

Artículos

El yacimiento paleontológico de Puente Morales, una ventana a la Salta de hace 78 millones de años

Agustin Scanferla¹

¹IBIGEO-CONICET, Museo de Ciencias Naturales -UNSa

INTRODUCCIÓN

A pesar de nuestra corta existencia, los seres humanos percibimos el constante movimiento y transformación del planeta Tierra a través de ciertos eventos geológicos (terremotos, erupciones volcánicas, etc.) lo cual invita a preguntarnos ¿qué sucede con los seres vivos que lo habitan? Intuitivamente podríamos pensar que, debido a la profunda modificación que producen estos eventos geológicos en el ambiente, los seres vivos deberían acompañar estos cambios, pero ¿podemos observar en la actualidad evidencias palpables que nos permitan reconocer que la vida evoluciona en nuestro planeta? Si entendemos a la evolución como el cambio y/o transformaciones que sufren los seres vivos y que han originado la biodiversidad actual a través del tiempo, una de las maneras más elocuentes para poder documentar este proceso sería comparar los diferentes organismos que vivieron en el pasado y los que observamos actualmente.

A través de la Paleontología, rama de las Ciencias Naturales que estudia cómo era la vida en nuestro planeta en el pasado, podemos obtener muestras convincentes para reconocer el proceso de la evolución orgánica. La materia prima de la Paleontología son las evidencias que pueden haber dejado los organismos extintos, los fósiles (Cuadro1), sumado a la información cronológica y ambiental que suministran los estudios sobre las rocas que los contienen. Así, podemos hacernos una idea de qué tipo de seres vivos existían y cómo interactuaban dentro de su ambiente, lo cual permite la reconstrucción con mayor o menor precisión de los ecosistemas que precedieron a los que observamos en la actualidad.

La provincia de Salta posee una importante cantidad de afloramientos rocosos que documentan numerosos períodos geológicos, entre los que se destacan los de finales de la Era Mesozoica, en particular el período Cretácico (Cuadro 2). En el presente, en la quebrada del Río Las Conchas entre las localidades de Alemania y Cafayate, podemos apreciar un paisaje flanqueado por importantes elevaciones en su mayoría rojizas,

CUADRO 1: ¿QUÉ SON LOS FÓSILES?

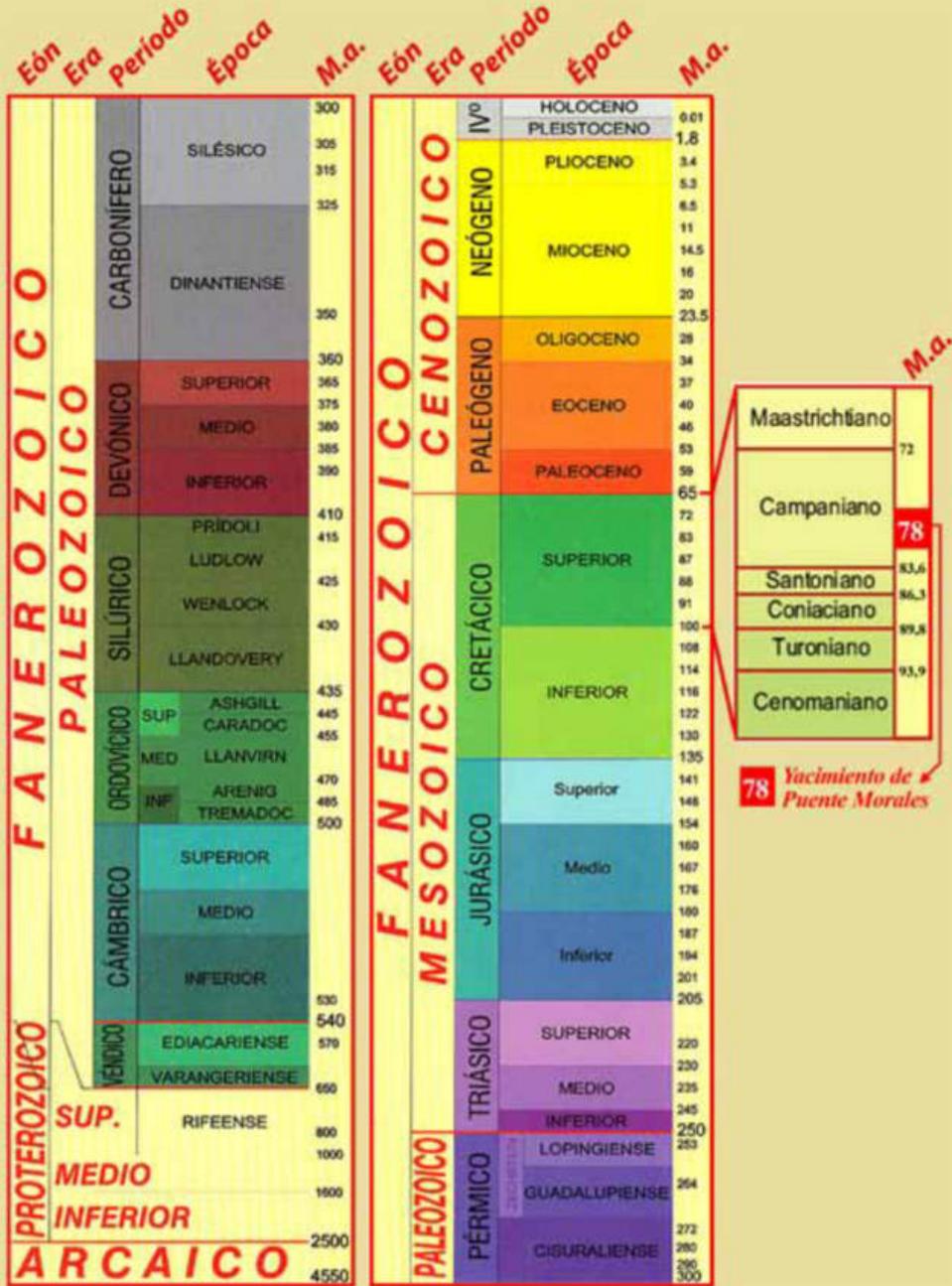
Usualmente, los restos de seres vivos que quedan sepultados sufren distintos procesos químicos, en los cuales parte del organismo se degrada y parte se preserva a través del reemplazo de los componentes orgánicos por elementos inorgánicos. Este proceso se denomina **fosilización**, el cual depende de numerosas variables como ser la naturaleza del mismo organismo, el sedimento que lo sepultó y la manera en que éste lo cubrió, el tiempo que estuvo sepultado, entre otros. Existen dos tipos de evidencia de la vida del pasado a la cual podemos denominar como fósil. Por un lado, están los restos que deja el organismo al morir y quedar sepultado. Estos son los **fósiles corpóreos**, los cuales usualmente están representados por los esqueletos, caparazones, e incluso tejidos blandos como plumas, pelos, piel e incluso órganos internos. El otro tipo de fósiles incluye a las evidencias de la interacción de un organismo con el ambiente. Estos se denominan **icnofósiles**, los cuales son las evidencias de su actividad en vida como ser restos de deposiciones, huellas, huevos, nidos, marcas de alimentación, etc.



