

ICNITAS DE DINOSAURIOS (ORNITHOPODA, HADROSAURIDAE) EN EL CRETACICO SUPERIOR DEL NORTE DE ARGENTINA

por RICARDO NARCISO ALONSO*

SUMMARY

Dinosaurs' ichnites (Ornithopoda, Hadrosauridae) in the late Cretaceous of Northern Argentina. This paper describes and discusses on dinosaurs' ichnites existing at quebrada La Escalera, western affluent of Tonco river, San Carlos, Salta, Argentina. The ichnites are in the Yacoraita Formation (Maestrichtian), and belong to the Hadrosauridae family, being nominated *Hadrosaurichnus australis* n. gen. et n. sp. The different sizes of the trackways suggest the gregarious character of these dinosaurs. Considerations on paleozoogeography and migration problems according to continental drift schemes are analyzed.

INTRODUCCION

En un trabajo inédito (Raskovsky, 1968) se mencionan por primera vez las icnitas aquí estudiadas asignándoselas a dinosaurios con dudas.

Trabajos regionales posteriores acerca del Grupo Salta o del Cretácico del norte argentino volvieron a citarlas, haciendo referencia solamente a su carácter "bípedo y tridáctilo".

Las icnitas yacen en un estrato calcáreo de fuerte buzamiento perteneciente a la Formación Yacoraita (Maestrichtiano), integrante del Grupo Salta (Cretácico-Eogénico).

Este hallazgo se suma a los restos esqueléticos de ornitópodos publicados por Casamiquela (1964) y Brett-Surman (1972) ambos del Cretácico superior alto de la Patagonia.

PALEONTOLOGIA

Taxonomía

Clase Reptilia Laurenti, 1768

Orden Ornithischia Seeley, 1888

Suborden Ornithopoda Marsh, 1884

Familia Hadrosauridae Cope, 1870

Género *Hadrosaurichnus* n. gen.

Especie tipo *Hadrosaurichnus australis* n. gen.
et n. sp.

Derivatio nominis: haciendo referencia a su ubicación dentro de la familia Hadrosauridae y la especie por ser las huellas de hadrosaurios más australes del mundo como así también las primeras del hemisferio austral.

Diagnosis del género: la misma de la especie (véase *infra*).

Holotipo: material *in loco*. Andada compuesta por tres icnitas en hueco. Conservación buena y accesible a medición directa.

Paratipos: también *in loco*. En total siete andadas integradas por seis a ocho huellas en hueco

* Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Complejo Universitario Gral. José de San Martín, Castañares, 4400 - Salta - Argentina.

cada una. Conservación buena a regular. No accesibles a medición directa.

Plastotipos: moldes en yeso de dos impresiones correspondientes al holotipo. CNS-V: 10.020 (Sigla: Ciencias Naturales Salta-Vertebrados).

Repositorio: Cátedra de Paleontología, Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Salta. Argentina.

Procedencia geográfica: Quebrada de La Escalera, afluente occidental del río Tronco, departamento de San Carlos, Salta, Argentina. La quebrada de La Escalera se ubica a unos 130 kilómetros al sudoeste de la ciudad de Salta. Sus coordenadas geográficas son: 66° 05' W y 25° 23' Sur (fig. 1). La comarca de estudio se encuentra enclavada en la unidad morfoestructural de Cordillera Oriental.

Procedencia estratigráfica: parte inferior de la Formación Yacoraita, Subgrupo Balbuena, Grupo Salta.

