Evans SE, Yabumoto Y. 1998 A lizard from the Early Cretaceous Crato Formation, Araripe Basin, Brazil. *njgpm* **1998**, 349–364. (doi:10.1127/njgpm/1998/1998/349)
  92. Frey E, Martill DM, Buchy M-C. 2003 A new species of tapejarid pterosaur with soft-tissue head crest. *Geological Society, London, Special Publications* **217**, 65–72. (doi:10.1144/GSL.SP.2003.217.01.06)
  93. Frey E, Martill DM, Buchy M-C. 2003 A new crested ornithocheirid from the Lower Cretaceous of northeastern Brazil and the unusual death of an unusual pterosaur. *Geological Society, London, Special Publications* **217**, 55–63. (doi:10.1144/GSL.SP.2003.217.01.05)
  94. Salisbury SW, Frey E, Martill DM, Buchy M-C. 2003 A new crocodylian from the Lower Cretaceous Crato Formation of north-eastern Brazil. *Palaeontographica Abteilung A*, 3–47.
  95. Dilcher DL, Bernardes-De-Oliveira ME, Pons D, Lott TA. 2005 Welwitschiaceae from the Lower Cretaceous of northeastern Brazil. *American Journal of Botany* **92**, 1294–1310. (doi:10.3732/ajb.92.8.1294)
  96. Witton MP. 2008 A new azhdarchoid pterosaur from the Crato Formation (Lower Cretaceous, Aptian?) of Brazil. *Palaeontology* **51**, 1289–1300. (doi:10.1111/j.1475-4983.2008.00811.x)
  97. Hadden JA, Campos HBN. 2015 An unusual edentulous pterosaur from the Early

- Cretaceous Romualdo Formation of Brazil. *Historical Biology* **27**, 815–826. (doi:10.1080/08912963.2014.904302)
98. Brito PM, Gallo V. 2003 A new species of *Lepidotes* (Neopterygii: Semionotiformes: Semionotidae) from the Santana Formation, Lower Cretaceous of northeastern Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology* **23**, 47–53. (doi:10.1671/0272-4634(2003)23[47:ANSOLN]2.0.CO;2)
  99. Kellner AWA, Tomida Y. 2000 Description of a new species of Anhangueridae (Pterodactyloidea) with comments on the pterosaur fauna from the Santana Formation (Aptian-Albian), northeastern Brazil. *National Science Museum Monographs* **17**, 1–135.
  100. Sucerquia PA, Bernardes-de-Oliveira MEC, Mohr BAR. 2015 Phytogeographic, stratigraphic, and paleoclimatic significance of *Pseudofrenelopsis capillata* sp. nov. from the Lower Cretaceous Crato Formation, Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology* **222**, 116–128. (doi:10.1016/j.revpalbo.2015.07.012)
  101. Geggel L. 2016 Mistaken Identity? Debate Over Ancient 4-Legged Snake Heats Up. *Live Science*. See <https://www.livescience.com/56685-debate-about-four-legged-snake-fossil.html>.
  102. Escobar H. 2015 Author of 4-legged-snake paper defies Brazilian fossil laws. *Ciência | Estudos e pesquisas científicas no Estadão Ciência*.
  103. Gramling C. 2016 'Four-Legged Snake May Be Ancient Lizard Instead. *Science* **354**, 536–537. (doi:10.1126/science.354.6312.536)
  104. Greshko M. 2016 Famous 'Four-Legged Snake' may really be dino-era lizard. *National Geographic*. See <https://www.nationalgeographic.com/animals/article/snakes-tetrapodophis-fossils-ethics-science> (accessed on 10 May 2021).
  105. Viggiano G. 2020 Após polêmica, artigo sobre novo dinossauro brasileiro é despublicado - Revista Galileu | Ciência. 23 December. See <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2020/12/apos-polemica-artigo-sobre-novo-dinossauro-brasileiro-e-despublicado.html>.
  106. Melo Filgueira JB. 1995 Autorização.
  107. Martill DM, Filgueira JM. 1994 A new feather from the Lower Cretaceous of Brazil. *Palaeontology* **37**, 483–487.
  108. Pérez Ortega R. 2021 'It's like a second extinction': Retraction deepens legal and ethical battle over rare dinosaur. (doi:10.1126/science.acx9223)
  109. Stinnesbeck SR *et al.* 2017 *Xibalbaonyx oviceps*, a new megalonychid ground sloth (Folivora, Xenarthra) from the Late Pleistocene of the Yucatán Peninsula, Mexico, and its paleobiogeographic significance. *PalZ* **91**, 245–271. (doi:10.1007/s12542-017-0349-5)
  110. Stinnesbeck SR *et al.* 2017 A new fossil peccary from the Pleistocene-Holocene boundary of the eastern Yucatán Peninsula, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* **77**, 341–349. (doi:10.1016/j.jsames.2016.11.003)
  111. Stinnesbeck SR, Stinnesbeck W, Frey E, Avilés Olguín J, Rojas Sandoval C, Velázquez Morlet A, H. González A. 2018 *Panthera balamoides* and other Pleistocene felids from the submerged caves of Tulum, Quintana Roo, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* **32**, 930–939. (doi:10.1080/08912963.2018.1556649)
  112. Stinnesbeck SR, Frey E, Stinnesbeck W. 2018 New insights on the paleogeographic distribution of the Late Pleistocene ground sloth genus *Xibalbaonyx* along the Mesoamerican Corridor. *Journal of South American Earth Sciences* **85**, 108–120. (doi:10.1016/j.jsames.2018.05.004)
  113. Stinnesbeck SR, Stinnesbeck W, Frey E, Olguín JA, González AG. 2020 *Xibalbaonyx exinferis* n. sp. (Megalonychidae), a new Pleistocene ground sloth from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Historical Biology* **0**, 1–12. (doi:10.1080/08912963.2020.1754817)

114. Stinnesbeck SR, Frey E, Olguín JA, González AG, Morlet AV, Stinnesbeck W. 2020 Life and death of the ground sloth *Xibalbaonyx oviceps* from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Historical Biology* **0**, 1–17. (doi:10.1080/08912963.2020.1819998)
115. Gaffney ES, Campbell KE, Wood RC. 1998 Pelomedusoid side-necked turtles from late Miocene sediments in southwestern Amazonia. *American Museum novitates*; no. 3245.
116. Prothero DR, Campbell KE, Beatty BL, Frailey CD. 2014 New late Miocene dromomerycine artiodactyl from the Amazon Basin: implications for interchange dynamics. *Journal of Paleontology* **88**, 434–443. (doi:10.1666/13-022)
117. Rodríguez Vela H. 2012 Distribución espacial, temporal y geológica de los vertebrados fósiles del norte y centro de México mediante sistemas de información geográfica. Master Thesis, Universidad Autónoma de Nuevo León. See <https://cd.dgb.uanl.mx/handle/201504211/4871>.
118. Rößler R, Galtier J. 2002 First *Grammatopteris* tree ferns from the Southern Hemisphere – new insights in the evolution of the Osmundaceae from the Permian of Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology* **121**, 205–230. (doi:10.1016/S0034-6667(02)00086-6)
119. Rößler R, Galtier J. 2002 *Dernbachia brasiliensis* gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of NE Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology* **122**, 239–263. (doi:10.1016/S0034-6667(02)00186-0)
120. Rößler R, Galtier J. 2003 The first evidence of the fern *Botryopteris* from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth form diversity. *Review of Palaeobotany and Palynology* **127**, 99–124. (doi:10.1016/S0034-6667(03)00096-4)
121. Trümper S, Götze J, Rößler R. 2020 Siliceous Petrifications in the Permian of the Parnaíba Basin, Central-North Brazil: Sedimentary Environment and Fossilization Pathways. In *Brazilian Paleofloras* (eds R Iannuzzi, R Rößler, L Kunzmann), pp. 1–45. Cham: Springer International Publishing. (doi:10.1007/978-3-319-90913-4\_10-1)
122. Ollivier T. 2018 Au Maroc, le discret marché du trafic de fossiles. *Libération*, 29 August. See [https://www.liberation.fr/planete/2018/08/29/au-maroc-le-discret-marche-du-traffic-de-fossiles\\_1675219/](https://www.liberation.fr/planete/2018/08/29/au-maroc-le-discret-marche-du-traffic-de-fossiles_1675219/).
123. Ben Yahia J. 2019 Morocco’s surging trade in fossils. *ENACT Africa*. See <https://enactafrica.org/research/trend-reports/moroccos-surging-trade-in-fossils> (accessed on 11 April 2021).
124. Gutiérrez-Marco JC, Sá AA, García-Bellido DC, Chacaltana CA. 2017 Recent Geoethical Issues in Moroccan and Peruvian Paleontology. *Annals of Geophysics* **60**. (doi:10.4401/ag-7475)
125. Timmins B. 2019 Dinosaurs: Restoring Mongolia’s fossil heritage. *BBC News*, 23 November. See <https://www.bbc.com/news/science-environment-50131770>.
126. 2021 Institute for the Study of Mongolian Dinosaurs. *Institute for the Study of Mongolian Dinosaurs*. See <https://mongoliandinosaurs.org/> (accessed on 11 April 2021).
127. Sokol J. 2019 Fossils in Burmese amber offer an exquisite view of dinosaur times—and an ethical minefield. *Science* (doi:10.1126/science.aay1187)
128. Society of Vertebrate Paleontology. 2020 Fossils from conflict zones and reproducibility of fossil-based scientific data.
129. Barrett PM, Johanson Z. 2020 Editorial: Myanmar (Burmese) Amber Statement. *Journal of Systematic Palaeontology* **18**, 1059–1059. (doi:10.1080/14772019.2020.1764313)
130. Barrett PM, Johanson Z. 2020 Myanmar amber fossils: a legal as well as ethical quagmire. *Nature* **586**, 674–674. (doi:10.1038/d41586-020-03006-9)
131. Nudds J. 2001 Ethics, science and the trade: let’s get together. *The Geological Curator*