Izquierda. Marca de apoyo dejada por una ofiura, invertebrado marino relacionado con las estrellas de mar (commons.wikimedia.org)

Derecha. Ejemplar de *Messelirrisor grandis*, pequeña ave fósil pariente del martín pescador actual hallada en el yacimiento excepcional de Messel (Eoceno) de Alemania. La mayoría de los fósiles hallados en Messel preservan partes blandas, como en este ejemplo donde se puede observar el plumaje (http://gg-online.de/fotos/fotostrecken/fs_messel_on_tour/messel05.htm)

CUADRO 2
ESCALA GEOLÓGICA



De manera similar a la tabla periódica de los elementos químicos, la escala temporal geológica o escala de tiempo geológico es un resumen gráfico para representar los eventos biológicos y geológicos más relevantes de la historia de la Tierra, los cuales se encuentran ordenados cronológicamente. Así, la escala resume y unifica los resultados del trabajo sobre geología histórica realizado durante varios siglos por naturalistas, geólogos, paleontólogos y otros especialistas. Establece divisiones y subdivisiones de las rocas basadas en su edad relativa y en los cambios biológicos observables en el registro fósil y que han podido ser datados por distintos métodos.

modelado por un clima serrano semiárido que condiciona el tipo de flora y fauna adaptadas a dichas condiciones. Sin embargo, gracias a los estudios paleontológicos llevados a cabo en la quebrada del Río Las Conchas, hemos podido inferir que hace algo más de 70 millones de años atrás lo que hoy conocemos como esa región de Salta era un lugar bien diferente del actual.

¿CÓMO ERA EL PLANETA TIERRA DURANTE EL CRETÁCICO SUPERIOR?

La imagen que tenemos del planeta Tierra durante la última parte del período Cretácico resulta muy distinta a la actual (Fig. 1). Centrándonos en nuestro continente, América del Sur estuvo intermitentemente conectada con América del Norte, ya que América Central era un conjunto de islas en constante movimiento. Así, América del Sur constituyó durante algún tiempo a fines del Cretácico y gran parte de la Era Cenozoica un continente-isla al igual que lo es hoy Australia. Dado que el nivel del mar se encontraba muy por encima de la altura actual, gran parte de las tierras hoy emergidas estaban cubiertas por someras lenguas de mar. Un ejemplo bien cercano de ello podemos observarlo hoy en día en numerosas localidades de Salta y Jujuy, especialmente en los alrededores del lago del Dique Cabra Corral. En los imponentes murallones verdosos y amarillentos que rodean este lago artificial pueden observarse extensos afloramientos de roca de fondos marinos poco profundos, que evidencian la entrada de las aguas del Océano Pacífico hacia el interior del continente. Esto fue posible gracias a que la cordillera de los Andes estaba en una etapa temprana de su formación, poseyendo una altura inferior a la actual.

