

## Estratigrafía y análisis tafonómico de *Bonitasaura salgadoi* Apesteгуía, en el sitio «La Bonita» (Cretácico superior, Río Negro, Argentina)

Leandro M. PÉREZ<sup>1</sup>, Alejandro OTERO<sup>2</sup>, Sebastián APESTEGUÍA<sup>3</sup> & Pablo A. GALLINA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Rocas Sedimentarias, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, pilosaperez@fcnym.unlp.edu.ar. <sup>2</sup>Departamento Científico Paleontología de Vertebrados, Museo La Plata, Paseo del Bosque s/n (1900), La Plata, Argentina, alexandros.otero@gmail.com. <sup>3</sup>Área de Paleontología, Fundación de Historia Natural «Félix de Azara», CEBBAD, Universidad Maimónides, Valentín Virasoro 732, Buenos Aires (1405), Argentina, sebapestegui@gmail.com, pablogallina@gmail.com

**Abstract: Stratigraphic and taphonomic analysis of *Bonitasaura salgadoi* Apesteгуía (Sauropoda, Titanosauria) at «La Bonita» site (Upper Cretaceous, Río Negro Province, Argentina).** «La Bonita» is a fossiliferous locality close to the town of Cerro Policía, Río Negro Province, Argentina. At the quarry are exposed siliceous rocks belonging to the Bajo de la Carpa and Anacleto formations (Santonian-Campanian), separated by an unconformity from the Rentería Formation (Upper Pliocene-Pleistocene). The Bajo de la Carpa Formation is composed of sandstones, fine beds of conglomerates, alternate with pelites and wackes beds. The Anacleto Formation is composed of sandy to pelitic beds. The Rentería Formation is dominated by conglomerates with clasts that reach 15 cm in length, included in a sabulitic matrix. The facies analysis suggests a fluvial regime, with a subaquatic control with changes from mid to low energy. The lenticular-shaped sandy channels with crossed stratification point to an unidirectional flow in the transporting agent and bioclasts. The taphonomical analysis suggested that the dinosaur dies close to the river margins, being rapidly incorporated to the fluvial sediments that sepulted the specimen in successive events. The spatial distribution and bone relations suggest a very short transport from the source area, with a slight northward movement. The presence of two caudal vertebrae series with an opisthotonus articulation pattern, suggests that the animal was exposed long enough to permit the rigor mortis and dissection. The disarticulation degree also point to some amount of weathering of the skeleton before being sepulted. However, the exceptional periostium preservation in many cases suggests a very short subaerial exposure.

**Key words:** Facies analysis, taphonomy, Sauropod dinosaur, Cretaceous, Patagonia

**Resumen:** La localidad fosilífera «La Bonita» se ubica en las cercanías del pueblo de Cerro Policía, provincia de Río Negro, Argentina. Allí afloran sedimentos continentales silicoclásticos pertenecientes a las Formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto (Santoniano-Campaniano) separadas en discordancia de la Formación Rentería (Plioceno Superior-Pleistoceno). La Formación Bajo de la Carpa se compone de areniscas, finos bancos conglomerádicos alternados con pelitas y capas de vaques. La Formación Anacleto está compuesta de capas arenopelíticas. La Formación Rentería está mayormente compuesta por conglomerados con clastos que alcanzan 15 cm de longitud, incluidos en una matriz sabulítica. El análisis de facies sugiere un régimen fluvial, con un control subacuático que oscila entre energía media y alta. Los canales arenosos, lenticulares, poseen estratificación entrecruzada indicando un agente de transporte unidireccional. El análisis tafonómico indicaría que el dinosaurio murió en las cercanías de los márgenes del río, siendo rápidamente incorporado a los sedimentos fluviales y sepultado en sucesivos eventos. La distribución especial de los huesos revela un corto transporte desde la fuente de aporte, con una leve orientación hacia el norte. La presencia de dos series de vértebras caudales con arqueamiento opistótono indican que el animal fue expuesto un período suficiente de tiempo para que actúe el rigor mortis y la disección. El grado de desarticulación sugiere, también, cierta exposición subaérea, aunque no en gran medida, debido a la exquisita preservación del hueso periostial.

**Palabras clave:** Análisis de facies, tafonomía, dinosaurio saurópodo, Cretácico, Patagonia

### INTRODUCCIÓN

La localidad fosilífera «La Bonita» se ubica en las cercanías del pueblo Cerro Policía, en la provincia de Río Negro (Fig. 1A). En la misma afloran sedimentos continentales silicoclásticos correspondientes a las formaciones Bajo de la

Carpa y Anacleto, de edad santoniana-campaniana (Hugo & Leanza, 1999; 2001a) que portan restos de vertebrados, entre los que se destacan saurópodos titanosaurios (Apesteгуía & Gallina, 2003; Apesteгуía, 2004), tortugas podocnemidoideas (de la Fuente, com. pers.), así como dientes de cocodrilos goniofólidos y di-