Litológicamente se compone de calizas, calizas arenosas, areniscas calcáreas y pelitas. Las calizas son mayormente oolíticas y estromatolíticas. El color del conjunto es amarillo, por lo que se distingue fácilmente de las formaciones infra y suprayacentes. Presenta abundantes estructuras sedimentarias como ondulitas, grietas de desecación, estromatolitos, pliegues intraformacionales y marcas de carga. Le infrayacen las areniscas blanquecinas de la Formación Lecho (Campaniano) y le suprayacen las areniscas rojas de la Formación Mealla (Terciario inferior), con relaciones estratigráficas de perfecta concordancia. El espesor de la formación es de 150 m, encontrándose las icnitas 10 m por encima de su base. El estrato portador de las huellas es una calcarenita oolítica. El contenido paleontológico de esta formación es muy variado destacándose por su importancia los peces con las especies *Gasterocuplea branisai*, *Coelodus toncoensis* y *Pucapristis branisi*. Se conocen también restos de Crocodilia, Lacertilia y dientes sueltos de carnosaurios, así como foraminíferos, charófitas y moluscos. El contenido fosilífero y el análisis de las estructuras evidencian un ambiente del tipo "tidal flat", o sea un ambiente de aguas salobres por detrás de la zona de barreras. No

se descarta sin embargo, un ambiente francamente marino, en otros sectores de la cuenca. El estrato portador de las icnitas se habría formado en la región supratidal. Regionalmente esta formación se correlaciona con la Formación El Molino de Bolivia y Vilquechico del Perú. En base al contenido paleontológico y posición estratigráfica se le asigna edad maestrichtiana (fig. 2).

Diagnos: icnitas en hueco pertenecientes a un animal bípedo, tridáctilo, de talla mediana a grande, correspondiente a un andar caminado y ágil; valor de paso grande lo que evita que las pisadas se sobrepongan. Luz de la andada* pequeña a negativa. Presencia de pequeñas pezuñas y aparente membrana interdigital cubriendo los dedos. Sin arrastre de cola.

Descripción: todas las medidas están referidas a la andada holotipo (fig. 5). El largo de las pisadas (37 cm) es mayor que el ancho (28 cm) lo que da una conformación elongada para las mismas. El dedo central (12 cm) es de mayor tamaño que los laterales, siendo estos últimos subiguales (9 cm); todos ellos son cortos y gruesos. El valor de los ángulos interdigitales es muy variable: 16° entre los dígitos II-III, 33° entre III-IV y 54° entre II-IV.

Tomando como referencia la línea media, la cual es recta en todas las andadas, se visualiza que el eje del dígito tres es paralelo a la misma por lo que no existe divergencia de las pisadas. La parte posterior de las huellas presenta forma de "talón". El ancho decrece rápidamente hacia la parte posterior, siendo su amplitud a la altura de los dedos II y IV de 28 cm, mientras que en el borde terminal del "talón" es de 10 cm. El valor del ángulo de paso (160°) es alto a muy alto. El paso doble es de 198 cm. El paso oblicuo es de 107 cm. La luz de la andada tiene valores pequeños a negativos. El ancho de paso es 23 cm. El ancho de la andada es de 50 cm. Las almohadillas falangeales no

* En el presente trabajo se prefiere el uso de la palabra ANDADAS en oposición a RASTRILLADAS ya que la primera cumple con el completo significado de su aplicación en el idioma español.

