

Tesis Doctoral

Tafonomía en ambientes lacustres : estudio paleobiológico, sedimentológico y tafonómico de las secuencias lacustres triásicas de la Cuenca de Ischigualasto-Villa Unión (formaciones Chañares, Ischichuca y Los Rastros)

Mancuso, Adriana Cecilia

2004

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the Master's and Doctoral Theses Collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Mancuso, Adriana Cecilia. (2004). Tafonomía en ambientes lacustres : estudio paleobiológico, sedimentológico y tafonómico de las secuencias lacustres triásicas de la Cuenca de Ischigualasto-Villa Unión (formaciones Chañares, Ischichuca y Los Rastros). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:

http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3798_Mancuso
Mancuso, Adriana Cecilia. "Tafonomía en ambientes lacustres : estudio paleobiológico, sedimentológico y tafonómico de las secuencias lacustres triásicas de la Cuenca de Ischigualasto-Villa Unión (formaciones Chañares, Ischichuca y Los Rastros)". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2004.

http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3798_Mancuso

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires



**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLÓGICAS

TESIS DOCTORAL

**Tafonomía en ambientes lacustres: estudio
paleobiológico, sedimentológico y tafonómico de las
secuencias lacustres triásicas de la Cuenca de
Ischigualasto-Villa Unión (formaciones Chañares,
Ischichuca y Los Rastros).**

Adriana Cecilia Mancuso

Director: Dr. Ricardo M. Palma

Dra. Claudia A. Marsicano

3798

**Área Paleontología, Departamento de Ciencias Geológicas
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires**

2004

**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLÓGICAS

Ph.D. Thesis

**Taphonomy in lacustrine environment: paleobiologic,
sedimentologic and taphonomic study of the Triassic
lacustrine sequences of the Ischigualasto- Villa Unión
Basin (Chañares, Ischichuca and Los Rastros
formations).**

Adriana Cecilia Mancuso

Director: Dr. Ricardo M. Palma

Dra. Claudia A. Marsicano

**Área Paleontología, Departamento de Ciencias Geológicas
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires**

2004

ÍNDICE

Resumen	
Abstract	
Agradecimientos	
Introducción	1
Marco Geológico	4
Contenido paleontológico	
La Tafonomía	14
<i>Desarrollos y Aportes</i>	
<i>Marco Teórico</i>	
Metodología	21
<i>Atributos tafonómicos</i>	
<i>Materiales estudiados</i>	
Sedimentología	33
<i>Formación Chañares</i>	
<i>Formación Los Rastros</i>	
Tafonomía	77
<i>Formación Chañares</i>	
<i>Formación Los Rastros</i>	
Discusión	136
Plantas	
Invertebrados	
Vertebrados	
<i>Formación Los Rastros</i>	
<i>Formación Chañares</i>	
Modelos Tafonómicos	172
Evolución paleoambiental	
Referencias	183

Mancuso, 2004

Tafonomía en ambientes lacustres

Apéndice I

Apéndice II

Apéndice III

Apéndice IV

RESUMEN

Se ha realizado un estudio sedimentológico y tafonómico sobre las secuencias fluvio-lacustres (formaciones Chañares y Los Rastros) de la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión. Se han reconocido tres tafofacies que caracterizan la historia tafonómica de los restos exhumados de los niveles de la Formación Chañares. Así, se postuló un modelo tafonómico con dos escenarios posibles para la preservación de los restos fósiles. Un escenario refleja la muerte natural dentro del ecosistema de Chañares, y el otro un evento de mortandad en masa desencadenado por el contexto volcánico. Por su parte, se reconocieron once tafofacies para las plantas, cuatro para los invertebrados y cuatro para los vertebrados de la Formación Los Rastros. Sobre esa base se desarrolló un modelo tafonómico que caracteriza al ambiente lacustre-deltaico de Los Rastros. Así, las facies de lago distal presentan principalmente elementos autóctonos (conchostráceos) en buen estado de preservación general y con mayor abundancia que los elementos considerados alóctonos (plantas, insectos, conchostráceos) al cuerpo de agua. Por otro lado, las facies deltaicas son portadoras mayormente de elementos considerados alóctonos (plantas, conchostráceos, peces, anfibio) al cuerpo del lago, con estados de preservación variados según las propiedades hidrológicas de los restos.

ABSTRACT

A sedimentologic and taphonomic study has been performed in the fluvio-lacustrine sequences (Chañares and Los Rastros formations) of the Ischigualasto-Villa Unión Basin. Three taphofacies has been recognized that characterize the taphonomic history of the exhumed material of Chañares Formation. Thus, a taphonomic model has been proposed with two pathways for the preservation of the fossils. One pathway includes the natural mortality within the Chañares ecosystem, and the other, a mass mortality event triggered by the volcanic context. In addition, twelve plant taphofacies, four invertebrate taphofacies and four vertebrate taphofacies have been recognized for Los Rastros Formation. On this base, a taphonomic model that characterizes the lacustrine-deltaic environment of Los Rastros has been developed. Thus, the distal lake facies present mainly autochthonous elements (conchostracans) in the well preservation and more abundance that the alochthonous elements (plant, insect, conchostracans) to water body. On the other hand, the deltaic facies are mainly bearer of allochthonous elements (plant, conchostracans, fish, amphibian) to lake body with varied preservation according to the hydrological characteristic of the material.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a aquellas personas que me acompañaron en el trabajo, tanto de campo como de laboratorio, y que pusieron el hombro, sus conocimientos y mucha paciencia para ayudarme en la difícil tarea de formarme como profesional. Entre esas personas se encuentran mi directora la Dra. Claudia Marsicano, mi gran amigo el Dr. Alberto Caselli, mi gran amiga la Lic. Silvia Barredo, mis amigas y compañeras del laboratorio Lic. Julia Desojo, Lic. Susana Breglia, Lic. Laura Nicoli, Lic. Nadia Domnanovich y Paula Muzzoppapa, la jefa del lab. Dra. Ana María Báez, la gente de paleo: Dra. Cecilia Laprida, Dra. Beatriz Aguirre Urreta, Dr. Darío Lazo, Lic. Marcela Cichowolski, Lic. Debora Rodríguez, Lic. Cecilia Rodríguez Amenábar y Dr. Guillermo Ottone; al Dr. Ricardo Palma, Dr. Oscar Limarino, Lic. Patricia Cicholi, Lic. Ana Tedezco, Dra. Silvia Lanés, Dr. Pablo Pazos y el resto de la gente de sedi, al Dr. Oscar Gallego, Dra. Adriana López Albarello, Lic. Andrea Arccuci, Dr. Diego Pol.

En segundo lugar quiero agradecer a todos los que de alguna forma participaron y dieron luz al camino que transité en mi formación, tanto en este trabajo como en el resto de mi carrera. Es imposible nombrar a tantas personas ya que se encuentran aquí incluidas desde los profesionales, los buenos, por aportar eficientemente sus conocimientos y los malos, por mostrarme lo que no quiero ser, hasta mis compañeros y amigos.

En el aspecto humano quiero agradecer muy especialmente a mi esposo Tomás por haberme apoyado y ayudado en los tramos más difíciles de este trabajo. Asimismo quiero recordar y agradecer a mi familia, por las veces que me

facilitaron las cosas y las veces que me las complicaron ya que de esa forma me prepararon para enfrentarme a este mundo. En forma particular quiero agradecer a mi tía por ser una persona muy especial la cual me da siempre mucha fuerza desde su oración y su aliento.

En forma muy especial quiero agradecer a los amigos, a los que conocí en el ambiente de la facultad y me alentaron a nunca bajar la guardia y seguir siempre adelante, en forma especial a Diego Pol, Julián Faivovich, Ana Dogliotti, Silvina de Valais, Valeria Berler, Valeria Hey, Valeria Pérez Loinaze, Maria Jose Cerviño, Lara Lopardo, Ignacio Demarco, Lorena Benseñor, Andrea Dugour, Vero Zaldivar, Vale Ruiz Moreno, Sebastián Lotito, Sebastián Laría, Amancay Martínez, Vero Boggie, Federico Bottesi, Hernan Greco, Paula Tondi, Javier Martínez y a todos los que me estoy olvidando en este momento. También quiero agradecer a los amigos que hice en otros ámbitos y me acompañaron en forma especial en este camino.

En el aspecto académico quiero agradecer muy especialmente a mis directores Dra. Claudia Marsicano y Dr. Ricardo Palma por el tiempo, paciencia y dedicación brindada para mi formación profesional.

Por último es indispensable aclarar que este trabajo fue parcialmente financiado por PIP CONICET 0535 (Lic. Andrea Arcucci), UBACyT (Dra. Ana María Báez), The Jurassic Foundation (Lic. Adriana Mancuso), PIP CONICET 02228 (Dr. Guillermo Ottone).

INTRODUCCIÓN

Los ambientes lacustres brindan importante información paleoclimática dado que son sistemas particularmente sensibles a los cambios ambientales, y en general, presentan un alto grado de variación vertical y de preservación de su contenido fósil (Reading y Levell 1996). Como consecuencia de ello las secuencias lacustres constituyen un ámbito inmejorable para realizar análisis paleobiológicos, sedimentológicos y tafonómicos que provean los criterios esenciales para dilucidar la historia tafonómica del sistema y así poder reconstruir la dinámica de la asociación biótica original y su contexto sedimentario.

Con el propósito de investigar estas variables, se han elegido para el presente trabajo de tesis las formaciones Chañares, Ischichuca y Los Rastros, que poseen un importante desarrollo areal, temporal y contenido fosilífero, tanto florístico como faunístico.

Los fósiles fueron históricamente utilizados para realizar, entre otras, inferencias paleoecológicas, bioestratigráficas y macroevolutivas, aunque presentan un importante sesgo a la hora de realizar dichas inferencias. Es bien conocida la pérdida de información que ocurre en el pasaje de los restos de los organismos de la biósfera a la litósfera (Efremov 1940), lo que no nos permite hacer, en el caso de estudios paleoecológicos, correlaciones directas entre la asociación fósil estudiada y la comunidad original.

Los procesos tafonómicos que afectan a los organismos varían en los diferentes ambientes, por lo cual tendremos en general patrones de variables tafonómicas característicos para diferentes conjuntos de condiciones del medio

(Behrensmeyer 1991). De esta forma, la información tafonómica brinda criterios esenciales para resolver diversos problemas de índole paleobiológica y geológica. Entre ellos se encuentran los relacionados con los sesgos paleoecológicos, las interpretaciones paleoambientales, la reconstrucción de la evolución sedimentaria desde la escala de banco a la de toda la cuenca, la identificación de hiatos estratigráficos y la falta de registro, y mezcla diacrónica que afectan tanto al ámbito evolutivo de las especies como al bioestratigráfico (Behrensmeyer y Kidwell 1993).

La historia tafonómica es la base para acceder a la información biológica y ecológica contenida en los fósiles y su contexto sedimentario. El estudio tafonómico considera todos los procesos físicos, químicos y biológicos que afectan a un organismo y determinan su historia post-mortem, como pueden ser las características relacionadas con la acumulación y asociación fósil, el afloramiento, y las modificaciones presentes en los fósiles en sí. Toda esta información tiene un punto de contacto con el ambiente depositacional que influye sobre el registro ya que el sitio ecológico presenta un fuerte control sobre el potencial de preservación (probabilidad de interrumpir el ciclo natural y permanecer en el registro fósil) de los restos de los organismos y sobre la causa de su mortalidad (Behrensmeyer 1991).

El objetivo del presente estudio no sólo fue el de enriquecer el conocimiento paleontológico de las unidades en cuestión, sino además el de interpretar tafonómicamente las asociaciones fósiles registradas de acuerdo a la importancia relativa de los procesos biológicos, sedimentológicos y diagenéticos involucrados en su formación.

Sobre la base de la información obtenida, se ha tratado de reconstruir las características biológicas y ecológicas de las asociaciones bióticas originales, y su ambiente depositacional con el fin de elaborar un modelo tafonómico representativo para la sucesión estudiada, de acuerdo a lo propuesto por Seilacher *et al.* (1985), Brett y Baird (1986), Behrensmeyer (1991) y Spicer (1991), entre otros. Las condiciones paleoecológicas y tafonómicas variaron a través del tiempo en dichos sistemas muy probablemente relacionadas a cambios climáticos y tectónicos que afectaron a la cuenca durante su depositación. Finalmente y como resultado de los estudios llevados a cabo en esta tesis, se propone una hipótesis sobre cómo fue la evolución de los sistemas fluvio-lacustres durante el Triásico Medio en la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión.

MARCO GEOLÓGICO

Una serie de depocentros alargados con orientación NNW-SSE se desarrollaron a lo largo de la margen occidental del sur de América del Sur, durante el período extensional pre-ruptura de la Pangea en el Pérmico Tardío-Triásico Temprano (Uliana y Biddle 1988) (Figura 1). Entre ellos, en el noroeste argentino a lo largo del límite entre las provincias de San Juan y La Rioja se encuentra ubicada la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión. El relleno sedimentario de la cuenca alcanza espesores que varían entre 2000 y 6000 m de depósitos aluviales, fluviales y lacustres de edad triásica (Stipanovic y Bonaparte 1972, 1979; Stipanovic 2002). Sus afloramientos se extienden en una depresión topográfica encuadrada por las sierras de Villa Unión, Famatina, Sañogasta, Vilgo y Valle Fértil (Bodenbender 1911; Groeber y Stipanovic 1953; Stipanovic y Bonaparte 1972, 1979; Milana y Alcober 1995).