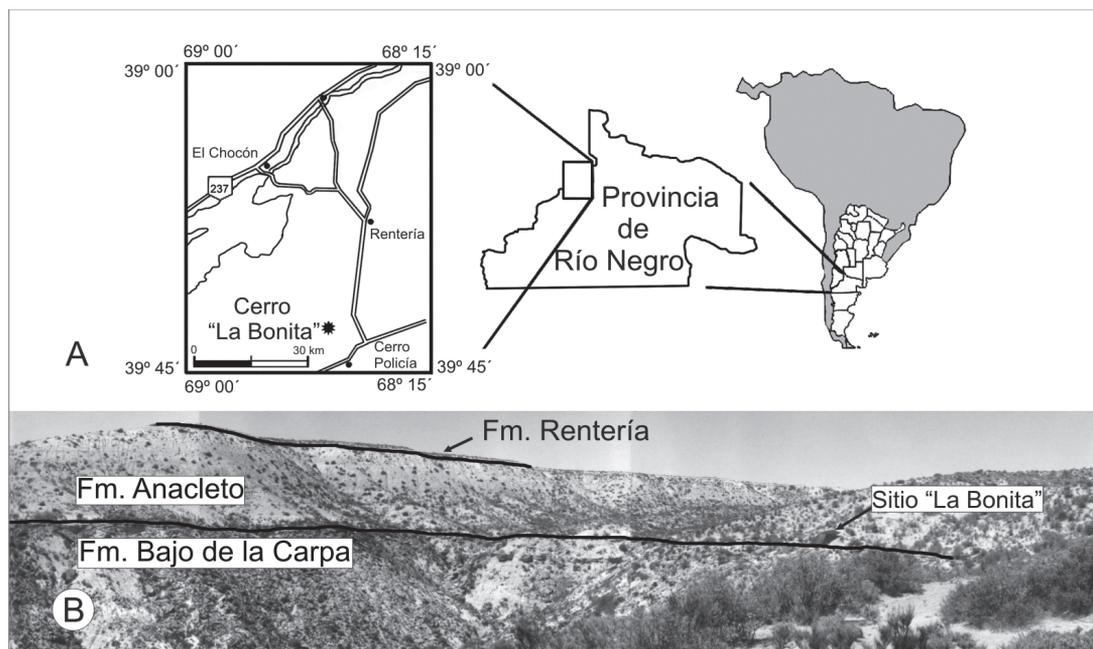


Fig. 1. **A:** Mapa de la ubicación geográfica del yacimiento «La Bonita» (Provincia de Río Negro) (Modificado de Apesteguía, 2004); **B:** Vista panorámica del área fosilífera.

nosaurios terópodos (Apesteguía, ob. pers.) (Fig. 1B).

Las primeras referencias de huesos de dinosaurios en la región se remontan a principios del siglo XX, cuando el geólogo alemán Walter Schiller recorrió el área junto al paleontólogo Santiago Roth, relevando numerosos aspectos de la naturaleza de la región, tanto fósil como actual (Huene, 1929). Los abundantes restos de reptiles hallados por estos investigadores, confirmaron la asignación de los mismos a las capas rojas con dinosaurios mencionadas por Wichmann (1916) o denominadas por Keidel (1917) como *Dinosaurier Schichten* (Estratos con dinosaurios).

Si bien Schiller y Roth no precisaron la ubicación geográfica de la localidad con exactitud, ésta fue relativamente bien señalada por Huene (1929). Nuevas exploraciones en la región, realizadas a partir del año 2003, permitieron redescubrir los niveles fosilíferos con restos de tetrápodos, que permitieron precisar datos sistemáticos (Apesteguía, 2004) y bioestratigráficos (Leanza *et al.*, 2004), así como también iniciar estudios tafonómicos (Pérez *et al.*, 2006).

Hasta el momento son escasos los artículos que incluyen aspectos tafonómicos para faunas de dinosaurios del territorio argentino (Gonzalez Riga, 1998; Gonzalez Riga & Pirrone, 2005).

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer los resultados del análisis estratigráfico

realizado en la localidad mencionada y el estudio tafonómico de los restos de un ejemplar de saurópodo titanosaurio, *Bonitasaura salgadoi* Apesteguía 2004.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material tipo de *Bonitasaura salgadoi*, Holotipo MPCA 460 (Museo Provincial «Carlos Ameghino», Cipolletti, Río Negro, Argentina), corresponde a una serie de piezas descritas por Apesteguía (2004), y se complementa con huesos recolectados posteriormente del mismo ejemplar, todos ellos con un único número de colección, distinto del publicado erróneamente por Apesteguía (2004). Se cuenta con múltiples elementos preservados, que suman aproximadamente el 35% del esqueleto (Tabla 1). Los porcentajes relativos fueron calculados mediante comparación con el total de los elementos hallados de *Bonitasaura*. Los porcentajes absolutos, que incluyen valores por zonas y totales, fueron calculados mediante comparación con esqueletos de saurópodos titanosauridos con cráneos y/o postcráneos casi completos (Borsuk-Bianylicka, 1977; Wilson & Sereno, 1998; Wilson, 2005).

Para el análisis tafonómico se utilizaron los índices de intemperismo propuesto por Behrens-meyer (1978), y de transportabilidad de Voorhies (1969).

Tabla 1. Elementos esqueléticos de *Bonitasaura salgadoi*. Los elementos 00 (cuadrado), 01 (dentario), 02 (frontal), 03 (parietal) y 67 (tibia) no se encuentran mapeados.

| Ubicación             |                   | Nº            | % rel    | % abs |      |    |
|-----------------------|-------------------|---------------|----------|-------|------|----|
| esqueleto axial       | cráneo            | 00(*)-04      | 6,7      | 13,1  | 33,8 | 35 |
|                       | columna vertebral | cervicales    | 05-07    | 4     | 23   |    |
|                       |                   | dorsales      | 08-14    | 9,3   | 63,6 |    |
|                       |                   | caudales      | 15-36    | 28    | 61,7 |    |
|                       | costillas         | arcos hemales | 37-41    | 6,7   | 33   |    |
|                       |                   | cervicales    | 42-47    | 8     | 27   |    |
| dorsales              |                   | 48-58         | 13,3     | 27    |      |    |
| esqueleto apendicular | cinturas          | escapular     | 59       | 1,3   | 50   | 39 |
|                       |                   | pélvica       | 60-61    | 2,7   | 66,6 |    |
|                       | miembros          | anterior      | 62-65    | 5,3   | 40   |    |
|                       |                   | posterior     | 66(*)-74 | 12    | 34,6 |    |

## ESTRATIGRAFÍA

En «La Bonita», sitio de procedencia de los restos, aflora el Subgrupo Río Colorado, parte superior del Grupo Neuquén (Cenomaniano-Campaniano) (Fig. 2). Este Subgrupo presenta dos formaciones: Bajo de la Carpa y Anacleto (ambas definidas por Herrero Ducloux en Fossa Mancini *et al.*, 1938), compuestas por niveles donde predominan las arenas y las arcillas, respectivamente (Cazau & Ulliana, 1973). Dichos sedimentos se encuentran expuestos en el área comprendida entre la ciudad de Neuquén y la sierra de Portezuelo (provincia de Neuquén) y en la región de los alrededores de la planicie de Rentería (provincia de Río Negro) (Leanza *et al.*, 2004). La edad de esta secuencia es considerada Santoniana – Campaniana temprana por Leanza (1999) y Hugo & Leanza (2001a, 2001b).

