Mayo 2017 Número 91

Ciencia de los Orígenes

Una Publicación del Geoscience Research Institute

BOLIVIA

TIERRA DE DINOSAURIOS

Pisadas de Dinosaurio...8

Los "Ñaupa lagartos"...16

Cueva de Umajalanta...19

GEOSCIENCE
RESEARCH INSTITUTE
NÚMERO 91 MAYO 2017

DIRECTOR: James Gibson
JEFE DE REDACCIÓN: Raúl Esperante
DISEÑO GRÁFICO: Dany Schimpf
CONSEJO EDITORIAL: Benjamin Clausen, Ronny Nalin, Timothy Standish
CIRCULACIÓN: Jennise Logan

MISIÓN
El Geoscience Research Institute es una institución de la Iglesia Adventista del Séptimo Día con la misión de estudiar y compartir el conocimiento sobre la naturaleza y su relación con la revelación bíblica de Dios el Creador.

El Instituto se compromete a servir a la Iglesia Adventista del Séptimo Día en su misión de predicar el evangelio y llevar la verdad de salvación en Jesucristo a todo el mundo.

Si usted habla inglés le invitamos a seguirnos en Facebook: facebook.com/geoscienceresearchinstitute

También tenemos un blog en inglés: http://grisda.wordpress.com

Dinosaurios

POR L. JAMES GIBSON

Nos complace publicar otro número de Ciencia de los Orígenes, con la seguridad de que contribuirá a "considerar la Creación". Creemos que disfrutarás del artículo sobre huellas de dinosaurios, así como de los otros temas.

Deseamos que los lectores conozcan nuestra colaboración con varias universidades en el establecimiento de "Centros de Recursos GRI", con exposiciones de fósiles, libros y otros materiales sobre Creación y ciencia. Ya se han establecido cuatro de estos Centros, otros dos estarán listos para comenzar este año, y esperamos que varios otros se establezcan pronto. Cada Centro de Recursos del GRI está dirigido por una persona que es responsable de administrar el Centro, el cual es un lugar donde se exhiben y almacenan los materiales, y lleva a cabo un evento anual en el campus relacionado con la Creación y la ciencia. Nuestro Centro de Recursos en Sao Paulo tiene un programa educativo activo, mientras que el de Perú está altamente involucrado en la investigación. Otros Centros de Recursos promueven actividades sobre la Creación en el campus. Creemos que estos Centros contribuirán a una mejor comprensión de la Creación y de cómo la ciencia puede ayudarnos a entender el poder y la creatividad de Dios.

Índice

Noticias CRG....3
Bolivia: Convención de Profesores...7
Pisadas de Dinosaurio...8
Los "Ñaupa Lagartos"...16
Cueva de Umajalanta...19

Créditos de Fotografías:
Portada: Raúl Esperante
Página 3, 4 y 5: Orlando Poma Porras
Página 6: Noemí Durán
Página 7, 8, y 10: Raúl Esperante
Página15, 16: Raúl Esperante
Página 17: Omar Medina Ramírez
Página 18: Raúl Esperante, y Omar Medina Ramírez.
Página 19: Raúl Esperante
Página 20: Wiki Commons

Portada: Sinclinal en capas de rocas del Mesozoico y Paleozoico. Parque Nacional de Torotoro, Bolivia.

Centro de Recursos en Geociencia de la Universidad Peruana Unión (CRG–UPeU)

El CRG de la Universidad Peruana Unión, con sede en Ñaña, Lima, desarrolló numerosas actividades educativas y de investigación en el año 2016. Aquí presentamos algunas de ellas.

Póster presentado durante el XVIII Congreso Peruano de Geología.

XVIII Congreso Peruano de Geología (16-19 octubre 2016)

En este evento el CRG–UPeU presentó el tema "Valores isotópicos de oxígeno en muestras frescas con alteración hidrotermal de la súper-unidad Linga del Cretácico en el Batolito Costero del Perú."

Este artículo fue elaborado por investigadores del GRI, la Universidad de Loma Linda y California State University, con la participación de Luciano González, Ben Clausen, Gregory Holk, y Orlando Poma Porras. El CRG-UPeU lleva varios años participando en las investigaciones del GRI sobre la geología andina.

Ciclo de conferencias sobre los orígenes dirigido a estudiantes de la UPeU (agosto - noviembre 2016)

Las conferencias, llevadas a cabo los días jueves desde agosto a noviembre, se desarrollaron en el auditorio del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universiddad Peruana Unión en Ñaña, Lima, con una participación de 80 estudiantes.

Los ponentes de parte del Centro de Recursos en Geociencia (CRG) fueron Orlando Poma Porras y Noé Rafael, las ponencias se enmarcaron dentro de los temas: "La Geociencia y la Cosmovisión Cristiana", y "Geociencia, Fósiles y Creacionismo".

Abajo: Interacción con miembros del INGEMMET (Instituto Geológico Minero Metalúrgico, Perú). Luciano Gonzáles, Orlando Poma Porras, Cesar Chacaltana y el equipo del INGEMMET.

I simposio de creacionismo "Perspectivas sobre los Orígenes" en la sede de la Filial UPeU-Tarapoto (27-29 septiembre 2016)

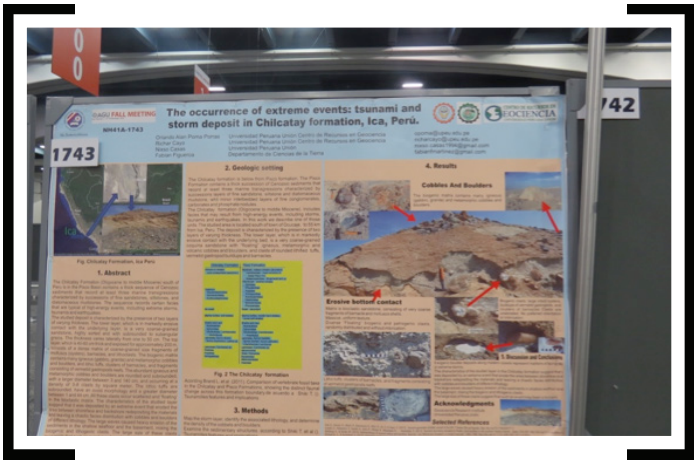
Este simposio se celebró en Tarapoto, una ciudad del noreste del Perú, a orillas del río Shilcayo. Participaron más de mil asistentes, incluyendo estudiantes y profesores. Los ponentes y los temas presentados fueron:
Dr. Ben Clausen - Geología y filosofía.
Ing. Orlando Poma Porras – Geología y Creacionismo.
Dr. Enrique Vega Beteta – Matemática y diseño inteligente.
Dr. Salomón Huancahuire Vega– Biología y diseño inteligente.

Ponentes del Simposio celebrado en Tarapoto.
De izquierda a derecha: Orlando Poma Porras, Enrique Vega, Raúl Sotelo, Ben Clausen, Salomón Huancahuire.

Congreso de la Unión Geofísica de América (12-16 diciembre 2016)

Este congreso se lleva a cabo cada año en el mes de diciembre en San Francisco, California. En esta ocasión, Orlando Poma Porras, ingeniero geólogo en la UPeU-Lima, que está estudiando una capa de depósitos de tormenta y tsunami en el sur de Perú, presentó un póster con el tema: "*The ocurrence of extreme events: tsunami and storm deposit in Chilcatay Formation, Ica Perú*"
(El acontecimiento de eventos extremos: depósitos de tsunami y tormenta en la Formación Chilcatay, Ica, Perú).

Los participantes en este proyecto son: Ing. Orlando Poma Porras - UPeU, y los estudiantes Fabián Figueroa (Universidad de Concepción), Richar Cayo y Nixo Casas, ambos estudiantes de Ingeniería Ambiental en la UPeU - Lima.



VI Congreso Nacional de Investigación (CONACIN) (24-26 octubre 2016)

Varios estudiantes de la UPeU participaron en este congreso celebrado en la ciudad de Juliaca con el objetivo de compartir sus experiencias de campo y la diseminación de sus hallazgos. Estos congresos permiten mejorar su aptitud en investigación y potenciar sus habilidades en comunicación. También contribuyen a fortalecer su fe cristiana en un medio científico serio, creando espacios para que los estudiantes compartan con otros estudiantes la fe, la ciencia y la cosmovisión cristiana.

Estudiantes de Ingeniería Ambiental de la UPeU que desarrollan actividades de investigación en geociencias, con el apoyo del Centro de Recursos en Geociencia, participando en el Congreso Nacional de Investigación de la UPeU – Filial Juliaca. De izquierda a derecha, Kattia Aguirre, Nixo Casas, Alexandra Encalada, Ing. Orlando Poma Porras, María Medrano, Richar Cayo, Génesis Juárez.

Enseñanza e Investigación en la UPeU

Estrategias para fortalecer y potenciar las habilidades de investigación de los estudiantes de Ingeniería Ambiental

POR ORLANDO POMA PORRAS

El Centro de Recursos en Geociencia (CRG) de la Universidad Adventista de Perú (UPeU-Lima) lleva muchos años desarrollando investigaciones dentro y fuera del campus de la universidad. Uno de los objetivos del CRG es motivar la participación de estudiantes en actividades que promuevan su capacidad de investigación y fortalezcan su fe en la cosmovisión cristiana.