La contribución realizada por Bodenbender (1911), en la que se describe la secuencia sedimentaria en las cercanías del Cerro Morado, se considera como el primer aporte concreto realizado sobre la cuenca y sus sedimentitas. En décadas posteriores, Frenguelli (1944a, 1948) aportó una visión más completa y regional de su denominada "Cuenca Ischigualasto-Ischichuca". Este autor, junto con Ramaccioni (en Frenguelli 1944a), dividió a la secuencia en varias unidades informales que denominó "Estratos de Ischichuca", "Estratos de Los Rastros", "Estratos de Ischigualasto", y "Estratos de Gualo". En los años siguientes numerosos trabajos, tanto específicos como de síntesis, continuaron enriqueciendo el conocimiento de la cuenca. Así, de la Mota (1946), Groeber y Stipanovic (1953),

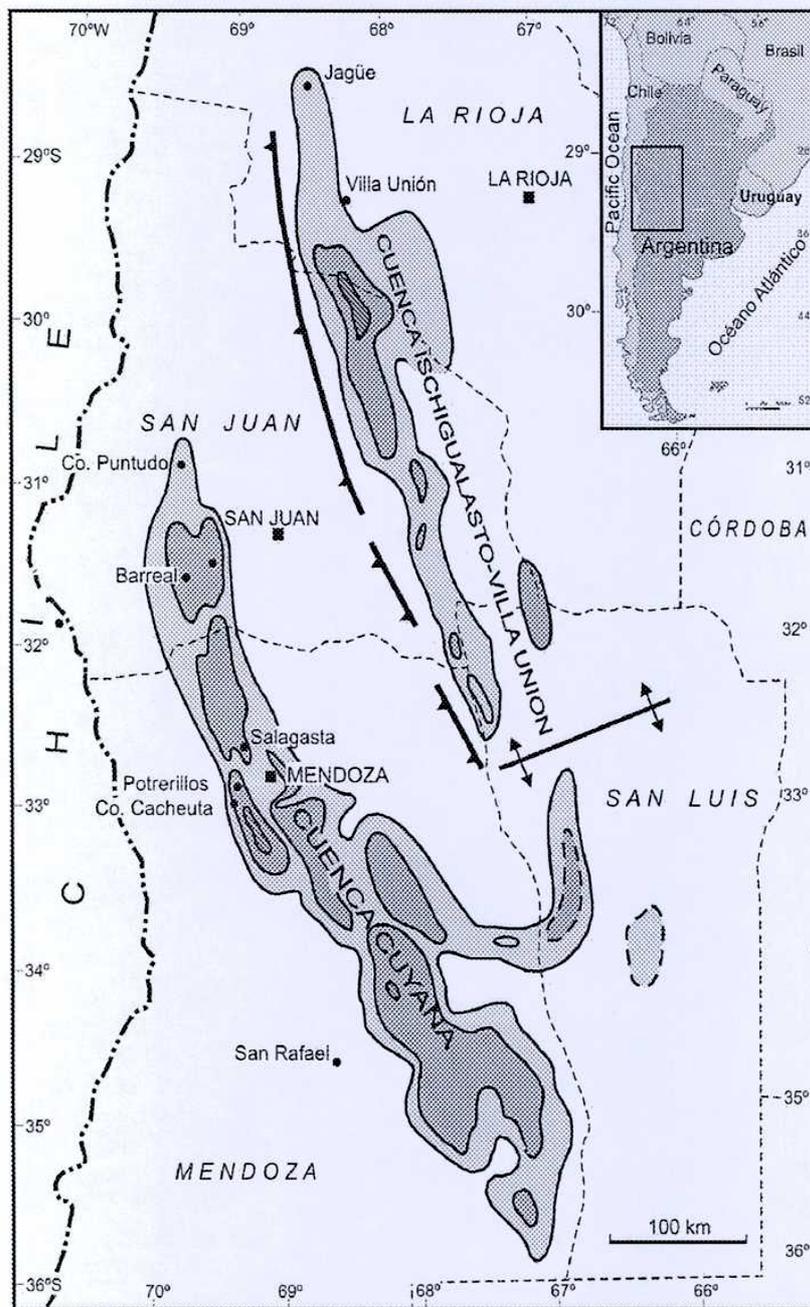


Figura 1: Reconstrucción paleogeográfica de las cuencas triásicas del noroeste argentino. Modificado de Stipanovic y Marsicano (2002).

Romer y Jensen (1966) y Bossi (1971), entre otros, clarificaron la estratigrafía de la secuencia triásica dividiéndola en las formaciones Talampaya y Tarjados (Romer y Jensen 1966), y el Grupo Agua de la Peña (Bossi 1971). Desde un punto de vista paleontológico se destacan los trabajos de von Huene (1931), Cabrera (1944), Frenguelli (1945, 1948), Romer (1967, 1969, 1971a, b, c, 1972a, b, c, 1973a, b) y Bonaparte (1969a, b, 1973, 1979, 1997).

En los últimos años se destacan trabajos sobre la evolución sedimentaria de la cuenca desde el punto de vista secuencial (Kokogian *et al.* 1987; López Gamundí *et al.* 1989), como también esquemas tectosedimentarios (Milana y Alcober 1994). Numerosas son las contribuciones específicas sobre la sedimentología de las formaciones Los Rastros (Milana 1999) y Los Colorados (Caselli *et al.* 2001), y dataciones absolutas de los niveles basales de la Formación Ischigualasto (Rogers *et al.* 1993). Recientemente, y con respecto al conocimiento paleontológico del Grupo Agua de la Peña, varios trabajos han aportado al tema nuevos datos, particularmente faunísticos, de la sucesión (Arcucci 1991; Arcucci y Coria 1998; Arcucci y Marsicano 1998; Arcucci *et al.* 1995, en prensa; Bonaparte 1997; Gallego 1992, 1997, 1999; Mancuso 2003; Marsicano *et al.* 2004; Martins-Neto *et al.* en prensa; Rogers *et al.* 1993, 2001; Rougier *et al.* 1995).

El grupo Agua de la Peña (Bossi 1971) esta conformado de abajo hacia arriba por las formaciones Chañares (Romer y Jensen 1966), Los Rastros (Frenguelli 1944a; Ortiz 1968), Ischigualasto (Frenguelli 1944a; Stipanovic 1969) y Los Colorados (Groeber y Stipanovic 1953; Stipanovic 1969) (Figura 2).

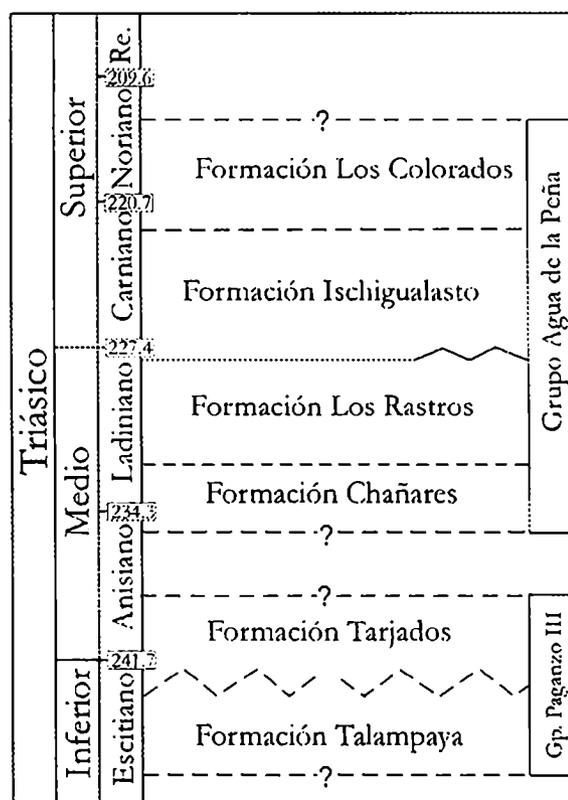


Figura 2: Cuadro estratigráfico de la sucesión triásica de la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión. Modificado de Rogers *et al.* (2001). La escala de tiempo triásica fue tomada de Gradstein *et al.* (1995).

Algunos autores (Bossi 1971, Stipanovic y Bonaparte 1972, 1979) han considerado a los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli (1944a, 1948) como una quinta unidad ubicada entre la Formación Chañares y la Formación Los Rastros. Sin embargo, la definición de esta unidad es confusa y no hay un acuerdo general sobre sus límites y distribución areal (Frenguelli 1944a, 1948; Ortiz 1968; Stipanovic 1969; Mozetic 1974). Más aún la unidad nunca fue formalmente definida ni jerarquizada por lo que su validez es dudosa. En el presente trabajo de tesis se ha

considerado a la sección inferior de los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli (1944a, 1948) como facies laterales que corresponden de la Formación Chañares y a la sección media y superior como parte de la Formación Los Rastros, de forma similar a lo propuesto con anterioridad por Mozetic (1974). Una discusión mas amplia sobre el tema se desarrollará en el capítulo SEDIMENTOLOGÍA.

La secuencia triásica apoya en discordancia sobre sedimentitas del Paleozoico superior (Grupo Paganzo). En la base, los *red beds* de las formaciones Talampaya y Tarjados constituyen el relleno inicial de la cuenca y están dominadas por areniscas de color rojo pálido, depositadas por sistemas de abanicos aluviales que evolucionaron a sistemas fluviales efímeros (López Gamundí *et al.* 1989; Caselli 1998). Hacia arriba y en contacto discordante se apoyan las areniscas y limo-arcillitas tufáceas fluvio-lacustres de la Formación Chañares (Bossi 1970; Mozetic 1974; Rogers *et al.* 2001). Sobreyacen a ésta última, en concordancia, las sedimentitas de la Formación Los Rastros que han sido consideradas como depositadas por sistemas lacustre-deltaicos.

López Gamundí *et al.* (1989) proponen que los “Estratos de Ischichuca” y la Formación Los Rastros representan diferentes situaciones paleogeográficas de un mismo sistema depositacional, mientras que Milana y Alcober (1994) consideran que ambas unidades pertenecen a diferentes eventos tectosedimentarios. Esta interpretación, asigna los “Estratos de Ischichuca” a la etapa de *synrift* y la Formación Los Rastros a la etapa de *postrift*. Asimismo, algunos autores (e.g. Milana 1999; Kokogian *et al.* 2001; Rogers *et al.* 2001) consideran que los “Estratos de Ischichuca” incluyen solo a los espesos bancos de pelitas negras y a los depósitos distales y medios del frente deltaico. Por su parte, la Formación Los Rastros

incluiría la secuencia progradacional de los cuerpos de areniscas canalizados y no canalizados de las barras de desembocadura, canales distributarios y mantos de carbón de las bahías interdistributarias. El pasaje entre las formaciones Los Rastros e Ischigualasto está marcado por un banco denominado “Conglomerado de la Peña” que fue reconocido principalmente en las áreas cercanas a la Hoyada de Ischigualasto (Mozetic 1974; Milana y Alcober 1994; Milana 1999). La secuencia continúa con las tobas, tufitas, areniscas finas y limo-arcillitas de la Formación Ischigualasto, depositadas por un sistema fluvial de moderada a baja energía (Stipanivic y Bonaparte 1972, 1979; Rogers *et al.* 1993; Bonaparte 1997). Finalmente la secuencia triásica culmina con las areniscas y limo-arcillitas rojizas intercaladas *red beds* de la Formación Los Colorados. Algunos autores proponen que las sedimentitas de la Formación Los Colorados representan un sistema fluvial con planicies de inundación (Bossi 1971; Stipanivic y Bonaparte 1979; Caselli *et al.* 2001), mientras que otros (López Gamundí *et al.* 1989; Cladera *et al.* 1998), un sistema fluvial efímero con intercalaciones de cuerpos arenosos eólicos. Una discontinuidad regional (discordancia erosiva) separa las sedimentitas triásicas de la Formación Cerro Rajado, de supuesta edad cretácica (Bossi 1977; Stipanivic y Bonaparte 1979).

Contenido paleontológico

Las unidades medio-superiores de la secuencia triásica son las más importantes en abundancia y diversidad en su contenido paleontológico. En la Formación Talampaya solo se han documentado icnitas de tetrápodos que fueron asignadas al icnogénero *Chirotherium* (Stipanivic y Bonaparte 1972, 1979).

También es muy escaso el contenido paleontológico de la Formación Tarjados para la cual solo se han mencionado restos de bivalvos y de dicinodontes kannemeyéridos (Romer 1966; Romer y Jensen 1966; Bonaparte 1997).

El contenido paleontológico del Grupo Agua de la Peña es mucho más abundante y diverso. Los “Estratos de Ischichuca” contienen elementos de la “Flora de tipo *Dicroidium*”, que se registra en los niveles medios de la unidad, como *Dicroidium*, *Zuberia*, *Johstonia*, *Xylopteris*, *Neocalamites* y *Yabeiella*, entre otros (Groeber y Stipanivic 1953; Stipanivic y Bonaparte 1972, 1979; Stipanivic y Marsicano 2002). La Formación Los Rastros contiene el registro florístico más diverso y abundante del Grupo Agua de la Peña, con alrededor de 30 taxones. Las coristospermas (e. g. *Dicroidium*, *Zuberia*, *Johstonia*, *Xylopteris* y *Rhexoxylon*) continúan dominando la megafloora, al igual que en los “Estratos de Ischichuca”, pero aparecen asociadas con las filicíneas (*Cladophebis*) y las articuladas (*Equisetites*, *Neocalamites* y *Phyllothea*), entre otras (Frenguelli 1942a, b, c, 1943, 1944b, c, d, e, f, 1948; Groeber y Stipanivic 1953; Stipanivic 1957, 1969, 1983; Stipanivic y Bonaparte 1972, 1979; Stipanivic y Marsicano 2002).

En la Formación Ischigualasto la megafloora esta tipificada por numerosos taxones de la “Flora de tipo *Dicroidium*”, al igual que la unidad infrayacente (Archangelsky 1968; Archangelsky y Brett 1961, 1963; Bonetti 1966; Frenguelli 1943, 1948, 1950; Groeber y Stipanivic 1953; Stipanivic y Marsicano 2002). Sin embargo, en la Formación Los Colorados el registro se encuentra limitado a troncos de *Araucarites* y *Rhexoxylon* junto con escasas impresiones de frondes de *Cladophebis*? (Stipanivic y Bonaparte 1979; Bonaparte 1997; Stipanivic y Marsicano 2002).

La microflora de las unidades del Grupo Agua de la Peña (Bossi 1971) es muy abundante. Herbst (1965, 1970, 1972) ha realizado numerosas descripciones de diversos elementos de la microflora de la Formación Los Rastros, como por ejemplo polen monoaperturado y esporas triletes, a lo largo de toda la secuencia para diferentes localidades abarcando así toda la cuenca. Por su parte, Yrigoyen y Stover (1970) realizaron un extenso estudio regional de las cuencas triásicas, en el que incluyeron entre otras, a las formaciones Los Rastros e Ischigualasto. La microflora coleccionada de los niveles de la Formación Los Rastros ha sido asignada como Asociación M2 caracterizada por la aparición conjunta de *Aratrisporites* sp. 2 y *Aratrisporites* sp. 3. El registro microflorístico de la Formación Ischigualasto ha sido asignado a la Asociación M1 que esta caracterizada por polen de *Cycadaceas* y esporas triletes como *Leiotriletes*, *Lophotriletes* entre otras (Yrigoyen y Stover 1970). Zavattieri y Melchor (1999) reconocieron en la microflora exhumada de los "Estratos de Ischichuca" la asociación denominada "Microflora de Ipswich", la cual fue originalmente descrita por Dolby y Balme (1976) en Australia para Gondwana Meridional. Posteriormente, Zavattieri y Milana (2000) realizaron una zonación palinológica de la Formación Ischigualasto y hallaron numerosos elementos hasta el momento no registrados para el Triásico de Argentina. Nuevos muestreos palinológicos sistemáticos realizados en la Formación Los Rastros indican la presencia de una flora equivalente a la "Microflora de Ipswich" (Mancuso 1999; Ottone *et al.* en prensa) que ya fuera descrita por Zavattieri y Batten (1996) para las formaciones Las Cabras, Potrerillos, Cacheuta, Santa Clara Arriba, Los Rastros y Cerro Puntudo.

