

Huellas y rastros fósiles

Raúl Gío-Argáez, Catalina Gómez Espinosa y Brenda Martínez Villa

Las cercanías de un pequeño pueblo de nuestro país albergan un verdadero tesoro para los paleontólogos, detectives de la vida prehistórica.



Huellas fósiles de la pared, San Juan Raya: superior izquierda, pterosaurio; derecha, lepidosaurio; inferior izquierda, tortuga; derecha, cocodrilo. Foto: Raúl Gío-Argáez

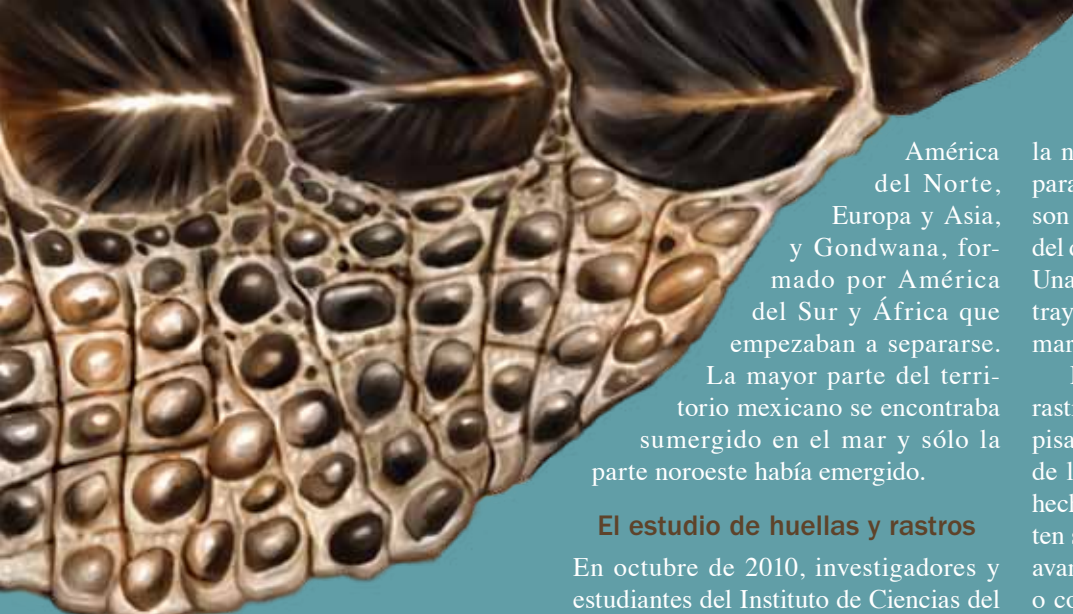
San Juan Raya es una población ubicada en los límites entre Puebla y Oaxaca, en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tiene apenas 200 habitantes, pero cuenta con un museo en el que se exhiben fósiles de invertebrados que alguna vez vivieron en la región y con un programa de ecoturismo paleontológico. A la riqueza de fósiles del lugar se añadió en 2007 una extraordinaria colección de huellas de vertebrados, entre ellas las de pterosaurios y las de un dinosaurio terópodo.

Don Juventino Pablo Reyes Hernández, el 7 de enero de ese año descubrió una pared de roca con múltiples marcas y oquedades, llamadas icnitas (del griego *iknos*, “huellas”), de diversos reptiles. Don Juventino ha relatado sobre esas marcas que “no sabía qué eran. Algunas personas que vinieron me habían dicho que eso no les parecía importante, que querían ver las huellas grandotas de gallina”.

La pared se halla junto al lecho de un arroyo efímero, llamado por los habitantes del lugar “río seco”, que es tributario del río Zapotitlán, y quedó al descubierto gracias a la erosión causada por las lluvias torrenciales típicas de los desiertos.

A causa de los movimientos tectónicos la pared de roca es casi vertical, con 78 grados de inclinación mide aproximadamente 12

Ilustraciones: Pedro García y Verónica Cantú



América del Norte, Europa y Asia, y Gondwana, formado por América del Sur y África que empezaban a separarse.

La mayor parte del territorio mexicano se encontraba sumergido en el mar y sólo la parte noroeste había emergido.