Esta motivación está presente en diversas carreras ofrecidas en la universidad, especialmente en la Facultad de Ingeniería Ambiental. Una de las asignaturas con énfasis en investigación es Geología. Los estudiantes pasan varios días en el campo, haciendo observaciones y tomando medidas de las capas geológicas, recolectando datos y mediciones. Luego elaboran un informe de la investigación.

Estos informes se presentan en la Jornada de Investigación de Estudiantes, la cual se celebra cada año en las tres sedes de la Universidad Peruana Unión. En el año 2016, los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Ambiental, con la orientación del CRG, presentaron doce informes de investigación. El CRG proporciona literatura, muestras, equipos para la recopilación de la información, e instrucción para la elaboración de los informes y los trabajos que después se presentan en los congresos.

En una segunda instancia, se desarrolló el Congreso Nacional de Investigación (CONACIN), evento en el que estudiantes y docentes presentaron sus experiencias de investigación del año. En esta oportunidad se llevó a cabo en el campus de la Filial de la UPeU, en la ciudad de Juliaca.

Delegación de estudiantes al CONACIN, (Congreso Nacional de Investigación).

El CRG promovió y apoyó la participación de varios estudiantes que presentaron los resultados de sus trabajos de investigación dentro de la cosmovisión cristiana, inspirados en el pensamiento bíblico hallado en Job 12:8—"Habla a la tierra y ella os enseñará". Uno de los temas que se presentó fue: "Estudio del paleoambiente a partir de los icnofósiles hallados en el desierto de Ocucaje, Ica, Peru."

El Centro de Recursos en Geociencia motiva y apoya la participación en estos eventos como una forma de compartir nuestra fe y cosmovisión, con el fin de fortalecer la capacidad de investigación desde un punto de vista cristiano y creacionista. Estos estudiantes están altamente motivados para continuar realizando investigación en geociencia y Creacionismo.

Alexandra Encalada, explicando acerca de los icnofósiles y perspectivas de su cosmovisión cristiana.

Estudiantes de Ingeniería Ambiental examinando las capas sedimentarias sobre las que elaborarán su informe de investigación.

ACTIVIDADES DE LA OFICINA EUROPEA DEL GRI

El año 2017 ha empezado con fuerza en Europa. En los meses de enero y febrero, la oficina del GRI situada en Sagunto (España) ha organizado actividades sobre ciencia y Creacionismo en tres países de la División Inter-Europea.

Rumanía

Entre el 17 y el 22 de enero la Dra. Noemí Durán visitó Rumanía para ofrecer un programa de fin de semana dedicado al Creacionismo en el Seminario Teológico Adventista de Cernica. También visitó la escuela adventista Stefan Demetrescu de Bucarest, donde después de dar una charla a todos los alumnos de Secundaria, compartió una larga sesión de preguntas y respuestas con los estudiantes de ciencias. Durante su estancia en Rumanía, Noemí Durán también grabó un programa sobre creacionismo para Hope Channel Rumanía.

España

Del 27 al 29 de enero tuvo lugar un encuentro de jóvenes del sureste de España en Elche, Alicante, titulado *En el principio*. El encuentro, al que asistieron unos doscientos jóvenes de la región, fue organizado conjuntamente por el GRI y *Naturalia*, una organización adventista española que promociona el conocimiento y el cuidado de la naturaleza. El encuentro consistió en charlas y talleres a cargo de Noemí Durán, directora del GRI-Europa, y Celedonio García-Pozuelo, presidente de *Naturalia*. Los jóvenes también disfrutaron de participar en el juego de tablero gigante "La Sabadoca", en el que se recorren los numerosos textos bíblicos que hablan de la Creación a lo largo de toda la Escritura. El domingo, el grupo visitó el museo paleontológico de Elche bajo la guía de Celedonio.

Noemí Durán exponiendo en el encuentro de jóvenes *En el principio*, realizado en Elche.

Portugal

La semana del 20 al 24 de febrero, Noemí Durán visitó la escuela adventista de Oliveira do Douro en Vilanova de Gaia, Portugal, donde lideró la semana de oración de los estudiantes de 5º a 9º curso. El tema de la semana fue *Un plan maestro,* y los estudiantes disfrutaron de numerosas ilustraciones y experimentos científicos. También tuvieron la oportunidad de participar en las presentaciones representando diferentes escenas del relato de la Creación.

Experimentos durante la semana de oración en la escuela de Oliveira do Douro.

Alumnos de 5º a 9º curso de la escuela adventista de Oliveira do Douro, durante la semana de oración *Un plan perfecto*.

BOLIVIA: CONVENCIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS

Biología, Geología, Paleontología y Diseño Inteligente

El Valle de Torotoro al norte del departamento de Potosí, con su río, las laderas de las montañas, las huellas de dinosaurio, y las cuevas todavía intactas, es uno de los lugares más bellos de la geografía de Bolivia. Entre el 22 y 26 de enero del 2017 se llevó a cabo allí la primera convención de profesores de ciencias de la Asociación del Sistema Educativo Adventista de la Unión Boliviana (UB).

Todos los participantes de la convención, incluyendo los instructores: Adriana Salguero y Raúl Esperante.

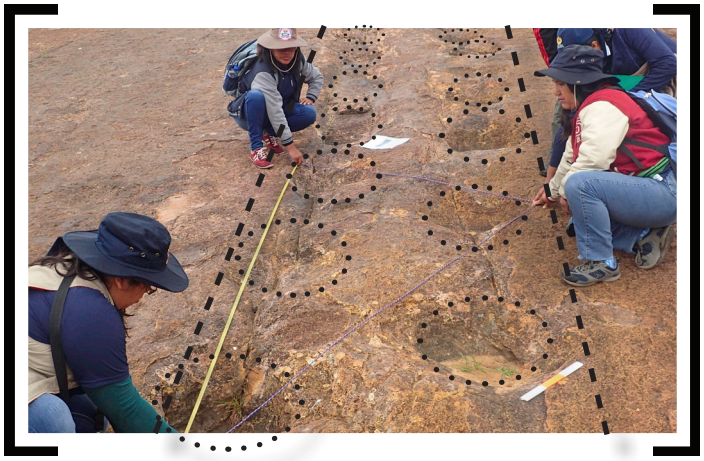
Las ponencias fueron presentadas por la profesora Adriana Salguero de la Asociación Casa Editora Sudamericana (ACES) de Argentina, y por el Dr. Raúl Esperante del Geoscience Research Institute (GRI) en California. La convención tuvo dos orientaciones temáticas. Por un lado Adriana Salguero instruyó sobre didáctica y pedagogía de la enseñanza de las ciencias en escuelas adventistas, y la elaboración y uso de textos de ciencias naturales en los niveles de primaria y secundaria.

La profesora Adriana Salguero, cuya especialidad es la elaboración de libros y unidades didácticas en biología.

Por otro lado, Raúl Esperante presentó ponencias que explicaban los aspectos científicos, históricos, bíblicos y filosóficos de la controversia Creación/evolución. Los asistentes llevaron a cabo un trabajo de campo basado en el estudio de un rastro de huellas de dinosaurios a las afueras del pueblo de Torotoro, coordinado por el profesor Wilson Quiroga de la Universidad Adventista de Bolivia. Los asistentes estudiaron las huellas de diferentes dinosaurios en cuanto a su tamaño, longitud, paso, zancada, sedimento, etc., y elaboraron una presentación multimedia que fue mostrada al grupo, donde debían aplicar recursos didácticos para su exposición.

El último día por la mañana, toda la delegación realizó la observación de fósiles transportados desde la montaña hasta el lecho del río que atraviesa el pueblo de Torotoro. Esta actividad abrió la conversación del grupo sobre los procesos de fosilización y transporte de los sedimentos marinos a zonas elevadas como en la región de Torotoro.

Al cierre del evento, además del agradecimiento a los ponentes por la Licenciada Patricia Solís, en nombre del departamento de Educación de la Unión Boliviana Adventista, se hizo presente el alcalde del Municipio de Torotoro, quien agradeció a la Iglesia Adventista del Séptimo Día por promover una educación basada en principios y valores, y a su vez por fomentar la investigación científica por medio del GRI y de científicos como Raúl Esperante, mencionando que Torotoro abre sus puertas a la investigación en sus diferentes áreas a dicha institución junto con la Universidad Adventista de Bolivia.



Varios profesores asistentes a la convención llevando a cabo el trabajo de campo. En ese momento estaban midiendo las huellas de dinosaurio.

PISADAS DE DINOSAURIO

Huellas de Gigantes del Pasado

POR RAÚL ESPERANTE

Los dinosaurios fueron reptiles terrestres que vivieron en el pasado. Su existencia queda comprobada por el hallazgo de huesos, pisadas y huevos que no pueden ser de ningún otro tipo de organismo. En la escala geológica estándar estos huesos, huevos y pisadas se hallan en rocas sedimentarias del Triásico, Jurásico y Cretácico. Una idea equivocada del público en general es que había dinosaurios voladores y acuáticos. Los dinosaurios eran animales terrestres. Lo que sí existieron fueron *reptiles voladores* (pterosaurios) y *reptiles acuáticos* (mosasaurios, ictiosaurios, pleiosaurios, plesiosaurios, mesosauros, pelicosaurios).