Hacia el techo de la secuencia aflora en discordancia erosiva la Fm. Rentería, correspondientes a la edad Plioceno Superior – Pleistoceno, compuesta de conglomerados gruesos clasto soportados, con finos niveles de arena y cemento carbonático.

El ejemplar de *Bonitasaura salgadoi* estudiado en este trabajo proviene de los niveles superiores de la Fm. Bajo de la Carpa.

### Descripción estratigráfica

**Formación Bajo de la Carpa.** Se compone de areniscas fluviales de colores rosa a violeta, asociadas a nódulos químicos, paleosuelos y geodas silíceas, con intercalaciones de niveles de arcilla de coloración rojiza (Leanza *et al.*, 2004). En estos niveles se han recolectado numerosos restos de tetrápodos en diferentes localidades. Entre ellos se destacan dinosaurios saurópodos

(Apesteguía & Gallina, 2003; Apesteguía, 2004), terópodos (Bonaparte, 1991), cocodrilos (Woodward, 1896) y tortugas (de la Fuente, 1993).

En la localidad estudiada, la Fm. Bajo de la Carpa, presenta leves diferencias con las características descritas anteriormente. La secuencia tiene un espesor de afloramiento de aproximadamente 33 m y se compone principalmente de areniscas, con finos niveles de conglomerados, alternando con niveles de pelitas y vaques. De la misma forma que en la descripción original de la unidad en análisis, existen pequeños intraclastos de arcillas en los estratos de pelitas y concreciones de arenas en la base de los niveles de vaques. Hacia el techo de los mismos se observan pequeños lentes de arenas de origen fluvial con estructura entrecruzada en artesa en los cuales se observan grandes nódulos de arenas con dehiscencia catafilar. En particular, en el último nivel de la secuencia y a una altura desde la base de 33 m, correspondiente a uno de los niveles de arena, se encuentran los restos de tetrápodos, entre los que se destacan tortugas, dientes de terópodos, dientes de cocodrilos y el ejemplar de *Bonitasaura salgadoi*.

**Formación Anacleto.** Se compone de una secuencia de arcillas de color púrpura a rojo oscuro con escasas geodas silíceas de pequeño tamaño. Originalmente le fue atribuida una edad Campaniana temprana (Leanza, 1999; Dingus *et al.*, 2000; Hugo & Leanza, 2001 a, b). Entre la fauna contenida se encuentran restos de dinosaurios saurópodos (Lydekker, 1893; Huene, 1929; Salgado, 1996; Calvo *et al.*, 1997; González Riga, 1998; Chiappe & Coria, 2000), terópodos (Bonaparte & Novas, 1985; Coria *et al.*, 2002) y ornitópodos (Coria & Salgado, 1996), a los que se le suman un gran cantidad de huevos con em-