La fauna de invertebrados de la secuencia triásica incluye crustáceos (Conchóstraca, Ostrácoda), insectos (e.g. Coleóptera, Blattóptera) y moluscos (Pelecípoda). En los “Estratos de Ischichuca” se han documentado conchostrácos (Gallego y Melchor 2000) e insectos (Martins-Neto y Gallego 2001). Mientras que la Formación Los Rastros incluye conchóstracos (Gallego 1992, 1997, 1999; Mancuso 1999; Mancuso y Gallego 2000), insectos (Gallego 1996, 1997; Gallego y Martins-Neto 1999; Mancuso 1999; Mancuso y Gallego 2000; Martins-Neto y Gallego 1997, 1998, 1999; Martins-Neto *et al.* en prensa) y pelecípodos (Frenguelli 1945). El registro de la Formación Ischigualasto está hasta el momento restringido a pelecípodos (Frenguelli 1945).

La rica fauna de vertebrados exhumada del Grupo Agua de la Peña está principalmente representada por tetrápodos registrados en su amplia mayoría en las formaciones Chañares, Ischigualasto y Los Colorados. La fauna de “Los Chañares” incluye tres taxones de sinápsidos eucinodontes, cuatro taxones de sinápsidos dicinodontes y nueve taxones de arcosaurios, incluyendo “precursores” de los dinosaurios (Romer y Jensen 1966; Romer 1967, 1969, 1971a, b, c, 1972a, b, c, 1973a, b; Cox 1968; Bonaparte 1969b, 1971, 1973, 1979; Romer y Lewis 1973; Arcucci 1991; Arcucci y Marsicano 1998; Rogers *et al.* 2001). En lo que respecta a los vertebrados de la Formación Los Rastros, el registro está acotado a unos pocos restos de peces actinopterigios (Cabrera 1944; Frenguelli 1944a, 1948; Foster *et al.* 1995; Arcucci *et al.* 2002; Mancuso 2003); un único ejemplar de anfibio temnospóndilo (Contreras *et al.* 1997; Mancuso 2002) y diversas icnitas de tetrápodos (von Huene 1931; Stipanovic y Bonaparte 1979; Arcucci *et al.* 1995; Marsicano *et al.* 2004).

La fauna de vertebrados de la Formación Ischigualasto es singular, no sólo por su abundancia y diversidad, sino también por documentar la aparición y diversificación de los dinosaurios (Serenó y Arcucci 1993, 1994; Sereno y Novas 1993; Sereno *et al.* 1993). Esta fauna está dominada por reptiles terápsidos (dicinodontes y cinodontes) y arcosaurios basales los cuales están acompañados, en menor medida, por temnospóndilos chigutisáuridos y capitosáuridos, rincosaurios, y dinosaurios (Cabrera 1943, 1944; Reig 1959, 1961, 1963; Casamiquela 1960, 1967; Bonaparte 1963a, b, c, 1966, 1970, 1975, 1997; Cox 1965; Sill 1967, 1971; Romer 1973a; Novas 1987).

Los vertebrados de la Formación Los Colorados muestran un gran cambio en relación con la unidad infrayacente, advirtiéndose que los “reptiles mamiferoides” pierden protagonismos dando lugar a los arcosaurios. Estos presentan una gran variedad taxonómica incluyendo tanto formas carnívoras como herbívoras, bípedas y cuadrúpedas, con un amplio rango de tamaños. Los herbívoros están representados por arcosaurios basales (aetosaurios) y dinosaurios (prosauropodos), en tanto que los carnívoros lo están por arcosaurios basales (cocodrilomorfos) y dinosaurios terópodos. Con una diversidad significativamente menor, también se conocen restos de terápsidos (cinodontes y dicinodontes) y quelonios. El registro de tetrápodos de la Formación Los Colorados incluye una serie de icnitas asignadas a cinodontes indeterminados y a arcosaurios basales respectivamente (Bonaparte 1997; Arcucci *et al.* en prensa).

LA TAFONOMÍA

Desarrollo y Aportes

La tafonomía es la ciencia de las leyes de los procesos de fosilización y de la formación de los yacimientos de fósiles. Más aún, es el estudio de la transición de los restos orgánicos de la biosfera a la litosfera o al registro geológico (Efremov 1940). De esta forma, la tafonomía se centraliza en el estudio de los procesos sufridos por un resto orgánico desde su muerte o desvinculación del productor pasando por las etapas de pre- y post-entierro y hasta la exhumación definitiva (Figura 3).

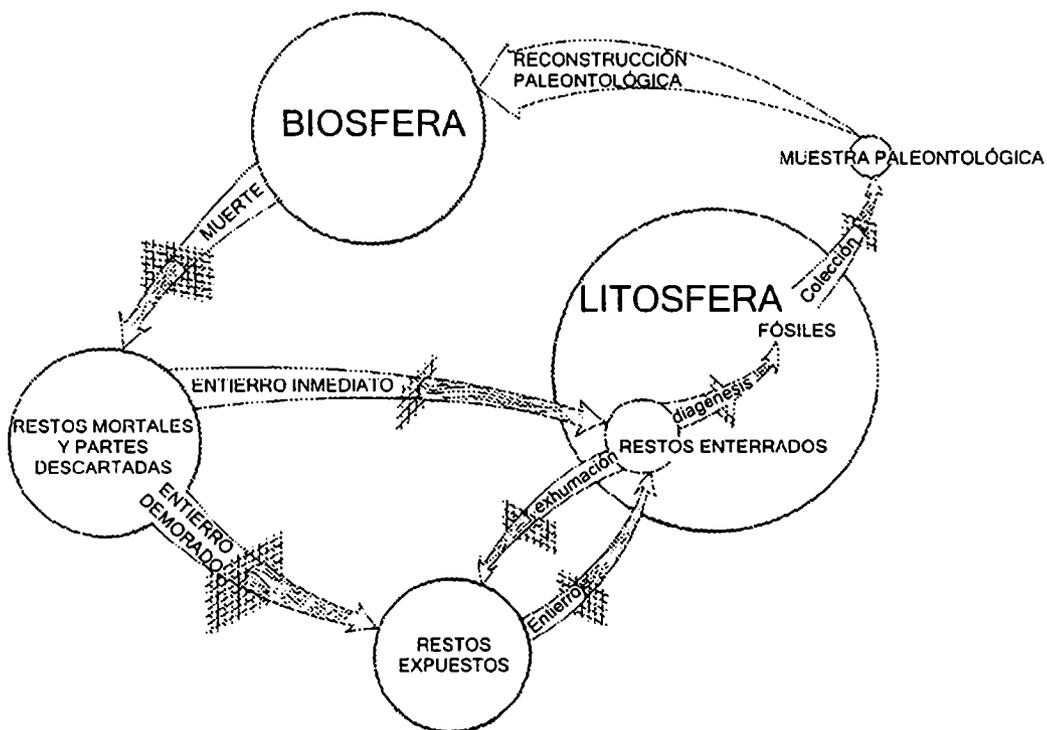


Figura 3: Diagrama de circulación de los restos orgánicos. Tomado de Behrensmeier y Kidwell (1995).

La tafonomía considerada de esta forma fue definida formalmente por Efremov (1940). Sin embargo, existen menciones de carácter tafonómico desde hace varios siglos. Se considera como el primer registro de análisis tafonómicos a los realizados por Leonardo da Vinci (1452- 1519) quien utilizó sus observaciones sobre la vida y muerte de bivalvos para hacer inferencias sobre los fósiles hallados cerca de las montañas (Martin 1999). De esta forma, numerosos científicos en los siglos XV, XVI y XVII (e.g. Cuvier, Gressly, Steno, Hooke) llevaron a cabo diversos estudios tafonómicos antes de su definición formal (Martin 1999). A fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX, se registra un importante desarrollo de esta ciencia por parte de los paleontólogos alemanes, quienes interpretaban a los concentrados fósiles en base a los procesos que operan post-mortem en los ambientes modernos. Entre otros, Walther (1904) estudió el Solnhofen Jurásico, mientras que Abel (1912, 1927, 1935) realizó los primeros aportes sobre fósiles del Lagerstätten (Martin 1999).

Sin embargo, el primer estudio bien documentado de la historia sedimentaria de los fósiles fue realizado por Weigelt (1927). Desafortunadamente, este trabajo fue desconocido por mucho tiempo en otros países debido a dificultades lingüísticas y políticas bien conocidas para las primeras décadas del siglo XX. Los primeros trabajos tafonómicos fueron principalmente interpretaciones paleoambientales y con una fuerte relación con el actualismo, situación que generó rechazo por lo controvertido del método. Se han utilizado las observaciones sobre los procesos actuales en acción para definir y postular relaciones causales entre dichos procesos y sus efectos estáticos. Sin embargo, algunos autores consideran que la utilización de estas observaciones genera en su

aplicación al registro geológico una burda imitación de las condiciones actuales (Lee Lyman 1994).

Efremov (1940) propuso por primera vez un método para controlar las reconstrucciones sobre una base evolutiva, teniendo en cuenta procesos necrológicos, bioestratinómicos y diagenéticos que alteran la preservación de los organismos fósiles. Asimismo, reconoció diferentes escalas de sesgos que afectan desde el nivel de taxón a niveles de escala continental.

El interés en los problemas tafonómicos fue creciendo y en las décadas del '50 y '60 se registran numerosos trabajos tafonómicos de variados temas, por ejemplo, los vertebrados pérmicos (Olson 1952, 1958), los invertebrados marinos (Johnson 1957, 1960, 1962), la pérdida de información en comunidades fósiles marinas (Lawrence 1968) y la paleoecología de vertebrados oligocenos (Clark *et al.* 1967), y experiencias de transporte de huesos y asociaciones de vertebrados pliocenos (Voorhies 1969). De esta forma, se consideró a la tafonomía como un requisito indispensable para las interpretaciones paleoecológicas.

Seilacher y su grupo de trabajo en la década del '70 (e.g. Seilacher 1970, 1976) fueron los responsables del amplio desarrollo de la tafonomía en Europa y de una fuerte influencia en los Estados Unidos, por lo cual el interés se extendió a las áreas de la estratigrafía y la sedimentología. En décadas posteriores, la tafonomía se ha consolidado, convirtiéndose en una disciplina estructurada e independiente, que no sólo evalúa la pérdida de información sufrida sino que aporta conocimientos de fundamental importancia para resolver diversos problemas geológicos (e.g. dinámica ambiental, contexto geotectónico) y de índole

paleobiológica (e.g. patrones de especiación, extinciones, paleobiogeografía) (Behrensmeyer y Kidwell 1985; Martin 1999).

La evolución de estos conocimientos registra, en las últimas décadas, un amplio desarrollo de estudios tafonómicos a nivel mundial, tanto en ambientes marinos como continentales y prácticamente en toda la columna estratigráfica, como lo evidencian los artículos de Plotnick 1986, Wilson 1988, 1996, Rogers 1990, Behrensmeyer 1991, Spicer 1991, Behrensmeyer *et al.* 1992, Kidwell y Behrensmeyer 1993, Smith 1993, Brett y Baird 1997, Coombs y Coombs 1997, Briggs *et al.* 1998, Martin *et al.* 1999, entre muchos otros.

Particularmente en Argentina, los estudios tafonómicos son escasos y se restringen principalmente a análisis de concentraciones de fósiles marinos de diferentes edades. Mángano y Buatois (1992) realizaron el análisis de las concentraciones fósiles del Ordovícico del Sistema del Famatina. Farinati y Zavala (1995) y de Francesco y Zárate (1998, 2000) estudiaron las concentraciones de moluscos holocenos del Río Quequen Salado, provincia de Buenos Aires, mientras que Aguirre y Farinati (1999) y Farinati *et al.* (2002) abordaron estudios sobre los moluscos holocenos de la costa de Bahía Blanca.

Espona y Palma (1996), Lanés (1996, 1998, 2002), Palma y Lanés (1998), Palma *et al.* (1998) realizaron aportes sobre la tafonomía de las concentraciones de invertebrados marinos en las formaciones Chachao (Valanginiano) y Puesto Araya (Pliensbachiano) de la provincia de Mendoza. Más recientemente se estudiaron tafonómicamente las concentraciones en las sedimentitas marino marginales a someras de la Formación San Julián, Paleógeno de Patagonia (Parras y Casadío 2002 a, b) y en las calizas de la Formación San Juan en localidades de Precordillera

(Cech y Carrera 2002). Una tesis doctoral reciente incluye un exhaustivo análisis tafonómico de moluscos marinos en la sucesión marina de la Formación Agrio, Cretácico de Neuquén (Lazo 2004).

Los estudios tafonómicos en secuencias continentales son aún más escasos. Existen algunos trabajos preliminares con restos vegetales (Poiré *et al.* 2000; Cladera *et al.* 2002), con palinomorfos (Llorens y Cladera 2002), de dinosaurios cretácicos (Cladera *et al.* 2000), y de faunas de vertebrados terciarias (Montalvo 2000; Zarate *et al.* 2000; Borrero 2002).

Particularmente, en el Triásico los únicos antecedentes son un trabajo reciente tafonómico-ambiental para la Formación Chañares (Rogers *et al.* 2001). Es importante destacar que ninguno de los trabajos realizados hasta el momento incluye un análisis integral de toda la biota registrada en las secuencias estudiadas. De esta forma, esta tesis y sus trabajos relacionados (Mancuso 2003) constituyen el primer análisis integral realizado sobre una biota en secuencia continental, en Argentina.

Marco Teórico

Se distinguen dos etapas en los procesos de fosilización, considerando al enterramiento el límite entre ambas. Una de ellas corresponde a la bioestratinomía, que considera las modificaciones experimentadas por los restos orgánicos desde su producción biogénica hasta su enterramiento. En tanto que la otra etapa corresponde a la fosildiagénesis que involucra los procesos post-enterramiento experimentados por los restos.