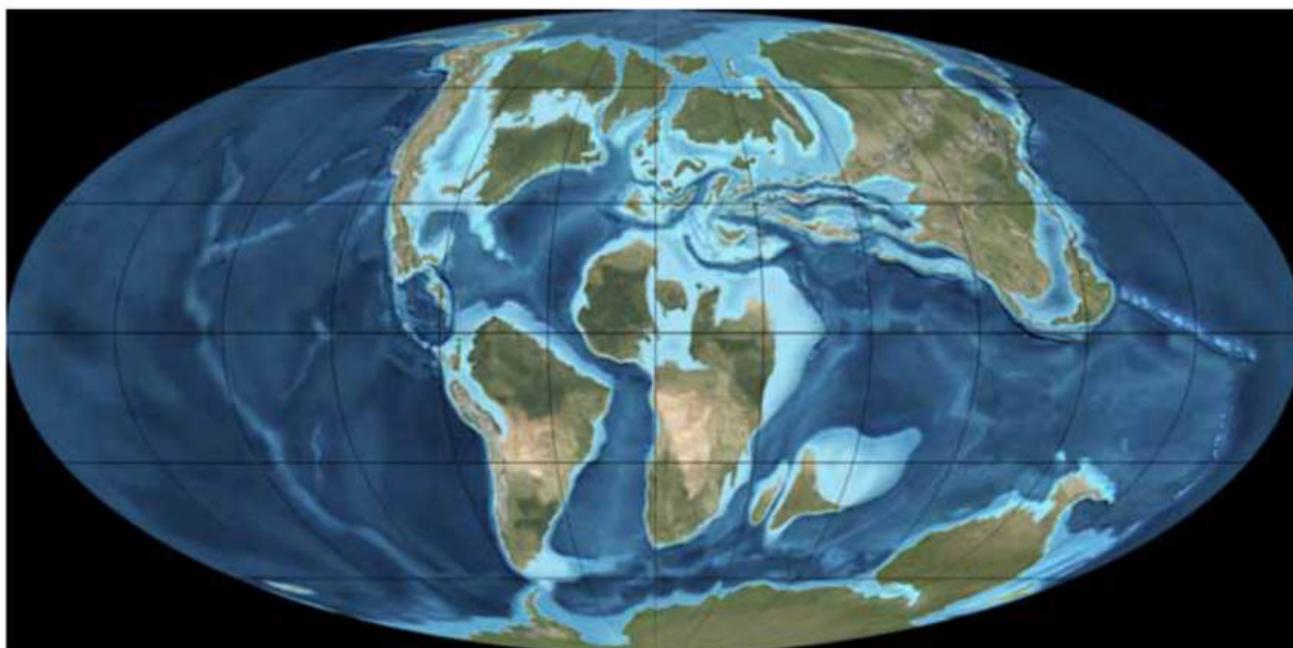


Figura 1. Mapamundi de fines del Cretácico (Campaniano-Maastrichtiano), que muestra la paleogeografía de ese entonces. Como puede apreciarse, América del Sur se encuentra desconectada de América del Norte y existen importantes porciones continentales invadidas por el mar (paleomap Project: www.scotese.com).

Con respecto al clima, a fines del Cretácico existieron condiciones muy diferentes a las actuales. Dado que existió un marcado efecto invernadero en todo el planeta, el clima resultaba marcadamente homogéneo a nivel global, siendo éste bastante más cálido con temperaturas medias por encima de las actuales, por lo que no existía hielo en los polos. Esto a su vez permitió el desarrollo de extensas áreas tropicales con abundante vegetación, incluso en latitudes tan altas como en el círculo polar ártico y la Antártida.

HISTORIA DEL HALLAZGO EN PUENTE MORALES

Para hallar fósiles, los Paleontólogos debemos explorar en busca de algún resto que asome en zonas donde la roca virgen se encuentre expuesta en la superficie. Esto ocurre en lugares donde la vegetación es escasa o nula y sin sedimento suelto, o en recientes excavaciones realizadas para obras civiles como ser canteras, cortes de caminos, etc. Aunque la tarea de des-

cubrir fósiles resulta laboriosa y el éxito de la misma incorpora algo de suerte inclusive para los más especializados en esta actividad, en ciertas ocasiones los fósiles son encontrados de manera casual realizando otras actividades. Y este fue el caso del hallazgo del yacimiento de Puente Morales.