El estudio de huellas y rastros

En octubre de 2010, investigadores y estudiantes del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y de la Facultad de Ciencias, ambos de la UNAM, iniciaron el estudio, la descripción y el análisis de las huellas fósiles (paleoicnitas) de la pared de roca de San Juan Raya.

Las huellas fósiles se tienen que estudiar de día y de noche para que la luz y sombra del Sol no interfieran. Durante

la noche se alumbran con luz blanca, para ver más fácilmente su forma y si son aisladas o corresponden a rastros del desplazamiento de algún organismo. Una vez identificadas sus formas y las trayectorias que siguen, las huellas se marcan y se miden.

Las huellas de desplazamientos o rastros permiten medir el tamaño de la pisada (largo, ancho y profundidad) y de la zancada. Con estos datos se han hecho fórmulas matemáticas que permiten saber a cuántos metros por segundo avanzaba el organismo al caminar trotar o correr. Para saber el tamaño relativo de la mano o el pie que dejó la huella del avance, se utiliza un factor de conversión: según el organismo de que se trate, éste puede ser de 3.4 a 5.9 tomando como media el 4. Al multiplicar el factor de conversión por el tamaño de la huella se obtiene una aproximación del largo de la extremidad que la hizo.

metros de base por 8.50 de altura, y tiene una superficie de casi 100 metros cuadrados. Contiene al menos 174 huellas de vertebrados, además de incontables marcas de madrigueras de invertebrados. Entre las huellas de vertebrados hay rastros de pisadas de pterosaurios o reptiles voladores, de cocodrilos, de tortugas y una de dinosaurio terópodo. A unos 50 metros del lugar, se encontraron entre los estratos troncos reemplazados por sílice de aproximadamente 20 centímetros de diámetro y de un metro de largo. Su posición sugiere que fueron arrastrados por una tormenta y transportados hacia una zona marina marginal.

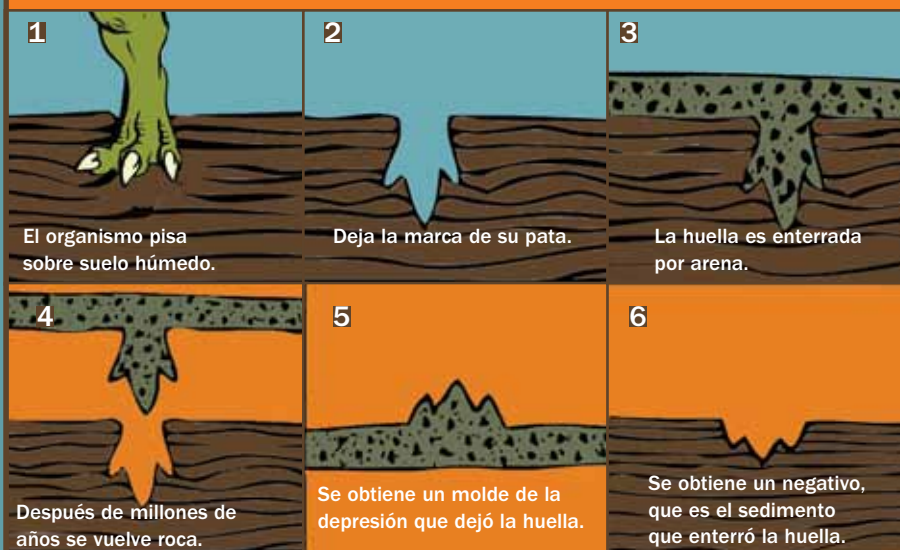
Dentro del desierto donde se ubica San Juan Raya, a principios del siglo XIX se aventuraron dos naturalistas belgas apellidados Nyst y Galeotti, quienes dieron a conocer en 1836 de manera formal los primeros fósiles de caracoles marinos. Pero no fue sino hasta el siglo XX que geólogos y paleontólogos mexicanos iniciaron estudios de la fauna de invertebrados que habitaron este lugar hace 110 millones de años, durante el Cretácico temprano. En aquella época este lugar era parte de un mar somero, con aguas bien oxigenadas y cálidas, llamado mar de Tethys (nombrado así en honor de la diosa del mar de la mitología griega). Sus condiciones permitieron que se desarrollaran ambientes parecidos a los arrecifes actuales habitados por esponjas, corales, moluscos, gusanos, erizos y abundantes organismos microscópicos.