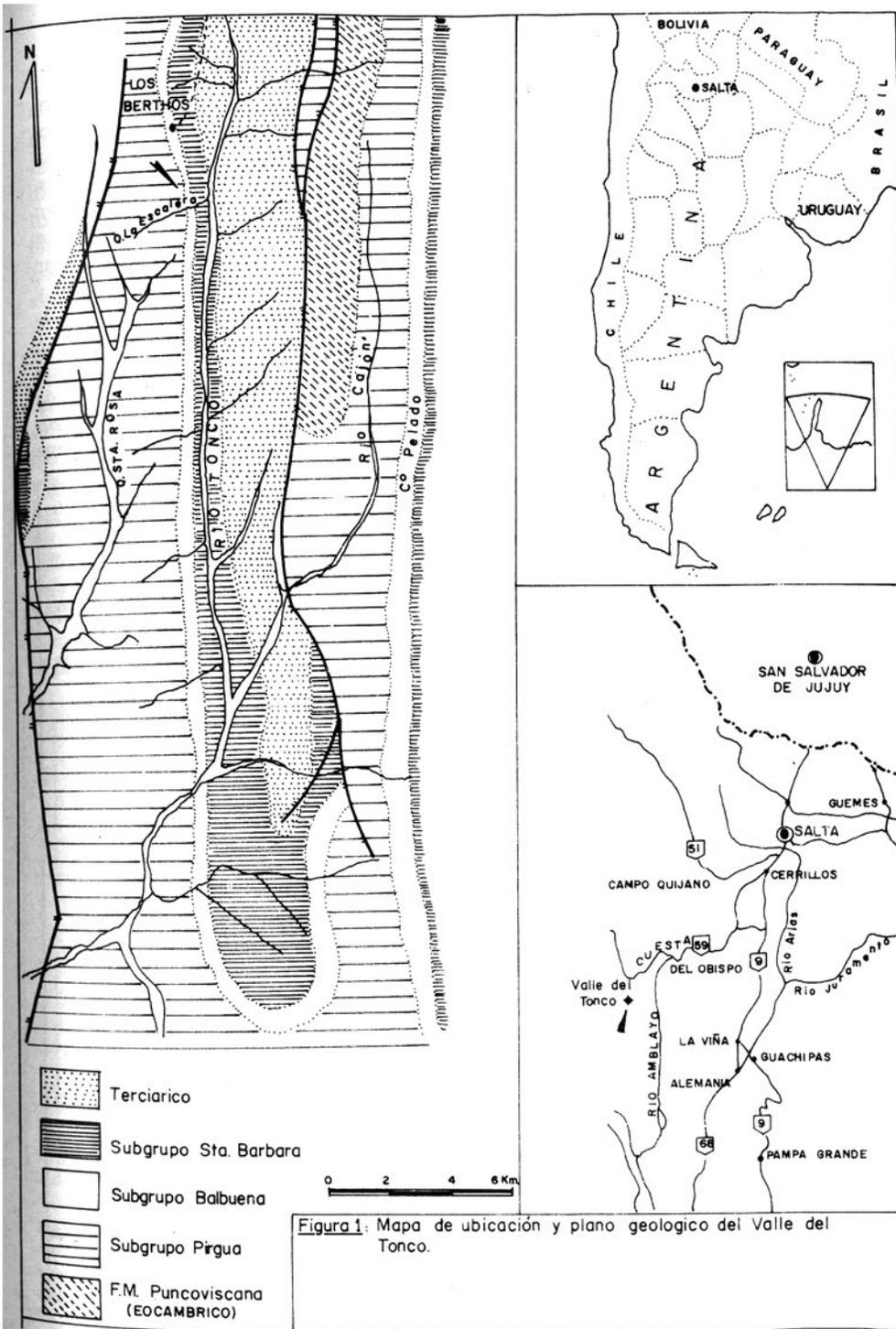


Figura 1: Mapa de ubicación y plano geológico del Valle del Tonco.

de "pata de ave" propia de los coelurosaurios. En cuanto a los sauropodomorfos, con los infraórdenes Prosaurópoda y Saurópoda, quedan fácilmente eliminados, debido a la edad triásica de los primeros y al cuadrupedalismo de los segundos. El gran orden de los saurisquios queda así fuera de consideración. El orden Ornithischia está compuesto de cuatro subórdenes que son: Ornithopoda, Stegosauria, Anquilosauria y Ceratopsia. Los estegosaurios, anquilosaurios y ceratópsidos son eliminados por ser formas cuadrúpedas. Se trata entonces del suborden Ornithopoda. Los ornitópodos, también conocidos como Iguanodontoides (Laparent y Lavocat, 1955) constan de 10 familias (Thurlborn, 1977) a las que debe agregarse la familia Pisanosauridae (Casamiquela, 1967). Tanto esta última como las familias Heterodontosauridae, Fabrosauridae, Scelidosauridae, Psitacosauridae y Camptosauridae, son eliminadas mediante criterios no sólo morfológicos sino también cronológicos, por ser for-