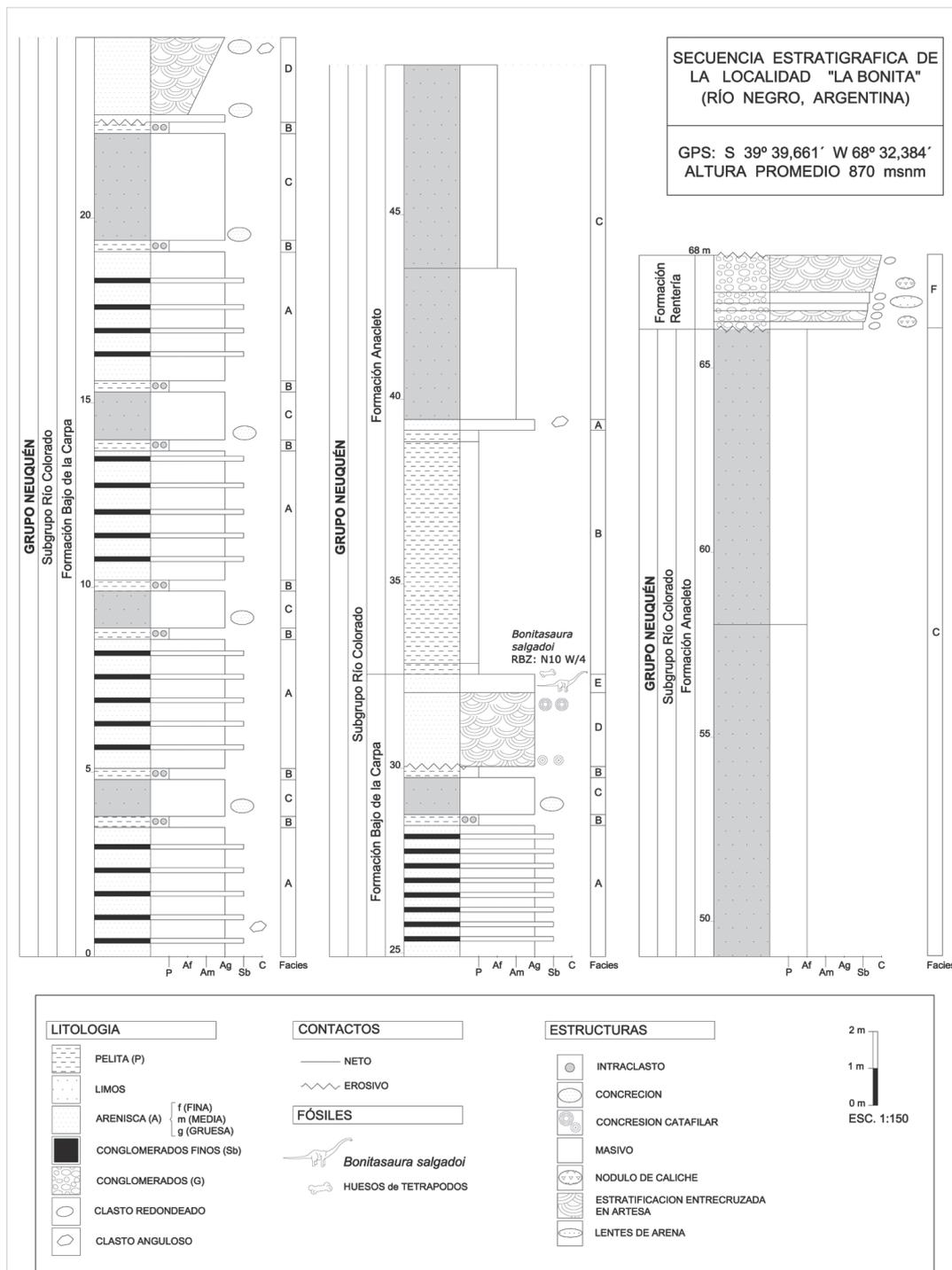


Fig. 2. Sección estratigráfica con las litologías más importantes observadas en el yacimiento fosilífero «La Bonita».

Tabla 2. Análisis de facies y ambientes de sedimentación de la localidad «La Bonita».

| Facies | Denominación  | Descripción  |
|--------|---|--|
| A      | Areniscas medianas a gruesas  | Depósitos de ambiente fluvial efímero de energía media a baja correspondiente a zonas sujetas a inundación, con pulsos de mayor energía que se repiten a lo largo de la facies   |
| B      | Pelitas moradas masivas   | Depósitos de cursos fluviales dominados por decantación suspensiva, que presentan pequeños intraclastos pelíticos y evidencias de paleosuelos. Corresponden a eventos efímeros de inundación no encausados   |
| C      | Intercalaciones de Areniscas - fangolitas                                   | Depósitos de suspensión y decantación sin estructura interna evidente, de energía media a baja, correspondientes a cursos fluviales no encausados  |
| D      | Areniscas con estratificación entrecruzada en artesa                        | Depósitos de canales fluviales de energía media a alta, con base erosiva. Internamente presentan estructura entrecruzada en artesa originada por flujo unidireccional del agente de transporte. La presencia de clastos angulosos indicaría una mala selección del depósito  |
| E      | Areniscas cuarzosas con restos de tetrápodos                                | Depósitos de canales fluviales con arenas gruesas de energía media a alta y clastos poco seleccionados. Estructura interna masiva sin estratificación evidente y con restos de tetrápodos con escaso transporte. Sustrato generado por corrientes unidireccionales poco litificado y sin marcas de bioerosión      |
| F      | Conglomerados con gradación normal y estratificación entrecruzada en artesa | Depósitos de ambiente fluvial de alta energía con base erosiva, con predominio de clastos de gran tamaño y secuencias grano crecientes de forma repetitiva. El agente de transporte que generó este depósito, correspondiente a un río con carga de lecho tractiva, es análogo a los actuales de zona cordillerana |

briones de la localidad Auca Mauhida (=Auca Mahuevo) (Chiappe *et al.*, 1998; Chiappe *et al.*, 2000; Chiappe *et al.*, 2001; Dingus *et al.*, 2000).

En el sitio «La Bonita», la Fm. Anacleto consiste en una serie de niveles limoarenosos de aproximadamente 34 m de espesor. Hasta 7 m por encima del nivel fosilífero en el techo de la Fm. Bajo de La Carpa, esta unidad se compone puramente de pelitas rojizas, seguidas por un fino nivel de 30 cm de arenas con clastos angulosos, al cual lo suprayacen sedimentos arenopelíticos hasta el final de la unidad, con coloraciones que varían entre rojizo y verdoso.

**Formación Rentería.** Conforman la unidad superior de la secuencia analizada y suprayace en discordancia erosiva a la Fm. Anacleto. Es un depósito de agradación que cubre gran parte de la planicie de Rentería (Hugo & Leanza, 2001a).

En la localidad estudiada, la Fm. Rentería, presenta leves diferencias con la descripción original de la unidad. Se encuentra representada por una secuencia de escasa potencia que suprayace a la Fm. Anacleto por medio de una fuerte discordancia. En este sitio los niveles predominantes son conglomerados con clastos de gran tamaño, que llegan a superar los 15 cm de diámetro,

insertos en una matriz sabulítica, con estructuras entrecruzadas planares y en artesa. Acompañan a estos niveles nódulos de caliche y finas capas de arenas con concreciones psamíticas. La potencia de la formación en esta localidad no supera los 2 m y se puede seguir regionalmente coronando la secuencia descrita.

### Análisis sedimentológico

Se describirán a continuación las facies sedimentarias representadas en la localidad estudiada. En la Tabla 2 se infieren los posibles ambientes de sedimentación.

**Facies A: Areniscas medianas a gruesas.** Se compone de arenas medianas a gruesas, masivas y friables, de color blanco-amarillentas, mal seleccionadas. Presenta clastos angulosos de cuarzo y líticos, y escasos clastos de feldespatos. En estas capas se intercalan finos niveles sabulíticos que varían entre 3 y 5 cm de espesor y que se repiten a lo largo de toda la facies.

**Facies B: Pelitas moradas masivas.** Está compuesta por pelitas masivas de coloraciones verdes a moradas, con espesores que van de unos pocos cm hasta 5 m de potencia, como el que suprayace a las facies E. Presenta intraclastos