En este periodo el mar de Tethys dividía al mundo en dos continentes: Laurasia, formado por lo que actualmente es

¿Cómo se preservan las huellas en el registro fósil?

Las condiciones ambientales son importantes para que las huellas se pierdan o permanezcan en el registro fósil. Para que las huellas de las patas de los organismos se preserven, se necesita la coincidencia de varios factores. En primer lugar, que el organismo pise un lugar con suelo muy fino y húmedo como el lodo; después se requiere que estas pisadas queden enterradas por sedimento más grueso, por ejemplo arena, para que queden protegidas del Sol, el viento y el agua. Si sobre ellas se sigue acumulando sedimento, las pisadas quedarán enterradas a una considerable profundidad, lo

cual hace que aumente la presión sobre ellas; al paso de millones de años estos sedimentos se volverán roca. Entonces un sedimento fino, suave y húmedo se transformará en una roca sólida y dura. Después, es posible que por erosión o movimientos tectónicos esta roca llegue a la superficie y deje al descubierto las huellas. De cada huella se obtendrán dos moldes: uno donde quedará la marca de la pata cuando pisó el sedimento fino, lo que equivale a un positivo o molde, y el sedimento más grueso que rellenó la pisada, que quedará en relieve, y corresponde al negativo de la huella.



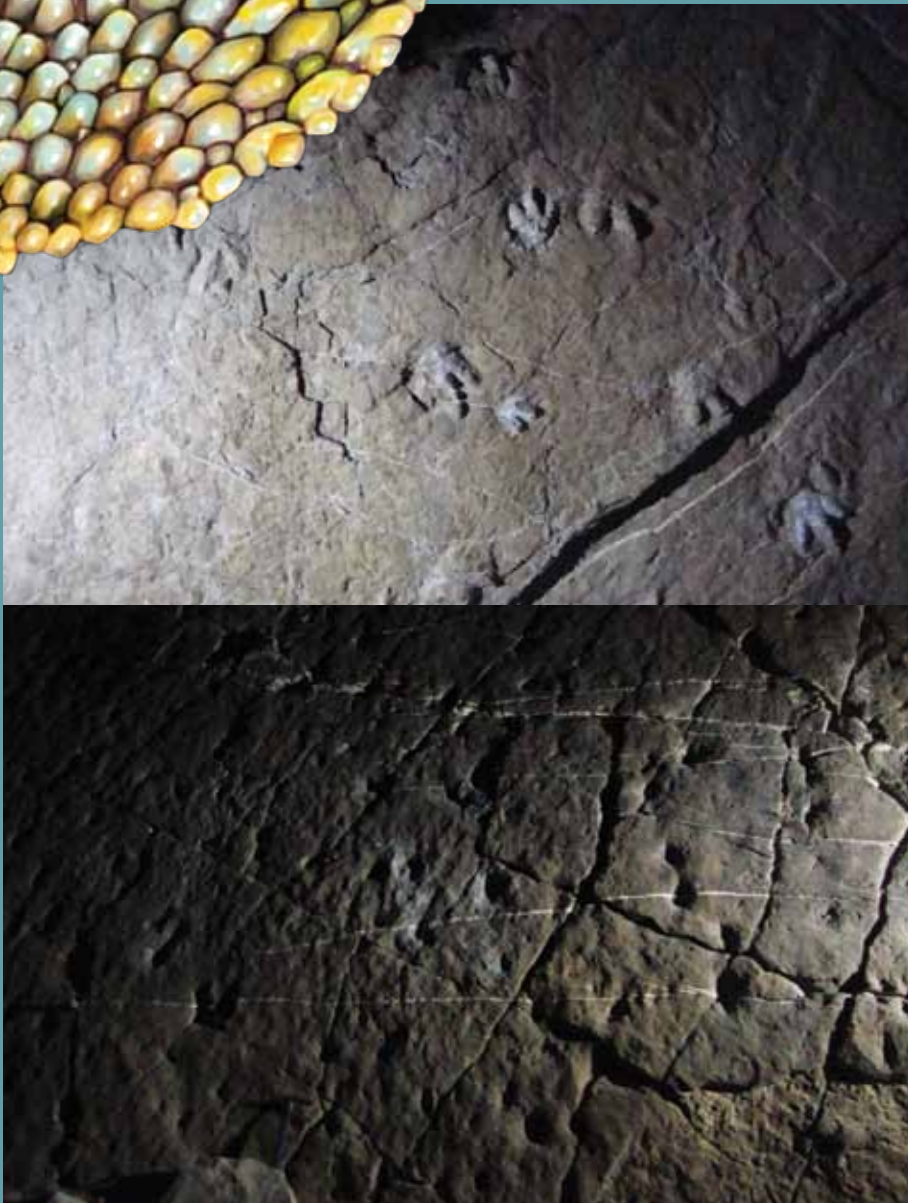


Foto: Raúl Gío-Aygaez

Prospección nocturna.

Para estudiar huellas es muy útil obtener moldes y poder observar con detalle en el laboratorio las características morfológicas. Los moldes se hacen con materiales diversos dependiendo del tipo de roca en el que se vaya a trabajar, así como de la posición del afloramiento. Cuando las pisadas están casi paralelas al sustrato, los moldes suelen ser de materiales plásticos fácilmente manejables; por ejemplo, el caucho. En el caso de la pared de San Juan Raya, se emplean materiales semisólidos como la plastilina de escultor.

A partir de las huellas se puede también saber si el organismo era grande o pequeño, si caminaba en dos o cuatro patas, la forma de sus manos y pies, y el