- 7, 191–198.
132. Mayor A. 2000 *The First Fossil Hunters: Paleontology in Greek and Roman Times*. Princeton University Press.
  133. Mayor A. 2013 *Fossil legends of the first Americans*. Princeton University Press.
  134. Mayor A, Sarjeant WAS. 2001 The folklore of footprints in stone: From classical antiquity to the present. *Ichnos* **8**, 143–163. (doi:10.1080/10420940109380182)
  135. Xing L, Mayor A, Chen Y, Harris JD, Burns ME. 2011 The Folklore of Dinosaur Trackways in China: Impact on Paleontology. *Ichnos* **18**, 213–220. (doi:10.1080/10420940.2011.634038)
  136. Liston J. 2014 Fossil protection legislation: Chinese issues, global problems. *Biological Journal of the Linnean Society* **113**, 694–706. (doi:10.1111/bij.12293)
  137. Moura GJB, Albuquerque UP. 2011 The First Report on the Medicinal Use of Fossils in Latin America. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* **2012**, e691717. (doi:10.1155/2012/691717)
  138. Jenkins T. 2016 *Keeping Their Marbles: How the Treasures of the Past Ended Up in Museums-And Why They Should Stay There*. Oxford University Press.
  139. Jajodia IH. 2018 The Case Against Repatriation. *Medium*, 12 April. See <https://medium.com/@ishaanj/the-case-against-repatriation-c0ff34fab504>.
  140. Stack L. 2019 Are African Artifacts Safer in Europe? Museum Conditions Revive Debate. *The New York Times*, 4 September. See <https://www.nytimes.com/2019/09/04/arts/design/germany-museum-condition-artifacts.html>.
  141. Greshko M. 2018 Fire Devastates Brazil’s Oldest Science Museum. *National Geographic*, 9 June. See <https://www.nationalgeographic.com/science/article/news-museu-nacional-fire-rio-de-janeiro-natural-history>.
  142. Reuters. 1996 Opera house in Venice is destroyed by fire. *The New York Times*, 30 January. See <https://www.nytimes.com/1996/01/30/arts/opera-house-in-venice-is-destroyed-by-fire.html>.
  143. Spafford-Ricci S, Graham F. 2000 The Fire at the Royal Saskatchewan Museum, Part 1: Salvage, Initial Response, and the Implications for Disaster Planning. *Journal of the American Institute for Conservation* **39**, 15–36. (doi:10.1179/019713600806113338)
  144. Nossiter A. 2019 In Aftermath of Notre-Dame Fire, Macron Urges Unity in Fragmented Nation. *The New York Times*, 16 April. See <https://www.nytimes.com/2019/04/16/world/europe/notre-dame-fire-investigation.html>.
  145. Royal Trust Collection. 2021 The fire at Windsor Castle. See <https://www.rct.uk/visit/windsor-castle/the-fire-at-windsor-castle> (accessed on 5 April 2021).
  146. Stack L. 2019 Are African Artifacts Safer in Europe? Museum Conditions Revive Debate. *The New York Times*, 4 September. See <https://www.nytimes.com/2019/09/04/arts/design/germany-museum-condition-artifacts.html>.
  147. Kushner J. 2020 In Germany, the Humboldt Forum stirs up a colonial controversy. *National Geographic*, 16 December. See <https://www.nationalgeographic.com/history/article/germany-humboldt-forum-stirs-colonial-controversy>.
  148. Rea N. 2017 Violent storms invade the Louvre, damaging art by Poussin and other holdings. *Artnet News*, 17 July. See <https://news.artnet.com/art-world/louvre-reveals-list-artworks-damaged-storms-1024592>.
  149. Rea N. 2017 Searing temperatures in Italy force the closure of Florence’s Uffizi Gallery. *Artnet News*, 7 August. See <https://news.artnet.com/art-world/uffizi-close-heatwave->

- 1042517.
150. Kutner M. 2018 How the Smithsonian Prepares for Hurricanes and Flooding. *Smithsonian Magazine*, 14 September. See <https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/how-smithsonian-preps-hurricanes-and-flooding-180970294/>.
  151. Carrigan. 2021 Burpee Museum extends closure after pipe bursts, floods part of the museum. *WREX*.
  152. Smith JB, Lamanna MC, Mayr H, Lacovara KJ. 2006 New Information regarding the Holotype of *Spinosaurus aegyptiacus* Stromer, 1915. *Journal of Paleontology* **80**, 400–406. (doi:10.1666/0022-3360(2006)080[0400:NIRTHO]2.0.CO;2)
  153. De Souza RG, Riff D, De Souza-Filho JP, Kellner AW. 2018 Revisiting *Gryposuchus jessei* Gürich, 1912 (Crocodylia: Gavialoidea): specimen description and comments on the genus. *Zootaxa* **4457**, 167–178. (doi:10.11646/zootaxa.4457.1.9)
  154. Nentwig W, Blick T, Gloor D, Jäger P, Kropf C. 2020 How to deal with destroyed type material? The case of Embrik Strand (Arachnida: Araneae). *argl* **59**, 22–29. (doi:10.30963/aramit5904)
  155. Fara E, Saraiva AÁF, de Almeida Campos D, Moreira JKR, de Carvalho Siebra D, Kellner AWA. 2005 Controlled excavations in the Romualdo Member of the Santana Formation (Early Cretaceous, Araripe Basin, northeastern Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **218**, 145–160. (doi:10.1016/j.palaeo.2004.12.012)
  156. Vila Nova BC, Saraiva AA, Moreira JK, Sayão JM. 2011 Controlled excavations in the Romualdo Formation lagerstätte (Araripe basin, Brazil) and pterosaur diversity: Remarks based on new findings. *Palaios* **26**, 173–179. (doi:20110310091832)
  157. Storari AP, Rodrigues T, Bantim RAM, Lima FJ, Saraiva AAF. 2021 Mass mortality events of autochthonous faunas in a Lower Cretaceous Gondwanan Lagerstätte. *Scientific Reports* **11**, 6976. (doi:10.1038/s41598-021-85953-5)
  158. Santana W, Pinheiro AP, Silva CMRD, Saraiva AÁ. 2013 A new fossil caridean shrimp (Crustacea: Decapoda) from the Cretaceous (Albian) of the Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Zootaxa* **3620**, 293–300. (doi:10.11646/zootaxa.3620.2.7)
  159. Lima FJD, Saraiva AAF, Silva MAPD, Bantim RAM, Sayão JM. 2014 A new angiosperm from the Crato Formation (Araripe Basin, Brazil) and comments on the Early Cretaceous Monocotyledons. *An. Acad. Bras. Ciênc.* **86**, 1657–1672. (doi:10.1590/0001-3765201420140339)
  160. Bantim RAM, Saraiva AAF, Sayão JM. 2015 Skull variation and the shape of the sagittal premaxillary crest in anhanguerid pterosaurs (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Araripe Basin, Northeast Brazil. *Historical Biology* **27**, 656–664. (doi:10.1080/08912963.2014.921818)
  161. Sayão JM, Bantim RAM, Andrade RCLP, Lima FJ, Saraiva AAF, Figueiredo RG, Kellner AWA. 2016 Paleohistology of *Susisuchus anatoceps* (Crocodylomorpha, Neosuchia): Comments on Growth Strategies and Lifestyle. *PLOS ONE* **11**, e0155297. (doi:10.1371/journal.pone.0155297)
  162. Sayão JM, Saraiva AÁF, Brum AS, Bantim RAM, de Andrade RCLP, Cheng X, de Lima FJ, de Paula Silva H, Kellner AWA. 2020 The first theropod dinosaur (Coelurosauria, Theropoda) from the base of the Romualdo Formation (Albian), Araripe Basin, Northeast Brazil. *Scientific Reports* **10**, 10892. (doi:10.1038/s41598-020-67822-9)
  163. de Lima FJ, Pires EF, Jasper A, Uhl D, Saraiva AÁF, Sayão JM. 2019 Fire in the paradise: evidence of repeated palaeo-wildfires from the Araripe Fossil Lagerstätte