Los primeros restos fósiles documentados en la Quebrada del río Las Conchas fueron hallados por el geólogo Miguel Ibáñez durante relevamientos que estaba realizando la Comisión Nacional de Energía Atómica en la década de 1950. Estos primeros fósiles estaban conformados por restos vegetales y pequeños esqueletos de ranas que se encontraban preservados en lajas halladas en cercanías del Puente Morales (Ibáñez, 1960). Curiosamente, estos fósiles fueron estudiados casi en simultáneo por el profesor Parodi Bustos y colegas (1960) y por el gran paleontólogo Osvaldo Reig, aunque fue este último quien denominara a estos restos como *Saltenia ibanezi* en referencia a la procedencia geográfica y en honor a su descubridor (Reig, 1959). Posteriormente, personal del Instituto Miguel Lillo, Museo de La Plata y del Museo Argentino de Ciencias Naturales realizaron trabajos de prospección en la zona, colectando más material de ranas e incorporando peces a dicha colección. Sin embargo, la única especie descrita en esos años fue la rana *Saltenia*. A pesar de su gran potencial, por largos años no se trabajó en dicha localidad fosilífera salteña.

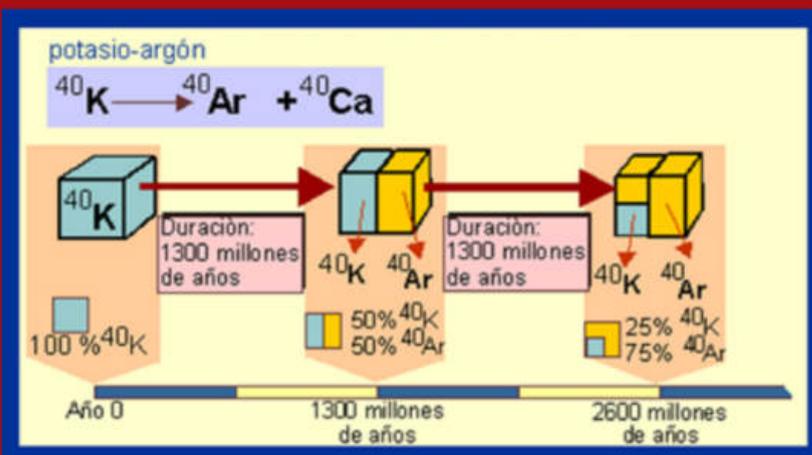
Gracias a trabajos de campo que realizamos desde el Museo Argentino de Ciencias Naturales bajo la dirección del paleontólogo Fernando Novas en los años 2005 y 2006,

hemos podido ampliar nuestro conocimiento sobre la fauna de vertebrados de la localidad de Puente Morales (Scanferla et al., 2011). Estos trabajos de campo dieron como resultado el hallazgo de numerosos especímenes de *Saltenia*, como también peces, tortugas, dinosaurios y aves que poblaron la zona de Puente Morales hace millones de años.

LA ZONA DE PUENTE MORALES A FINES DEL CRETÁCICO

A través del estudio de los fósiles y de las rocas que los contienen, podemos inferir con cierta certeza el ambiente en el cual habitaron las plantas y animales que vivieron en la localidad de Puente Morales. Los niveles fosilíferos en esta localidad se incluyen dentro de un conjunto de rocas denominado Formación Las Curtiembres. Así, la geología nos informa que en el área de Puente Morales parte de la Formación Las Curtiembres se formó en un ambiente de lago permanente de agua dulce de escasa profundidad y que poseyó una superficie aproximada de 300 km² (Marquillas et al., 2005; Damiani et al., 2006) ¡tres veces la superficie ocupada por el lago del Dique Cabra Corral! A partir del estudio de estas rocas portadoras de

CUADRO 3: DATACIONES RADIOMÉTRICAS



Según la teoría atómica, los seres vivos y el mundo material que nos rodea están conformados por partículas llamadas átomos, los cuales a su vez también se encuentran constituidos por la suma de partículas más pequeñas denominadas protones, neutrones y electrones. Estas partículas se organizan en un núcleo, formado por protones y neutrones, el cual es rodeado por electrones orbitando alrededor. El número atómico es la manera de representar la suma de las partículas que se hallan en el núcleo atómico, es decir protones y neutrones. Una particularidad de los elementos químicos es que pueden variar en su número atómico, existiendo diferencias en la cantidad de

neutrones. Cada uno de estos diferentes tipos de un mismo elemento se denominan isótopos, algunos de los cuales resultan inestables y tienden a desintegrarse llegando a elementos más estables. Y por suerte, algunos de estos isótopos se desintegran de manera constante, pudiendo estimarse cuánto tiempo lleva este proceso. Esta particularidad es la que nos permite poder calcular la proporción de cada isótopo presente en una muestra de roca, y de esta manera poder estimar una edad para dicha roca. En el caso particular de la Formación Las Curtiembres, poseemos dataciones radiométricas basadas en el elemento Potasio (K), cuyos isótopos se desintegran y se convierten en Argón (Ar) y Calcio (Ca) a una tasa constante. La proporción existente en una muestra de roca de estos dos isótopos nos informa sobre la edad de la roca que contiene los fósiles que queremos datar.