mas triásicas, jurásicas y cretácicas inferiores (fig. 3). Los paquicefalosaurios son formas de cuatro dedos, mientras que los hipsilofodontes y tescelosaurios son animales pequeños distribuidos en el hemisferio norte. Nos restan así dos familias: Iguanodontidae y Hadrosauridae. Ambos son bípedos, tridáctilos, con morfología y tamaño de las pisadas aproximadamente igual. Los iguanodontes han tenido su gran difusión en el Jurásico superior y Cretácico inferior. Los registros conocidos para el Cretácico superior son deficientes consistiendo mayormente en dientes sueltos como aquellos del género *Rhabdodon* de Europa. Las evidencias se inclinan así en favor de los hadrosaurios. Estos ornitópodos son aquellos dinosaurios que suplantaron a los iguanodontes, para hacerse dominantes hacia fines del Cretácico superior, donde tienen distribución casi mundial. Tal vez *Probactrosaurus* sea el iguanodonte antecesor de los hadrosaurios (Rozhdvestvenskii, 1967). Este reemplazo parece haber sido consecuencia, como lo ha señalado Russell (1965), del "cambio gradual y decisivo en la vegetación, el paso de gimnospermas a las angiospermas como formas dominantes de plantas". En cuanto a la clasificación genérica y específica de la familia Hadrosauridae, la misma es muy variada. Se basa principalmente en la forma del cráneo ya que el esqueleto postcraniano es muy parecido en todos ellos (Young, 1958). Sin embargo, a pesar de conocerse los esqueletos de estos dinosaurios en casi todo el mundo, su registro icnológico es tan pobre que sólo se conoce una icnita aislada proveniente de Alberta, Candadá (Langston, 1960). La misma proviene de la Formación St. Mary River (Cretácico superior). Sus puntos de coincidencia con las aquí estudiadas son el tridactilismo, morfología general, supuesta presencia de membrana interdigital como así también la edad y ambiente de la formación portadora. Su diferencia fundamental con las analizadas en este trabajo, radica en el mayor tamaño que llega a ser aproximadamente el doble.

América del Sur ha brindado a la actualidad sólo dos hadrosaurios, ambos provenientes de Argentina, más propiamente de Patago-

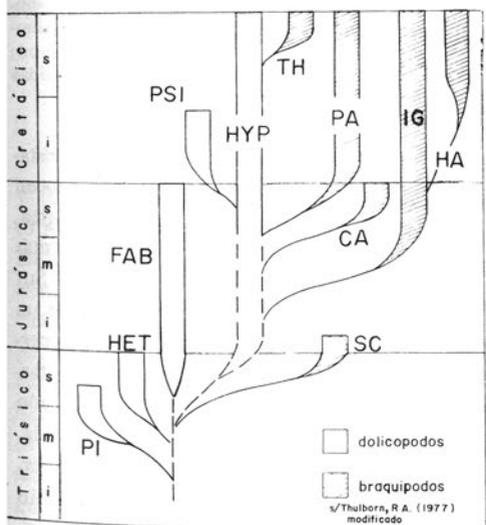


Fig. 3.— Arbol filogenético para los dinosaurios ornitópodos. HET: Heterodontosauridae; FAB: Fabrosauridae; PSI: Psitacosauridae; HYP: Hypsilophontidae; TH: Thescelosauridae; SC: Scelidosauridae; PA: Pachycephalosauridae; CA: Camptosauridae; IG: Iguanodontidae; HA: Hadrosauridae; PI: Pisanosauridae.