- (Araripe Basin, Aptian-Albian), Northeast Brazil. *Palaeobio Palaeoenv* **99**, 367–378. (doi:10.1007/s12549-018-0359-7)
164. Storari AP, Rodrigues T, Saraiva AAF, Salles FF. 2020 Unmasking a gap: A new oligoneuriid fossil (Ephemeroptera: Insecta) from the Crato Formation (upper Aptian), Araripe Basin, NE Brazil, with comments on *Colocrus* McCafferty. *PLOS ONE* **15**, e0240365. (doi:10.1371/journal.pone.0240365)
  165. Abu-Zidan FM, Rizk DEE. 2005 Research in developing countries: problems and solutions. *Int Urogynecol J* **16**, 174–175. (doi:10.1007/s00192-004-1278-x)
  166. Paknia O, Rajaei Sh. H, Koch A. 2015 Lack of well-maintained natural history collections and taxonomists in megadiverse developing countries hampers global biodiversity exploration. *Org Divers Evol* **15**, 619–629. (doi:10.1007/s13127-015-0202-1)
  167. The World Bank. 2021 *Researchers in R&D (per million people)*. See <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6>.
  168. Iyandemye J, Thomas MP. 2019 Low income countries have the highest percentages of open access publication: A systematic computational analysis of the biomedical literature. *PLoS ONE* **14**, e0220229. (doi:10.1371/journal.pone.0220229)
  169. Alcorn JB. 1995 Big conservation and little conservation: collaboration in managing global and local heritage. *Local Heritage in the Changing Tropic Bulletin* **98**.
  170. Wall G, Black H. 2004 Global Heritage and Local Problems: Some Examples from Indonesia. *Current Issues in Tourism* **7**, 436–439. (doi:10.1080/13683500408667998)
  171. Greshko M. 2021 One-of-a-kind dinosaur removed from Brazil sparks backlash, investigation. *National Geographic*, 4 January. See <https://www.nationalgeographic.co.uk/science-and-technology/2021/01/one-of-a-kind-dinosaur-removed-from-brazil-sparks-backlash>.
  172. Miranda G. 2020 Cientistas fazem campanha para que fóssil de Ubirajara jubatus, novo dino brasileiro, seja repatriado - 18/12/2020 - Ciência - Folha. *Folha de S. Paulo*, 18 December. See <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2020/12/cientistas-fazem-campanha-para-que-fossil-de-ubirajara-jubatus-novo-dino-brasileiro-seja-repatriado.shtml>.
  173. de Oliveira Andrade R. 2021 No rastro dos fósseis contrabandeados: Revista Pesquisa Fapesp. *Pesquisa*, March. See <https://revistapesquisa.fapesp.br/no-rastro-dos-fosseis-contrabandeados/>.
  174. Vogel G. 2020 Chicken-size dino with a furlike mane stirs ethics debate. *Science* (doi:10.1126/science.abg2318)
  175. Stein W. 2014 Lost to Science. See <https://www.aaps-journal.org/Lost-to-Science.html> (accessed on 3 April 2021).
  176. Martill D, Heads S. 2007 Out of Eden? *Geoscientist Online November-2007*. See <https://www.geolsoc.org.uk/Geoscientist/Archive/November-2007/Out-of-Eden>.
  177. Canada. 2009 Canadian Cultural Property Export Control List (C.R.C., c. 448) - Nomenclature des biens culturels canadiens à exportation contrôlée (C.R.C., ch. 448).
  178. Falcon-Lang HJ. 2006 A history of research at the Joggins Fossil Cliffs of Nova Scotia, Canada, the world's finest Pennsylvanian section. *Proceedings of the Geologists' Association* **117**, 377–392. (doi:10.1016/S0016-7878(06)80044-1)
  179. Currie PJ, Koppelhus EB, editors. 2005 *Dinosaur Provincial Park: a spectacular ancient ecosystem revealed*. Bloomington: Indiana University Press.
  180. Nanglu K, Caron J-B, Gaines RR. 2020 The Burgess Shale paleocommunity with new insights from Marble Canyon, British Columbia. *Paleobiology* **46**, 58–81. (doi:10.1017/pab.2019.42)
  181. Cloutier R. 2013 Great Canadian Lagerstätten 4. The Devonian Miguasha Biota



- (Québec): UNESCO World Heritage Site and a Time Capsule in the Early History of Vertebrates. *GS* **40**, 149. (doi:10.12789/geocanj.2013.40.008)
182. Italy. 2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 (Code of cultural heritage and landscape, pursuant to article 10 of the law of 6 July 2002, n. 137).
  183. The United States of America. 2009 United States Code, 2006 Edition, Supplement 3, Title 16 - Conservation Chapter 1C - Paleontological Resources Preservation. , 889–893.
  184. Percival IG. 2014 Protection and Preservation of Australia's Palaeontological Heritage. *Geoheritage* **6**, 205–216. (doi:10.1007/s12371-014-0106-z)
  185. Stemwedel JD. 2015 Laws Restricting Fossil Collection Can Be Good For Science. *Forbes*, 25 July. See <https://www.forbes.com/sites/janetstemwedel/2015/07/25/laws-restricting-fossil-collection-can-be-good-for-science/?sh=3940a4d4d6c1>.
  186. Larson NL, Stein W, Triebold M, Winters G. 2014 What commercial fossil dealers contribute to the science of paleontology. See <https://www.aaps-journal.org/pdf/contributions-to-paleontology.pdf> (accessed on 6 April 2021).
  187. Larson PL, Russell D. 2014 The benefits of commercial fossil sales to 21st-century paleontology. *Palaeontol Electron* **17**, 1–7. (doi:10.26879/142)
  188. Dalton R. 2000 Fake bird fossil highlights the problem of illegal trading. *Nature* **404**, 696–696. (doi:10.1038/35008237)
  189. Mateus O, Overbeeke M, Rita F. 2008 Dinosaur frauds, hoaxes and “Frankensteins”: how to distinguish fake and genuine vertebrate fossils. *Journal of Paleontological Techniques* **2**, 1–5.
  190. Barrett PM. 2018 Publish or prohibit? The ethics of publishing on privately-owned fossils. *The Geological Curator* **10**, 551–560.
  191. Reisz RR, Caldwell MW. 2016 Harness passion of private fossil owners. *Nature* **537**, 307–307. (doi:10.1038/537307a)
  192. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) México. 2015 Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010-2015. Transformando México desde lo local.
  193. Martill D. 2001 The trade in Brazilian fossils: one palaeontologist's perspective. **7**, 211–218.
  194. Kellner AWA, Campos D de A. 1996 First Early Cretaceous theropod dinosaur from Brazil with comments on Spinosauridae. *njgpa* **199**, 151–166. (doi:10.1127/njgpa/199/1996/151)
  195. Sereno PC. 1998 A Long-Snouted Predatory Dinosaur from Africa and the Evolution of Spinosaurids. *Science* **282**, 1298–1302. (doi:10.1126/science.282.5392.1298)
  196. Buffetaut E, Ouaja M. 2002 A new specimen of *Spinosaurus* (Dinosauria, Theropoda) from the Lower Cretaceous of Tunisia, with remarks on the evolutionary history of the Spinosauridae. *Bulletin de la Société Géologique de France* **173**, 415–421. (doi:10.2113/173.5.415)
  197. Sales MAF, Schultz CL. 2017 Spinosaur taxonomy and evolution of craniodental features: Evidence from Brazil. *PLoS ONE* **12**, e0187070. (doi:10.1371/journal.pone.0187070)
  198. McInroy G, Lichten C, Ioppolo B, Parks S, Guthrie S. 2018 *International Movement and Science: A survey of researchers by the Together Science Can campaign*. RAND Corporation. (doi:10.7249/RR2690)
  199. Elgin RA, Campos HBN. 2012 A new specimen of the azhdarchoid pterosaur *Tapejara wellnhoferi*. *Historical Biology* **24**, 586–591. (doi:10.1080/08912963.2011.613467)
  200. Ifrim C, Stinnesbeck W, Ventura JF. 2013 An endemic cephalopod assemblage from the

- lower Campanian (Late Cretaceous) Parras Shale, western Coahuila, Mexico. *J. Paleontol.* **87**, 881–901. (doi:10.1666/12-123)
201. Catalani JA. 2014 Contributions by amateur paleontologists in 21st century paleontology. *Palaeontol Electron* **17**, 1–4. (doi:10.26879/143)
  202. MacFadden BJ, Lundgren L, Crippen K, Dunckel BA, Ellis S. 2016 Amateur paleontological societies and fossil clubs, interactions with professional paleontologists, and social paleontology in the United States. *Palaeontol Electron* **19**, 1–19. (doi:10.26879/161E)
  203. de Cserna Z. 1974 Manuel Maldonado Koerdell (1908-1972). *Geological Society of America* **3**, 103–106.
  204. Reeside JB *et al.* 1957 Correlation of the Triassic Formations of North America Exclusive of Canada. *Geol Soc America Bull* **68**, 1451. (doi:10.1130/0016-7606(1957)68[1451:COTTFO]2.0.CO;2)
  205. Thalmann HE, Ayala-Castañares A. 1959 Evidencias micropaleontológicas sobre la edad Cretácico Superior de las "Pizarras Necoxtla". *Paleontología Mexicana*
  206. Ayala-Castañares A, Furrázola-Bermúdez G, Seiglie GA. 1962 Nummuloculina heimi Bonet en el cretácico inferior de Cuba: & Stomiosphaera cardiiformis sp. nov. del Cretácico Superior de Cuba. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología.
  207. Seiglie GA, Ayala-Castañares A. 1963 *Sistemática y bioestratigrafía de los foraminíferos grandes del Cretácico Superior (Campaniano y Maastrichtiano) de Cuba: Foraminíferos grandes del Cretácico Superior de la región central del estado de Chiapas, México; parte I: El género Orbitoides d'Orbigny, 1847*. Univ. Nacional Autónoma. Inst. de Geol.
  208. Phleger FB, Ayala-Castañares A. 1971 Processes and history of Terminos lagoon, Mexico. *AAPG Bulletin* **55**, 2130–2140.
  209. Ayala-Castañares A, Knox RA. 2000 Opportunities and challenges for Mexico-US cooperation in ocean sciences. *Oceanography* **13**, 79–82. (doi:10.5670/oceanog.2000.15)
  210. Romer AS, Price LI. 1944 *Stahleckeria lenzii*, a giant Triassic Brazilian dicynodont. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* **93**, 463–491.
  211. Plummer F, Price L, Gomes F. 1946 Estados do Maranhão e Piauí. *Brasil, Conselho Nacional do Petróleo. Relatório de*, 87–134.
  212. Colbert EH. 1970 A Saurischian Dinosaur from the Triassic of Brazil. *American Museum Novitates* **2405**.
  213. Estes R, Price LI. 1973 Iguanid Lizard from the Upper Cretaceous of Brazil. *Science* **180**, 748–751. (doi:10.1126/science.180.4087.748)
  214. Simpson GG, Price LI, de Paula Couto C. 1947 A new Eocene marsupial from Brazil. *American Museum Novitates* **1357**.
  215. Simpson GG, Couto C de P. 1957 The mastodonts of Brazil. *Bulletin of the AMNH. Bulletin of the AMNH* **112**, article 2.
  216. de Luna P. 2018 South America Vertebrate Paleontology Reference List (1774-2018) with 11,468 entries.
  217. Kurzawe F, Iannuzzi R, Merlotti S, Röbber R, Noll R. 2013 New gymnospermous woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part I: *Ductoabietoxylon*, *Scleroabietoxylon* and *Parnaiboxylon*. *Review of Palaeobotany and Palynology* **195**, 37–49. (doi:10.1016/j.revpalbo.2012.12.004)
  218. Kurzawe F, Iannuzzi R, Merlotti S, Rohn R. 2013 New gymnospermous woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part II: *Damudoxylon*, *Kaokoxylon* and *Taeniopitys*. *Review of Palaeobotany and Palynology* **195**, 50–64.