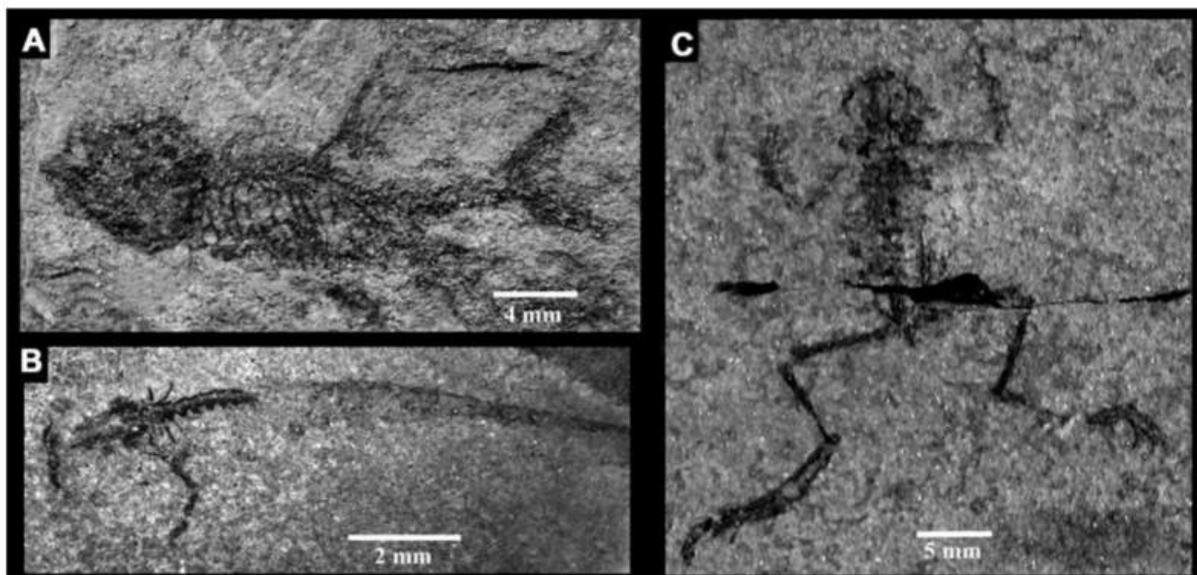


Figura 2. Fauna recuperada del yacimiento de Puente Morales. **A**, pez teleósteo; **B**, renacuajo de la rana *Saltenia ibanezi*; **C**, ejemplar adulto de *Saltenia ibanezi*. Lámina tomada de Scanferla et al. (2011).

fósiles y del polen fósil hallado en ellas podemos inferir que el clima en esta localidad era cálido semiárido (Narváez y Sabino, 2008). Además, para esa época existió una importante actividad volcánica, por lo que el material expulsado por las erupciones debió alterar significativamente el ecosistema de dicho lago.

Otro de los datos importantes aportados por las rocas de la Formación Las Curtiembres es la edad en que fueron sepultados estos organismos. Las rocas de esta formación geológica en la zona de Puente Morales contienen evidencias de erupciones volcánicas que depositaron lava antes y después de la formación del gran lago. Gracias al estudio de dichas rocas de origen volcánico (ver Cuadro 3) podemos conocer con cierta precisión la edad en la que se sepultaron los restos fósiles hallados. Dichos estudios arrojaron una edad de aproximadamente 78 millones de años (Valencio et al., 1976), lo cual sitúa a dicha fauna en la época denominada Campaniano dentro del Cretácico Superior (Cuadro 2).

LA FLORA Y FAUNA DE PUENTE MORALES

Aunque todavía resta explorar gran parte del yacimiento de Puente Morales, hemos comenzado a conocer qué organismos habitaron las aguas y costas de este gran lago cretácico. Los restos vegetales hallados hasta el momento

en forma de improntas, aunque difíciles de determinar dado su estado de preservación, nos indican la presencia de Bennettitales, plantas con semilla que se extinguieron a fines del Cretácico y que se encuentran emparentadas con los pinos y araucarias actuales (Gymnospermae). Además, a través del polen fósil se ha podido reconocer la presencia de plantas con flores (Angiospermae), aunque en escasa proporción con respecto a las gimnospermas previamente mencionadas (Narváez y Sabino, 2008).