nia, de capas del Cretácico más alto (fig. 4). El primero de ellos fue dado a conocer por Casamiquela (1964) quien, luego de un minucioso estudio desde varios puntos de vista, lo consideró comparable al género norteamericano *Hadrosaurus*, sin precisar más, debido a lo fragmentario del material estudiado. Más recientemente Brett-Surman (1972), de la Universidad de California, estudió materiales provenientes de capas cretácicas tardías de las cercanías del lago Colhué-Huapí y luego de detalladas comparaciones con todos los hadrosaurios conocidos creó un género nuevo, *Secernosaurus*, que él considera como de características primitivas y representante de un nuevo linaje. Otros registros de ornitópodos en América del Sur (fig. 4) muestran icnitas de iguanodóntidos e ¿hipsilofodóntidos? en territorio brasileño, dadas a conocer por Leonardi (1976-1978) como provenientes de capas jurásicas superiores y cretácicas inferiores de los estados de Paranaíba y Goiás. En Chile se estudiaron icnitas de iguanodóntidos de capas cretácicas inferiores (Casamiquela y Fasola, 1968). En Uruguay se conocen dientes sueltos de iguanodontes provenientes de la Formación Guichón de edad cretácica superior. En la República Argentina, además de los hadrosaurios anteriormente listados, se conoce el ornitópodo más antiguo del mundo, *Pisano-saurus mertii*, dado a conocer primeramente por Casamiquela (1967) y últimamente por Bonaparte (1976).

PALEOZOOGEOGRAFIA

Los registros conocidos muestran a los hadrosaurios repartidos en prácticamente todos los continentes. En Asia se conocen los registros más antiguos, a partir del Cenomaniano, por lo cual este continente sería el centro de origen desde donde irradian hacia otras partes del mundo. Arriban a América del Norte en el Santoniano, según lo demuestra un ejemplar juvenil dado a conocer por Kaye y Russell (1973) y es aquí donde tienen su gran explosión evolutiva ya que se han encontrado

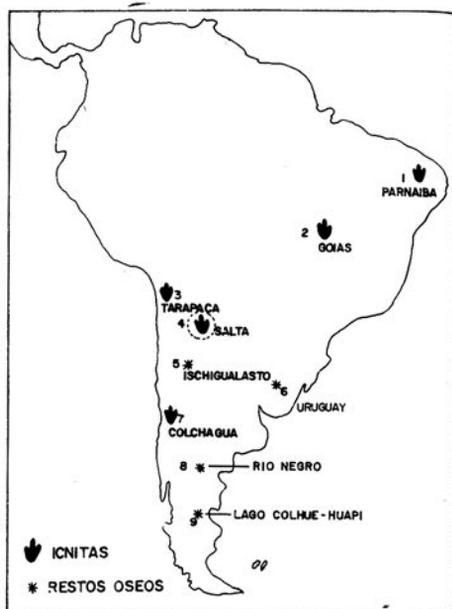


Fig. 4.— Ornitópodos de América del Sur: 1, Iguanodontidae e Hypsilophodontidae ? (K inf); 2, Iguanodontidae ? (Jur); 3, Ornitisquios (indet.) (Jur. sup.); 4, 8 y 9, Hadrosauridae (K sup.); 6) Iguanodontidae (K sup.); 7, Iguanodontidae (K inf.)

cientos de ejemplares en su mayoría en Estados Unidos y Canadá. En Europa se conocen ejemplares provenientes de Francia, Bélgica, Hungría y Crimea de capas del Cretácico más alto (París y Taquet, 1973). América del Sur ha brindado los restos ya mencionados, de un posible *Hadrosaurus* y un género nuevo *Secernosaurus* de capas del Cretácico superior tardío de la Patagonia (Argentina). Restaría aún encontrarlos en Africa, Australia y Antártida.