La sucesión de agentes y procesos tafonómicos que han afectado a los restos orgánicos constituyen la historia tafonómica. Sin embargo, es importante destacar que la historia tafonómica no necesariamente incluye ambas etapas definidas para el proceso de fosilización, sino que también puede incluir, por ejemplo, las producciones biogénicas que han tenido lugar en el interior de los sedimentos, y que no han experimentado los procesos de la etapa bioestratinómica.

La historia tafonómica es la base para acceder a la información biológica y ecológica contenida en los fósiles y su contexto sedimentario. El estudio tafonómico considera todos los procesos físicos, químicos y biológicos (agentes y procesos tafonómicos) que afectan a un organismo y determinan su historia post-mortem, como pueden ser las características relacionadas con la acumulación y asociación fósil, calidad del afloramiento, y las modificaciones entre fósiles. Todo este conjunto de información tiene un punto de contacto con el ambiente depositacional que influye sobre el registro, ya que el sitio ecológico presenta un fuerte control sobre el potencial de preservación de los restos de los organismos y sobre la causa de su mortalidad (Behrensmeyer 1991).

Es importante recordar que se considera como agente tafonómico al origen de una fuerza que, aplicada, causa modificaciones inmediatas sobre una entidad. Este agente puede ser de origen físico, químico o biológico (gravedad, pH, organismos). El concepto de procesos tafonómicos incluye la acción dinámica de uno o varios agentes tafonómicos sobre una entidad, en tanto que, los rasgos tafonómicos son el resultado estático de un proceso tafonómico actuando sobre la entidad, por ejemplo, la modificación física y/o química de un resto corpóreo. De esta forma se advierte que los estudios tafonómicos identifican y/o cuantifican los

rasgos tafonómicos, y así permiten identificar y/o cuantificar los procesos y agentes tafonómicos (físicos, químicos y biológicos) que afectan a un organismo y determinan de esta forma su historia tafonómica. Como se mencionó anteriormente, ésta es la base para acceder a la información biológica y ecológica contenida en los fósiles y su contexto sedimentario (Behrensmeyer 1991).

De esta forma, los procesos tafonómicos varían de ambiente en ambiente, y se pueden obtener patrones de variables tafonómicas característicos para diferentes conjunto de condiciones del medio (Behrensmeyer 1991). La información tafonómica ofrece herramientas para resolver diversos problemas paleobiológicos y geológicos (e.g. sesgos paleoecológicos, interpretaciones paleoambientales, reconstrucción de la evolución sedimentaria a la escala de banco o de toda la cuenca, identificación de hiatos estratigráficos y falta de registro, mezcla diacrónica) (Behrensmeyer y Kidwell 1993).

METODOLOGÍA

El contexto sedimentario influye sobre el registro, ya que el sitio ecológico presenta un fuerte control sobre el potencial de preservación de los restos de los organismos y sobre la causa de su mortalidad (Behrensmeyer 1991). De esta forma es imprescindible, a la hora de encarar un estudio tafonómico, realizar un detallado relevamiento de los datos sedimentológicos y el análisis de facies. Con tal fin, se realizó en primer lugar un reconocimiento foto-geológico preliminar de los afloramientos de las formaciones Chañares, "Ischichuca" y Los Rastros a nivel de toda la Cuenca, para la elección de las áreas de relevamiento y posterior estudio. En base a éste y la información bibliográfica recopilada se realizaron distintos viajes de campo a tres de las áreas donde los afloramientos presentan una excelente exposición, y donde se consideró que la sucesión Chañares-Los Rastros se encuentra representada con el conjunto de todas las facies que se desarrollaron durante su depositación: 1) área de Río Gualo y Río Chañares, 2) área de Aguada de Ischigualasto, Río del Peñón y Agua de la Peña, y 3) área de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca (Figura 4).

En cada localidad se levantaron varios perfiles sedimentológicos a escala 1:100, sin embargo para una clara exposición de los datos fueron dibujados 1:200. Sobre la base de los mismos se realizaron los análisis de facies y la interpretación de los ambientes depositacionales, tanto en un contexto general como también a nivel de sub-ambientes (Reading y Levell 1996).

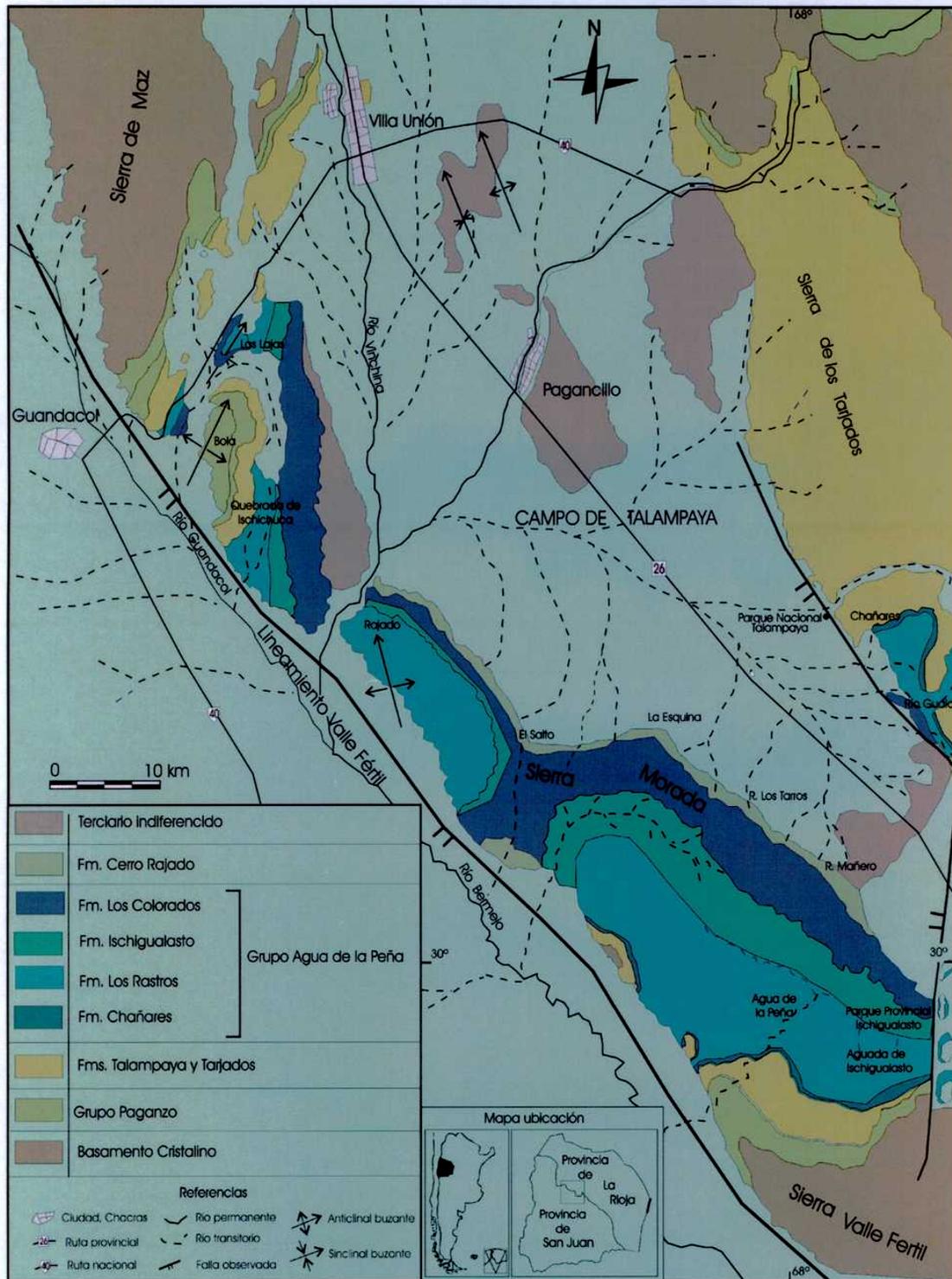


Figura 4: Mapa Geológico y de ubicación geográfica de la Cuenca Ischigualasto Villa-Unión. Modificado de Caselli 1998.

Conjuntamente con la recopilación de las características sedimentológicas se realizó una colección paleontológica sistemática y se relevaron los datos tafonómicos correspondientes. Con el fin de sistematizar la obtención de la información se confeccionaron planillas para volcar los atributos tafonómicos (Apéndice I). Las planillas están basadas en información obtenida a partir de la bibliografía analizada (Behrensmeyer 1991; Briggs *et al.* 1998; Plotnick 1986; Rogers 1994; Spicer 1991; Spicer y Wolfe 1987; Wilson 1996) y criterios propios de acuerdo a las características particulares de los restos analizados. Así, las características geológicas presentes en las planillas incluyen los rasgos espaciales de los bancos como espesor, extensión lateral, geometría interna, tipos de contactos y posición de las asociaciones fosilíferas en el contexto general de la secuencia. Mientras que las características paleobiológicas analizadas son: abundancia relativa, número de individuos, taxones presentes, además de la naturaleza de los elementos conservados (e.g. modo de preservación, modificaciones post-mortem (fracturas, quebraduras, abrasión, pulido, bioerosión), grado de desarticulación, orientación, distorsión mecánica, selección por forma y tamaño, partes preservadas, empaquetamiento de los restos).

Atributos Tafonómicos

Se ha tenido particular atención en la composición taxonómica de las muestras consideradas con el fin de dar una idea de la diversidad específica de los organismos preservados y asociados. Esta característica puede proveer evidencias de la historia tafonómica primaria de los organismos. Las acumulaciones fósiles pueden ser mono- o multi-específicas. Así, mientras las primeras podrían indicar

condiciones inusuales que produjeran la muerte y el entierro rápido de los organismos, las segundas son comunes en el registro y pueden representar un amplio rango de historias tafonómicas (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

El número mínimo de individuos es usado principalmente en acumulaciones de huesos de vertebrados, estimado en base al elemento esquelético único más común. Este número permite tener un acercamiento a la historia tafonómica del grupo de organismos que conforman la asociación. De esta forma, un grupo de individuos que se preservan juntos pueden representar eventos de muerte instantánea, acumulación sedimentaria de restos de diferentes orígenes, acumulación por tiempos largos en un sitio favorable de entierro, o la combinación de más de una de las opciones mencionadas (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

Los elementos que componen un esqueleto varían de tamaño, forma y densidad, consecuentemente ellos son afectados diferencialmente por los procesos tafonómicos. De esta forma, los elementos preservados constituyen un atributo interesante para analizar la selección de los diferentes agentes y procesos que ha sufrido una asociación a lo largo de su historia tafonómica (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

El modo de preservación de los restos da información sobre la composición química y estructura de los mismos y de las condiciones químicas del contexto sedimentario y ambiente diagenético en el que fueron soterrados (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

La paleoecología del grupo incluye el modo de vida, los hábitos de los organismos, el espectro de edades, y nos permite reconstruir la historia de la comunidad y de los procesos que afectaron a la misma. Un espectro casi completo de edades (adultos y juveniles asociados) podría indicar un evento catastrófico de muerte en la comunidad (Fernández López 2000).

El relleno sedimentario alojado en las cavidades de los restos brinda información de la energía del ambiente depositacional y de las condiciones del ambiente diagenético. Estas cavidades pueden ser rellenadas por partículas sedimentarias antes o después del soterramiento definitivo. El relleno puede ser el resultado de corrientes hidráulicas y otras fuerzas tractivas, independientes del objeto, como la acción gravitatoria o bioturbación (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

La estabilidad mecánica, la orientación y la inclinación de los elementos conservados son factores importantes en el proceso de relleno sedimentario antes y durante el soterramiento. Otros procesos adicionales que pueden producir el relleno de las cavidades son la infiltración gravitatoria antes y después del enterramiento, y la introducción del sedimento de la matriz por compactación debida a carga litostática durante la diagénesis temprana (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

Las modificaciones post-mortem reflejan de alguna forma las alteraciones sufridas por los restos, incluyen agrietamiento, marcas superficiales, abrasión, pulido, fractura (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000). Cada tipo de modificación evidencia procesos tafonómicos y pueden ser diagnóstico de agentes o procesos específicos. Por ejemplo, la abrasión suele ser resultado del impacto que

ejercen sobre los elementos las partículas transportadas por el agua o viento, o bien por rozamiento entre los propios elementos (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000). El agrietamiento y marcas superficiales tales como exfoliación pueden ser originados por prolongados períodos de exposición previa al entierro. Las marcas superficiales también pueden vincularse con procesos bioerosivos como carnivoría o pisoteo (Behrensmeyer 1991; Lee Lyman 1994; Fernández López 2000).

La bioerosión es la alteración tafonómica producida por agentes biológicos capaces de degradar a los restos mineralizados y los tejidos más resistentes, tanto por medios mecánicos como por sustancias químicas producidas por su metabolismo (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000). Los agentes causantes de bioerosión pueden ser algas, hongos y bacterias, esponjas, gusanos, moluscos, insectos y plantas (Fernández López 2000). Otros rasgos adicionales incluyen arañazos, estrías, rasguños, muescas y cortaduras por haber sido roídos, mordidos o masticados por vertebrados. La identificación paleoecológica de los organismos bioerosivos posibilita la interpretación de las condiciones paleoambientales en que tuvo lugar dicha fase de alteración tafonómica. Es importante recordar que los procesos de bioerosión son inhibidos en ambientes de alta tasa de sedimentación por enterramiento rápido (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

La disolución es una alteración tafonómica altamente selectiva en cuanto a la composición química y/o mineralógica, tamaño y microestructura de las partículas o fragmentos fósiles. La durabilidad de los elementos frente a la disolución está relacionada con la estabilidad de sus componentes minerales, del área superficial efectiva, y de otros factores como su microestructura, contenido de materia orgánica y permeabilidad (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000). La

disolución puede ocurrir en todas las etapas del proceso de fosilización. En efecto, los elementos conservados pueden ser disueltos durante la fase de Fosildiagénesis y después del enterramiento, si las aguas intersticiales están subsaturadas respecto a los componentes minerales, o durante la compactación de los materiales, cuando aumenta progresivamente la presión litostática y hay migración ascendente de fluidos intersticiales (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

La distorsión mecánica comprende cualquier cambio de tamaño, forma, estructura y/o textura de un elemento conservado debido a la actuación de algún esfuerzo mecánico. Los agentes actuantes pueden ser muy diversos, como los biológicos, la acción meteórica, la presión hidrostática, la compactación y descompactación litostática, entre otros (Fernández López 2000). Las principales evidencias de distorsión por agentes biológicos son tanto las fracturas y fisuras debidas a pisoteo, mordedura o masticación como perforaciones y fracturas que pueden ser relacionadas a mordeduras de diferentes organismos según las características que muestran (Fernández López 2000).