Los paleontólogos clasifican a los dinosaurios en dos grupos principales basándose en la anatomía de la cadera: *saurisquios* y *ornitisquios*. Los saurisquios (del griego "caderas de lagarto") reciben ese nombre porque su cadera es similar a la de los lagartos en que el hueso púbico apunta hacia adelante, y la pelvis, vista de perfil, tiene forma triangular. Dentro de los saurisquios hay dos grupos principales, los terópodos y los saurópodos. Los ornitisquios (del griego "caderas de ave") tienen el pubis y el isquion paralelos hacia atrás, conformando una pelvis de cuatro extremos, ancha y estable.

Icnofósiles: Huellas, Pisadas y Pistas

Las pisadas de animales forman parte de los llamados *fósiles traza* o *icnofósiles*, que son restos de las actividades de los organismos, a diferencia de los fósiles comunes, que son restos de partes, generalmente esqueletizadas, de organismos anteriormente existentes. Su estudio forma parte de lo que se llama *icnología*. Otros tipos de icnofósiles incluyen galerías de perforación en el sedimento, en las rocas, en la madera, etc., marcas de dientes de carnívoros dejadas en huesos u otros restos, y trazas y moldes de raíces de plantas. Los icnofósiles proporcionan importante información acerca de la anatomía, tamaño, locomoción, comportamiento, ecología y distribución geográfica de los organismos.

Las huellas, pisadas y pistas de dinosaurio son icnofósiles abundantes en muchas áreas de la Tierra. Su presencia es un indicador de la existencia de esos animales en un tiempo y lugar específico en el territorio donde se hallan ahora las marcas.

¿Por qué son abundantes las pisadas de dinosaurio y sin embargo escasos los esqueletos? La razón es evidente: un mismo animal puede dejar miles de huellas en el suelo mientras está vivo, mientras que sólo dejará un esqueleto después de muerto. El primer descubrimiento de una huella de dinosaurio fue en Inglaterra a mediados del siglo XIX y desde entonces han sido documentadas y estudiadas en todos los continentes excepto (todavía) en Antártida. Son particularmente abundantes en Estados Unidos, Bolivia, Argentina, España, China, Corea del Sur, y Mongolia. También se han hallado en Alemania, Australia, Francia, Hungría, Inglaterra, Italia, Portugal, Rusia, Yemen, Madagascar, y otros países de África y Asia Central. En los lugares donde el acceso es fácil se han habilitado como espacio de visita turística, destacando los numerosos sitios de pisadas hallados en España y Estados Unidos. En Bolivia las pisadas de dinosaurio son abundantes en numerosos lugares del centro-sur del país, y nuevos lugares siguen descubriéndose. Su conservación es excelente y aguardan el estudio detallado por los científicos y su preparación para el deleite de los interesados.♦

Pie de *Gallimimus*, un dinosaurio ornitópodo del Cretácico. A la izquierda abajo, el relleno de una pisada de ornitópodo. Museo de Historia Natural de Los Ángeles.

Pie y huella de *Camarasaurus*. Los camarasaurios eran dinosaurios cuadrúpedos herbívoros, animales gigantes que vivieron en Norteamérica. Museo de Historia Natural de Los Ángeles.

Pie y relleno de huella de ornitópodo. Museo de Historia Natural de Los Ángeles.

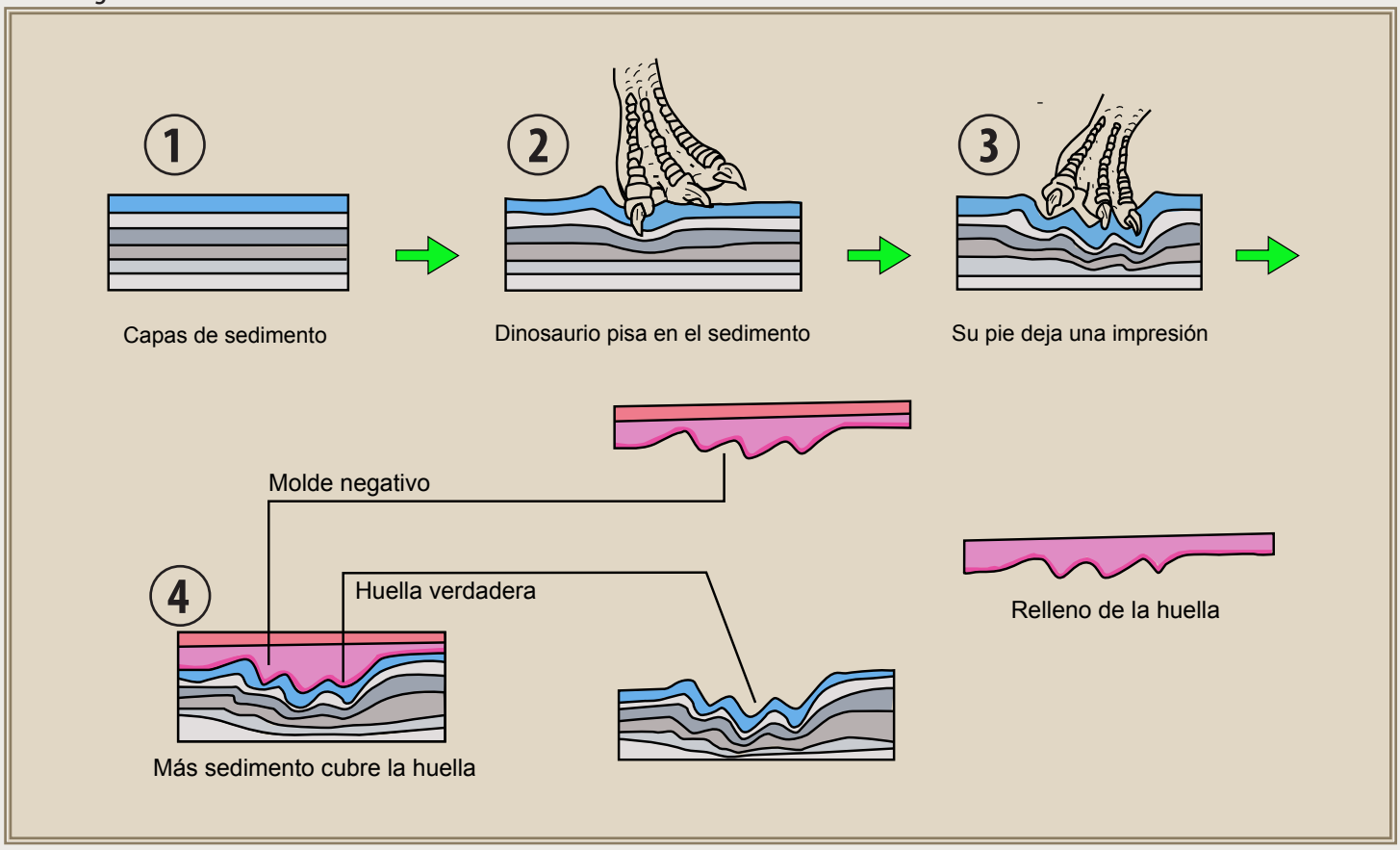
Cómo Se Formaron las Pisadas Fósiles

Cuando uno observa las pisadas fósiles de dinosaurios (u otros animales) enseguida piensa que está observando el mismo lugar por donde caminaron o corrieron los animales en el pasado. Pero la observación de los animales y humanos modernos y los ambientes en los que caminan o trotan nos dicen que las marcas dejadas en el suelo son temporales, no duraderas, pues serán eventualmente borradas por la acción del agua después de una lluvia torrencial. En el caso de huellas dejadas en la orilla de un río, lago o en la playa, la huella desaparecerá erosionada por la subida del nivel del río, durante la siguiente marea, o por las olas. Sin embargo en determinados ambientes terrestres, las pisadas pueden permanecer intactas durante meses, por ejemplo en sustratos que se han humedecido y después se secan sin que se alteren por la erosión del agua o por el crecimiento vegetal.

En cualquier caso, la preservación de las pisadas requiere al menos tres condiciones: 1) un substrato de grano fino y relativamente blando o deformable (lodo, barro, o arena fina), 2) un proceso de endurecimiento o cementación rápido, y 3) un enterramiento rápido después de su formación. Las pisadas pueden preservarse también antes de que el substrato se endurezca si el enterramiento es rápido pero calmo. Durante el enterramiento, más capas de sedimento se depositan encima de las que tienen las pisadas contribuyendo a su preservación, ya que de otra manera éstas serían destruidas por la erosión.