La fauna se encuentra formada exclusivamente por vertebrados, la mayoría de los cuales poseen un pequeño tamaño y están relacionados a la vida acuática. Como ya fuera detallado, el primer vertebrado reconocido para esta localidad fosilífera salteña fue *Saltenia ibanezi* (Fig. 2B, C), especie de rana pequeña (6 cm aproximadamente) cercanamente emparentada con las llamadas "ranas con uñas" de la familia Pipidae. Actualmente, existen representantes de esta familia en las regiones tropicales de América del Sur y África. Las especies actuales de la familia Pipidae son ranas de hábitos acuáticos y poseen numerosas características en su anatomía que han sido atribuidas a dicho modo de vida. Una de estas características es la presencia de membranas entre los dedos de las patas traseras, por lo que es muy probable que *Saltenia* haya poseído dicha estructura. Dada la importante cantidad de ejemplares colectados, *Saltenia ibanezi* fue una especie abundante en el lago de Puente Morales. Además de ejemplares adultos, han sido hallados algunos renacuajos de esta especie (Fig. 2B), lo que demuestra que *Saltenia*, al igual que la gran mayoría de las ranas actuales, poseyó un estadio larvario en

su ciclo de vida. Durante los recientes trabajos de campo hemos podido recuperar numerosos esqueletos de peces pequeños (5 cm aprox.), los cuales se encuentran dentro del grupo de los peces óseos actuales más diversos (Teleostei). También fueron hallados restos de caparzones, vértebras del cuello y huesos de las extremidades de tortugas acuáticas del grupo de las Pleurodira. Estas tortugas poseen como característica la retracción del cuello en forma horizontal y en forma de "S", y son un componente habitual de los ríos y arroyos en la actualidad, las cuales usualmente es posible observar asoleándose en las orillas.

También hemos podido documentar algunos habitantes de la costa de este gran lago prehistórico a través de materiales escasos, los cuales como era de esperarse pertenecen al grupo de los Archosauria. Este gran grupo de vertebrados extintos y actuales, el cual floreció durante toda la era mesozoica, se encuentra conformado por los dinosaurios, los cocodrilos y las aves. El hallazgo de escudos óseos con ornamentación nos indica la presencia de cocodrilos, aunque precisamos restos más completos para conocer qué grupo de cocodrilos habitó el área de Puente Morales, ya que durante el Cretácico Superior existió una enorme diversidad de cocodrilos en América del Sur. También se halló una pequeña vértebra de la cola de un dinosaurio del grupo de los Coelurosauria, dinosaurios carnívoros dentro del cual se encuentran los famosos velociraptores y tiranosaurios.

Uno de los recientes hallazgos más sobresalientes fue el descubrimiento de una pequeña ave primitiva denominada *Intiornis inexpectatus* (Novas et al., 2010). Esta nueva especie, del tamaño de un gorrión, está representada por un pié completo (Fig. 3) y su nombre significa "ave del sol inesperada" ya que este pequeño resto fue hallado entre los materiales sin determinar que llevamos al laboratorio (es decir, no teníamos idea acerca de qué era). La anatomía del pié de *Intiornis* resulta sumamente informativa, indicándonos que esta ave extinta se encuentra dentro de Enantiornithes. Este grupo de pájaros extinto ha sido registrado en varias localidades alrededor del planeta en rocas del Cretácico y probablemente se extinguieron junto a los dinosaurios a fines de dicho período. Una particularidad de estas aves es la presencia de dientes verdaderos en su pico. Aunque para nosotros resulta extraña la presencia de dientes en las aves, los primeros grupos poseyeron dientes al igual que sus ancestros, los dinosaurios carnívoros, característica que luego perdieron las aves durante su evolución. Otra característica particular del pié de *Intiornis* es que el dedo pulgar se une a la pata al mismo nivel que los otros dedos. Esta particular disposición permite a las aves actuales que poseen esta disposición anatómica (denominada anisodáctila) poder agarrarse con firmeza de las ramas y a superficies verticales (troncos, barrancas), lo cual nos invita a considerar que esta especie extinta probablemente haya tenido este comportamiento.