La acción meteórica en ambientes subaéreos esta relacionada con las variaciones de temperatura o la acción del hielo que pueden ocasionar agrietamiento, fracturación y descamación. La presión hidrostática ejerce un esfuerzo mecánico sobre los restos cuando se encuentran cerca de la interfase agua/sedimento en ambientes marinos profundos. La compactación y descompactación litostática genera esfuerzos unidireccionales con orientación vertical y perpendicular a la estratificación (Fernández López 2000).

El arreglo espacial de los restos en relación con el depósito y los planos de estratificación esta íntimamente relacionado con la presencia de agentes que los

disturban. El mapeo es esencial en un estudio tafonómico, e incluso se puede diagramar la variación espacial de diferentes atributos tafonómicos y proveer información adicional sobre la formación del sitio (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

La orientación de los restos puede reflejar procesos tafonómicos como corrientes de agua y pisoteo. Los diagramas de rosetas de las orientaciones de los restos permiten interpretar las orientaciones de las corrientes. Sin embargo es necesario tener en cuenta que la ausencia de patrones no necesariamente significa ausencia de transporte (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

Los procesos de biodegradación disolución y maceración favorecen la desarticulación de los diferentes componentes de los restos. El estado de articulación representa el grado de desconexión y separación de los diferentes componentes de un organismo. Se pueden reconocer cuatro estados: aislados y dispersos, asociados pero dispersos, desarticulados pero asociados y articulados (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000). Sobre la base de estas características, por ejemplo, la presencia de un esqueleto articulado puede ser considerada como indicador de enterramiento rápido o condiciones anóxicas del medio, que no permiten la acción de organismos carroñeros y bioturbadores. Sin embargo, el grado de desarticulación de los elementos no es necesariamente proporcional a la energía mecánica del medio de sedimentación (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

El grado de dispersión implica el desplazamiento y/o no preservación de algunos elementos del individuo, generando diferentes grados de integridad entre

los organismo conservados en una asociación (Behrensmeyer 1991; Fernández López 2000).

Los elementos de una asociación pueden estar distribuidos de distintas maneras y generar diferentes patrones de distribución, como distribución agrupada por formar agrupamientos, distribución uniforme u homogénea si están uniformemente dispersos, y distribución al azar (Fernández López 2000).

El estado mecánico de conservación de los elementos incluye la acumulación primaria y la resedimentación y reelaboración. El desplazamiento sobre el sustrato antes del enterramiento de elementos previamente acumulados se considera resedimentación, mientras que el desenterramiento y desplazamiento de los elementos se considera reelaboración (Fernández López 2000).

La mezcla temporal en una acumulación consiste en la incorporación de entidades de varias comunidades sucesivas durante el tiempo necesario para la sedimentación de la roca portadora (Behrensmeyer 1991; Martin 1999; Fernández López 2000). Los criterios que pueden ser utilizados para reconocer una mezcla temporal son la historia compleja de la acumulación, la mezcla de diferentes estados de preservación y la incompatibilidad ecológica de los grupos representados, entre otros (Behrensmeyer 1991; Martin 1999; Fernández López 2000).

El concepto de biofábrica incluye la densidad de acumulación, el empaquetamiento y la selección. La densidad de acumulación se considera como el número de los restos por unidad de superficie del banco considerado (Kidwell et al. 1986; Kidwell y Holland 1991). El empaquetamiento es el grado de contacto entre los bioclastos, y su estimación visual esta en función de la forma, orientación y abundancia volumétrica de los restos. Los grados reconocidos son densamente

empaquetado (bioclasto-soportado), moderadamente empaquetado (matriz-soportado y los bioclastos están asociados) y disperso (matriz-soportado y los bioclastos están separados entre si) (Kidwell et al. 1986; Kidwell y Holland 1991). La selección es analizada por la forma y tamaño de los elementos, así la acumulación puede ser bien seleccionada, moderadamente seleccionada o pobremente seleccionada (Kidwell et al. 1986; Kidwell y Holland 1991).

Los materiales vegetales exhumados de los niveles de la Formación Los Rastros fueron analizados según los siguientes atributos tafonómicos: los taxones, el modo de fosilización, las modificaciones post-mortem, la abundancia, la biofábrica (densidad de acumulación, empaquetamiento, selección), el arreglo espacial, la asociación, la mezcla temporal y la procedencia (autóctona/alóctona).

A diferencia de los anteriores, los atributos tafonómico considerados para el análisis de los invertebrados exhumados de los niveles de la Formación Los Rastros son: los taxones, el modo de preservación, el estado de articulación, las modificaciones post-mortem, la abundancia, la biofábrica (densidad de acumulación, empaquetamiento, selección), el arreglo espacial, la asociación, la mezcla temporal y la procedencia (autóctona/alóctona).

En general, para los restos de vertebrados exhumados de los niveles de las formaciones Chañares y Los Rastros se analizaron los siguientes atributos: el estado de articulación, el arreglo espacial, la biofábrica (densidad de acumulación, empaquetamiento, selección), la asociación, el modo de preservación, las modificaciones post-mortem (e.g. fracturas, quebraduras, abrasión). En particular para los restos de la Formación Chañares se tuvo en cuenta también: el número mínimo de individuos, los elementos preservados, la paleoecología del grupo, el

relleno sedimentario, la disolución, la distorsión mecánica, la orientación, la dispersión, el patrón de distribución, el estado mecánico y la mezcla temporal.

Materiales estudiados

El material analizado en esta tesis doctoral incluye los restos recientemente recolectados en los viajes de estudio y aquellos previamente coleccionados por otros autores desde hace ya más de 60 años (von Huene 1931; Cabrera 1944; Frenguelli 1948; Romer 1967, 1969, 1971a, b, c, 1972a, b, c, 1973a, b; Stipanovic y Bonaparte 1979; Arcucci *et al.* 1995; Foster *et al.* 1995; Contreras *et al.* 1997). Estos materiales se encuentran alojados en diversas colecciones del país.

Los materiales provenientes de la Formación Chañares se encuentran depositados en el Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (Buenos Aires) (restos de un arcosaurio) y en las colecciones del Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán, que incluye fósiles de cinodontes, dicinodontes y arcosaurios. Por su parte, los restos de peces exhumados de la Formación Los Rastros se encuentran alojados en las colecciones del Museo de la Universidad Nacional de La Rioja.

Paralelamente a la colección de plantas e invertebrados se realizó un muestreo palinológico sistemático en los niveles de la Formación Los Rastros en las diferentes localidades estudiadas. El procesamiento de dichas muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Palinología del Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA y el Dr. Guillermo Ottone (UBA, CONICET) estuvo a cargo del estudio tanto de los palinomorfos como de la determinación taxonómica de la megafloora. Hasta el momento solo fueron

publicados los resultados provenientes de la localidad Río Gualo (Ottone *et al.* en prensa).

El Dr. Oscar Gallego (FACENA-UNNE y CECOAL-CONICET, Corrientes) ha colaborado con la determinación de los taxones de invertebrados, principalmente los conchóstracos, mientras que los insectos fueron determinados conjuntamente con el Dr. Rafael Martins-Neto (Sociedade Brasileira de Paleoartropodologia, Brasil) y se encuentran publicados en numerosos trabajos (Martins-Neto *et al.* en prensa). Con respecto a los peces, la Dra. Adriana López Albarello (Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie, Alemania) ha estado realizando estudios taxonómicos, sin embargo aún no han sido publicados.

Los restos de tetrápodos fueron determinados con anterioridad por diversos autores (Stipanovic y Bonaparte 1979; Rogers *et al.* 2001). En lo que respecta a las huellas de tetrápodos, han sido analizadas recientemente por la Dra. Claudia Marsicano (UBA, CONICET) y fueron ya publicadas en el marco de esta tesis (Marsicano *et al.* 2004).

SEDIMENTOLOGÍA

Formación Chañares

La primer mención de la Formación Chañares fue realizada por Romer (1966), quien posteriormente junto a Jensen (Romer y Jensen 1966) describieron formalmente la secuencia de areniscas y limo-arcillitas tufáceas portadoras de una particular fauna de vertebrados, que aflora en el curso medio del Río Chañares (Figura 4). El área de Río Chañares es considerada la localidad tipo de esta unidad, aunque no fue formalmente definida. La secuencia puede ser reconocida en una franja desde el Río Chañares hasta el Río Gualo, en los Mogotes del Río Gualo y en el Arroyo Agua Escondida, como así también formando un cordón desde la Aguada de Ischigualasto hasta el Río del Peñón y Agua de la Peña (Figura 4).

La unidad se apoya por medio de una discordancia angular sobre el basamento (Stipanovic y Bonaparte 1972, 1979; López Gamundí *et al.* 1989), o bien por medio de una discontinuidad sedimentaria evidenciada por un silcrete sobre la Formación Tarjados (Triásico inferior) (Bossi 1971; López Gamundí *et al.* 1989). En su techo, las sedimentitas de la Formación Chañares pasan en forma concordante a los niveles de la Formación Los Rastros (Rogers *et al.* 2001) (vease Cuadro Estratigráfico, Figura 2).

Sobre la base de la información geológica y sedimentológica recopilada en los trabajos de campo realizados para esta Tesis Doctoral se ha resuelto proponer una redefinición de la Formación Chañares. De esta forma, se ha incorporado a las facies de areniscas y limo-arcillitas tufáceas que caracterizan a la unidad, la sección

inferior de los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli (1944a, 1948), como facies marginales conglomerádicas en el sector noroeste de la cuenca. En ambos casos, la sucesión se apoya discordantemente sobre la Formación Tarjados y es sucedida transicionalmente por los depósitos lacustre-deltaicos de la Formación Los Rastros.

Análisis de facies

Los trabajos de campo realizados en los afloramientos de las localidades de Río Gualo, Río Chañares, Aguada de Ischigualasto, Agua de la Peña, Río del Peñón y Cerro Bola (Quebrada de Ischichuca) (Figura 4), permitieron reconocer para la Formación Chañares siete asociaciones de facies: *Asociación de facies CH-A* (canal), *Asociación de facies CH-B* (planicie aluvial), *Asociación de facies CH-C* (lago somero), *Asociación de facies CH-D* (lago profundo), *Asociación de facies CH-E* (barra de desembocadura), *Asociación de facies CH-F* (plataforma deltaica), *Asociación de facies CH-G* (abanicos aluviales) (Ver tabla 1). Sin embargo, no se han registrado las 7 asociaciones de facies en todas las áreas de estudio (Ver Apéndice II: Perfil CH-G, CH-P, CH-I).

Asociación de facies CH-A (canal)

La asociación está dominada por areniscas finas a medias de colores amarillo blanquecino y tonalidades rojizas y verde claro, con estratificación horizontal, estratificación tabular planar o con estratificación entrecruzada en artesa formando bancos lenticulares, los cuales en algunos casos, pueden formar paquetes lateralmente continuos en los afloramientos (Figura 5). Los bancos lenticulares muestran base erosiva con clastos dispersos de 0,01- 0,02 m de diámetro formando

un lag. Los bancos tabulares pueden presentar líneas de guijarros de cuarzo que acompañan la estratificación. Los espesores individuales de los bancos no suelen superar el metro, aunque en caso de registrar amalgamamiento, alcanzan hasta 8 m de espesor.

Tabla 1: Descripción de Asociación de facies de la Formación Chañares

Asociación de facies	Litología	Estructuras sedimentarias	Geometría	Interpretación	Contenido Fosilífero
A	Areniscas fina a media con guijarros dispersos, amarillo blanquecino a rojiza verdoso	Estratificación horizontal y entrecruzada tabular planar	Tabular	Depósitos de canal, en un ambiente fluvial, de sinuosidad moderada a baja	Escasos restos fragmentarios en general de organismos de gran talla
		Estratificación entrecruzada en artesa	Lenticular		
B	Areniscas muy finas, limolitas y arcillitas limosas tufáceas gris a azul grisáceo Abundantes concreciones calcáreas	Masiva	Tabular	Planicie aluvial	Cinodontes, dicinodontes, arcosaurios
C	Arcillita limosa gris claro Concreciones silíceas	Masiva	Tabular	Lacustre somero	Trazas verticales de invertebrados
D	Arcillita limosa gris oscuro a verde oliva oscura	Laminación	Tabular	Lacustre profundo	
	Arenisca fina a media verde grisáceo	Masiva con gradación normal	Tabular	Flujo de fondo	
E	Arenisca fina gris y arenisca media verde y castaña, intercalaciones de arcillitas ligeramente limosas, grises	Estratificación ondulítica a planar, estratificación en artesa de pequeña escala	Tabular	Barra de desembocadura	
F	Arenisca media a gruesa hasta guijarrosa de color gris	Estratificación en artesa de escala media, estratificación planar	Tabular a lenticular	Sistema fluvial distributivo en una plataforma deltaica	
G	Conglomerados clastos-soportados	Masivo, con una grosera gradación normal	Lenticulares o tabulares	Abanicos aluviales proximales y medios	Trazas de tipo pastoreo
	Conglomerados matriz-soportados	Masivos con guijarros dispersos	Tabulares		