Diversos factores afectan la forma y el tamaño de las pisadas preservadas. Los dos factores más importantes son el tamaño de la extremidad del animal (el pie o la mano) y el grado de consistencia del substrato sobre el que pisa. El mejor substrato es aquel que no es ni demasiado firme ni demasiado blando. Cuando la pisada se deja en un substrato demasiado blando, parte del sedimento desplazado puede deslizarse de nuevo encima de la huella, lo cual a veces distorsiona la huella o la destruye por completo. En ese tipo de sedimento las marcas de los dedos quedan como meros contornos difusos. Por otro lado, si el sedimento es demasiado duro, las pisadas sólo dejarán marcas superficiales.♦

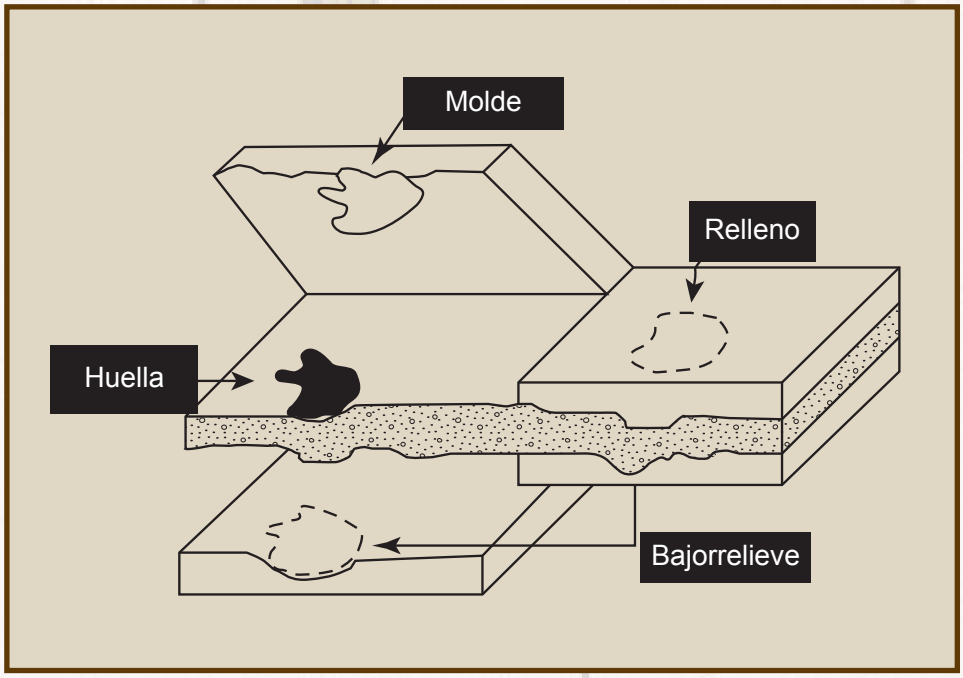
Este diagrama ilustra la formación de una huella:



Qué Observamos en las Pisadas Fósiles

Cuando encontramos pisadas fósiles en las rocas sedimentarias hemos de mirar cuidadosamente para saber qué estamos observando. La pisada se formó originalmente en un sustrato blando y deformable, en el cual quedó una impresión (o huella). Esa impresión o deformación es la *huella verdadera*. Posteriormente, esa huella se cubrió con otra capa de sedimento, formando un *relleno de la huella*. Cuando la capa superior que cubre y rellena la huella se retira por la erosión, podemos encontrar las dos partes: la capa inferior que contiene la huella verdadera, y la roca de la capa superior que contiene el relleno. Si las capas superiores se retiran y el relleno está todavía 'adherido' a la capa que cubrió la pisada, se llama *molde de la huella*.

Ciertas pisadas son visibles en sección vertical, como en un corte transversal, y se observa el *bajorrelieve* de la huella en una o más capas inferiores. Este bajorrelieve se formó como resultado de la deformación del sustrato blando durante la pisada del animal, cuyo peso produjo la compresión y desplazamiento del sedimento subyacente.♦



Esta foto panorámica muestra el lado inferior, es decir, el bajorrelieve, de varias pisadas de dinosaurio. La huella se marcó en un sustrato blando, el cual se deformó bajo el peso del animal mientras caminaba. Dinosaur Ridge, Morrison, Colorado, Estados Unidos.

Morfología de las Pisadas

Información a Partir de las Pisadas de Dinosaurio

La investigación de las huellas de dinosaurio nos aporta información sobre el tamaño de los animales, su locomoción y comportamiento. También nos proporciona información valiosa sobre las condiciones del sedimento o terreno sobre el que caminaban los animales y el medio ambiente donde se encontraban. Una pista de huellas nos puede indicar si los animales estaban caminando, trotando o corriendo. También podemos saber si el animal estaba avanzando sobre dos extremidades (bípedo) o sobre cuatro (cuadrúpedo), y si alternaba una y otra forma de andar. Por medio de las huellas, se puede conocer la velocidad de movimiento, la flexibilidad de los dedos, y el comportamiento migratorio y gregario.

Las pisadas de animales adoptan diversa morfología dependiendo de las condiciones del sustrato cuando se formaron, de las modificaciones que sufren después de su formación, y de la calidad de las impresiones una vez han sido expuestas en la roca. La morfología también depende del tipo de locomoción que el animal haya llevado a cabo: caminar, trotar, correr, acelerar, frenar, son modalidades diferentes de locomoción que dejan improntas diferentes en el sustrato. Dichas improntas se llaman *morfotipos*. Varios morfotipos pueden observarse incluso en un mismo rastro que contiene múltiples pisadas.

Aunque en algunos lugares turísticos se identifican las huellas con ciertas especies de dinosaurios, la realidad es que es muy difícil o imposible identificar el género o especie particular que dejó la pisada. Lo que sí es posible es la asignación de la pisada a un grupo general de dinosaurios, como por ejemplo saurópodos o terópodos.

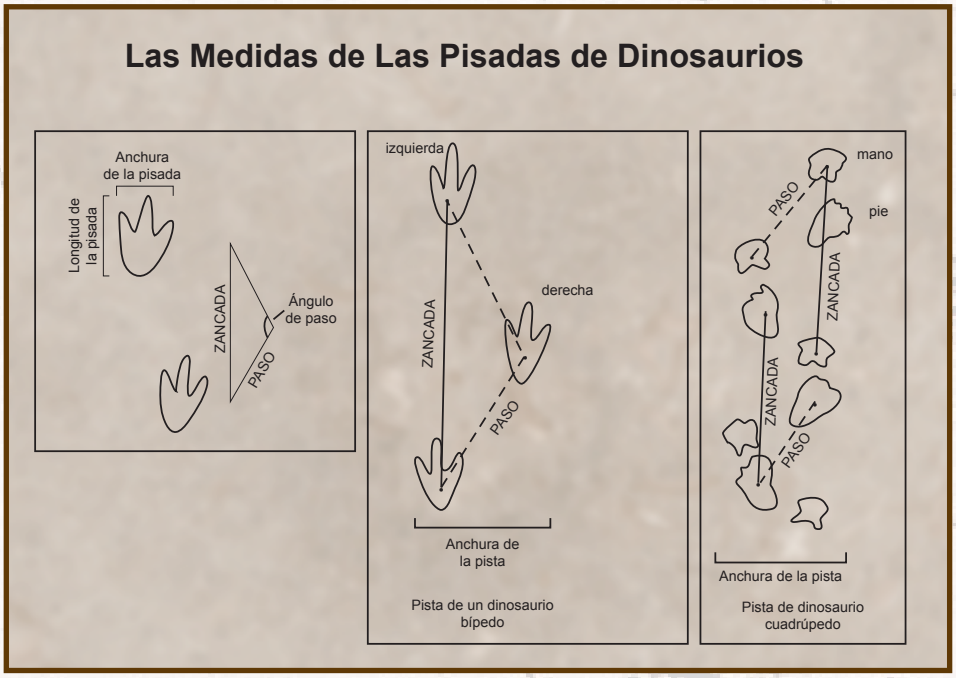
Pisadas bípedas

Cuando estudian las pisadas, los paleontólogos prefieren referirse a los dinosaurios como *cuadrúpedos* o *bípedos* (tanto los ornitisquios como los saurisquios incluían formas bípedas y cuadrúpedas). Las pistas de pisadas bípedas son las más frecuentes. Contienen pisadas sucesivas de pie derecho e izquierdo cuya morfología es similar, cada una mostrando tres dígitos principales en cada pie, por lo cual se las llama *pisadas tridáctilas*. La mayoría de los dinosaurios bípedos poseían cuatro dígitos en cada pie, pero uno de ellos (el 'dedo gordo' del pie) era pequeño y estaba en una posición elevada en la parte posterior del pie de modo que a veces no dejaba marca, o ésta era muy tenue.

Los dinosaurios que dejaron pistas bípedas pertenecían a dos grupos: *terópodos* (carnívoros) y *ornitópodos* (herbívoros). Se suele hacer una división arbitraria entre terópodos coelosaurios (que eran pequeños y frágiles) y carnosaurios (que eran más robustos y grandes). Las huellas de coelosaurios a menudo exhiben dígitos que están muy próximos entre sí, con impresiones de los dedos bien distinguidas. Las marcas de los dígitos de los carnosaurios a menudo están más abiertas y son más robustas, con impresiones digitales menos pronunciadas.

La anchura total de la pista, tomada a partir de la parte exterior de la impresión izquierda hasta la parte externa de la derecha, se denomina *anchura de pista* (que no hay que confundir con la anchura de la huella). Esta medida ayuda a definir el grado de rectitud del animal durante la locomoción: las pistas bípedas son siempre estrechas debido a que los animales caminaban erectos, poniendo un pie enfrente del otro, como siguiendo una línea.