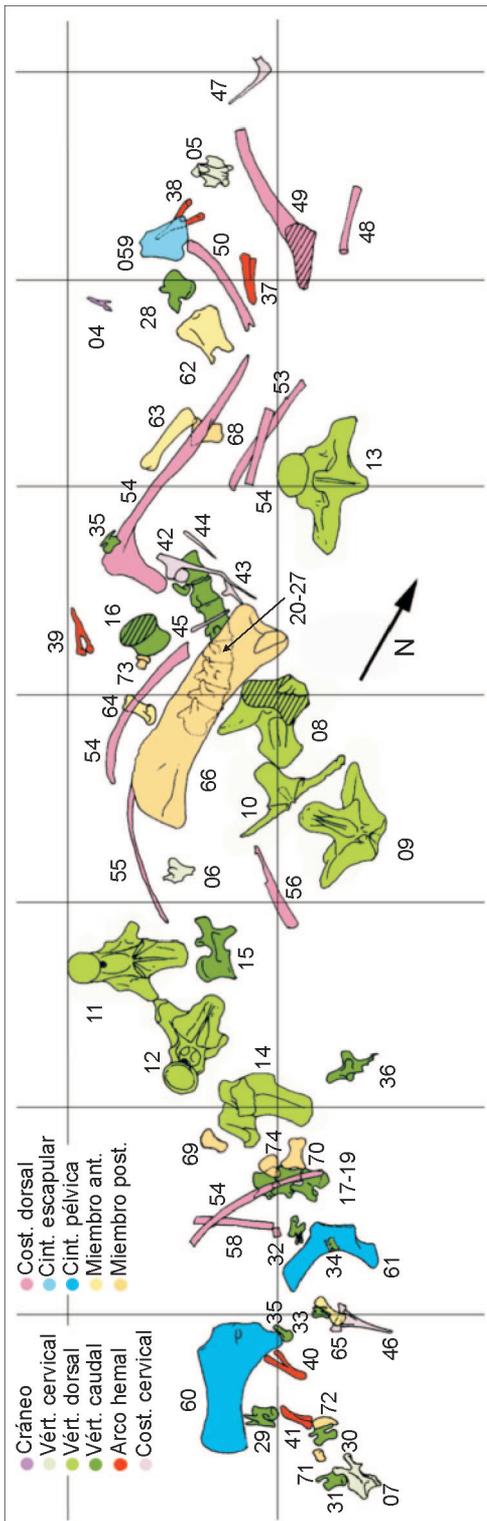


Fig. 3. Mapa de distribución de los huesos de *Bonitasaura salgadoi* en la excavación. La numeración indica la referencia del esqueleto. Cuadrícula de 1m<sup>2</sup>. (Modificado de Apesteeguía, 2004).

pelíticos de 5 mm de diámetro y paleosuelos evidentes, aunque poco desarrollados. Esta facies no presenta evidencia macroscópica de restos orgánicos.

**Facies C: Intercalaciones de areniscas-fangolitas.** Esta facies se compone de arenas gruesas interestratificadas con pelitas verdosas muy litificadas, sin evidencia de estructura interna. Los espesores varían entre 1 m al comienzo de la secuencia, y superan los 20 m hacia el tope de la columna en el segmento correspondiente a la Fm. Anacleto. En la base de los niveles inferiores existen concreciones de arenas finas oscuras de 3 a 4 cm de diámetro, que desaparecen en los niveles superiores de la columna correspondiente a esta facies. Para esta facies no se conocen hasta el momento restos de macrofauna.

**Facies D: Areniscas con estratificación entrecruzada en artesita.** Se trata de bancos lenticulares con base erosiva de arenas claras, medianas a gruesas, con gradación normal hacia el techo y que se afinan lateralmente. Estos lentes se amalgaman formando niveles guía bien litificados que se pueden seguir regionalmente. Internamente presentan estructura entrecruzada en artesita y finos niveles de arena friable, con alto contenido de clastos feldespáticos. En el techo de estos bancos existen concreciones arenosas con dehiscencia catafilar, cuyos diámetros alcanzan los 15 centímetros. Estos niveles, cuyos espesores no superan los 2 m, están representados dos veces en la secuencia.

**Facies E: Areniscas cuarzosas con restos de tetrápodos.** Esta facies se compone de un nivel delgado de arenisca gruesa cuarzosa, bien madura, friable y de coloración blanquecina, con clastos angulosos a subangulosos. Contiene restos de tetrápodos desarticulados a parcialmente articulados, con un escaso transporte desde el área fuente. Entre ellos se destacan los restos de *Bonitasaura salgadoi* RBZ: 10/4W, asociados a restos de tortugas, dientes de cocodrilos goniófolidos, y dientes de dinosaurios terópodos. Este nivel se puede seguir lateralmente de forma regional suprayaciendo a las facies D.

**Facies F: Conglomerados con gradación normal y estratificación entrecruzada en artesita.** Se compone de un estrato de carácter regional con base erosiva marcada. Los clastos de mayor tamaño del conglomerado varían entre los 15 y 20 centímetros. En general el promedio de los mismos está en los 3 cm de diámetro. Conforman una roca con textura clasto sostenida en algunos niveles, pero predominan los conglomerados matriz sostenidos. En este estrato se inter-

calan pequeños niveles de arenas gruesas con guijarros aislados y estructura entrecruzada en artesa. Los conglomerados se disponen en pequeños estratos internos con gradación normal de forma repetitiva intercalando con niveles arenosos masivos. A lo largo de toda la facies aparecen nódulos de caliche de origen diagenético.

### Asociación de facies

Las arenas con intercalaciones de finos conglomerados de la facies A se repiten en cinco oportunidades, con espesores que miden algo más de 4 m y corresponderían a un ambiente de sedimentación fluvial. Estos niveles van intercalándose con estratos más finos de las facies B y C, de pelitas con intraclastos y arenas y pelitas respectivamente. Estos últimos se repiten respetando sus espesores, que no superan los 50 cm para las pelitas y 1 m para los niveles de intercalaciones arenopelíticas. La alternancia descrita conforma los primeros 20 m de la sucesión, hasta llegar al primer banco de arenas con entrecruzamiento en artesa de la facies D. Los estratos de esta última facies se repiten en dos ocasiones y corresponden a ambientes fluviales encausados que excavaron los niveles subyacentes, generando las superficies erosivas de la base de estos estratos. En el techo del último banco de arenas entrecruzadas, se encuentran los restos estudiados, preservados en un fino nivel sin estructura interna y con sedimentos friables de granulometría mayor a la anterior.

Los términos finales de la secuencia, dominados mayoritariamente por limos y pelitas de zonas de planicies fluviales, correspondientes a las facies C, completan los últimos 30 m de la columna previos a la discordancia con la Fm. Rentería. Por último, se depositaron los conglomerados de la facies F, en discordancia erosiva bien marcada. Este depósito, corresponde a un ambiente fluvial de alta energía, que en esta localidad no supera los 2 m de espesor.