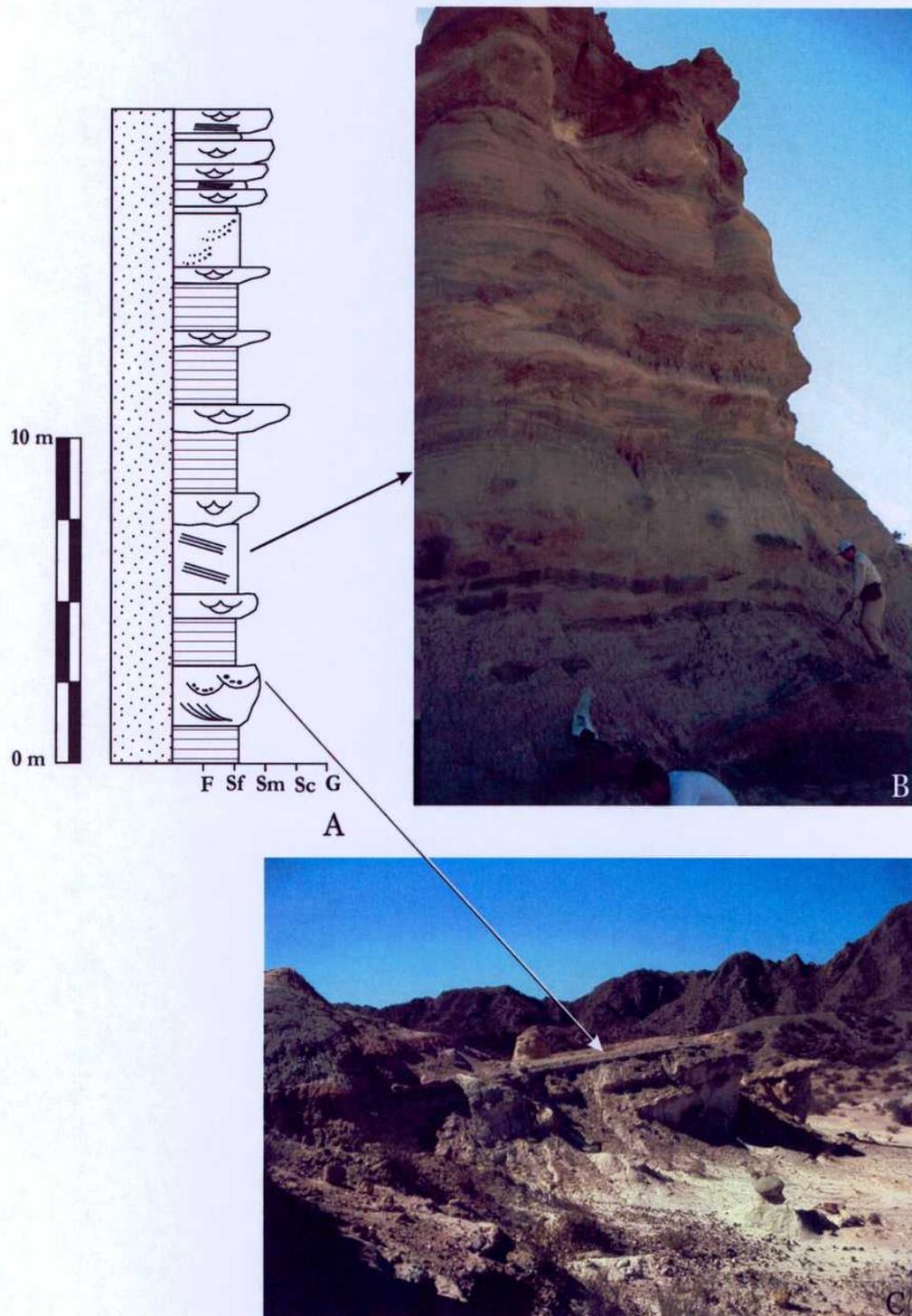


Figura 5: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies CH-A. **B** Canales y las facies Sp en el área de Aguada de Ischigualasto. **C** Canales en el área de Aguada de Ischigualasto.

Las areniscas finas con laminación horizontal registran mayor contenido de material piroclástico, al igual que hacia el tope de cada banco. Aunque la fauna de vertebrados registrada para la formación es muy abundante, en esta asociación de facies sólo se han registrado escasos restos fragmentarios, en general de organismos de gran talla como arcosaurios y dicinodontes. Sus atributos tafonómicos se describen en el capítulo TAFONOMÍA.

Los espesores registrados para esta asociación de facies varían mucho entre las diferentes localidades y presenta contactos netos tanto en la base como en el techo. En el área de Aguada de Ischigualasto, Agua de la Peña y Río del Peñón (Figura 4) los espesores pueden superar los 20 m y en el área del Río Chañares y Río Gualo (Figura 4) alcanza un espesor no mayor a los 10 m (vease Apéndice II: Perfil CH-G, CH-P).

Interpretación

Las areniscas finas dispuestas en bancos tabulares y con laminación horizontal han sido depositadas en un lecho plano posiblemente en condiciones de alto régimen de flujo. Por su parte, las areniscas medias con estratificación tabular planar y estratificación entrecruzada en artesa representan la migración de dunas de crestas rectas y linguoides en el lecho del canal respectivamente (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980). Las areniscas con estratificación tabular planar forman bancos tabulares por la moderada migración lateral del canal, mientras que las areniscas con estratificación entrecruzada en artesa forman bancos lenticulares y solos en algunos casos forman fajas de canales (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992).

Las características que presenta la sucesión, con los canales y fajas de canales, con abundante material tobáceo, areniscas con guijarros, y las estructuras sedimentarias dominantes, permiten relacionar al depósito con los canales de un sistema fluvial, de sinuosidad moderada a baja y con abundante carga de lecho, en parte por el aporte piroclástico. Sobre la base de las características expuestas, se considera que el sistema podría ser interpretado con un río anastomosado (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992).

Asociación de facies CH-B (planicie aluvial)

La asociación está caracterizada por una alternancia de areniscas muy finas, limolitas y arcillitas limosas tufáceas grises a azul grisáceo. El depósito es masivo con fractura concoidal y aspecto de bochones alineadas (0,15 -0,3 m) que forman niveles lateralmente persistentes con espesores aproximados entre 0,05 y 0,2 m. Abundantes concreciones de forma esférica a irregular, con un eje mayor que puede alcanzar los 2 m, con la media en el metro de longitud, aparecen en la sección media de la asociación (Figura 6). Las concreciones, de color gris en corte fresco y castaño en superficie expuesta, son limo-arenosas (cuarzo, plagioclasa y líticos) con una matriz tobacea (residuos de vidrio volcánico alterado diagenéticamente a calcita) y cemento carbonático (Rogers *et al.* 2001). Entre algunas de las concreciones aparecen diques verticales de igual composición. La asociación de facies CH-B presenta un contacto basal neto y un contacto transicional en el techo con la asociación de facies CH-C. La asociación de facies CH-B presenta espesores de 20 m en el área del Río Chañares y Río Gualo y 10 m en el área de Aguada de

Ischigualasto, Agua de la Peña y Río del Peñón (Figura 4) (Ver Apéndice II: Perfil CH-G, CH-P).

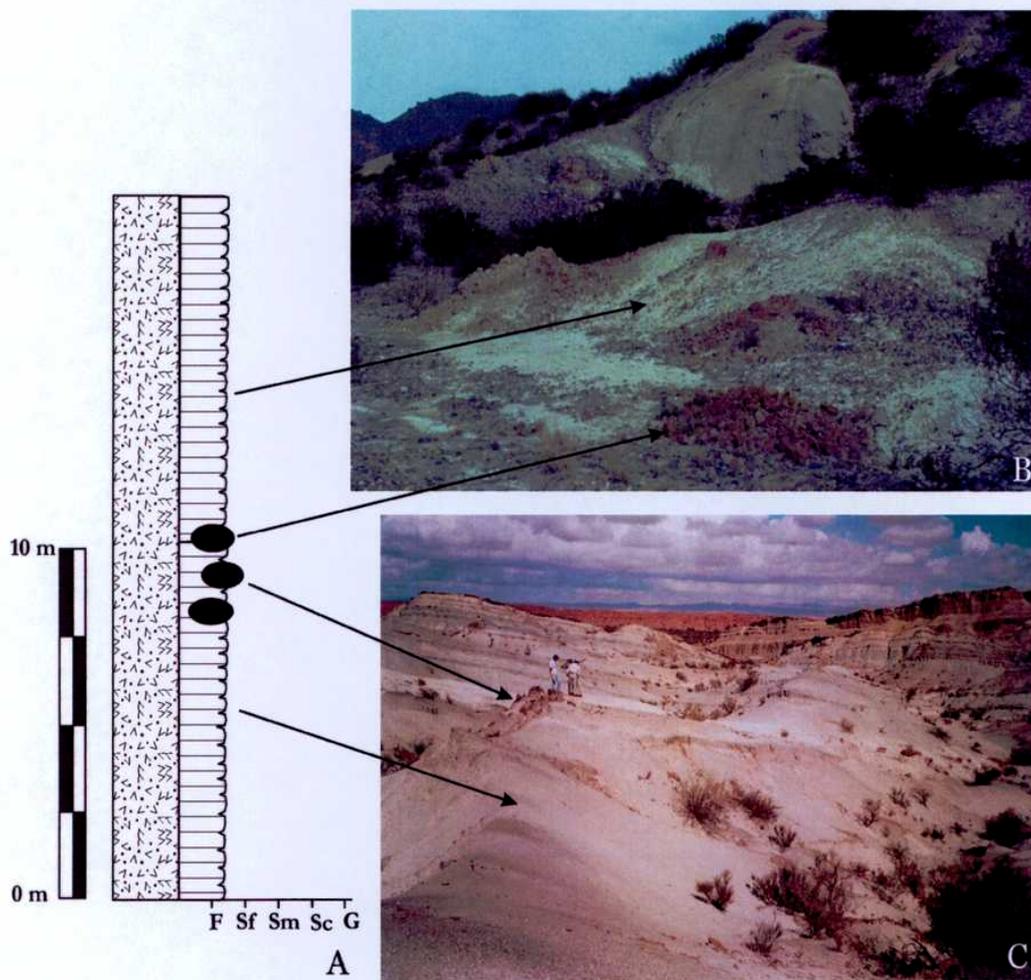


Figura 6: A Perfil esquemático de la asociación de facies CH-B. B Concreciones castañas fracturadas en el área Aguada de Ischigualasto. C Concreciones en su posición estratigráfica original en el área Río Gualo.

La abundante fauna de tetrápodos exhumados de los niveles de esta formación proviene casi exclusivamente de las concreciones, conociéndose sólo unos pocos ejemplares de restos provenientes de las areniscas de la asociación de facies A (canal). Los atributos tafonómicos se describen en el capítulo TAFONOMÍA.

Interpretación

Los niveles de areniscas muy finas, limolitas y arcillitas limosas tufáceas, masivas han sido depositados por decantación (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980). Sin embargo, se observa una leve estratificación, la cual puede ser generada por la alternancia de diferentes tamaños de grano (arcilla/limo/arena muy fina) en el depósito y que permite sugerir una sedimentación con pulsos de aporte del material en este caso de naturaleza piroclástico (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992).

Las características hasta aquí analizadas y la relación de la Asociación de facies B con la Asociación de facies CH-A, la cual fue interpretada como una asociación de canales y fajas de canales, permite interpretar a la Asociación de facies B como las facies de planicie de inundación del sistema fluvial (Rogers *et al.* 2001). La excelente preservación de una abundante fauna de vertebrados sustenta dicha interpretación (Ver capítulo TAFONOMÍA).

Asociación de facies CH-C (lago somero)

La asociación está caracterizada por arcillitas limosas gris claro masivas, que localmente pueden mostrar laminación y niveles con posibles trazas de raíces. Las

capas son lateralmente persistentes, con espesores entre 0.05 y 0.1 m (Figura 7A, B). En superficie expuesta muestran tonalidades blanquecinas con una textura por meteorización de tipo *popcorn*. Concreciones silíceas pequeñas (Figura 7A) (aproximadamente de 0,01 m de diámetro) son muy comunes, como también bioturbación (tubos verticales de 0,07 m de diámetro) (Figura 7C). La asociación de facies CH-C presenta contactos transicionales tanto en la base con la asociación de facies CH-B, como en el techo con la asociación de facies CH-D y alcanza espesores de hasta 30 m en el área del Río Chañares y Río Gualo (Figura 4). Sin embargo, no ha podido ser reconocida para el área de Aguada de Ischigualasto, Agua de la Peña y Río del Peñón (Figura 4) (vease Apéndice II: Perfil CH-G, CH-P).

Interpretación

Las arcillitas limosas masivas que en algunos sectores muestran una débil laminación caracterizan una depositación por decantación en un medio subácueo en condiciones de baja energía del medio (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). La presencia de tubos verticales de invertebrados que pueden relacionarse con el icnogénero *Taenidium* (Rogers *et al.* 2001) sustenta la interpretación de que la Asociación de facies CH-C fue depositada en un ambiente lacustre somero (Rogers *et al.* 2001).

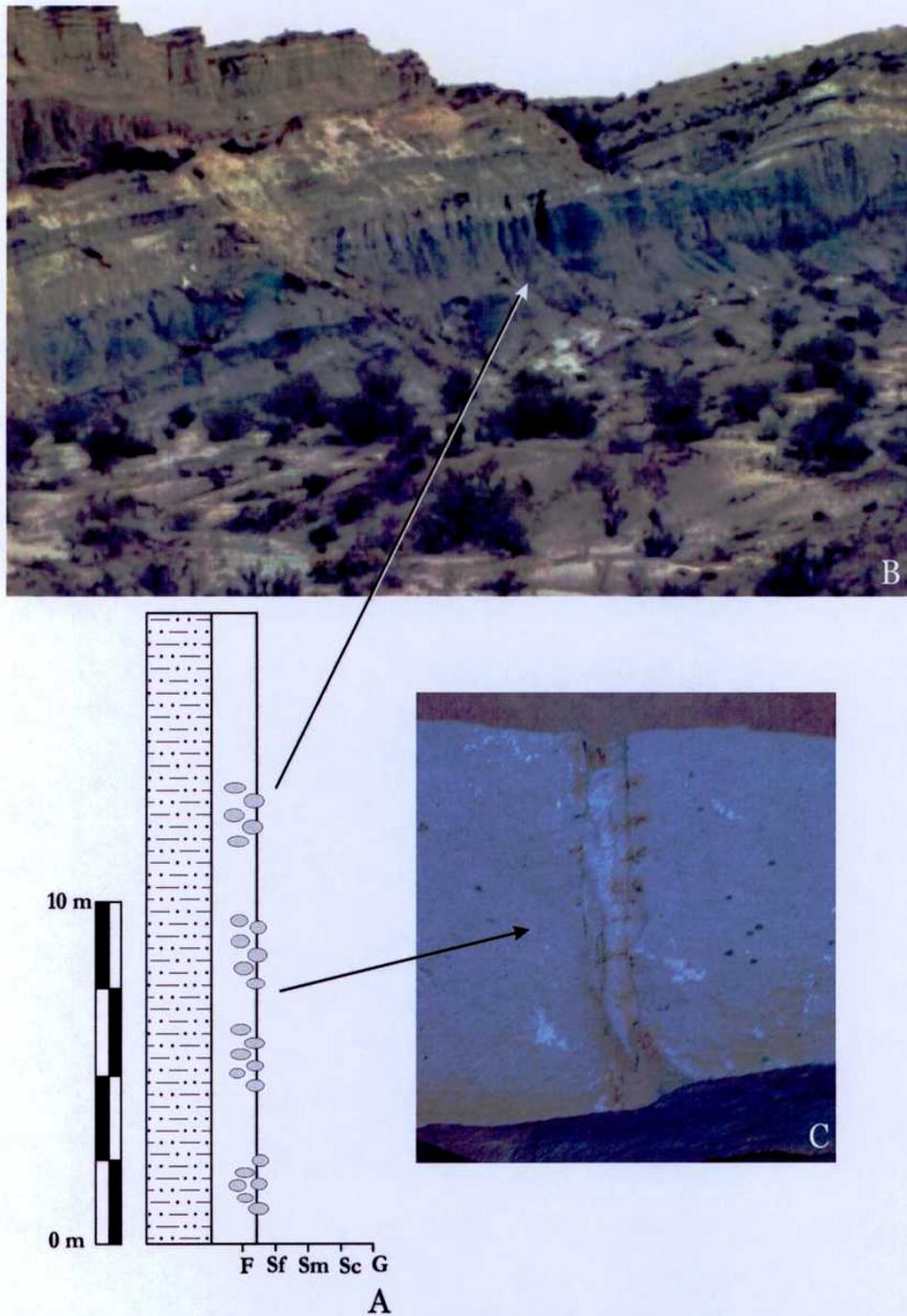


Figura 7: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies CH-C. **B** Afloramiento de la Asociación de facies CH-C en el área Río Gualo. **C** Traza vertical en los sedimentos de la Asociación de facies CH-C.