El ángulo entre tres huellas consecutivas, derecha-izquierda-derecha o izquierda-derecha-izquierda, se conoce como el *ángulo de paso*. En las pistas bípedas posee un valor alto, alrededor de 180 grados, lo cual equivale a una línea recta. El ángulo de paso depende, en muchas ocasiones, de la longitud de paso que, a su vez, es un reflejo de la rapidez. El término paso se utiliza para pisadas consecutivas (huellas izquierda-derecha, or derecha-izquierda) y el término zancada para huellas consecutivas efectuadas con la misma extremidad. Si un dinosaurio pone sus



Terópodos	Ornitópodos
Las pisadas de terópodos típicamente presentan impresiones digitales largas y delgadas terminadas en claras marcas de las garras.	Las pisadas son normalmente más anchas que las de los terópodos, con contornos de los dedos redondeados, y asimismo las marcas de las garras.
La curva posterior (trasera) suele tener forma de V	Curva posterior bien redondeada

pies exactamente uno frente a otro (*ángulo de paso* aproximadamente de 180 grados), la longitud de zancada es exactamente el doble que la de paso. Si los pies se encuentran ligeramente desviados de la línea media, la longitud de *zancada* es ligeramente menor que el doble.

Otra característica de las pistas bípedas es el grado de orientación de las **icnitas*** hacia el exterior o hacia el interior. Este rasgo ha sido llamado, respectivamente, *rotación positiva* o *rotación negativa*, o condición de 'pies de pato' o de 'pies de paloma', en lenguaje coloquial. Los ornitópodos poseen a menudo una posición de las icnitas que recuerda ligeramente la condición 'pies de paloma', mientas que las pistas de los dinosaurios carnívoros exhiben normalmente huellas que apuntan hacia adelante o que apenas divergen. Estas configuraciones dependen de la velocidad del animal cuando dejó las huellas.

Pisadas Cuadrúpedas

Las pistas de dinosaurios cuadrúpedos son bastante menos comunes que las pistas de dinosaurios bípedos. Se pueden analizar casi de igual modo que las de dinosaurios bípedos. Las pisadas de cuadrúpedos generalmente muestran diferentes tamaños y formas entre las huellas de las extremidades anteriores (manos) y las posteriores (pies), siendo las posteriores más grandes. Tanto las huellas posteriores como las anteriores de los dinosaurios cuadrúpedos pueden mostrar hasta cuatro o cinco dígitos. Algunas de las más grandes miden más de un metro de diámetro, como las encontradas recientemente en el sur de Bolivia, y otras halladas en Portugal y Francia.

Las patas traseras de los saurópodos tenían cinco dedos disminuyendo en tamaño desde el interior al exterior del pie. Los cuatro dedos interiores (dependiendo de la especie) presentaban largas garras que quedaban bien marcadas en las huellas, y que aparecen inclinadas hacia el exterior del pie. El cuarto y quinto dedo eran generalmente pequeños y sin garra y raramente se registraban bien. Las huellas cuadrúpedas son generalmente circulares, aunque pueden ser casi triangulares.

Las huellas de las extremidades delanteras (manos) de los saurópodos se parecen a pisadas de elefantes. A menudo las huellas delanteras están solapadas por las traseras, o con el sedimento empujado por las segundas sobre las primeras, reduciendo las huellas delanteras a depresiones semicirculares. En ocasiones las huellas traseras destruyen las delanteras completamente. Un aspecto curioso es que los esqueletos de los saurópodos muestran las manos con una larga garra, mientras que las huellas correspondientes sólo muestran una impresión redondeada de tal garra.

La distinción entre pisadas de ornitópodos y terópodos puede resultar poco clara en algunas huellas pequeñas y mal conservadas. La identificación de huellas con especies específicas o grupos de dinosaurios es muy difícil y en pocos casos se ha determinado. Eso es debido a que generalmente los huesos no han quedado preservados en las mismas capas que las huellas y que el mismo dinosaurio puede dejar varios tipos de huellas diferente dependiendo de la velocidad, tamaño del animal, naturaleza y condiciones del sustrato, y modificaciones posteriores.

Pisadas Plantígradas o Digitígradas

Los animales que apoyan todo el miembro para caminar, esto es, los huesos del tobillo y la muñeca, se denominan *plantígrados,* y los que que caminan sobre los dedos, con los huesos de la muñeca (metacarpianos) y del tobillo (metatarsianos) elevados, se denominan *digitígrados*. También hay condiciones intermedias.

En general los dinosaurios bípedos con pies de tres dedos eran digitígrados. Esta condición es típica en aquellas especies adaptadas para la carrera. Los dinosaurios digitígrados se apoyaban constantemente sobre sus dedos. En ocasiones estos animales se ponían en cuclillas, dejando largas impresiones metatarsianas en el substrato. Esa postura puede denominarse *posición plantígrada* de descanso. En ocasiones esas pisadas vienen acompañadas de pequeñas impresiones de las manos, lo que apoya la idea de que el animal se agachaba o reclinaba en una posición en cuclillas.

Algunas pistas presentan huellas bípedas de tres dedos con impresiones metatarsianas elongadas. Algunos entusiastas han interpretado estas marcas como huellas humanas, debido a su forma alargada y a la apariencia de la impresión metatarsiana, semejante a la de un talón.♦

*Se denomina **icnita** a cada huella producto de la pisada de un vertebrado.

Morfotipos de Huellas de Dinosaurios

B-1—Morfotipos de pisadas de terópodos en el sitio Hejie, Formación Ziliujing, Jurásico Inferior, China.
B-2—Icnoespecie *Ornithopodichnus*. Se interpretan estas pisadas como de un ornitópodo, Cretácico Inferior, Sichuan, China.
B-3—Morfotipos de icnoespecie *Hospanosauropodus*. a) Dibujo de huella hallada en la Formación Morrison, Jurásico Superior, Utah, EEUU. b) Dibujo de huella hallada en la Formación Tereñes, Asturias, España. Estas huellas se atribuyen a dinosaurios terópodos.
B-4—Comparación de varios icnotaxones de terópodos bípedos tridáctilos del Jurásico Inferior. a) *Eubrontes giganteus*; b) *Kayentapus hopii*; c) *Grallator paralelas*; d) *Komlosaurus carbonis*.
B-5—Morfotipos de huellas de terópodo del Cretácico, Sezze, Italia.
B-6—Morfotipos de huellas de terópodo del Jurásico Medio de Utah, EEUU.
B-7—Morfotipos de huellas de terópodos de tamaño grande e intermedio, Jurásico Medio de Utah, EEUU.
B-8—Morfotipos de huellas de tamaño medio de térópodos, Cretácico Inferior, Maryland, EEUU.
B-9—Morfotipos de huellas de ornitópodo de la Formación Nochino, Cretácico, Japón.
B-10—Huella de terópodo, Cretácico de Japón.

Figura 1: Bípedos (Ornitópodos, Terópodos)

Los dinosaurios asociados a las huellas no son necesariamente las especies correspondientes a las pisadas, sino sólo representativas.