### ANÁLISIS TAFONÓMICO

El ejemplar de *Bonitasaura salgadoi* se ubica en una superficie de aproximadamente 16 m<sup>2</sup>, sobre el borde de la barranca, con una orientación RBZ: 10/4W (GPS: S 39° 39,661' - O 68° 32,384'). Las piezas se encuentran desarticuladas a parcialmente articuladas distribuidas mayoritariamente en una capa, aunque en algunos casos se observaron solapamientos de elementos, como ocurre con la mayoría de las costillas. El fémur, pieza de mayor tamaño y peso, también se encontró superpuesto, en este caso a dos series articuladas de vértebras caudales (Fig. 3).

Este patrón de solapamiento podría estar indicando una depositación en eventos sucesivos con una orientación preferencial en sentido norte.

La ubicación espacial de los huesos en el sitio muestra una distribución al azar, evidenciado por la posición de vértebras caudales y cervicales. En la zona central se registra la mayor acumulación de restos de mayor volumen, integrada por el fémur, la serie articulada de vértebras caudales y la mayoría de las vértebras dorsales.

Los huesos no muestran signos de intemperismo. Este fue definido, según Behrensmeyer (1978) como el proceso mediante el cual los componentes microscópicos originales orgánicos e inorgánicos son separados unos de otros y destruidos por agentes físicos y químicos operando en el hueso *in situ*, sea en la superficie o dentro del sustrato. En este contexto, Behrensmeyer (1978) propone seis categorías (etapa 0 al 5) que describen el grado de meteorización que presentan los huesos, siendo el estado 5 el más avanzado.

En el caso particular de los restos de *Bonitasaura salgadoi*, se infiere una categoría 1 de intemperismo, en la cual los huesos largos presentan tenues grietas longitudinales paralelas a las fibras y las superficies de los huesos planos pueden llegar a mostrar fracturas en mosaico producto de la carga sedimentaria (Fig. 4A). Esta categoría contempla también la posibilidad de preservación de tejidos blandos como piel o fibras, aunque no es el caso de los restos analizados. Por otra parte, tampoco presentan signos de erosión ni rodamiento, por lo que se encuentran en perfecto estado de preservación, conservando, incluso, el tejido esponjoso sin relleno en las cavidades de las epífisis y el hueso periostial en buen estado, con marcas de origen e inserción muscular (Fig. 4B y C). Asimismo las series articuladas de vértebras caudales muestran un marcado patrón de arqueamiento dorsal, presumiblemente opistótono producto del *rigor mortis* y posterior desecación (Fig. 4D).

En cuanto al transporte de las piezas, Voorhies (1969) estableció tres grupos de acuerdo al grado de selección del agente para restos de vertebrados en sistemas continentales dominados por flujos unidireccionales, como son los depósitos de canales fluviales. El grupo I reúne todos los elementos que son removidos en primera instancia del esqueleto (tarsos, carpos, falanges) formando concentraciones altamente seleccionadas. El grupo II engloba elementos removidos gradualmente por rodamiento y saltación. El grupo III incluye elementos pesados y poco transportados, como cráneos, mandíbulas y huesos largos. Este último correspondería al observado

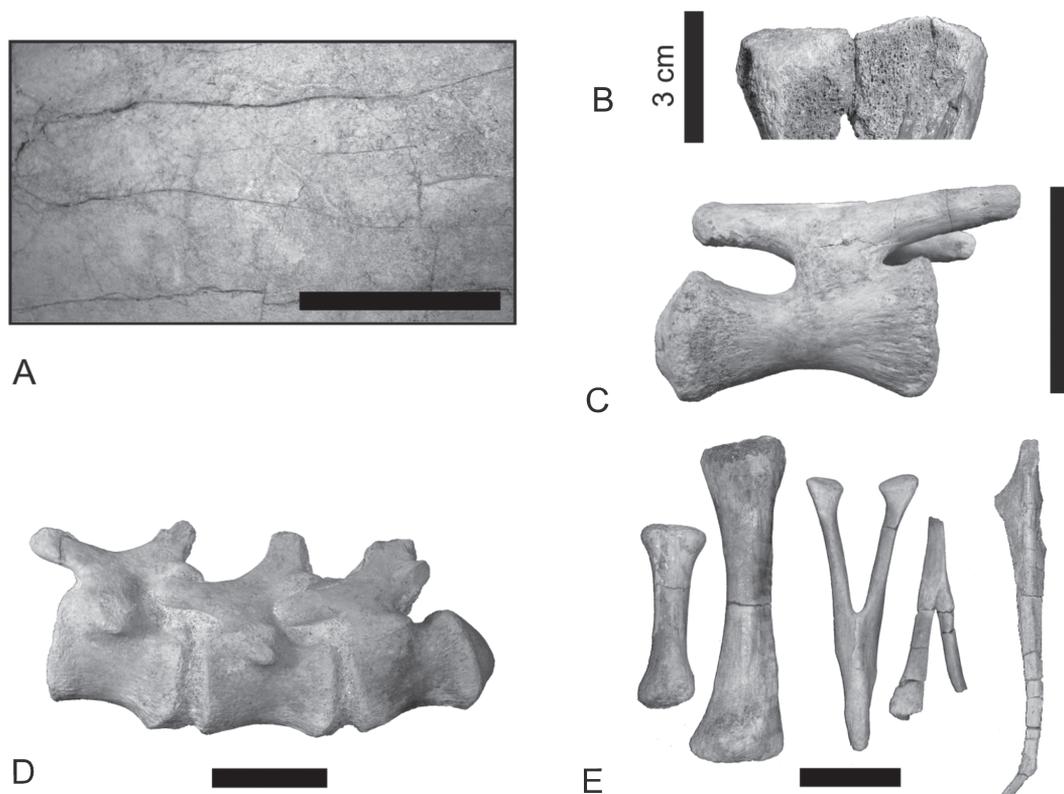


Fig. 4. Detalles tafonómicos de los elementos esqueléticos. **A**: Fracturas en mosaico; **B**: Hueso esponjoso sin relleno; **C**: Hueso periosteal delicadamente preservado; **D**: Serie caudal con arqueamiento opistótono; **E**: Fracturas de origen diagenético. **A**, **C**, **D** y **E** escala gráfica 10 cm.

en los restos analizados, evidenciado por la presencia de piezas de gran tamaño, como son el fémur, huesos de la cintura pélvica y las vértebras dorsales, distribuidas en un área reducida. Esta concentración implica una breve exposición al agente selectivo, determinando un mínimo transporte, característico de un depósito residual.