El análisis y balance de estos registros permiten inferir las posibles vías de intercambio faunístico. Su origen asiático es por ahora indiscutible y su pronto arribo a Norteamérica (Santoniano) muestra una conexión vía estrecho de Bering, el que se comportaría como puente terrestre. Recordemos que no sólo se verifica el paso de los hadrosaurios sino también de los tiranosaurios, anquilosaurios

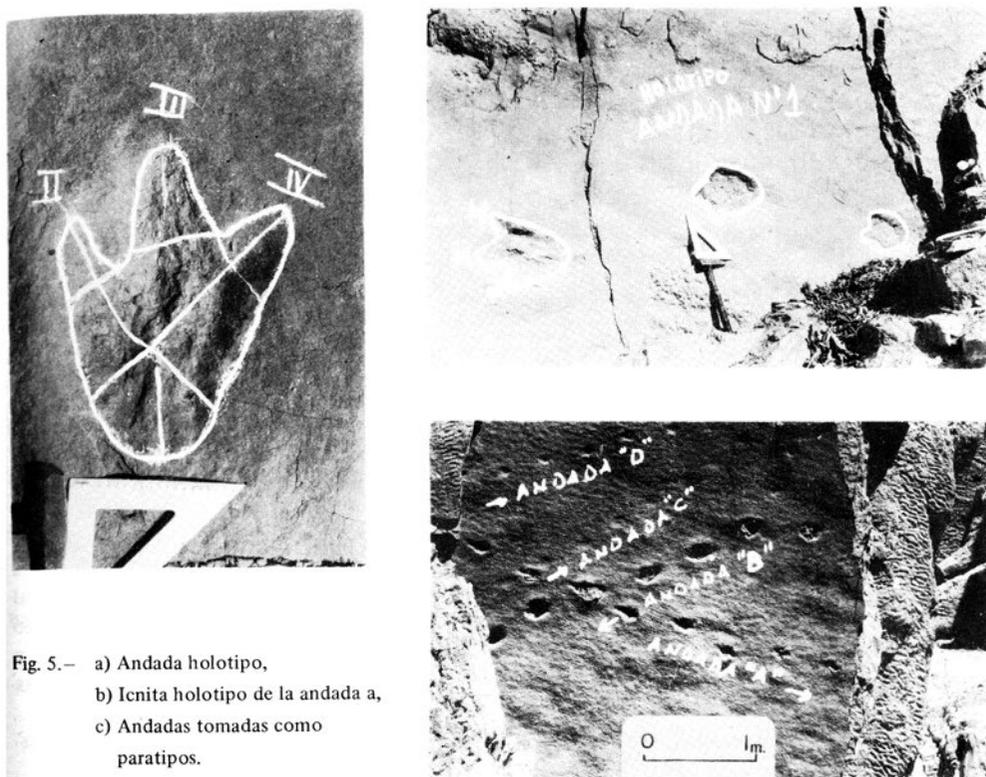


Fig. 5.— a) Andada holotipo,
b) Icnita holotipo de la andada a,
c) Andadas tomadas como
paratipos.

y ceratópsidos, o sea grupos muy diferentes, lo que mantiene en equilibrio las faunas de las áreas conectadas. De esta manera existe gran semejanza entre las faunas de norteamérica occidental y Asia nororiental. En cuanto a Europa, todos los registros son de edad cretácica alta y habrían arribado migrando a través del Asia, como una posibilidad, o bien a través de Norteamérica. La migración de los hadrosaurios a la América del Sur plantea mayores interrogantes. Por una parte vemos que las reconstrucciones de los continentes con respecto a los océanos esbozadas para el Cretácico superior muestran un alto grado de desacuerdo según los diferentes autores. Las reconstrucciones paleobatimétricas elaboradas por Sclater et al. (1977) eliminan un paso a través de América Central o África, a pesar de que colocan a

la primera con interrogantes. Por otro lado Reymont (1977) deja un punto de unión entre América del Sur y África en el Turoniano, por donde podrían haber ingresado reptiles provenientes a su vez de Europa. Esta es también la idea de Brett-Surman (1972) para quien los hadrosaurios habrían migrado de Asia a Europa y desde esta última al África por la península Ibérica y desde allí a Sudamérica por la región Amazónica. Según la paleobatimetría de Sclater et al. (1977) la península Ibérica estuvo alejándose de África, así como ésta lo hacía de Sudamérica. Esta nueva información deja sin apoyo las ideas de Brett-Surman citadas *supra*. Un paso a través de América Central parece así más viable. Observando el atlas paleogeográfico de Termier (1960) vemos que en el Maestrichtiano la situación para la llamada