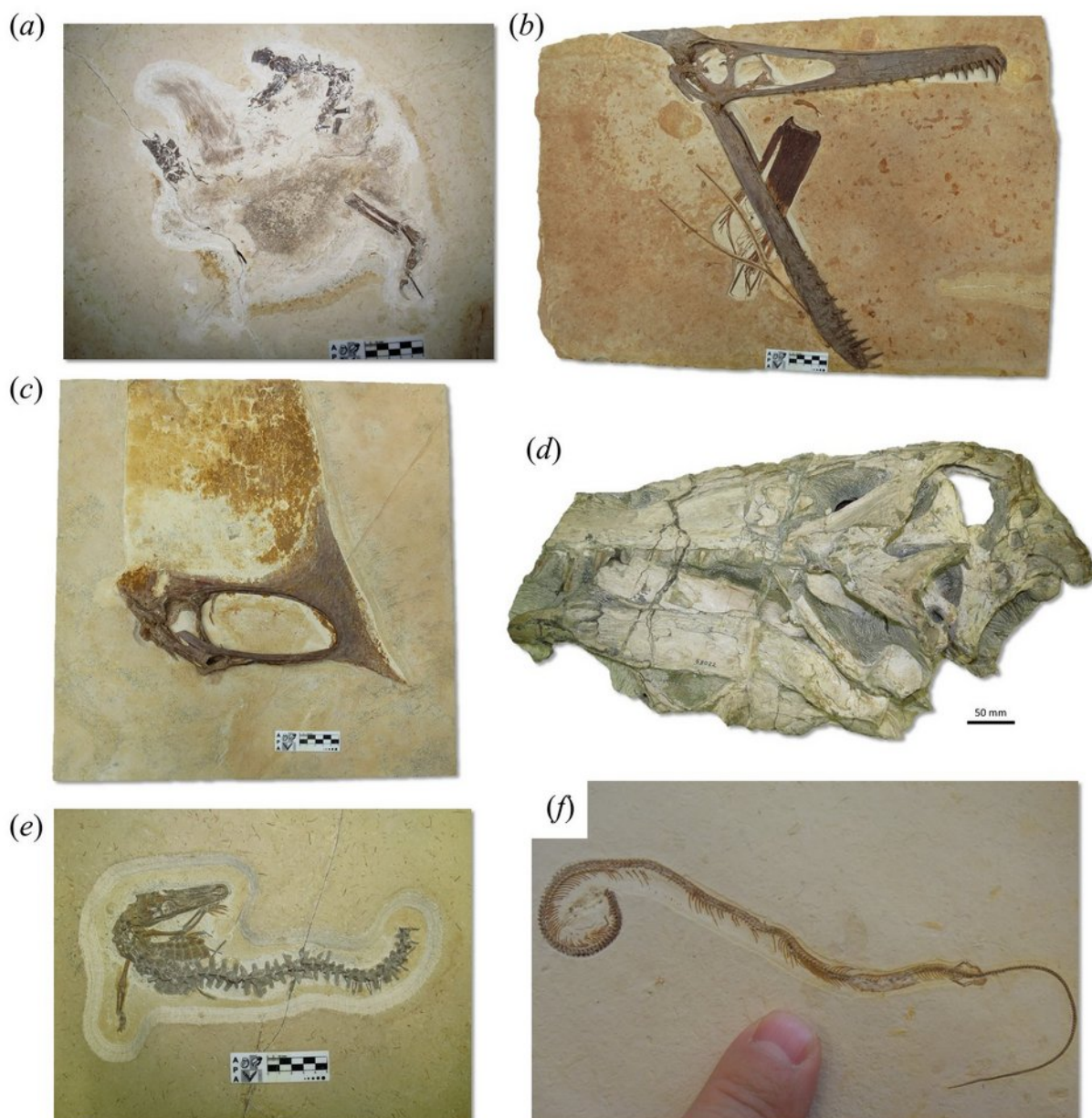
- (doi:10.1016/j.revpalbo.2012.12.005)
219. Neregato R, Rößler R, Rohn R, Noll R. 2015 New petrified calamitaleans from the Permian of the Parnaíba Basin, central-north Brazil. Part I. *Review of Palaeobotany and Palynology* **215**, 23–45. (doi:10.1016/j.revpalbo.2014.12.006)
  220. Neregato R, Rößler R, Iannuzzi R, Noll R, Rohn R. 2017 New petrified calamitaleans from the Permian of the Parnaíba Basin, central-north Brazil, part II, and phytogeographic implications for late Paleozoic floras. *Review of Palaeobotany and Palynology* **237**, 37–61. (doi:10.1016/j.revpalbo.2016.11.001)
  221. Neregato R, Rößler R, Noll R. 2020 Growth Architecture Diversity Among Permian Calamitaleans in Brazil. In *Brazilian Paleofloras* (eds R Iannuzzi, R Rößler, L Kunzmann), pp. 1–32. Cham: Springer International Publishing. (doi:10.1007/978-3-319-90913-4\_8-1)
  222. Colwell C. 2015 Curating Secrets. *Current Anthropology* **56**, S263–S275. (doi:10.1086/683429)
  223. Breske A. 2018 Politics of Repatriation: Formalizing Indigenous Repatriation Policy. *Int J Cult Prop* **25**, 347–373. (doi:10.1017/S0940739118000206)
  224. Peirson-Hagger E. 2019 Can we decolonise the British Museum? *News Statesman*, 20 July. See <https://www.newstatesman.com/culture/art-design/2019/07/can-we-decolonise-british-museum>.
  225. Cisneros JC, Ghilardi AM, Raja NB, Stewens PP. in press. The moral and legal imperative to return illegally exported fossils. *Nat Ecol Evol* (doi:10.1038/s41559-021-01588-9)
  226. Vogel G. 2019 Countries demand their fossils back, forcing natural history museums to confront their past. *Science* (doi:10.1126/science.aax4867)
  227. Hicks D. 2020 *The brutish museums: the Benin Bronzes, colonial violence and cultural restitution*. London: Pluto Press.
  228. U.S. Attorney's Office. 2014 Manhattan U.S. Attorney Announces Return To Mongolia Of Fossils Of Over 18 Dinosaur Skeletons. See <https://www.justice.gov/usao-sdny/pr/manhattan-us-attorney-announces-return-mongolia-fossils-over-18-dinosaur-skeletons> (accessed on 6 April 2021).
  229. Kelley N. 2012 Stop the auction of illegally collected Mongolian dinosaur fossils. *Change.org*. See <https://www.change.org/p/heritage-auctions-stop-the-auction-of-illegally-collected-mongolian-dinosaur-fossils> (accessed on 6 April 2021).
  230. Society of Vertebrate Paleontology. 2013 Soc of Vert Paleontology members awarded by Mongolia for role in repatriation of stolen fossils. *EurekAlert!*. See [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2013-07/sovp-sov072613.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2013-07/sovp-sov072613.php) (accessed on 6 April 2021).
  231. Minjin B. 2017 Fossil Repatriation – Institute for the Study of Mongolian Dinosaurs.
  232. Xinhua. 2018 Mongolia to recover dinosaur fossils from South Korea, France. See [http://www.xinhuanet.com/english/2018-03/19/c\\_137050769.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2018-03/19/c_137050769.htm) (accessed on 6 April 2021).
  233. de Oliveira Andrade R. 2019 Brazil wins legal fight over 100-million-year-old fossil bounty. *Nature* **570**, 147–147. (doi:10.1038/d41586-019-01781-8)
  234. Long J. 2017 Dinosaur embryo returned to China, but many fossils fall victim to illegal trade and poor protection. *The Conversation*, 21 May. See <http://theconversation.com/dinosaur-embryo-returned-to-china-but-many-fossils-fall-victim-to-illegal-trade-and-poor-protection-77349>.
  235. Downen MR, Selden PA. 2021 The earliest palpimanid spider (Araneae: Palpimanidae), from the Crato Fossil-Lagerstätte (Cretaceous, Brazil). *The Journal of Arachnology* **49**. (doi:10.1636/JoA-S-19-059)