Asociación de facies CH-D (lago profundo)

La asociación está dominada por arcillitas limosas, gris oscuro a verde oliva oscuro y areniscas finas a medias verde grisáceo. Las pelitas presentan laminación horizontal, la cual en algunos casos sólo se observa muy débilmente, mientras que las areniscas son masivas y en algunos sectores se puede observar gradación normal. Los bancos son tabulares, lateralmente continuos (Figura 8). La asociación muestra un contacto basal transicional con la asociación de facies CH-C y un contacto neto en el techo con la asociación de facies CH-E. Su espesor es de aproximadamente 12 m en el área del Río Chañares y Río Gualo (Figura 4) (Ver Apéndice II: Perfil CH-G) y los niveles de areniscas pueden alcanzar espesores aproximados a 0,2 m.

Interpretación

Las arcillitas limosas que muestran laminación fina horizontal indican una depositación por decantación (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992), así la continua laminación sugiere una alternancia de tamaño de grano (arcilla/limo) en el depósito (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). Las areniscas masivas y/o gradadas fueron posiblemente depositadas por un flujo unidireccional de alta concentración bajo condiciones de alto régimen de flujo (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). Las características del depósito y su geometría tabular permiten interpretar a la secuencia de la asociación de facies CH-D, como un depósito generado en condiciones de lago abierto con alternancia de depósitos de corrientes de turbidez distal (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992).

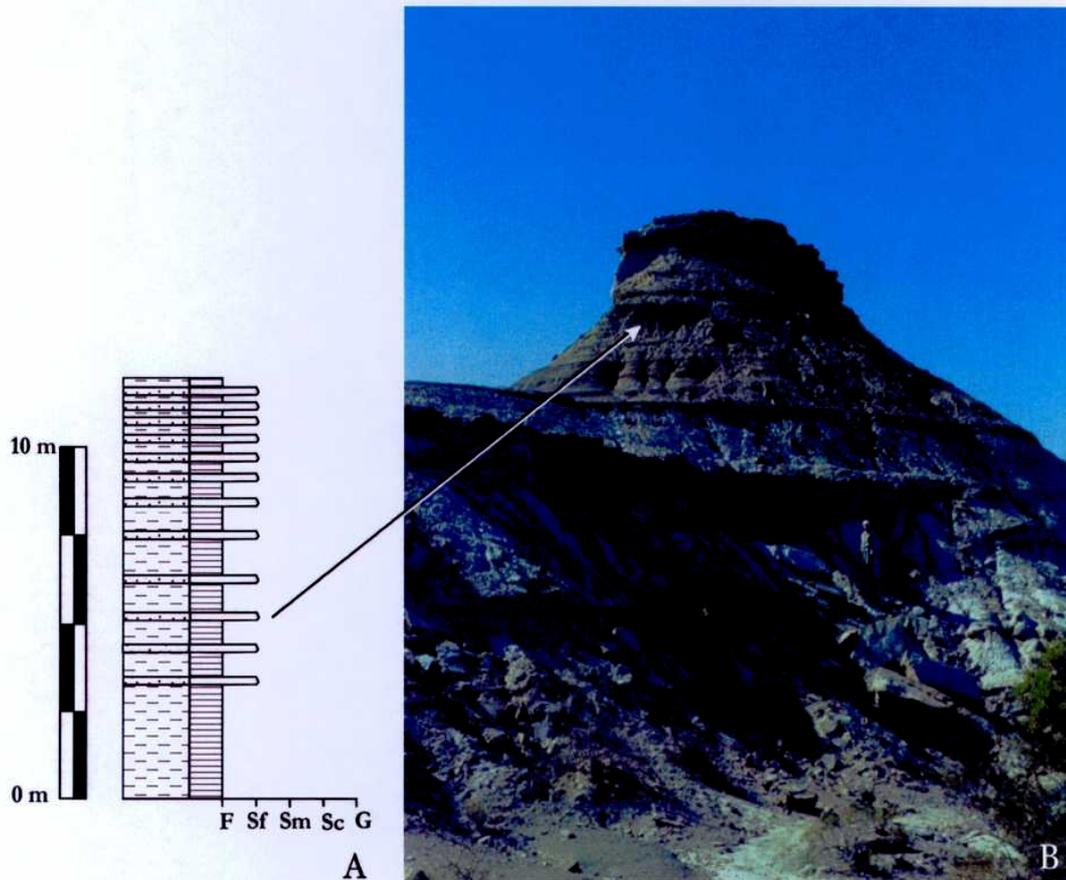


Figura 8: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies CH-D. **B** Niveles de arcillitas limosas laminadas de la Asociación de facies CH-D en el área Río Gualo.

Asociación de facies CH-E (barra de desembocadura)

La asociación esta caracterizada por areniscas finas grises y areniscas medias verdes, con intercalaciones de arcillitas limosas grises, masivas. Las sedimentitas están dispuestas en una sucesión grano y estrato creciente con una marcada tabularidad (Figura 9A,B). Las areniscas finas son masivas y en algunos sectores muestran una débil laminación horizontal. Las areniscas medias muestran estratificación ondulítica a planar que hacia el tope de la asociación puede mostrar una estratificación en artesa de pequeña escala (Figura 9A). Las

una estratificación en artesa de pequeña escala (Figura 9A). Las areniscas presentan espesores aproximados entre 0.8 m y 1.4 m, mientras que las arcillitas oscilan entre 0.2 m y 0.3 m. La asociación presenta ambos contactos (base y techo) netos con la asociación de facies CH-D y CH-F respectivamente y registra un espesor aproximado de 5 m para el área del Río Chañares y Río Gualo (Figura 4) (Ver Apéndice II: Perfil CH-G).

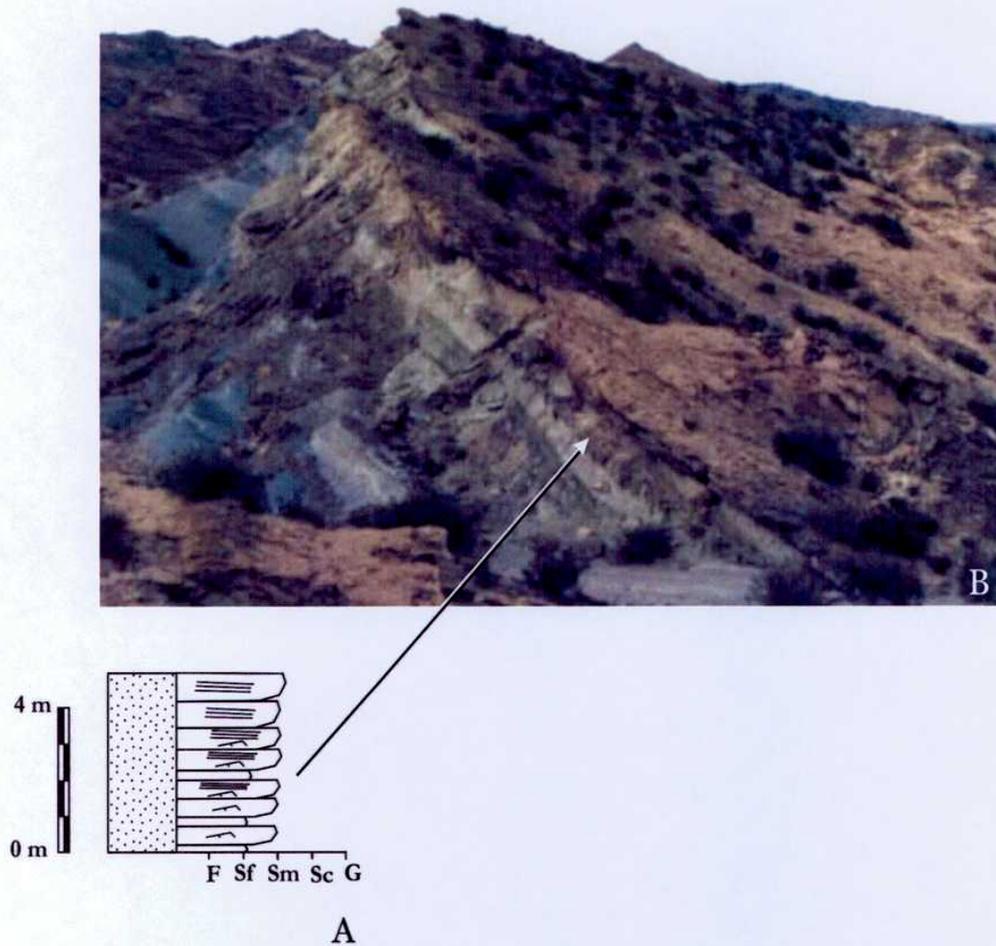


Figura 9: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies CH-E. **B** Afloramiento de la Asociación de facies CH-E en el área Río Gualo.

Interpretación

Las areniscas finas que se muestran masivas y en sectores con una débil laminación horizontal se interpretan como un depósito de una corriente con bajo régimen de flujo con carga arenosa (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). Las areniscas medias pasan de laminación ondulítica a estratificación planar y hacia el tope a una estratificación en artesa de pequeña escala. El aumento del tamaño de las formas de lecho de las areniscas, indican un aumento hacia tope del régimen de flujo (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). La base plana y la geometría tabular del banco sugieren un lecho plano y un desarrollo mantiforme del depósito. Las intercalaciones de las arcillitas limosas masivas a laminadas y areniscas con laminación ondulítica refleja la combinación de corrientes y depositación por decantación del material fino que permanecía en suspensión (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992).

La gradación de los depósitos finos a través de areniscas finas masivas y débilmente laminadas y areniscas medias con estratificación ondulítica a planar y estratificación en artesa de pequeña escala representa una secuencia de somerización. De esta forma, el orden que presentan las facies en la asociación, su geometría y relación con las otras asociaciones de facies evidencian la progradación de una barra de desembocadura en un cuerpo de agua (Farquharson 1982; Talbot y Allen 1996).

Asociación de facies CH-F (plataforma deltaica)

La asociación de facies CH-F está dominada por areniscas medias a gruesas de color gris, con estratificación en artesa de escala media, y hacia el tope con

estratificación tabular planar (Figura 10A). Las caras frontales de esta última estructura sedimentaria indican una paleocorriente en dirección NW. Los bancos de areniscas son tabulares a lenticulares (Figura 10B), con bases planas y erosivas, donde se destaca la presencia de un lag basal formado por guijarros irregulares de arcillita. Las areniscas son grano decreciente y puede culminar con pequeñas ondulitas de corriente (Figura 10A). Los bancos pueden encontrarse por sectores amalgamados. La asociación muestra un contacto erosivo, con la asociación de facies CH-E, en la base y un contacto neto en el techo con la Formación Los Rastros. Alcanza un espesor aproximado de 3 m en el área del Río Chañares y Río Gualo (Figura 4) (Ver Apéndice II: Perfil CH-G).

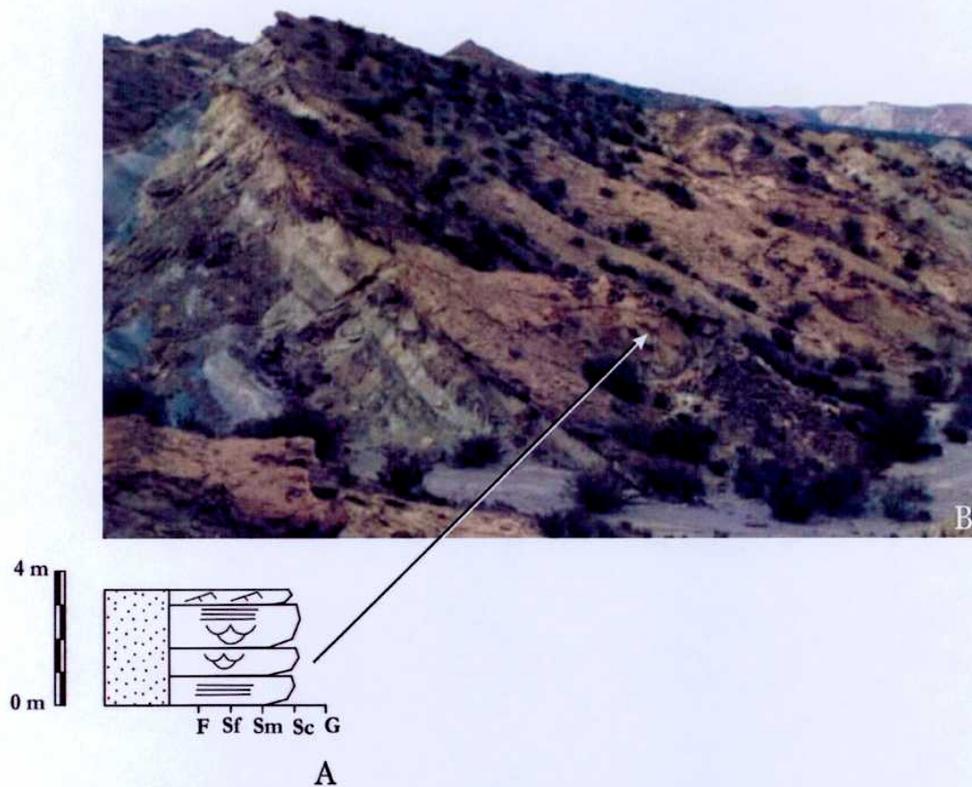


Figura 10: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies CH-F. **B** Afloramiento de la asociación de facies CH-F en el área Río Gualo.