Por último, una gran cantidad de elementos presentan fracturas de corte con superficies planas dispuestas perpendicularmente a sus ejes mayores (Fig. 4E). Este patrón de fracturamiento es atribuido a procesos diagenéticos que actuaron sobre los huesos en estado subfósil a fósil posteriores a los eventos bioestratinómicos de soterramiento y permineralización (Holz & Simões, 2002), con los cuales son usualmente confundidos.

### CONCLUSIONES

Del análisis de facies se concluye que, en la localidad estudiada, el ambiente de sedimentación se inició con un régimen del tipo fluvial entrelazado con canales arenosos lenticulares con

estratificación entrecruzada. La alternancia de niveles finos y gruesos desde la base indicaría un claro control subácueo con cambios de baja a media energía. Los bioclastos, se disponen en el tope de la secuencia de la Formación Bajo de la Carpa, denotando un aumento de la energía hacia el final de la depositación. Posteriormente, hubo un descenso de energía en el agente de transporte, que se podrían corresponderse con zonas distales del mismo ambiente fluvial, o bien con facies de planicies de inundación.

Hacia el tope de la secuencia se evidencia un hiato en la sedimentación, representado por el nivel discordante del tope de la columna, donde se depositaron los clastos de mayor diámetro. Estos niveles, correspondientes a la Formación Rentaría, fueron generados por cursos de alta energía que coronan la secuencia, de dominio fluvial, similar a lo que se puede observar en los ríos actuales de la zona cordillerana.

Del análisis tafonómico de los restos, se deduce la posibilidad de una muerte del animal cercana al curso del río, el cual incorporó rápida-

mente y sepultó los restos en eventos sucesivos. La distribución espacial y solapamiento de los huesos sugieren un corto transporte desde el área fuente, con un leve desplazamiento en sentido norte. La presencia de dos series de vértebras caudales con patrón opistótono, indicaría que el animal permaneció expuesto post-mortem el tiempo necesario para que actúe el *rigor mortis* y la desecación. El grado de desarticulación de los elementos también sustentaría un lapso de intemperismo del esqueleto previo a ser sepultado. Sin embargo, la preservación excepcional de hueso periostial sin grietas en el sentido de las fibras indicaría un tiempo corto de exposición subaérea. Por su parte, la presencia de tejido esponjoso con lúmenes vacíos evidencia una diagénesis temprana sin intervención de soluciones saturadas en minerales. Esta condición determina que los restos de Bonitasaura salgadoi sean considerados un ejemplo de preservación excepcional entre los dinosaurios de Argentina.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos agradecer muy especialmente a Doña Tika y a la familia Pincheira por su cálido recibimiento en el puesto «El Manzano». A los Dres. Gonzalo Veiga, Sergio F. Vizcaíno, Miguel O. Manceñido, Leonardo Salgado y Sara Ballent por la lectura del manuscrito. Al Lic. Leandro Gaetano por la ayuda en la toma de datos de campo y a los Paleoartistas Jorge González por las ilustraciones. La expedición fue financiada por The Jurassic Foundation (a S.A.) y los permisos de exploración provistos por la Agencia de Cultura de la Provincia de Río Negro. Por último queremos agradecer las sugerencias de los árbitros.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Apesteuguía, S. 2004. *Bonitasaura salgadoi* gen. et sp. nov.: a beaked sauropod from the Late Cretaceous of Patagonia. *Naturwissenschaften* 91: 493-497.
- Apesteuguía, S. & P.A. Gallina. 2003. A new non-saltosaurine titanosaur from «Rancho de Ávila» (Río Negro) in the Bajo de la Carpa-Anacleto formation boundary. *Ameghiniana* 40: 51R.
- Behrensmeyer, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4: 150-162.
- Bonaparte, J.F. 1991. Los vertebrados fósiles de la Formación Río Colorado, de la ciudad de Neuquén y cercanías, Cretácico superior, Argentina. *Rev. Mus. Arg. de Cs. Nat. «Bernardino Rivadavia», (Sec. Paleont.)* 4: 15-123.
- Bonaparte, J.F. & F.E. Novas. 1985. *Abelisaurus comahuensis*, Carnosauria del Cretácico Tardío de Patagonia. *Ameghiniana* 21: 259-265.
- Borsuk-Bialynicka, M. 1977. A new camarasaurid sauropod *Ophistocoelicaudia skarzynskii* gen. n., sp. n. from de Upper Cretaceous of Mongolia. *Palaent. Pol.* 37: 5-64.
- Calvo, J.O., R.A. Coria & L. Salgado. 1997. Uno de los más completos titanosáuridos (Dinosauria-Sauropoda) registrados en el mundo. *XIII Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados (La Rioja)*. *Ameghiniana* 39: 534.
- Cazau, L.B. & M.A. Uliana. 1973. El Cretácico superior continental de la Cuenca Neuquina. *Vº Congreso Geológico Argentino*, Actas 3:131-163, Buenos Aires.
- Chiappe, L.M. & R.A. Coria. 2000. Auca Mahuevo: un extraordinario sitio de nidación de dinosaurios saurópodos del Cretácico Superior de Patagonia. *Ameghiniana* 37: 22.
- Chiappe, L.M., R.A. Coria, L. Dingus, F. Jackson, A. Chinsamy & M. Fox. 1998. Sauropod dinosaur embryos from the Late Cretaceous of Patagonia. *Nature* 396: 258-261.
- Chiappe, L.M., L. Dingus, F. Jackson, G. Grellet-Tinner, R. Aspinall, J. Clarke, R.A. Coria, A. Garrido & D. Loope. 2000. Sauropod eggs and embryos from the Upper Cretaceous of Patagonia. *I Symposium of Dinosaurs Eggs and Babies*, Actas: 23-29, Isona.
- Chiappe, L.M., L. Salgado & R.A. Coria. 2001. Embryonic skulls of titanosaur sauropod dinosaurs. *Science* 293: 2444-2446.
- Coria, R.A. & L. Salgado. 1996. A basal iguanodontian (Ornithischia-Ornithopoda) from the Late Cretaceous of South America. *J. Vert. Paleont.* 16: 445-457.
- Coria, R.A., L.M. Chiappe & L. Dingus. 2002. A new close relative of *Carnotaurus sastrei* (Abelisauridae, Theropoda) from the Late Cretaceous of Patagonia. *J. Vert. Paleont.* 22: 460-465.
- de la Fuente, M.S. 1993. Un posible podocnemididae (Pleurodira: Pelomedusoides) en el Cretácico tardío de la Patagonia. Implicaciones paleobiogeográficas. *Ameghiniana* 30: 423-433.
- Dingus, L., J. Clarke, G.R. Scott, C. Swisher, L.M. Chiappe & R.A. Coria. 2000. Stratigraphy and magnetostratigraphy/faunal constraints for the age of sauropod embryo-bearing rocks in the Neuquen Group (Late Cretaceous, Neuquen Province, Argentina). *Am. Mus. Nov.* 3290: 1-11.
- Fossa Mancini, E., E. Feruglio & J.C. Yussen de Campana. 1938. Una reunión de geólogos de YPF y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 15: 1-67.
- González Riga, B. 1998. Nuevo hallazgo de Titanosauridae (Dinosaurio, Saurischia) en el Cretácico Superior de la Provincia de Mendoza, Argentina. Observaciones estratigráficas y tafonómicas. *Ameghiniana* 36: 102.
- González Riga, B. & C.A. Pirrone. 2005. Hallazgo de nuevos sitios con dinosaurios en la Sierra de Palauco y Cañadón Amarillo, Provincia de Mendoza (Argentina): Aspectos tafonómicos y paleoambientales. *Ameghiniana* 42: 71.
- Holz, M. & M.G. Simões. 2002. *Elementos Fundamentais de Tafonomía*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 231 pp.