número de dedos que tenían; y, en algunos casos, el peso del animal (ver *¿Cómo ves?*, No. 71), además de inferir si el organismo estaba en reposo, alimentándose, apareándose, criando o desplazándose en una ruta migratoria, o si los organismos viajaban solitarios o en grupo. Incluso algunas veces se ha llegado a saber que los saurópodos cuidaban a sus crías, al igual que los elefantes, pues se ha observado que las pequeñas pisadas de las crías se encuentran al centro rodeadas de las pertenecientes a los adultos que los estaban protegiendo.

Variedad de dinosaurios

El hallazgo de las icnitas de San Juan Raya estuvo precedido por otros des-

San Juan Raya

San Juan Raya debe su nombre al santo patrono del pueblo, San Juan Bautista; el término "Raya" hace referencia a que se localiza en los límites de los estados de Puebla y Oaxaca. Está ubicado dentro de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán en el municipio de Zapotitlán a 35 km al suroeste de Tehuacán.

Este lugar guarda una rica historia cultural, pues se originó a partir de los pueblos popolocas, los primeros en domesticar y cultivar el maíz; este hecho facilitó el desarrollo de las grandes civilizaciones prehispánicas.

Tiene aproximadamente 200 habitantes que viven en construcciones tradicionales hechas con paredes de adobe, piedra o bajareque y con techos de hojas generalmente de yucas, que contrastan con las recientes edificaciones de tabique y lámina.

El clima es cálido semiseco con lluvias de 200 a 500 mm anuales.

Hay más de 2 800 especies de plantas; destacan las cactáceas, entre ellas las que tienen forma de columnas, además de otras tan llamativas como los viejitos, pitayos, garambullos y biznagas. Además de cactus, la vegetación está conformada por una diversidad de agaves, plantas de hojas carnosas, enormes árboles de los llamados pata de elefante, cazahuates, mezquites y yucas.

En la Reserva Tehuacán Cuicatlán se han contabilizado 102 especies de mamíferos, 356 de aves y 53 especies de reptiles. Hay venados, coyotes, mapaches, liebres, correcominos, tortugas y serpientes que por sus colores se confunden con el paisaje árido

Los pobladores de San Juan Raya han desarrollado un programa de ecoturismo paleontológico; cuentan con un museo de sitio donde exhiben fósiles de invertebrados que se han descrito para la región y ofrecen una variedad de recorridos en bicicleta o a pie para visitar lugares con fósiles. En el mercado de artesanías se venden artículos hechos de palma y rafia, y productos naturales derivados de la medicina tradicional como jabones, ungüentos, miel, bebidas medicinales y licores de flores y frutos de la región.