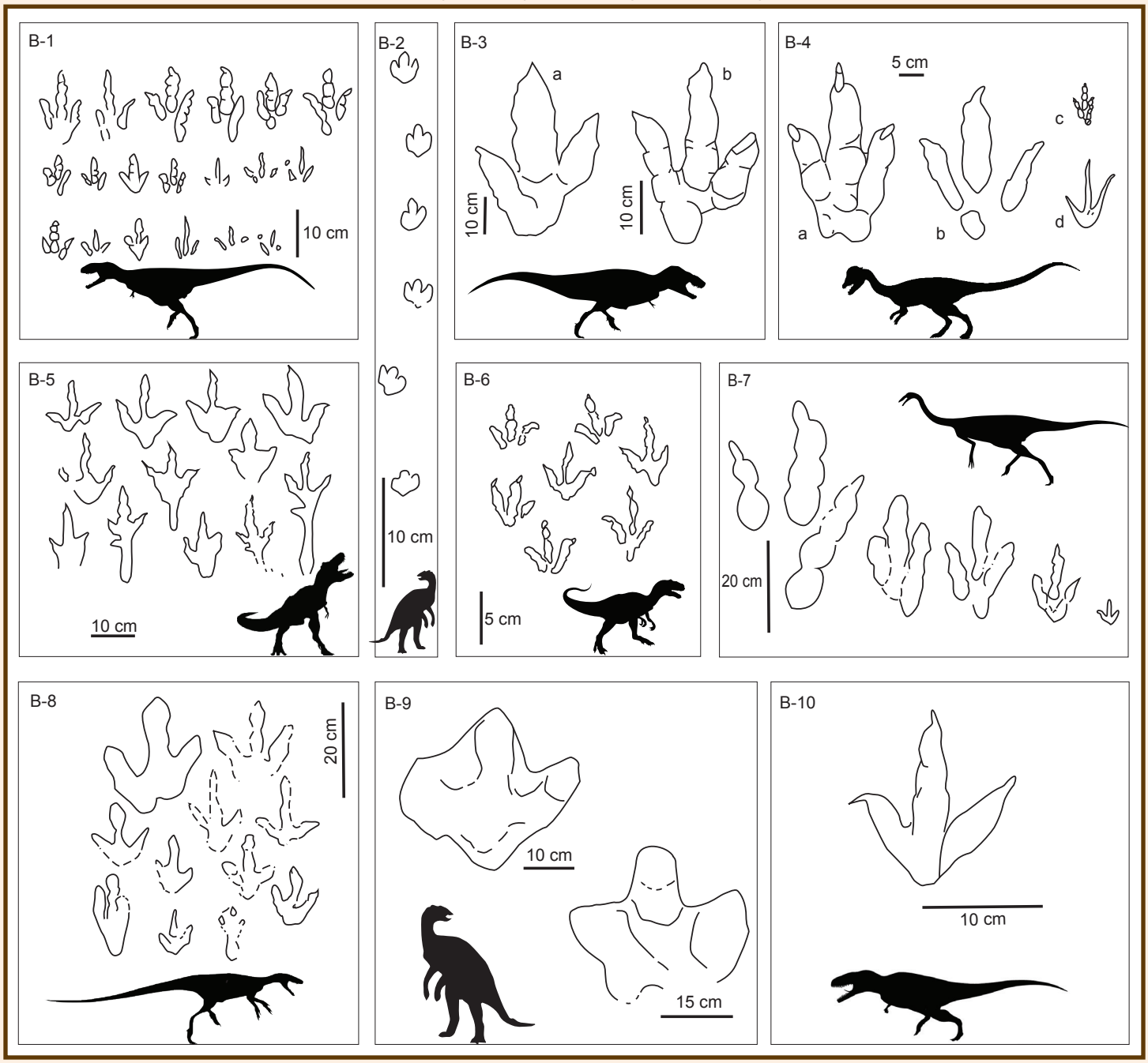
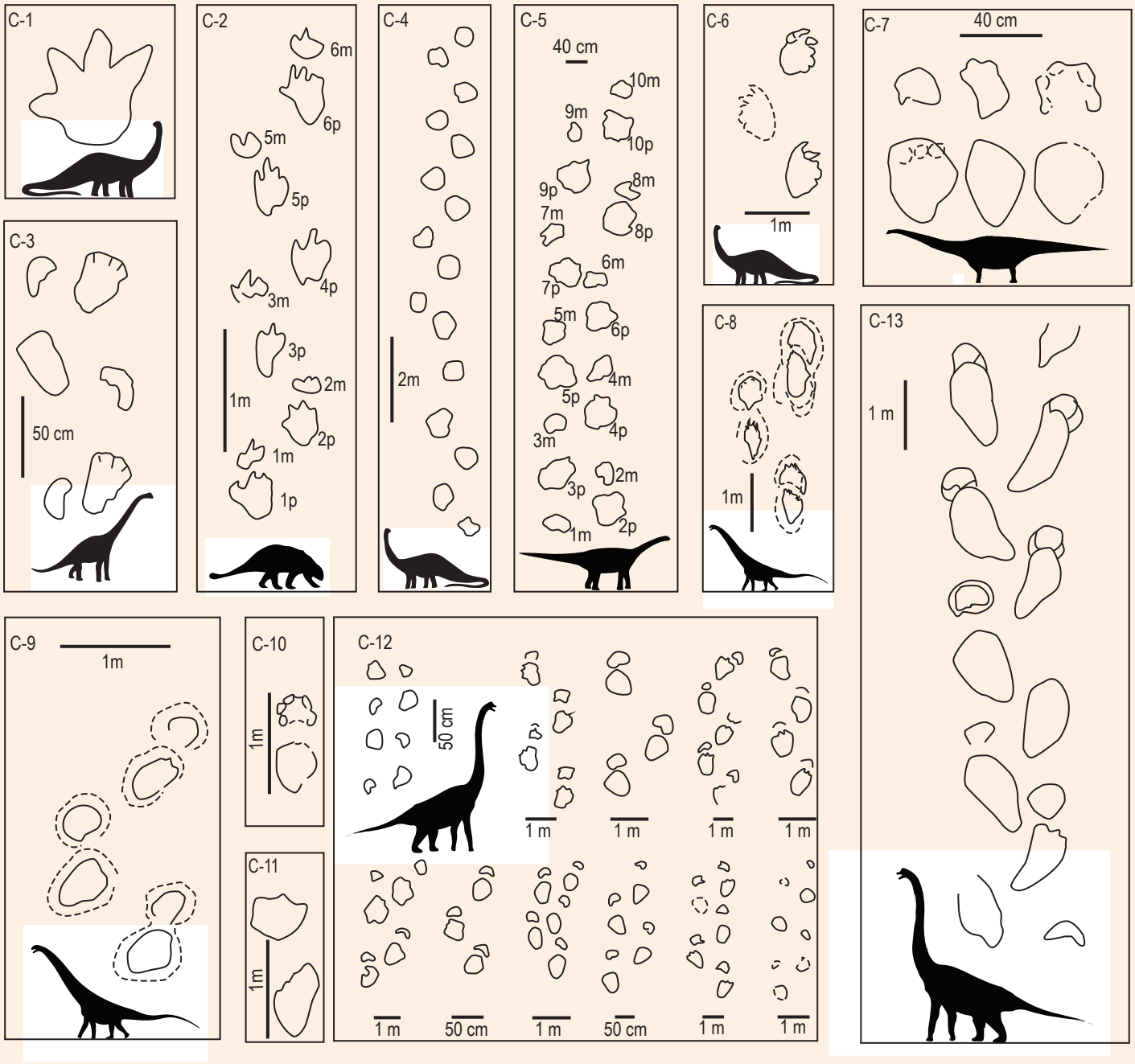


Figura 2: Cuadrúpedos (Saurópodos)

Los dinosaurios asociados a las huellas no son necesariamente las especies correspondientes a las pisadas, sino sólo representativas.



C-1—Morfología general de una huella cuadrúpeda típica de saurópodo.

C-2—Icnoespecie *Matatetrapous valdensis*, descrita por Nopesa en 1923 en un yacimiento al oeste de Hannover, Alemania. ha sido asignada a ankilosaurios, Cretácico Inferior. Nótese que la huella correspondiente a 4m (pisada 4 de mano) no está registrada.

C-3—Rastro de huellas de saurópodo en la ciudad de Zigong, Sichuan, Jurásico Inferior, China.

C-4—Rastro de pisadas dinosaurios del Jurásico Superior-Cretácico Inferior de Uruguay. Se han interpretado como correspondientes a un saurópodo.

C-5—Porción de un rastro de huellas de saurópodo halladas cerca del pueblo de Sezze, Italia, Cretácico. Se encontraron varias huellas tridáctilas de terópodo que no han sido incluidas en este dibujo.

C-6—Huellas de saurópodo. Miembro Salt Wash, Formación Morrison, Utah, EEUU.

C-7—Morfotipos de huellas representativas de saurópodo del sitio Humaca, Bolivia.

C-8—Morfotipos de las huellas de titanosaurio de Torotoro, Bolivia. Las líneas discontinuas indican el borde de lodo de cada huella.

C-9—Morfotipos de las huellas de titanosaurio de Cal Orcko, Bolivia. Las líneas discontinuas indican el borde de lodo de cada huella.

C-10—Morfotipos de las huellas de dinosaurio de Fumaya, España.

C-11—Morfotipos de las huellas de titanosaurio de Cal Orcko, Bolivia. Las líneas discontinuas indican el borde de lodo de cada huella.

C-7—C-11—Pistas de titanosaurios del Cretácico Superior de Bolivia.

C-12—Morfotipos de huellas de saurópodo, Las Cerradicas, Teruel, España, comparadas con otra huellas de saurópodos de diversos lugares.

C-13—Huellas de saurópodo del sitio Salgar de Sillas, Cuenca de Cameros, España.

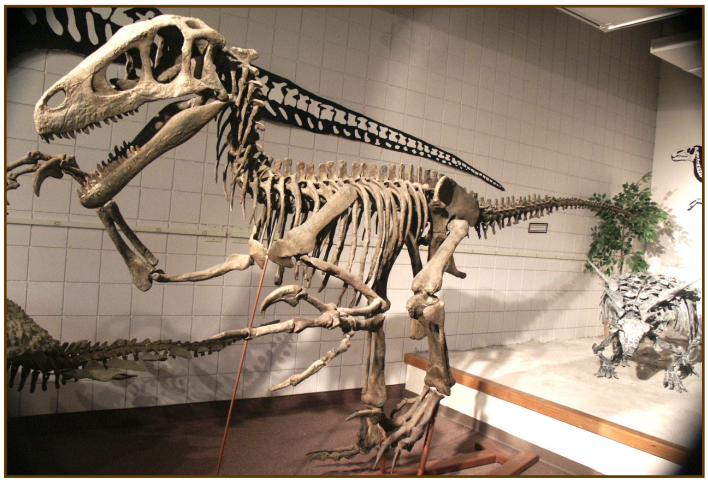
La Locomoción de los Terópodos

Los terópodos eran dinosaurios saurisquios que se encuentran en rocas del Triásico, Jurásico y Cretácico. La mayoría de ellos eran carnívoros con dientes en forma de cuchillo o en punta, y aserrados en su borde. Quizá el terópodo más conocido es el *Tyrannosaurus rex*, un enorme carnívoro que se muestra en la mayoría de los museos de historia natural. Otros terópodos de gran tamaño son *Spinosaurus*, *Carcharodontosaurus*, y *Giganotosaurus*. Uno de los terópodos más pequeños es *Anchiornis huxleyi*, con un peso estimado de 110 gramos y 34 cm de longitud.

La mayoría de los terópodos conocidos eran bípedos y con las extremidades anteriores reducidas. Todos eran digitígrados con pies tridáctilos plenamente funcionales. A pesar de las diferencias en tamaño, todos los terópodos tenían proporciones similares en las extremidades posteriores, usadas para caminar. No hay evidencia fósil que indique que estos dinosaurios estuvieran especializados en bucear, remar, caminar en el agua, o colgarse en algo. Más bien, los terópodos estaban especializados en locomoción terrestre. La anatomía de los huesos de la cola indica que ésta era robusta y móvil en la parte anterior, pero más delgada y firme en la zona distal. Muy probablemente esto le confería al animal una cierta estabilidad durante la locomoción y equilibrio durante el ataque.