“tierra caribe” aparece como favorable al cruce de formas de hábito costero como las que integran el grupo en estudio. De esta manera los hadrosaurios habrían pasado a través de América Central en el Campaniano, arribando al norte argentino en el Maestrichtiano y continuando su viaje más al sur llegando a la Patagonia en el Cretácico más alto, donde son sorprendidos por la extinción. De acuerdo con esto, Centroamérica se habría comportado en tiempos cretácicos superiores como una ruta de azar en el sentido de Simpson (1940).

Comentarios

Todos los elementos de juicio tomados en consideración se inclinan en favor de los hadrosaurios. Las andadas, un total de 50 icnitas, presentan diferencias de tamaño como así también una morfología básica general con dos diseños particulares ligeramente diferentes; el uno redondeado (figura 5c, andada B) y el otro elongado (figura 5c, andada A). Los distintos tamaños se deben a la presencia de elementos adultos y juveniles, mientras que el cambio en la forma se atribuye no a diferencias específicas, menos aún genéricas, sino a la coparticipación en el elenco (isócrono) de individuos machos e individuos hembras. Esta apreciación encuentra aún más apoyo en el estudio de las relaciones métricas que hacen a la fisonomía de las andadas y que es proporcional a uno y otro diseño.

El hecho de conocerse icnitas de hadrosaurios únicamente en Canadá (Langston, 1960) haría de las huellas aquí estudiadas las segundas de su tipo en el mundo. Pero como el mismo Langston (op. cit.) lo ha notado, muchas de las icnitas atribuidas en forma generalizada a iguanodontes pueden pertenecer a los hadrosaurios, sobre todo aquellas que provengan del Cretácico superior.

En el punto sobre estratigrafía se dijo que la Formación Yacoraite se correlaciona con

la Formación El Molino de Bolivia, ambas calcáreas y con fósiles similares. La Formación El Molino presenta también icnitas, procedentes del sinclinal El Caine (Branisa, 1968), las que a juzgar por las fotografías publicadas por este autor corresponderían a camosaurios y saurópodos titanosáuridos. Resta ahora esperar que futuros descubrimientos den con los restos esqueléticos de los hadrosaurios a fin de ubicarlos genéricamente y específicamente.

Agradecimientos

Dejo constancia de mi profundo agradecimiento a los geólogos Raúl C. Figueroa y Sergio Gorustovich de la Comisión Nacional de Energía Atómica por su colaboración en las tareas de campaña.

El mismo se hace extensivo a los doctores Giuseppe Leonardi de la Universidad Federal de Paraná (Brasil), José Bonaparte y Rodolfo Casamiquela por sus sugerencias, críticas y recomendaciones, como así también la valiosa información bibliográfica aconsejada.

Al Sr. Héctor Paredes se deben las ilustraciones gráficas que acompañan.

BIBLIOGRAFIA

- BONAPARTE, J., 1976. *Pisanosaurus mertii* Casamiquela and the origin of the Ornithischia.- *Jl. Paleont.* 50, 5: 808-820.
- BONAPARTE, J., SALFITY, J., BOSSI, G. y POWELL, J., 1977. Hallazgo de dinosaurios y aves cretácicas en la Formación Lecho del Brete (Salta), próximo al límite con Tucumán.- *Acta geol. lilloana* 14: 5-17.
- BRANISA, L., 1968. Hallazgo del amonite *Neolobites* en la caliza Miraflores y huellas de dinosaurios en la Formación El Molino y su significado para la determinación de la edad del Grupo Puca.- *I.B.P.* 8, 1: 16-29.
- BRETT-SURMAN, M., 1972. The appendicular anatomy of Hadrosaurian dinosaurs. Tesis. Universidad de California. Berkeley.