cubrimientos en la zona. En el 2006 se encontraron huellas de dinosaurios herbívoros (saurópodos); el geólogo Jerjes Pantoja-Alor, investigador del Instituto de Geología de la UNAM, dio a conocer los rastros de 35 metros de huellas en forma

Reptiles

Subclase	Nombre común	Características	
Anápsida (del griego <i>a</i> , “sin” y <i>hapside</i> “bóveda”), que significa sin orificios en el cráneo	Tortugas	Aparecen hace 260 millones de años durante el Triásico. De tronco ancho y corto, recubierto por un caparazón de donde salen, por delante, la cabeza y las patas anteriores, y por detrás, las patas posteriores y la cola.	Las patas se articulan a los lados de la cadera lo que les da una posición semi erguida.
Arcosauria, que significa “reptiles dominantes”	Cocodrilos	Aparecen en el Triásico, hace 220 millones de años. De cuerpo alargado y grandes mandíbulas. Los primeros cocodrilos eran totalmente terrestres y muy ágiles, los actuales son semi acuáticos. La piel está recubierta por escamas de queratina de donde deriva su nombre, que significa “lagarto de piedra”.	
	Pterosaurios	Surgieron hace unos 230 millones de años en el Triásico y se extinguieron hace 65 millones de años a finales del Cretácico. Eran reptiles voladores, las alas estaban formadas de piel y se extendían desde las rodillas hasta los brazos.	
	Dinosaurios	Aparecieron durante el Triásico, de 240 a 230 millones de años atrás, y desaparecieron a finales del Cretácico, hace 65 millones de años. La principal diferencia de los dinosaurios con los demás reptiles es la cadera, en la que las patas se articulaban por debajo de ésta, lo que les permitió tener una posición erguida.	

Los reptiles aparecieron hace unos 310 millones de años. Son vertebrados que respiran por pulmones, con una piel cubierta de escamas que forman una lámina continua. Hay una gran variedad, en la actualidad encontramos tortugas, cocodrilos, caimanes, lagartijas, serpientes y tuátaras. Algunos de los reptiles extintos son los dinosaurios, pterosaurios, ictiosaurios y plesiosaurios.

redondeada, con un tamaño promedio de 30 centímetros de largo y 60 centímetros de ancho. Pantoja-Alor sugiere que este rastro corresponde a los dinosaurios llamados apatosaurios (brontosaurios): “un tipo de dinosaurios herbívoros de 30 a 40 toneladas de peso y 20 metros de largo; de cabeza pequeña, cuello muy largo y patas muy pesadas”. Se ha interpretado que el lugar donde están las huellas de estos dinosaurios, que vivieron durante el Cretácico, fue un área pantanosa.

Posteriormente, en el 2007, los pobladores de la localidad descubrieron más de 40 huellas de dinosaurios carnívoros (terópodos), que fueron estudiadas y dadas a conocer por Óscar Polaco, del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Polaco dedujo que al parecer se trataba de tres diferentes especies de dinosaurios “que transitaban por la zona para beber

agua en un cuerpo lacustre existente hace millones de años”.

El hallazgo de huellas de pterosaurios es muy importante, pues es el segundo registro que se tiene en México. Las primeras pisadas de pterosaurios se descubrieron en Coahuila en un lugar llamado Cerro del Pueblo y tienen una edad aproximada de 70 millones de años, mientras que las encontradas en Puebla son por lo menos 40 millones de años más antiguas.

Los pterosaurios, de los cuales se han descubierto cerca de 100 especies en todo el mundo (del griego *ptero* que significa “ala” y *sauros*, “reptil”, también llamados pterodáctilos) fueron reptiles voladores que aparecieron en el Triásico, hace 230 millones de años, y se extinguieron en el Cretácico, hace 65 millones de años. Antes de que existieran las aves eran los únicos verte-

brados voladores. En las manos su cuarto dedo era alargado y servía para unir la piel del cuerpo al dedo y formar el ala, los otros tres dedos formaban una garra.