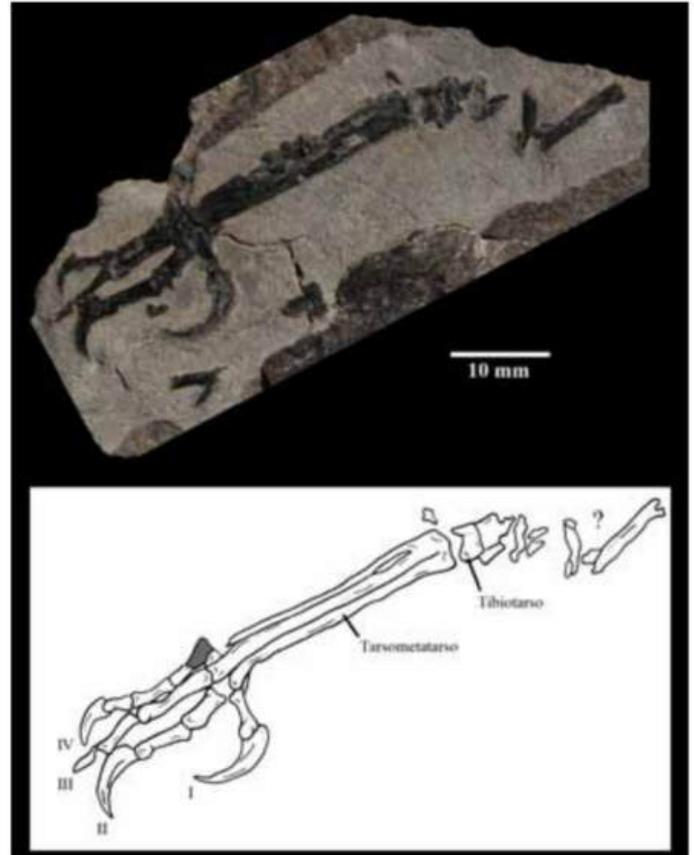


Figura 3. Pié de *Intiornis inexpectatus*, único resto hallado de este pájaro fósil. Puede observarse que los cuatro dedos se originan aproximadamente a la misma altura, y la pronunciada curvatura de las últimas falanges de los dedos evidencian la presencia de uñas recurvadas. Lámina tomada de Novas et al. (2010).

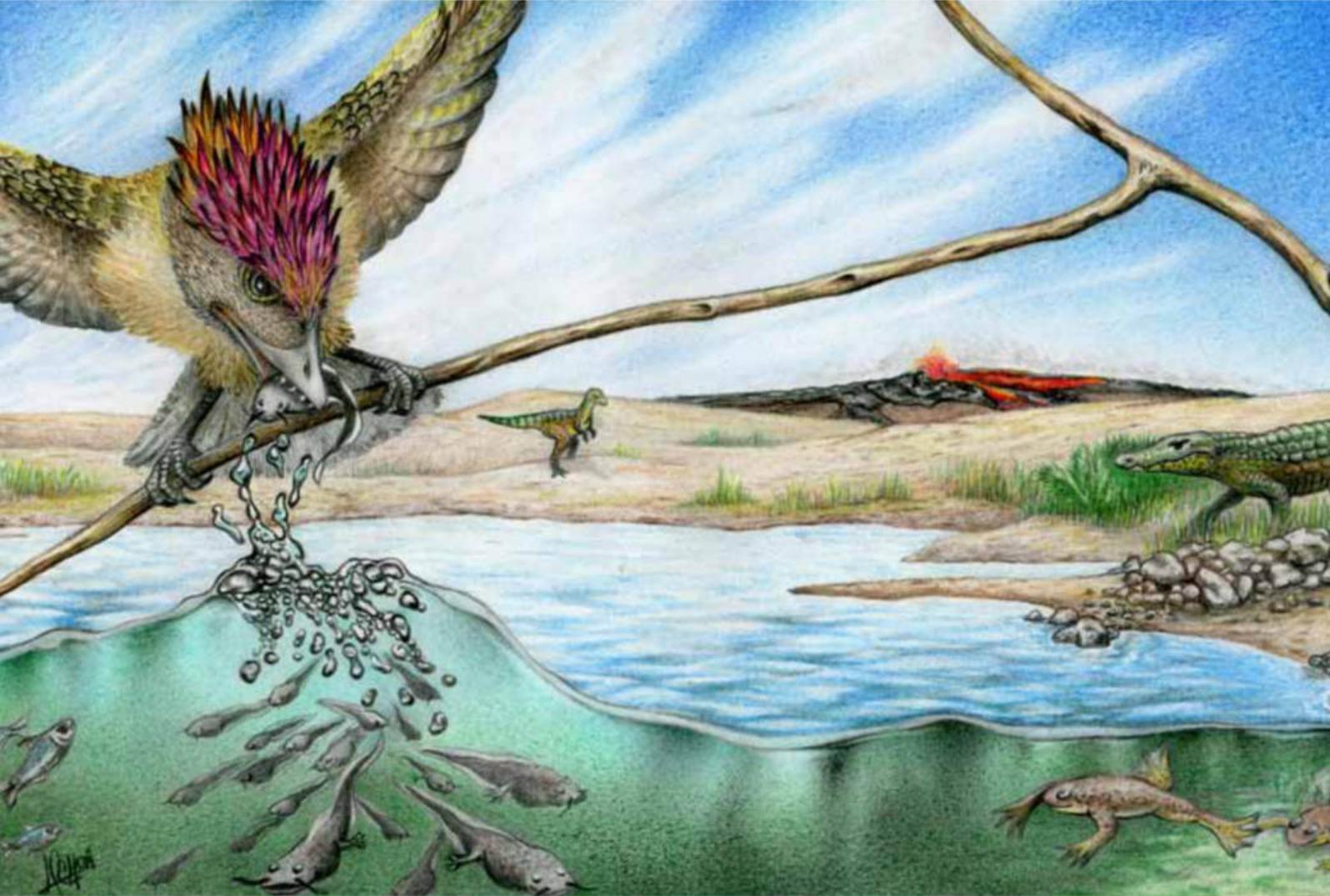


Figura 4. Reconstrucción paleoambiental correspondiente a las costas del lago cretácico de Puente Morales. Dibujo original realizado por Javier Ochoa (Museo de Río Tercero).