236. Leite C. 2021 Insetos fósseis: novas descobertas, retorno ao Cariri e suspeita de tráfico. *O Povo Online*, 6 October. See <https://mais.opovo.com.br/reportagens-especiais/mundo-dos-fosseis/2021/10/06/insetos-fosseis-novas-descobertas-retorno-ao-cariri-e-suspeita-de-trafico.html>.
237. Museum International. 2009 *Return of cultural objects: The Athens conference*. UNESCO. See <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000182992>.
238. Schuetze CF. 2019 Germany Sets Guidelines for Repatriating Colonial-Era Artifacts. *The New York Times*, 15 March. See <https://www.nytimes.com/2019/03/15/arts/design/germany-museums-restitution.html>.
239. Bundesamt für Justiz. 2016 Kulturgutschutzgesetz.
240. Buffetaut E. 2001 Tantalizing glimpse of a vanishing dinosaur. *Nature* **414**, 147–147. (doi:10.1038/35102731)
241. Dalton R. 2001 Wandering Chinese fossil turns up at museum. *Nature* **414**, 571–571. (doi:10.1038/414571a)
242. Bell PR, Pittman M, Kaye TG, Hendrickx C. 2020 A crocodylian-style cloaca in a non-avian dinosaur. *bioRxiv*, 2020.10.11.335398. (doi:10.1101/2020.10.11.335398)
243. 2021 Germany has agreed to return Nigeria's looted treasure. Will other countries follow? *Washington Post*. See <https://www.washingtonpost.com/world/2021/05/10/benin-bronzes-germany-nigeria-looted-art/>.
244. Samaroudi M, Echavarría KR. 2019 3D printing is helping museums in repatriation and decolonisation efforts. *The Conversation*, 3 December. See <http://theconversation.com/3d-printing-is-helping-museums-in-repatriation-and-decolonisation-efforts-126449>.
245. Cisneros JC, Marsicano C, Angielczyk KD, Smith RMH, Richter M, Fröbisch J, Kammerer CF, Sadleir RW. 2015 New Permian fauna from tropical Gondwana. *Nat Commun* **6**, 8676. (doi:10.1038/ncomms9676)
246. Cisneros JC, Angielczyk K, Kammerer CF, Smith RMH, Fröbisch J, Marsicano CA, Richter M. 2020 Captorhinid reptiles from the lower Permian Pedra de Fogo Formation, Piauí, Brazil: the earliest herbivorous tetrapods in Gondwana. *PeerJ* **8**, e8719. (doi:10.7717/peerj.8719)
247. Cisneros JC, Kammerer CF, Angielczyk KD, Fröbisch J, Marsicano C, Smith RMH, Richter M. 2020 A new reptile from the lower Permian of Brazil (*Karutia fortunata* gen. et sp. nov.) and the interrelationships of Parareptilia. *Journal of Systematic Palaeontology* **18**, 1939–1959. (doi:10.1080/14772019.2020.1863487)
248. Marsicano C, Angielczyk KD, Cisneros JC, Kammerer CF, Fröbisch J, Smith RMH. 2021 Brazilian Permian dinosaurs (Amphibia, Temnospondyli): revised description and phylogeny. *Journal of Vertebrate Paleontology*, e1893181. (doi:10.1080/02724634.2021.1893181)
249. The Palaeontological Association. 2021 Instructions to Authors.
250. Marcus E. 2016 A STAR Is Born. *Cell* **166**, 1059–1060. (doi:10.1016/j.cell.2016.08.021)
251. Sweet DJ. 2021 New at Cell Press: The Inclusion and Diversity Statement. *Cell* **184**, 1–2. (doi:10.1016/j.cell.2020.12.019)
252. Zhou X *et al.* 2021 A new darwinopteran pterosaur reveals arborealism and an opposed thumb. *Current Biology*, S0960982221003699. (doi:10.1016/j.cub.2021.03.030)
253. Cretaceous Research. 2018 Guide for authors.
254. Roberts EA, Loveridge RF, Weiß J, Martill DM, Seyfullah LJ. 2020 Reinvestigating the fossil leaf *Welwitschiophyllum brasiliense* Dilcher *et al.* (2005), from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. *Cretaceous Research* **112**, 104471.

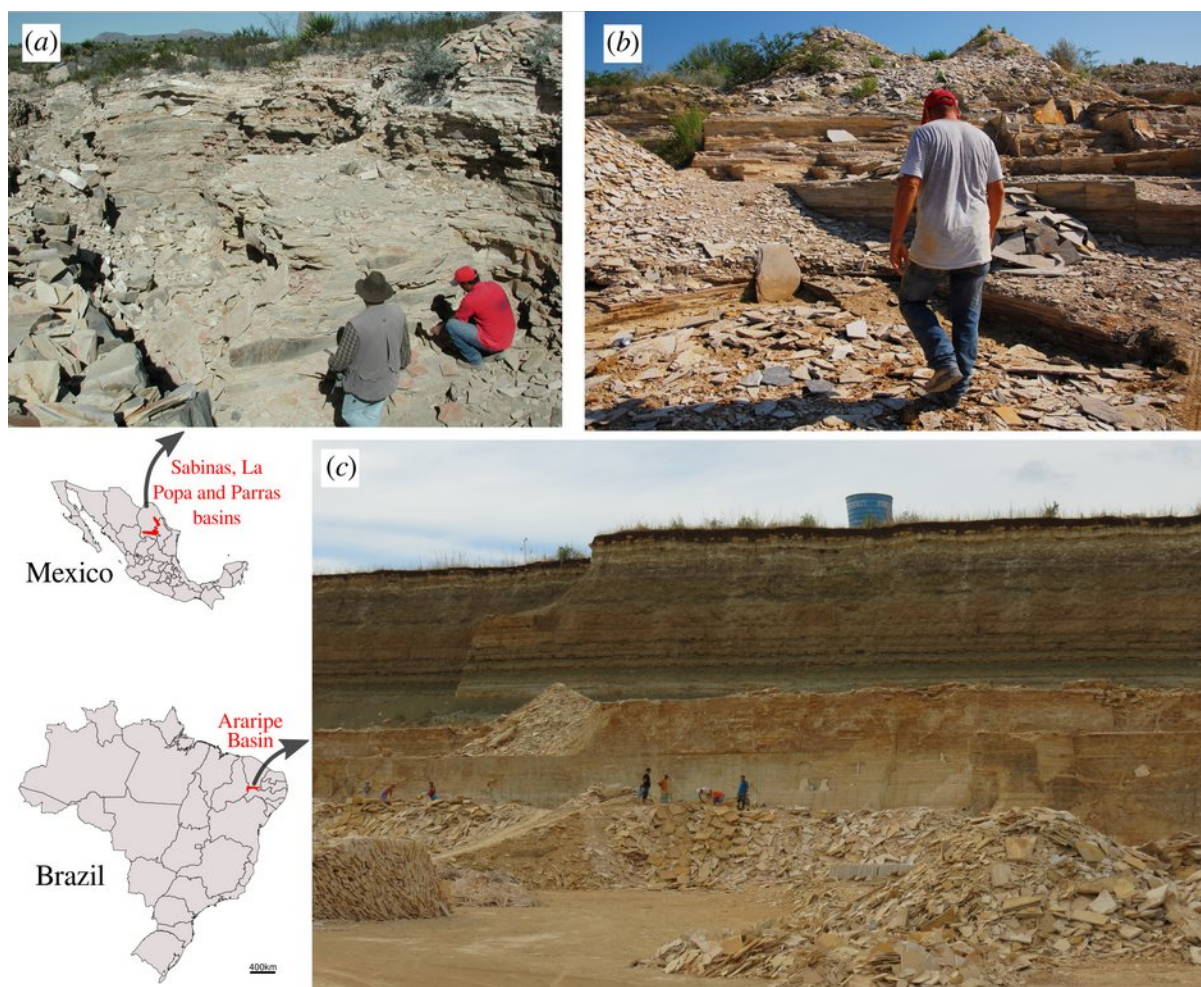
- (doi:10.1016/j.cretres.2020.104471)
255. Nel A, Pouillon J-M. 2020 The third skimmer dragonfly species from the Lower Cretaceous (Aptian) Crato Formation in NE Brazil (Odonata, Cavilabiata, Araripelibellulidae). *Cretaceous Research* **115**, 104565. (doi:10.1016/j.cretres.2020.104565)
  256. Pouillon J-M, Nel A. 2020 Revision of the Early Cretaceous mydid *Cretomydas santanensis* (Diptera: Mydidae). *Cretaceous Research* **116**, 104604. (doi:10.1016/j.cretres.2020.104604)
  257. Pouillon J-M, Nel A. 2020 The oldest representative of the modern clade Aeshnodea from the Lower Cretaceous Crato Formation, Araripe Basin, NE Brazil (Odonata: Anisoptera). *Cretaceous Research* **116**, 104580. (doi:10.1016/j.cretres.2020.104580)
  258. Cox C, Hutchinson P. 1991 Fishes and amphibians from the Late Permian Pedra de Fogo Formation of northern Brazil. *Palaeontology* **34**, 561–573.
  259. Mendoza-Lemus G. 2020 Comercializarían fósiles en Vallecillo si aprueban reforma a ley de Patrimonio. *Milenio*, 23 October. See <https://www.milenio.com/cultura/comercializarian-fosiles-en-vallecillo-si-aprueban-reforma>.
  260. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). 2020 El INAH llama al Congreso del Estado de Nuevo León a dialogar sobre la protección del patrimonio paleontológico de la Nación. *Dirección de Medios de Comunicación, Boletín N° 442*, 30 October. See [https://www.inah.gob.mx/attachments/article/9522/Boletin\\_442.pdf](https://www.inah.gob.mx/attachments/article/9522/Boletin_442.pdf).
  261. Quan D. 2017 ‘Nothing fishy’: Canadian owners of ancient fossils repatriated to China deny any wrongdoing. *National Post*, 17 January. See <https://nationalpost.com/news/canada/nothing-fishy-canadian-owners-of-ancient-fossils-repatriated-to-china-deny-any-wrongdoing>.
  262. Deutsche Welle. 2014 Germany attracts trade in looted artifacts. *DW.COM*, 24 October. See <https://www.dw.com/en/germany-attracts-trade-in-looted-artifacts/a-18019083>.
  263. Lipps J. 1998 The Media, Trash Science, and Paleontology. *Palaeontologia Electronica* (doi:10.26879/98003E)
  264. Karnall M. 2016 Is palaeontology a waste of public money? *The Guardian*. See <https://www.theguardian.com/science/2016/nov/09/is-palaeontology-a-waste-of-public-money>.
  265. Society of Vertebrate Paleontology. 2015 Member Bylaw on Ethics Statement. *Society of Vertebrate Paleontology*.
  266. Paleontological Society. 2019 Non-Discrimination and Code of Conduct. See <https://www.paleosoc.org/non-discrimination-and-code-of-conduct> (accessed on 3 April 2021).
  267. Das S, Lowe M. 2018 Nature Read in Black and White: decolonial approaches to interpreting natural history collections. *Journal of Natural Science Collections* **6**, 4–14.
  268. Grupo REFORMA. 2021 Presenta Mauricio tiburón del Cretácico.
  269. Frey E, Martill DM, Buchy M-C. 2003 A new species of tapejarid pterosaur with soft-tissue head crest. *Geological Society, London, Special Publications* **217**, 65–72. (doi:10.1144/GSL.SP.2003.217.01.06)
  270. Salisbury SW, Frey E, Martill DM, Buchy M-C. 2003 A new crocodylian from the Lower Cretaceous Crato Formation of north-eastern Brazil. *Palaeontographica Abteilung A*, 3–47.