Hemos averiguado mucho sobre la locomoción de los terópodos a partir del estudio de la anatomía de los huesos de las extremidades y cadera, pero las inferencias son indirectas. Los paleontólogos han examinado las pisadas y rastros para obtener información adicional. Por ejemplo, se han hallado rastros de terópodos que caminaban con el pie plano, con el metatarso entero tocando el suelo, aunque tales hallazgos son infrecuentes. La mayoría de los terópodos, sin embargo, caminaban sobre los dígitos sin que la zona metatarsiana del pie tocara el suelo.♦

Esqueleto montado de *Tyrannosaurus rex*. Field Museum, Chicago.



Esqueleto reconstruido de un Utahraptor, un terópodo de gran tamaño. Este dinosaurio tenía garras largas y curvadas.

Huellas de terópodos en Torotoro, Bolivia.

LOS "ÑAUPA LAGARTOS"

Caminando por el Cretácico Boliviano

POR OMAR MEDINA

Rastro de huellas de ornitópodo en la región de Maragua.

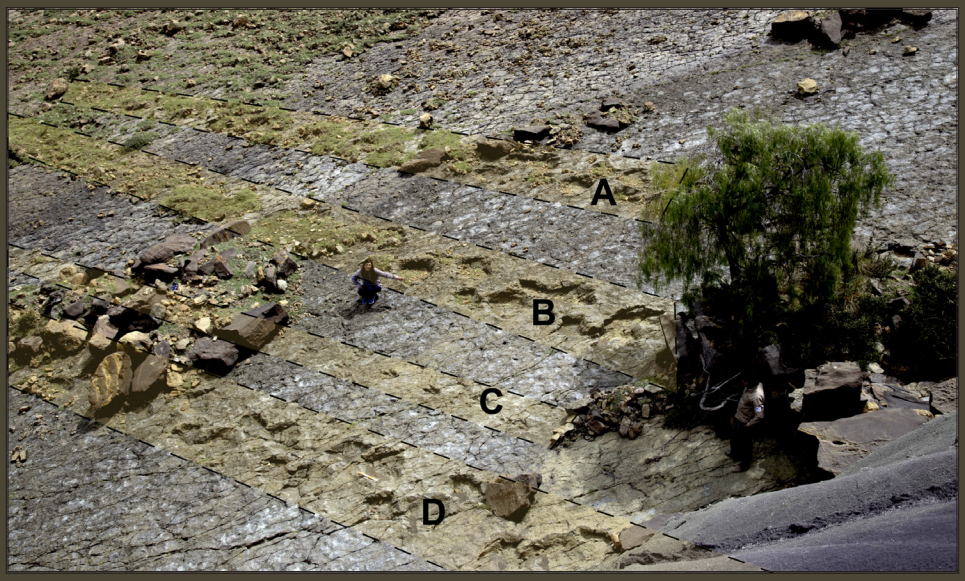
La historia de la paleontología boliviana se desarrolla a partir del siglo XIX, cuando se empieza a descubrir la presencia de huellas fósiles de invertebrados (*icnofósiles)*, en diferentes sitios del país. Fue el naturalista francés Alcides d´Orbigny, quien viajando por Sudamérica, descubrió las huellas de reposo de los trilobites en rocas del Ordovícico en la región de Arani (Cochabamba), denominándolas *Cruziana furcifera*, en honor al presidente boliviano Andrés de Santa Cruz. Recientemente, la paleontóloga Margarita Toro y varios de sus estudiantes describieron icnofósiles, sobre todo del Devónico, sobresaliendo los del género *Bifungites*.[1]

Durante varias décadas no se hicieron progresos singnificativos en el estudio de icnofósiles en Bolivia. Fue a partir de 1995 que se hicieron notables los descubrimientos de extensas superficies rocosas con numerosas icnitas (pisadas) de distintas especies de dinosaurios, a quienes los campesinos locales llaman *"Ñaupa lagartos"* en el idioma quechua, principalmente en el departamento de Chuquisaca, al sur de Bolivia. En ese año se realiza una primera descripción de las extrañas marcas de huecos que existían en el enorme farallón de caliza que observaron los trabajadores de una cantera próxima a la ciudad de Sucre. Fue el Dr. Mario Suárez Riglos quien redactó un informe preliminar identificando aquellos huecos como pisadas de dinosaurio.[2]

Este acontecimiento despertó el interés de la comunidad científica, siendo que anteriormente en Bolivia sólo se conocían los rastros de huellas de dinosaurios en Torotoro, en la región de Potosí. El nuevo descubrimiento próximo a Sucre, ahora llamado yacimiento de *Cal Orcko* (cerro de Cal, en el idioma quechua), desencadenó también la búsqueda de nuevos yacimientos de pisadas de dinosaurios en los afloramientos del Mesozoico, en especial del Cretácico.

Paso a Paso…

El yacimiento de pisadas de Cal Orcko contiene más de 465 rastros diferentes y más de 12 000 huellas individuales, formando parte de la formación geológica El Molino, del Cretácico Superior. La mayoría de las pisadas fueron dejadas por dinosaurios terópodos pequeños, medianos y grandes, pero también existen rastros



Cuatro rastros de huellas de dinosaurios en la zona de Maragua. "A", "B", y "D" corresponden a saurópodos cuadrúpedos mientras que "C" corresponde a un ornitópodo bípedo. Obsérvese la persona en el centro para escala.

de dos tipos diferentes de saurópodos titanosaurios, y de ornitópodos pequeños y grandes. Las huellas más prominentes son las de anquilosaurios, reptiles cuadrúpedos caracterizados por una armadura dérmica pesada. Los trabajos del Dr. Christian A. Meyer, del Museo de Historia Natural de Basilea (Suiza), destacan las icnitas dejadas por estos dinosaurios, siendo el primer registro de pisadas de esos animales en el continente sudamericano y el registro más importante a nivel mundial. Cal Orcko también contiene el rastro continuo más largo del mundo: la pista de un terópodo de tamaño medio que se extiende por 620 m de distancia. Otros dos rastros de un titanosaurio pueden seguirse por más de 300 metros. Los rastros paralelos de titanosaurios y los de quince individuos anquilosaurios claramente muestran comportamiento social, así como la vida en manada de esos gigantescos herbívoros.[3]

Además de las huellas, la pared rocosa de Cal Orcko, presenta una singular estética debido a su disposición vertical, que muestra cómo los procesos orogénicos en el pasado movieron las capas sedimentarias desde su posición original horizontal a la posición vertical y plegada en el presente.

En Bolivia existen otros lugares con abundantes huellas de dinosaurios, hallándose fundamentalmente en el cuadrante noroeste del territorio. En Anzaldo hay rastros de saurópodos. En Torotoro, hay más de 2500 pisadas observadas y dos largos rastros muy bien conservados. Uno de esos rastros fue identificado por G. Leonardi como de un anquilosaurio, llamando el nuevo icnogénero y la nueva icnoespecie como *Ligabueichnium bolivianum*.[4] El otro rastro muy bien conservado ha sido identificado como de velociraptor, cuyas reconstrucciones se hicieron famosas con la película Parque Jurásico. Otro impresionante yacimiento es el de Maragua, en Chuquisaca, cuyo enorme sinclinal se asemeja a un plato geológico, y en donde las huellas de dinosaurios están en numerosas plataformas rocosas inclinadas. Además de rastros asignables a saurópodos y terópodos, se hallan los de ornitópodos grandes (probablemente hadrosaurios) y de anquilosaurios juveniles. También se ha hallado una estructura que probablemente corresponda a un nido, o al menos un revolcadero, con marcas de garras de dinosaurio. Recientemente se ha hallado una gigantesca huella de abelisaurio con aproximadamente 1,15 metros de longitud.[5] Próximo a unas huellas se encontró parte del cráneo y mandíbula de un gran cocodrilo, y placas de tortugas. Cerca de Maragua, en una localidad denominada Janaj Khuchu a orillas del río Lirio, una superficie de roca contiene huellas de dinosaurios terópodos y saurópodos bien definidas.[6]

Icla es otro fascinante lugar, el cual muestra evidencias que sugieren la existencia de un oasis en medio de un paleodesierto, donde se registraron huellas de anquilosaurios, enormes terópodos y también estegosaurios. Es el único sitio de huellas de dinosaurio en el límite Jurásico-Cretácico en Bolivia.[7]

En Bolivia se siguen descubriendo nuevos yacimientos de pisadas de dinosaurios. La abundancia de restos paleontológicos en ese país es enorme, y actualmente no hay una gran actividad investigativa allí. Existen yacimientos cuyo acceso es muy complicado, no sólo por las condiciones del terreno sino por los habitantes de esos remotos sitios que se muestran reticentes al contacto con extraños. Esta abundancia de yacimientos representa una enorme riqueza cultural y un gran potencial científico, pero se necesitan expertos que estudien los fósiles y los afloramientos rocosos para poder dar a conocer su existencia al mundo, y sensibilizar a las personas acerca de la importancia de conservar dicho patrominio cultural y científico.♦

Referencias

[1]Mario Suárez, Omar Medina Ramírez y Ricardo Céspedes. 2016. *La Ruta migratoria de los Dinosaurios por Bolivia*. Publicación del Viceministerio de Ciencia y Tecnología del Estado Plurinacional de Bolivia. Pág. 9-11. La Paz.