Existieron pterosaurios de dos tipos: los ramforincoideos (que significa “pico delgado”), que tenían una larga cola y un pico lleno de dientes. Aparecieron en el Triásico y se extinguieron en el Jurásico. Y los pterodactiloideos (que significa “con dedos en las alas”), que tenían una cola pequeña o no tenían cola, en su pico había pocos dientes y



poseían una cresta en la cabeza. Aparecieron en el Cretácico Inferior y se extinguieron en el Cretácico Superior.

De la punta de un ala al extremo de la otra, el tamaño de los pterosaurios variaba de 25 centímetros (*Nemiopterus crypticus*) hasta 15 metros (*Quetzalcoatlus northropi*).

Los pterosaurios se han encontrado en todos los continentes en lugares que fueron ambientes acuáticos, principalmente marinos, como en Alemania y Brasil, y en ambientes acuáticos terrestres, como en Texas, Estados Unidos. Aún hay muchas dudas sobre cómo se alimentaban estos reptiles; se cree que algunas especies fueron carnívoras y de hábitos depredadores, y otras se alimentaban de peces (piscívoros), de insectos (insectívoros) o de carne en descomposición (carroñeros). No se descarta tampoco que algunas se acercaran a lagos o ríos en busca de cangrejos y caracoles para alimentarse de ellos. Sobre estos reptiles hay aún muchas incógnitas; por ejemplo, cómo era su comportamiento y la interacción que tenían con otros organismos con los que coexistían y coincidían en tiempo y espacio.

Uno de los yacimientos fosilíferos que resulta particularmente importante para comparar sus huellas y rastros con los hallados en Puebla, se encuentra en la zona de La Rioja, en España. En esta área se han registrado algunos rastros de tortugas y pterosaurios contemporáneos a las icnitas de San Juan Raya. Las similitudes entre ambos lugares pueden ayudar a reconstruir la posición de tierras y mares en aquella época remota.

La UNAM y la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis,



Fósiles de invertebrados encontrados en San Juan Raya.

España, han firmado ya un convenio de colaboración académica con el fin de continuar la investigación de este yacimiento fosilífero de manera conjunta.

En un primer trabajo de campo realizado en enero de 2012, Alberto Cobos y Rafael Royo, de la Fundación Conjunto Paleontológico Dinópolis-Teruel, junto con el equipo de investigadores de Ciencias del Mar y la Facultad de Ciencias, UNAM, descubrieron por lo menos 15 nuevos sitios con huellas de dinosaurios en las cercanías del poblado de San Juan Raya. Hay huellas de terópodos (dinosaurios bípedos carnívoros con huellas de tres dedos), ornitópodos (dinosaurios bípedos herbívoros con huellas de tres dedos pero sin garras) y saurópodos (dinosaurios cuadrúpedos herbívoros). En fechas recientes, los pobladores han encontrado, además, restos óseos.

En cuanto a la pared de roca con icnitas, la investigación sigue y a los grupos del Instituto de Ciencias del Mar

y Limnología y la Facultad de Ciencias, se han unido la Dra. Ligia Pérez Cruz y el Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi, ambos investigadores del Instituto de Geofísica de la UNAM, que actualmente trabajan en la datación geomagnética de la pared para conocer con gran precisión su antigüedad. 🐾

Los autores agradecen a Cristina Castillo López su participación en este artículo y a los pobladores de San Juan Raya por su apoyo y cooperación en el trabajo de campo.

Raúl Gío-Argáez es doctor en Ciencias, investigador del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y profesor de Paleobiología de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Catalina Gómez Espinosa es doctora en Ciencias Biológicas, actualmente realiza una estancia posdoctoral en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM y es profesora de Paleobiología en la Facultad de Ciencias.

Brenda Martínez Villa es bióloga egresada de la Facultad de Ciencias y actualmente cursa la carrera de arquitectura en la Facultad de Arquitectura, UNAM.

Más información

- Gío-Argáez, F. y C. Gómez-Espinosa, "Paleoicnología del Cretácico Temprano en San Juan Raya Puebla", *Gaceta de la Unión Geofísica Mexicana*, México, 2012
- Wellnhofer, P., *Historia ilustrada de los pterosaurios*, Susaeta Ediciones, Madrid, 2000
- www.revista.unam.mx/vol.10/num2/art11/int11.htm