- Huene, F. 1929. Los Saurisquios y Ornitisquios del Cretácico Argentino. *An. Mus. La Plata* 3: 1-196.
- Hugo, C. & H.A. Leanza. 1999. Hoja Geológica 3969-IV, General Roca, provincias de Neuquén y Río Negro. *Instituto Geológico de Recursos Naturales, SEGEMAR* 3969-IV, 1-95.
- 2001a. Hoja Geológica 3969-IV, General Roca, provincias del Neuquén y Río Negro. *Instituto Geológico de Recursos Naturales SEGEMAR*, Boletín 308: 1-71.
  - 2001b. Hoja Geológica 3966-III, Villa Regina, provincia de Río Negro. *Instituto Geológico de Recursos Naturales, SEGEMAR*, Boletín 309: 1-53.
- Keidel, J. 1917. Über das patagonische Tafelland das patagonische Geröll und ihre Beziehungen zu den geologischen Erscheinungen im argentinischen Andengebiet und Litoral. *Zeitschrift des Deutschen Wissenschaftlichen Vereins* 3: 219-245.
- Leanza, H.A. 1999. The Jurassic and Cretaceous terrestrial beds from southern Neuquén Basin, Argentina. Field Guide. *Instituto Superior de Correlación Geológica, INSUGEO*, Serie Miscelánea 4: 1-30.
- Leanza, H.A., S. Apesteguía, F.E. Novas & M.S. de la Fuente. 2004. Cretaceous terrestrial beds from the Neuquén Basin (Argentina) and their tetrapod assemblages. *Cret. Res.* 25: 61-87.
- Lydekker, R. 1893. Contributions to the study of the fossil vertebrates of Argentina. I. The dinosaurs of Patagonia. *An. Mus. La Plata, Paleont.* 2: 1-14.
- Pérez, L.M., P.A. Gallina, A. Otero & S. Apesteguía. 2006. Análisis tafonómico de *Bonitasaura salgadoi* Apesteguía (Sauropoda, Titanosauria) del Cretácico superior de Río Negro, Argentina. *IV Congreso Latinoamericano de Sedimentología y XI Reunión Argentina de Sedimentología*, Resúmenes: p.176, San Carlos de Bariloche.
- Salgado, L. 1996. *Pellegrinisaurus powelli* nov. gen. et sp. (Sauropoda, Titanosauridae) from the Upper Cretaceous of Lago Pellegrini, northwestern Patagonia, Argentina. *Ameghiniana* 33: 355-365.
- Voorhies, M.R. 1969. Taphonomy and Population Dynamics of Early Pliocene Vertebrate Fauna, Krox Country, Nebraska. *Cont. Geol. Special Paper* 1:69.
- Wichmann, R., 1916. Las capas con dinosaurios en la costa sur del Río Negro, frente a General Roca. *Physis* 2: 258-262.
- Wilson, J.A. & P.C. Sereno, 1998. Early evolution and higher-level phylogeny of sauropod dinosaurs. *Soc. Vert. Paleont. Mem.* 5: 1-68.
- Wilson, J.A., 2005. Redescription of the Mongolian sauropod *Nemegtosaurus mongoliensis* Nowinski (Dinosauria: Saurischia) and comments on Late Cretaceous sauropod diversity. *J. Syst. Paleont.* 3 (3): 283-318.
- Woodward, A.S. 1896. On two Mesozoic crocodylians *Notosuchus* nov. gen. and *Cynodontosuchus* nov. gen. from the red sandstones of the Territory of Neuquén (Argentina). *An. Mus. La Plata, Paleont.* 4: 1.20.

Recibido: 06-I-2008

Aceptado: 06-IV-2009