**Figura 1.** Fósiles de la Cuenca de Sabinas, México, depositados en colección particular. (a) cf. *Tselfatia formosa*, longitud del cuerpo ~ 750 mm. (b) cf. *Belenostomus longirostris*, longitud del cuerpo ~ 700 mm. (c) pez paquirrizodóntido con longitud de ~ 750 mm. (d) quelonio cf. *Terlinguachelys* sp., longitud del cuerpo ~ 300 mm. (e) Holotipo del plesiosauro *Mauriciosaurus fernandezii* [32]. (f) Holotipo del tiburón *Aquilolamna milarcae* [38]. Todos los fósiles están depositados en la colección registrada por el INAH como REG2544PF, albergada por Mauricio Fernández (visto en la fotografía), en Monterrey, Nuevo León, México. (e, f) Captura de la imagen de video del canal de Youtube del Grupo Reforma (El Norte - Grupo REFORMA 2021).

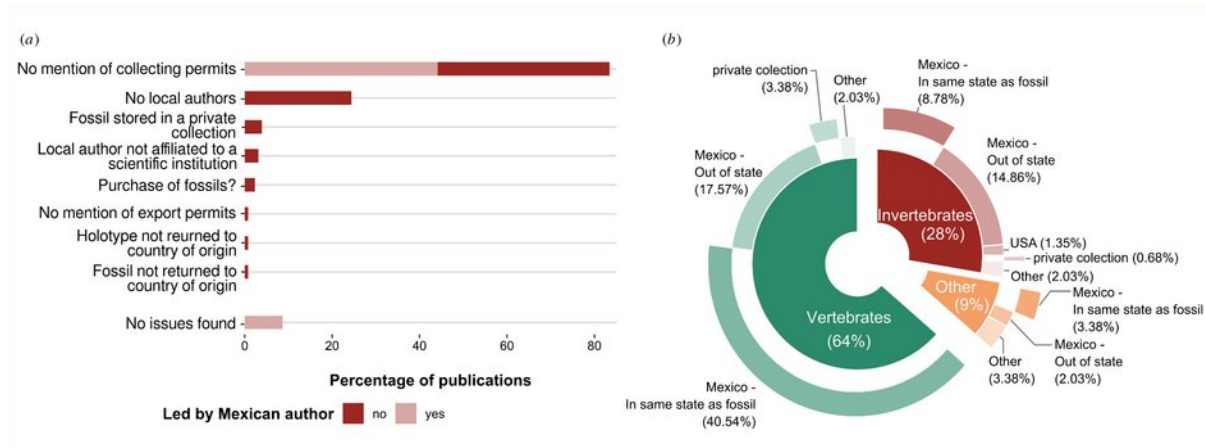


**Figura 2.** Holotipos de vertebrados fósiles de la Cuenca de Araripe, Brasil, depositados en colecciones extranjeras. (a) SMNK PAL 29241, holotipo propuesto del dinosaurio emplumado “*Ubirajara jubatus*” [37] (trabajo retractado pela editora), (b) SMNK PAL 3828, holotipo del pterosaurio *Ludodactylus sibbicki* [93]. (c) SMNK 2344 PAL, holotipo del pterosaurio *Tupandactylus navigans* [267], (d) SMNS 58022, holotipo del dinosaurio *Irritator challengerii* [90] (e) SMNK PAL 3804, holotipo del crocodiliforme *Susisuchus anatoceps* [268], (f) Colección particular, BMMS BK 2-2, holotipo de la supuesta cobra con patas *Tetrapodophis amplectus* [36], fotografía de Michael Caldwell. Abreviaturas: SMNK, Staatliche Museum für Naturkunde Karlsruhe, Alemania; SMNS, Staatliche Museum für Naturkunde Stuttgart, Alemania.

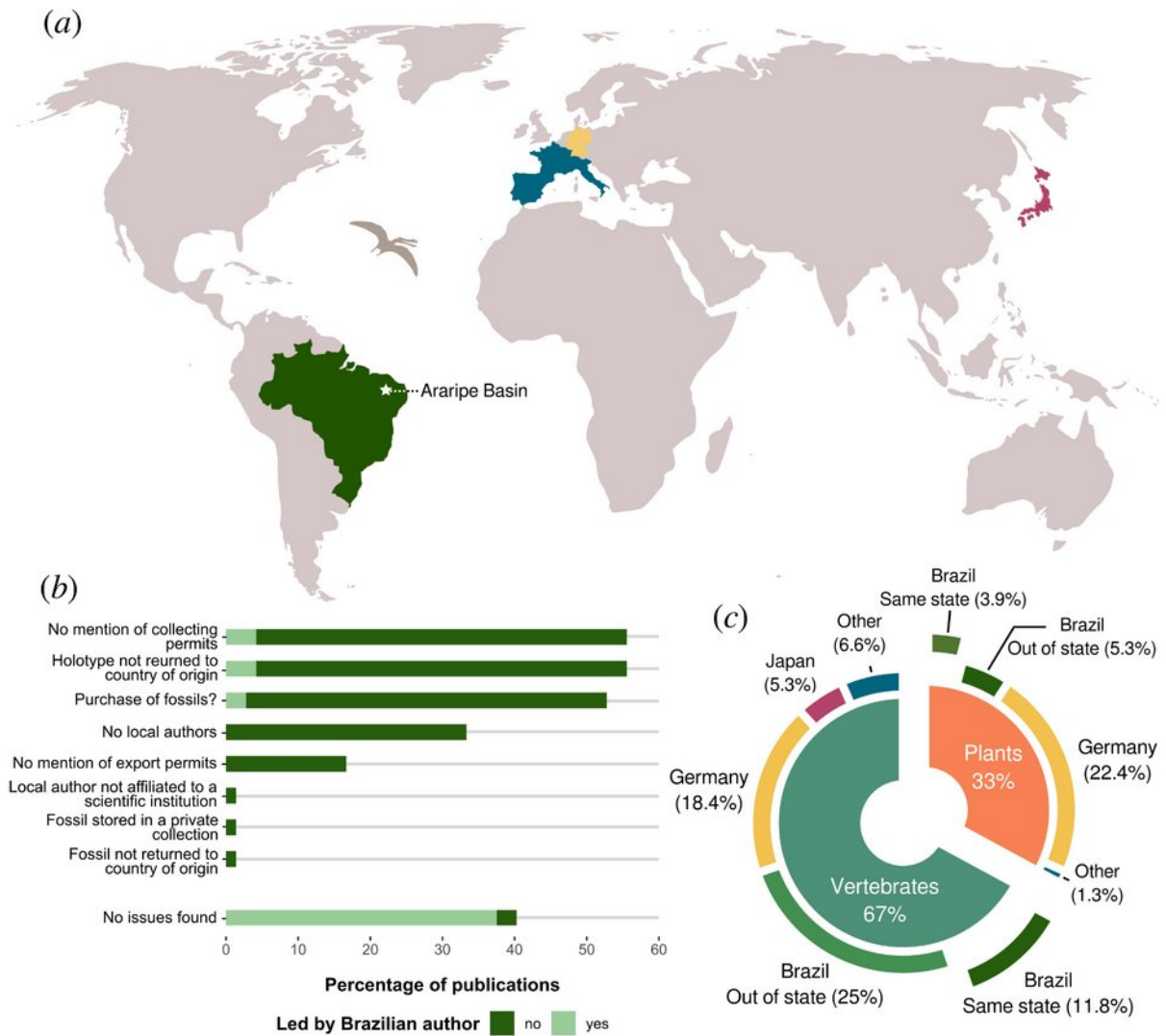


**Figura 3.** Sitios paleontológicos en las cuencas de Sabinas, La Popa y Parras (NE de México) y en la Cuenca do Araripe (NE de Brasil). (a) Cantera La Mula, al norte de Múzquiz, Coahuila, México. (b) Cantera Vallecillo, estado de Nuevo León, México, con el trabajador de la cantera Ramón Ramírez. (c) Cantera Nova Olinda, estado de Ceará, Brasil. Fotografías (a) cortesía de Alberto Blanco-Piñón, y (b) por Selene Velázquez.