[2]Asociación Sucrense de Ecología, Anuario ASE. 1995. Pág. 14-15. Editorial Domingo Savio. Sucre.

[3]Christian A. Meyer. 2015. *Cal Orck'o Informe Final Paleontológico. Cantera abandonada de la Fábrica Nacional de Cemento S.A. FANCESA,* Sucre, Dep. Chuquisaca, Bolivia. Trabajo de investigación encargado por organismos locales para generar políticas de conservación del farallón de Cal Orck'o.

[4]Leonardi, G. 1984. *Le impronte fossili di dinosauri. In Sulle orme dei dinosauri*. Errizo Editrice. Venice. Resumen mencionado en *La Ruta Migratoria de los Dinosaurios por Bolivia*. Publicación del Viceministerio de Ciencia y Tecnología del Estado Plurinacional de Bolivia. Pág. 60-61. La Paz.

[5]Sebastián Apesteguía, Rubén Molina-Pérez, Omar Medina Ramírez & Grover Marquina. 2016. Out of time: gigantic South American Theropods in latest Cretaceous rocks of Bolivia. Libro de Resúmenes IX Congreso Latinoamericano de Paleontología. Lima

[6]Omar Medina Ramírez. 2015. Primer reporte de icnitas de terópodos de la Formación Chaunaca en cercanías del centro poblado de Potolo, Distrito 8 del Municipio de Sucre en Bolivia. Nota publicada en Correo del Sur 29 de marzo de 2015. Sucre.

[7]Sebastián Apesteguía y Pablo A. Gallina. 2011. Tunasniyoj, a dinosaur tracksite from the Jurassic-Cretaceous boundary of Bolivia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83(1):267-277.

Rastro de pisadas de saurópodo en Cal Orcko, Bolivia.

Vista del flanco sureste del sinclinal de Maragua. El sinclinal lo conforman capas de rocas sedimentarias del Mesozoico.

Múltiples rastros de saurópodos y ornitópodos en el Parque Nacional de Torotoro, justo al lado del puente que da acceso a la población de Torotoro, Bolivia.

Huella de abelisaurio, un terópodo del Cretácico. Esta es la huella más grande que se ha encontrado de este grupo de animales. La escala es de 40 cm.

Omar Medina Ramírez es arquitecto, fundador de la Red Boliviana de Paleontología, dependiente del Viceministerio de Ciencias y Tecnología. Empezó con la investigación paleontológica desde que ingresó a la Sociedad Científica Universitaria de Paleontología de la Universidad de San Francisco Xavier de Chuquisaca en 1996. Actualmente es gerente de la Consultora Paleoforma, responsable del trabajo paleontológico principalmente en el sur de Bolivia. Omar es asesor externo para el Parque Cretácico de Cal Orcko, y docente universitario en la Carrera de Arquitectura y Diseño Gráfico de la Universidad Mayor de San Francisco Xavier en Sucre. En la misma, desarrolla investigación en el Instituto de Investigaciones del Hábitat en el área del Paisajismo y Patrimonio Natural.

CUEVA DE UMAJALANTA

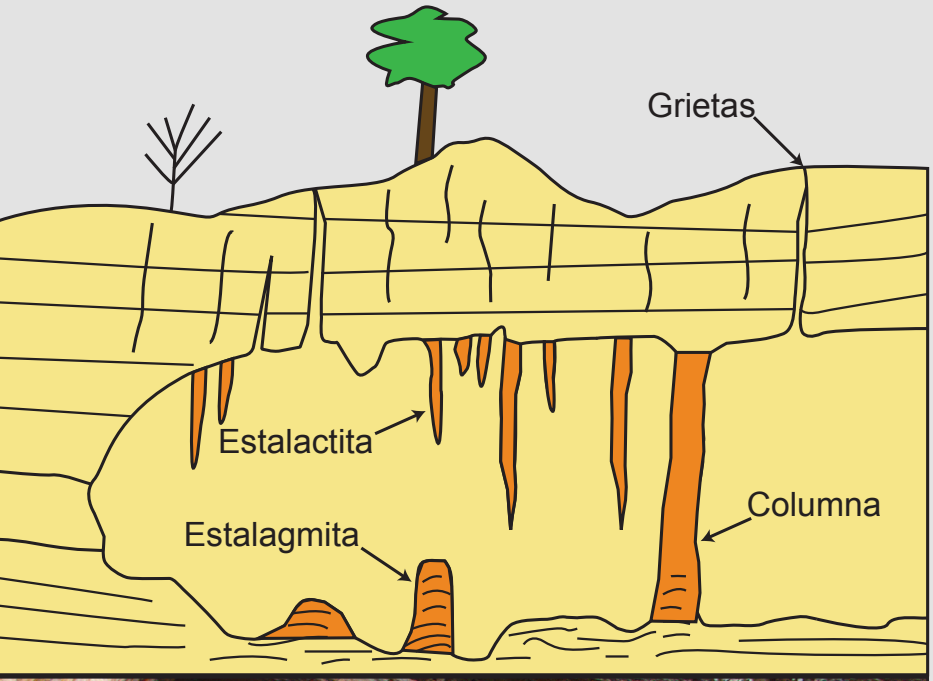
Una Maravilla Natural en el Parque Nacional de Torotoro, Bolivia

Torotoro es un lindo y pintoresco pueblo del centro de Bolivia que atrae a los turistas por su riqueza geológica y paleontológica. Muchos de ellos completan su visita con una aventura en la oscuridad: la visita a la Cueva de Umajalanta.

Esta cueva se formó en las rocas que forman el sinclinal de Torotoro, el cual es el resultado del plegamiento tectónico en forma de "U" de las capas sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico, las cuales incluyen las capas del Cretácico que contienen las pisadas de dinosaurios y otros fósiles. Algunas de estas capas son de roca caliza o arenisca caliza, las cuales contienen el mineral calcita, compuesto de carbonato cálcico (Ca_2CO_3), como cemento natural de los granos de arena. Este cemento calizo se disuelve con cierta facilidad por la acción del agua circulante cuando ésta está enriquecida en CO_2. La roca caliza es muy compacta e impermeable pero la deformación de las capas por el plegamiento tectónico facilitó el agrietamiento y la formación de fisuras que permiten la circulación del agua desde la superficie al subsuelo. Al fluir el agua por los intersticios de la roca, la calcita se disuelve, creando oquedades, canales, grietas y orificios en la roca. A veces el suelo por encima de estas oquedades se hunde o colapsa, creando paisajes agrietados en la superficie. Los geólogos los llaman paisajes kársticos, a partir de una región del NE de Italia y O de Eslovenia que recibe dicho nombre.

La formación de las cuevas kársticas implica la disolución de la roca original, y puede ir acompañada de la caída de bloques rocosos de las paredes, incluso del colapso de parte del techo exponiendo la cueva al exterior. El dióxido de carbono (CO_2) se disuelve en el agua formando ácido carbónico, el cual fácilmente disuelve la roca caliza.

En ciertas áreas de la cueva se puede producir el proceso inverso: la precipitación o deposición de mineral calcita en las paredes, techo y suelo formando los llamados espeleotemas, siendo los más típicos las estalactitas, estalagmitas, y columnas.♦



Entrada a la Cueva de Umajalanta, Parque Nacional Torotoro, Bolivia.

Visitar la Cueva de Umajalanta

Esta cueva está a unos pocos kilómetros a las afueras del pueblo de Torotoro, Bolivia, y se accede por un camino sin asfaltar. Al final del camino se deja el vehículo y se ha de caminar un poco más de un kilómetro por un sendero hasta la misma entrada de la cueva. Para acceder a la cueva se debe obtener permiso del Parque Nacional de Torotoro, y realizar la excursión en compañía de guías profesionales del Parque. La visita dura de dos a tres horas, dependiendo del recorrido que se lleve a cabo. Puesto que la cueva no tiene senderos naturales o construidos, la visita puede ser difícil para personas con limitaciones físicas o dificultades locomotoras. Desde la misma entrada, existen numerosos bloques grandes y pequeños de roca que hay que subir, bajar o rodear, muchos de ellos en estado resbaladizo. Los recorridos más largos incorporan pasadizos y grietas muy estrechas, en los que hay que agacharse, arrastrarse, escalar, descender y hacer fuerza para poder avanzar.

A pesar de estos obstáculos, miles de turistas cada año visitan la cueva y disfrutan de su estado natural y de la belleza interior. Se recomienda llevar calzado de montaña con suela no resbaladiza, y que proteja los tobillos. Una chaqueta o abrigo medio es recomendable, pues la temperatura del interior de la cueva es más baja que en el exterior.

Puesto que la cueva no está iluminada, la visita se hace llevando un casco con luz incorporada. Sin embargo, muchos turistas recomiendan portar una linterna de mano potente, que les permitirá ver mejor las bellas formaciones rocosas del interior.

GEOSCIENCE
RESEARCH INSTITUTE
11060 Campus St.
Loma Linda, CA 92350
NÚMERO 91 MAYO 2017

Si usted habla inglés le invitamos a seguirnos en Facebook: facebook.com/geoscienceresearchinstitute

También tenemos un blog en inglés: http://grisda.wordpress.com