- CASAMIQUELA, R., 1964. Sobre un dinosaurio hadrosáurido de la Argentina.- *Ameghiniana*, 3, 9: 285-312.
- 1967. Un nuevo dinosaurio ornitiquio Triásico (*Pisanosaurus mertii*, Ornithopoda) de la Formación Ischigualasto, Argentina.- *Ameghiniana*, 4, 2: 47-64.
- 1968. Sobre pisadas de dinosaurios del Cretácico inferior de Colchagua (Chile).- *Publnes Univ. Chile*, 30: 1-24.
- KAYE, M. y RUSSELL, D., 1973. The oldest record of hadrosaurian dinosaurs in North America.- *J. Paleont.*, 47, 1:91-93.
- LANGSTON, W., 1960. A Hadrosaurian ichnite. *Canada Natl. Hist. Pap.* 4.
- LAPARENT, A. y LAVOCAT, R., 1955. Dinosauriens. In J. Piveteau, *Traité de Paleontologie*, V: 782-962.
- LEONARDI, G., 1976. Nota preliminar sobre seis pistas de dinosaurios Ornithischia da Bacia do rio do Peixe (Cretácico inferior) en Sousa Paraiba, Brasil. *Atas XXIX Congr. Bras. Geol.*
- (en prensa). Ornithischian trackways of the Corda Formation (Jurassic), Goias, Brasil. *Resúmenes II Congr. Arg. Pal. y I Congr. Lat. Paleontología*. Buenos Aires.
- PARIS, J. y TAQUET, Ph., 1973. Decouverte d'un fragment de dentaire de Hadrosaurien (Reptile, dinosaurien) dans le Cretacé superieur des petites Pyrenees.- *Bull. Mus. nat. Hist.* 130.
- RASKOVSKY, M., 1968. Relevamiento geológico del sector sur del Yacimiento "Los Berthos". *Fac. Cienc. Nat. Salta, Sem. II. Inédito.*
- REYMENT, R., 1977. Las transgresiones del Cretácico medio en el Atlántico sur.- *Revta Asoc. geol. argent.*, 32, 4: 291-299.
- ROZHDESTVENSKII, A. 1966. New Iguanodonts from Central Asia. Phylogenetic and taxonomic correlation of the later Iguanodontidae and the early Hadrosauridae.- *Paleont. J.*, (Academy of Sciences) 3: 104-110.
- RUSSELL, L., 1965. Body temperature of dinosaurs and its relations hips to their extinctions.- *J. Paleontology*, 39: 497-501.
- SCLATER, J., HELLINGER, S. y TAPSCOTT, C., 1977. The paleobathymetry of the atlantic ocean from the Jurassic to the present.- *J. Geology* 85, 5: 509-552.
- SIMPSON, G.G., 1940. *Mammals and Land Bridges*.- *Nour. Washington Acad. Sci.*, 30: 137-163.
- TERMIER, H. y G., 1960. *Atlas de Paleogeographie*. Paris.
- THURLBORN, R., 1977. Relationships of the lower Jurassic dinosaur *Scelidosaurus harrisoni*.- *J. Paleontology*, 51, 4: 725-739.
- YOUNG, C., 1958. The dinosaurian remains of Laiyang, Shantung.- *Palaeont. sin. Na. Ser.* 142.

R. N. ALONSO

Departamento de Ciencias Naturales
 Universidad Nacional de Salta
 Complejo Universitario Gral. José de San Martín
 Castañares - 4400 Salta
 República Argentina