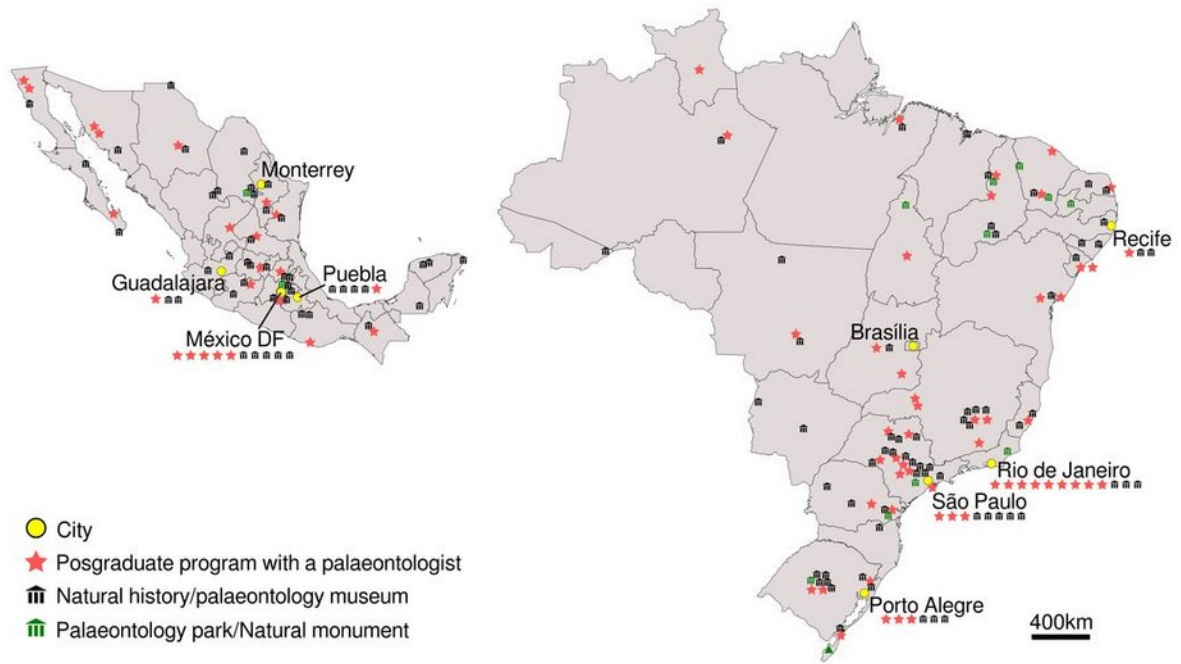




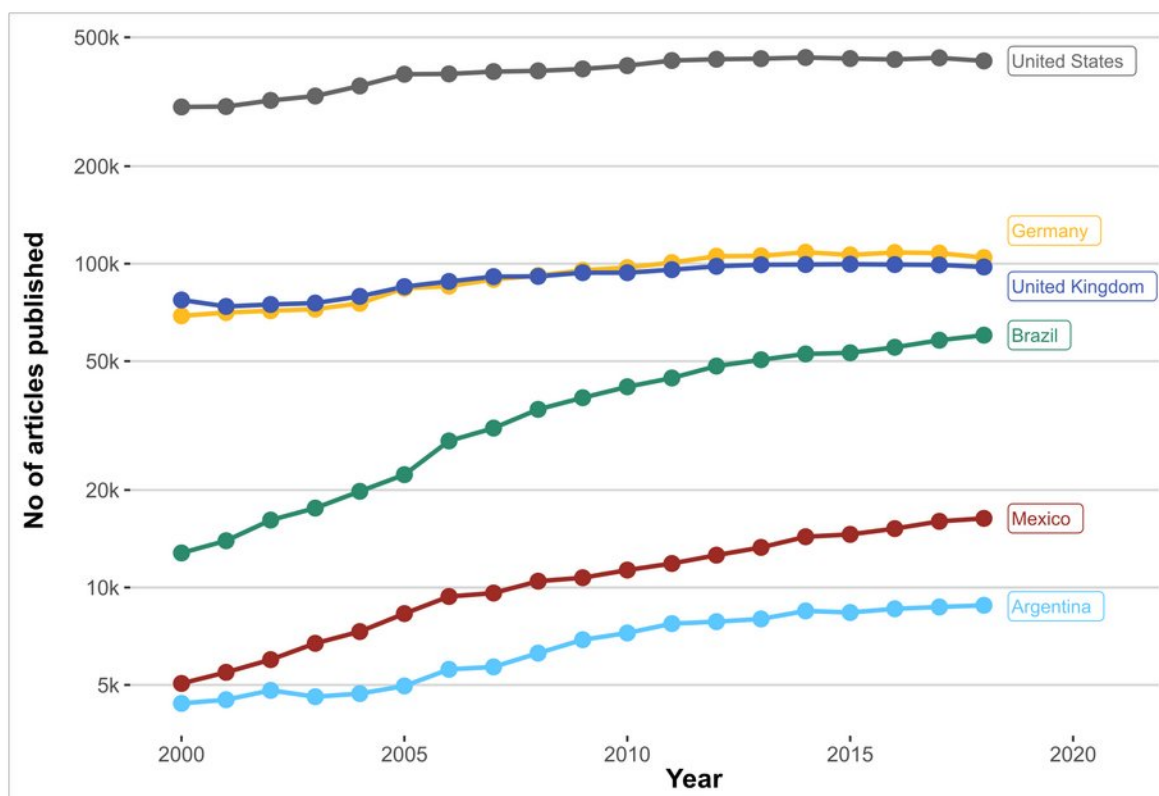
**Figura 4.** Publicaciones sobre fósiles jurásicos y cretáceos de las cuencas de Sabinas, La Popa y Parras, y otros locales en los estados de Coahuila y Nuevo León entre 1990-2021 (menos plantas y microfósiles). (a) Problemas detectados en las publicaciones. (b) Localización actual de los fósiles. Consulte el suplemento electrónico, Tabla S1, para obtener la lista de publicaciones.



**Figura 5.** Publicaciones sobre fósiles del Cretáceo de la Cuenca de Araripe, Brasil, entre 1990-2021 (apenas holotipos, menos invertebrados). Consulte el suplemento electrónico, tabla S2, para obtener la lista de publicaciones y la descripción de los métodos utilizados. (a, c) Localización actual de los fósiles. (b) Problemas detectados en las publicaciones.



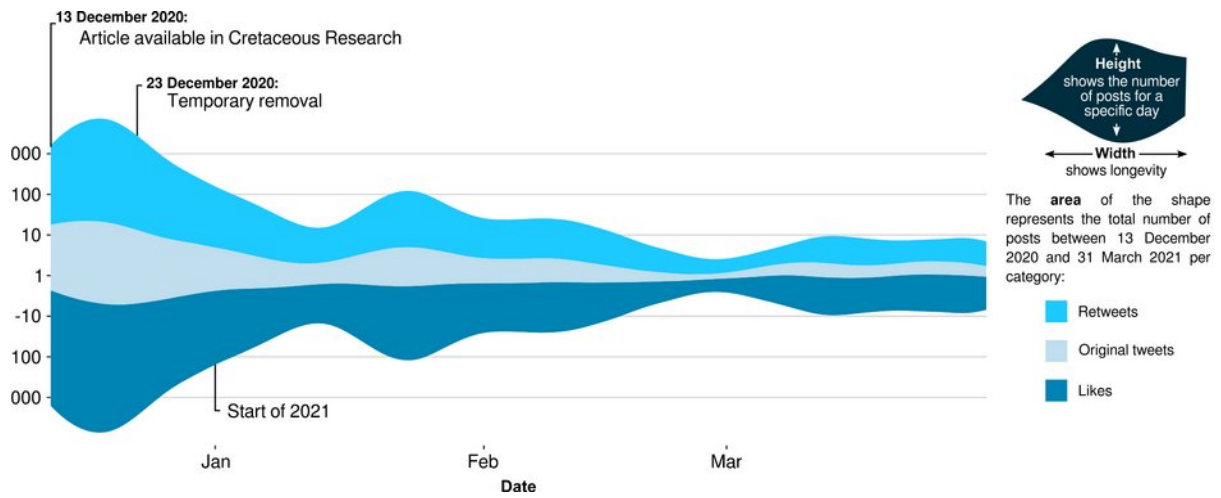
**Figura 6.** Museos, monumentos naturales e instituciones que ofrecen cursos de postgrado relacionados a la paleontología en México (a la izquierda) y Brasil (a la derecha). Ver lista detallada en el suplemento electrónico, tablas S4 e S5.