¿QUÉ NOS ENSEÑA EL ESTUDIO DEL ECOSISTEMA FÓSIL DEL LAGO DE PUENTE MORALES?

La Paleontología resulta una herramienta valiosa para poder atestiguar que la vida en el planeta se encuentra en constante transformación, acompañando los profundos cambios producto de la actividad geológica del planeta.

La información paleontológica y geológica reunida hasta el momento nos indica que en el área de Puente Morales existió un enorme lago de agua dulce con una variada flora en sus costas y alrededores, y albergó en sus aguas una diversa fauna acuática conformada por peces, anfibios y tortugas. A pesar de que aún la evidencia es escasa, también podemos aseverar que en sus costas existieron distintos grupos de reptiles y aves que formaban parte de este diverso ecosistema de fines del Cretácico (Figura 4).

Esta visión que estamos obteniendo sobre el ecosistema del paleolago de Puente Morales contrasta notablemente con el paisaje que podemos observar actualmente en esa localidad del sur salteño, la cual ha sufrido profundos cambios producto de la intensa actividad geológica y de la evolución de los organismos que la habitaron. Esto resulta una clara evidencia de lo dinámico que resultan nuestros ecosistemas, los cuales varían a través del tiempo de acuerdo a una cantidad de procesos bióticos y abióticos de los que sólo conocemos una pequeña parte. Es importante remarcar que en la evolución de la biota influyen numerosos fenómenos, entre los cuales se encuentra la extinción. De hecho, la mayoría de los animales que registramos en el lago de Puente Morales en algún momento de los 78 millones de años de historia desaparecieron sin dejar descendientes.

Esta perspectiva histórica que nos ofrece la Paleontología nos revela que océanos, selvas, pampas, desiertos y demás ambientes son producto de una inconmensurable cadena de procesos geológicos y eventos evolutivos que sucedieron a través de los más de 4000 millones de años de la historia del planeta Tierra. Este fascinante misterio que resulta la historia de los ecosistemas actuales es un argumento más que suficiente para empezar a tomar conciencia de lo importante que es su protección a través de su uso responsable por parte nuestra.

Bibliografía

Damiani, S, I. Sabino & R. Marquillas. 2006. Estratigrafía del Miembro Morales (Cretácico Superior) de la Formación Las Curtiembres (Grupo Salta), sur de la provincia de Salta. IV Congreso Latinoamericano de Sedimentología y XI Reunión Argentina de Sedimentología. San Carlos de Bariloche: 87.

Ibañez, M.A. 1960. Informe preliminar sobre el hallazgo de anuros en las "Areniscas inferiores" de la quebrada del Río de Las Conchas, (prov. de Salta, Argentina). Acta Geológica Lilloana 3: 173-181.

Marquillas, R.A, C. Del Papa & I.F. Sabino. 2005. Sedimentary aspects and paleoenvironmental evolution of a rift basin: Salta Group (Cretaceous- Paleogene), northwestern Argentina. International Journal of Earth Sciences 94: 94-113.

Narváez, P.L. & I.F. Sabino. 2008. Palynology of the Las Curtiembres Formation (Late Cretaceous, Salta Group Basin), Las Conchas Creek area, northwestern Argentina. Ameghiniana, 45: 473-482.

Novas, F.E., F.L. Agnolín & A. Scanferla. 2010. New enantiornithine bird (Aves, Ornithothoraces) from the Late Cretaceous of NW Argentina. Comptes Rendus Palevol 9 (8): 499-503.

Parodi Bustos, R., M. Figueroa Caprini, J.L. Kraglievich & G. del Corro. 1960. Noticia preliminar acerca del yacimiento de anuros extinguidos de Puente Morales (Dep. Guachipas, Salta). Revista Facultad de Ciencias Naturales de Salta 1: 5-25.

Reig, O.A. 1959. Primeros datos descriptivos sobre los anuros del Eocretáceo de la provincia de Salta (Rep. Argentina). Ameghiniana 1: 3-8.

Scanferla, A., F.L. Agnolín, F.E. Novas, M. de la Fuente, E. Bellosi, A.M. Báez & A.L. Cione. 2011. A vertebrate assemblage of Las Curtiembres Formation (Upper Cretaceous) of northwestern Argentina. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" 13 (2): 195-204.

Valencio, D.A., A. Giudici, J.E. Mendía & J.O. Gascón. 1976. Paleomagnetismo y edades K-Ar del Subgrupo Pirgúa, provincia de Salta. Actas VIIº Congreso Geológico Argentino: 527-542.