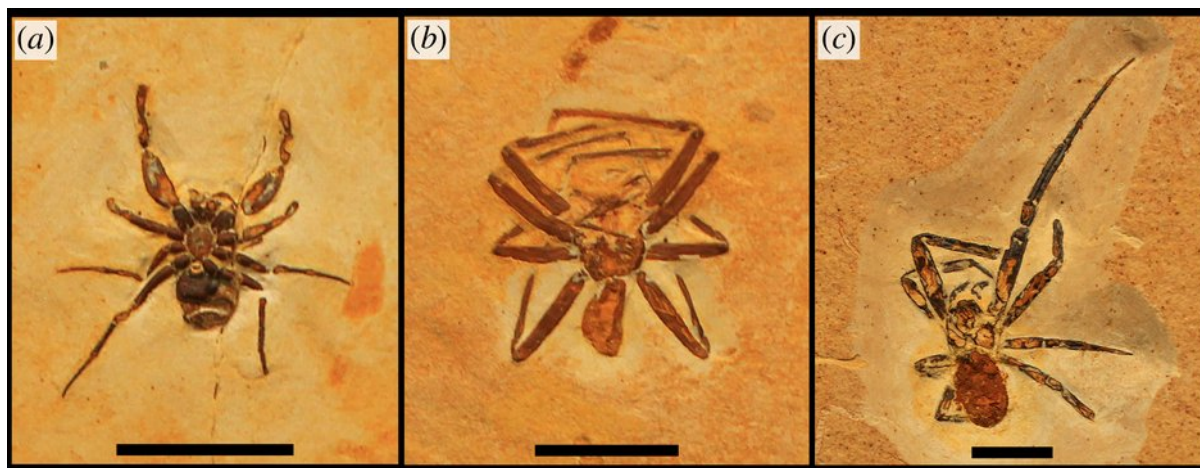
**Figura 7.** Comparación de publicaciones realizadas por cada país durante 2000–2018. Datos de la *National Science Foundation* de EUA, disponibles en la web del Banco Mundial en: <https://data.worldbank.org/indicator/IP.JRN.ARTC.SC>



**Figura 8.** Actividades de divulgación científica e interés público en la paleontología de Brasil y de México. (a) El cruce de las calles *Picos de Pato* y *Tiranosaurios*, en Rincón Colorado, Coahuila, México (con el paleontólogo Giuseppe Leonardi). (b) Alumnos de la escuela aprenden a descubrir fósiles en el Proyecto Jóvenes Paleontólogos, de Nova Olinda, Ceará, Brasil, de la Universidad Regional de Cariri (URCA). (c) Encuentro de Paleontólogos Aficionados de Sabinas A.C., en Coahuila (René Hernández Rivera y Jim Kirkland vistos en la fotografía). Esta asociación creó el Museo Paleontológico de Múzquiz, en 2005 [58]. (d) Arte con la etiqueta #UbirajaraBelongstoBR publicada en Twitter en diciembre de 2020 (por: Saulo Daniel Ferreira Pontes, @saulodfp).

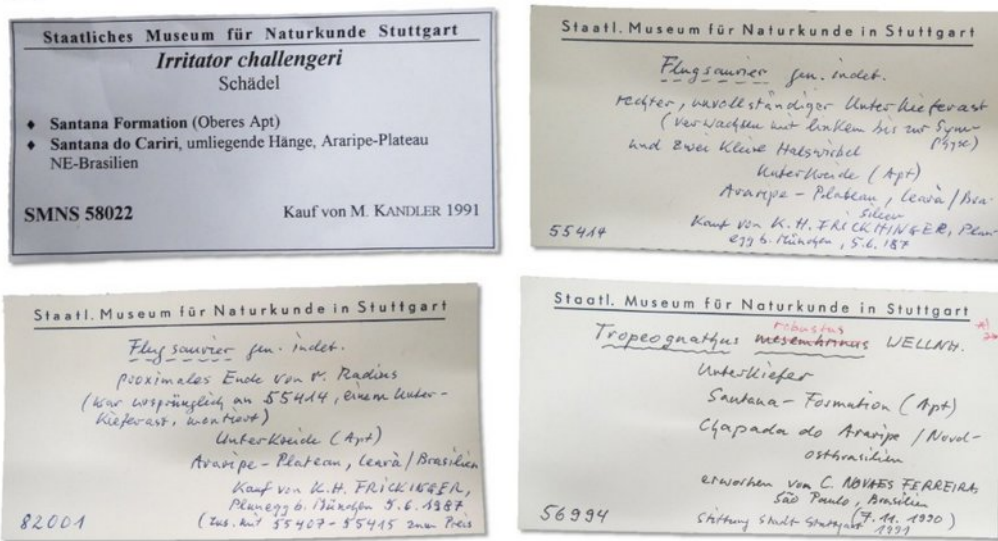


**Figura 9.** Mensajes en Twitter usando la etiqueta #UbirajaraBelongstoBR, entre el 13 de diciembre de 2020 y el 31 de marzo de 2021.



**Figura 10.** Especímenes representantes de 36 arañas fósiles recientemente repatriadas al Brasil, provenientes de la Cuenca do Araripe. (a) holotipo de *Cretapalpus vittari*. (b, c) arañas no identificadas y temporalmente aún no catalogadas. Anteriormente depositadas en el Museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas, EUA, estos fósiles están ahora almacenados en el Museo de Paleontología Plácido Cidade Nuvens, de la Universidad Regional de Cariri (URCA), Santana do Cariri, Ceará. La escala representa 5 mm.

(a)



(b)



**Figura 11.** (a) adquisición de fósiles de Araripe por el *Staatliche Museum für Naturkunde Stuttgart*, Alemania. Holotipo SMNS 58022, del dinosaurio *Irritator challengeri*, (la cédula dice “comprado de M. Kandler 1991”); SMNS 55414, pterosaurio (género indeterminado), (la cédula dice “comprado de K. H. Frickhinger, Planegg en Munique, 5.6.187” [sic]); 82001, pterosaurio (género indeterminado), (la etiqueta dice “comprado de K. H. Frickhinger Planegg en Munique, 5.6.1987, junto a 55404-55415 por el precio”); 56994, pterosaurio *Tropeognathus robustus*, (la etiqueta dice “adquirido de C. Novaes Ferreira, São Paulo, Brasil (7.11.1990)”. (B) Peces fósiles de Araripe (*Dastilbe* sp.) vendidos en una tienda en el *Staatliche Museum für Naturkunde Karlsruhe*, Alemania, en 2011. Tanto el comercio como la exportación de fósiles están prohibidos en Brasil desde 1942 (ver sección 2).



**Recuadro 1. Aclaración**

Los puntos de vista expresados en este trabajo se basan apenas en la información, o falta de ella, provista en las publicaciones aquí discutidas. No asumimos que los autores de las publicaciones hayan violado o trataron de violar alguna ley o norma local. Tampoco asumimos que todos los coautores de una publicación en particular estén de acuerdo con las prácticas irregulares o anti-éticas eventualmente cometidas por otro coautor o por una institución.

**Recuadro 2.** Partes del Decreto 98.830 de 1990 y de la Ordenanza 55 del 14/03/1990 del Ministerio de Ciencia y Tecnología que son relevantes a paleontólogos extranjeros.

Decreto 98.830 de 1990

Artículo 3. Las actividades referidas en el Artículo 1 sólo serán autorizadas siempre y cuando haya participación y corresponsabilidad por una institución brasileña de reconocido concepto técnico-científico en el campo de investigación interrelacionado al trabajo a ser desarrollado, de acuerdo con la evaluación del Consejo Nacional para Desarrollo Tecnológico y Científico (CNPq).

Ordenanza 55 de 14/03/1990 del Ministerio de Ciencia y Tecnología: “Regula la recolección de material científico por extranjeros, de acuerdo al Decreto 98.830 / 1990”

42 – El MCT, a través de la institución brasileña participante y corresponsable, retendrá, del material recolectado, para su destino a instituciones científicas brasileñas, los siguientes ítems:

(...)

e) todos los especímenes-tipo;

f) por lo menos 30% de los especímenes de cada taxon identificado en cualquier ocasión;

g) todos los especímenes, datos o materiales, cuya permanencia en el país sea de interés nacional.

**Recuadro 3.** Recomendaciones para estudios paleontológicos por el Consejo Nacional de Paleontología (INAH) [49]

En caso de la intervención de un par académico de instituciones extranjeras como corresponsable de proyecto, se debe notificar oportunamente al Consejo de Paleontología de su participación y de las labores que llevará a cabo dentro del proyecto de investigación. El corresponsable de institución extranjera deberá entregar por escrito y con firma autógrafa un oficio en el que se comprometa a enviar al INAH un informe de los resultados obtenidos a partir de su participación, así como los productos generados, una vez concluido el proyecto.

**Suplemento electrónico (doi:10.5061/dryad.8sf7m0cnd):**

**Tabla S1.** Publicaciones de fósiles de Sabinas, La Popa and Parras basins fossil publications por autores extranjeros

**Tabla S2.** Publicaciones de fósiles de Araripe por autores extranjeros (vertebrados y plantas)

**Tabla S3.** Lista preliminar de publicaciones de artrópodos fósiles de Araripe

**Tabla S4.** Lista de museos y cursos de postgrado en Brasil con asesores paleontólogos

**Tabla S5.** Lista de museos y cursos de postgrado en México con asesores paleontólogos

**Traducción S1.** Artículo completo en portugués

**Traducción S2.** Artículo completo en español

**Apéndice A.** Leyes en Brasil (con traducción al inglés)

**Apéndice B.** Leyes en México (con traducción al inglés)