Interpretación

Las areniscas con estratificación en artesa de escala media, y que forman bancos lenticulares con base erosiva, representan la migración de dunas linguoides arenosas en el lecho del canal depositadas por una corriente de bajo régimen flujo. Por su parte, las areniscas con estratificación tabular planar que forman bancos tabulares representan la migración de dunas de cresta recta en un lecho plano (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). Las areniscas son grano-decrecientes y hacia el tope culminan con ondulitas de corriente.

Las características del depósito, bancos tabulares a lenticulares de areniscas con estratificación en artesa a planar de base erosiva con lag de guijarros de arcillita, y su relación con las ya descritas asociaciones de facies permite interpretar al depósito como un sistema fluvial distributivo en una plataforma deltaica (Farquharson 1982; Talbot y Allen 1996).

Asociación de facies CH-G (abanico aluvial)

La asociación de facies se encuentra dominada por la alternancia de facies de conglomerados clasto-soportados, verdes a rojizos (Gm) y matriz-soportados rojizos (SGm) (Figura 11).

Los depósitos clasto-soportados (Gm) forman cuerpos lenticulares o ligeramente tabulares, con una notable amalgamación, y alcanzan espesores de 1 hasta 2 m. Los bancos tienen base erosiva y el pasaje a las facies SGm es neto (Figura 11A,B). Internamente, cada banco es macizo o se advierte una grosera gradación normal. La escasa matriz corresponde a la fracción arena media y presenta igual color. Los clastos son de volcanitas, basaltos amigdaloides y cuarzos

bien redondeados, además de riolitas y areniscas medias a gruesas subangulosas (Figura 11C). El tamaño de los clastos varía entre 0,01 y 0,3 m, pero dominan aquellos de alrededor de 0.1 m. Los bancos lenticulares muestran paleocorrientes provenientes del SE.

Por su parte, las facies matriz-soportadas masivas conforman bancos tabulares de 1 a 6 m de espesor, con techo y base planos y contactos netos con las facies Gm (Figura 11A,B). La matriz es arenosa media, con presencia de guijarros de cuarzo redondeado dispersos en la matriz de 0,01 a 0,03 m de diámetro. En corte delgado, la matriz contiene un alto porcentaje de tizas vítreas (Guirín y Caselli 2004). El techo de las capas SGM está bioturbado, por trazas de tipo pastoreo que sugieren la colonización del depósito (Figura 11E).

Interpretación

Las facies Gm se interpretan como depositadas por corrientes tractivas y fluidas en condiciones de alto régimen de flujo. La geometría lenticular de los cuerpos conglomerádicos y la presencia de bases erosivas, evidencian que el material más grueso era transportado como carga de lecho y el más fino como carga en suspensión (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). La presencia de gradación normal sugiere que el material clástico fue depositado por decrecimiento en la velocidad de las corrientes con acreción vertical de clastos sucesivamente más pequeños (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992).

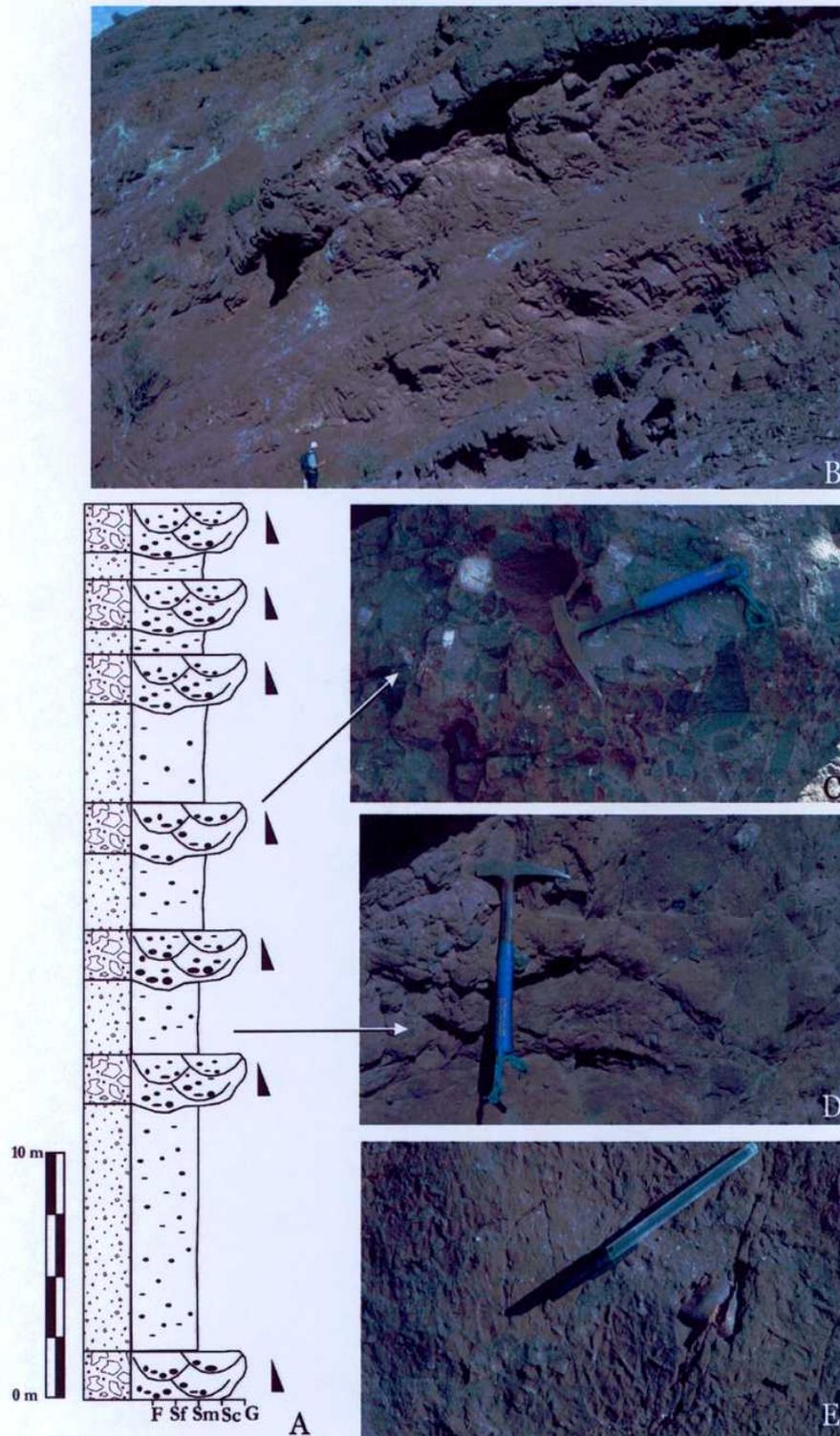


Figura 11: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies CH-G. **B** Afloramiento en el área Cerro Bola. **C** Facies Gm. **D** Facies SGm. **E** Trazas en el techo de la facies SGm.

Las facies SGM se han interpretado como el depósito de flujos densos en condiciones de alto régimen de flujo (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). Entre los atributos reconocidos para esta facies, la geometría tabular de sus bancos y la ausencia de superficies erosivas es característico de corrientes laminares que dominan el sector medio del abanico aluvial.

La asociación de facies se puede interpretar bajo las evidencias anteriormente mencionadas como el depósito de corrientes tanto tractivas como fluidas en el sector medio y proximal de abanicos aluviales (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992).

Ambiente depositacional de la Formación Chañares

El ambiente depositacional de la Formación Chañares fue un tema controversial, debido a su difícil interpretación provocada por el abundante aporte piroclástico. En la Quebrada de Ischichuca (Cerro Bola), Kokogian *et al.* (1987) proponen que los conglomerados con clastos volcánicos y matriz tobácea que gradan a areniscas y pelitas corresponden a eventos mantiformes generados por flujos de detritos y de barro volcánico. Mientras que para las áreas Río Gualo, Río Chañares, Aguada de Ischigualasto, Bossi (1970), Mozetic (1974) y Rogers *et al.* (2001) consideran que la secuencia característica de areniscas y limo-arcillitas tufáceas gris-azuladas fueron depositadas en un ambiente fluvio-lacustre.

Sobre la base de las observaciones y descripciones de facies aquí aportadas se propone que en las áreas del Río Chañares- Río Gualo y Aguada de Ischigualasto- Río del Peñón-Agua de la Peña la secuencia comienza con un sistema fluvial que puede presentar mayor o menor desarrollado de las facies de canal (Asociación de

facies CH-A) según el área y su paleogeografía, pero que siempre presenta un importante desarrollo de las facies de planicie de inundación (Asociación de facies CH-B), la cual gradúa hacia un ambiente lacustre que en primer lugar se desarrolla como un lago somero (Asociación de facies CH-C) el cual se va profundizando, posiblemente por un aumento del espacio de acomodación, hasta formar un lago oligotrófico más profundo (Asociación de facies CH-D) en el cual progradan barras de desembocadura (Asociación de facies CH-E) y la plataforma deltaica asociada (Asociación de facies CH-F). Por su parte, en el área de de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca se desarrollan las facies marginales de abanicos aluviales medios y proximales (Asociación de facies CH-G) (Figura 12).

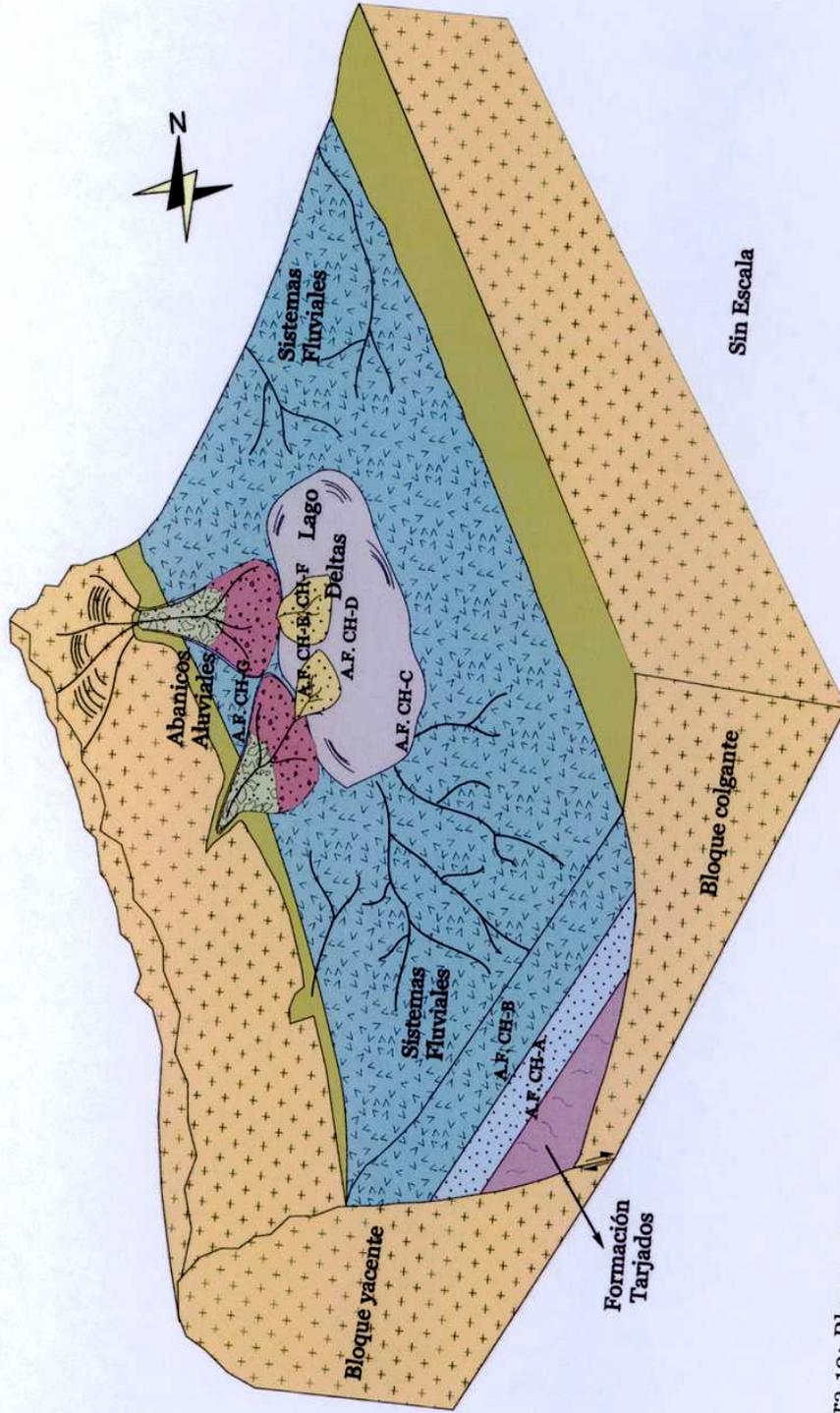


Figura 12: Bloque diagrama sin escala. Reconstrucción del sistema fluvial y lacustre-deltaico de la Formación Chañares y ubicación de las asociaciones de facies (A.F. CH-A, A.F. CH-B, A.F. CH-C, A.F. CH-D, A.F. CH-E, A.F. CH-F, A.F. CH-G).

Formación Los Rastros

Frenguelli (1944a, 1948) fue el primero en reconocer y describir las pelitas negras y los bancos de areniscas de los “Estratos de Ischichuca” en la Quebrada Ischichuca en el Cerro Bola y los “Estratos de Los Rastros” en la Quebrada Los Rastros y Agua de la Peña (Figura 4). Posteriormente, Romer y Jensen (1966) reconocieron a la Formación Los Rastros en el área de Río Gualo y Río Chañares. Con posterioridad, Ortiz (1968) jerarquiza a la Formación Los Rastros y considera que los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli constituyen la sección media de esta formación y por lo tanto la unidad no es válida.

Stipanovic (1969) basándose en las observaciones de Romer y Jensen (1966) y Ortiz (1968) redefine la estratigrafía reconociendo cuatro formaciones para el Grupo Agua de la Peña (de abajo hacia arriba: Chañares, Los Rastros, Ischigualasto, Los Colorados). Años más tarde, Bossi (1971) utiliza a los “Estratos de Ischichuca” como formación en su caracterización facial de la cuenca, y la ubica estratigráficamente entre la Formación Chañares y la Formación Los Rastros. Sin embargo, Mozetic (1974) propone un esquema estratigráfico donde la sección inferior de los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli (1948) se corresponde con la Formación Chañares y las secciones media y superior se encuentra dentro de la Formación Los Rastros.

Bonaparte y Stipanovic (1979) consideran como válida a la Formación Ischichuca, ubicándola estratigráficamente entre las formaciones Tarjados y Los Rastros y conteniendo a la Formación Chañares. De esta forma esta última unidad pierde su validez.

López Gamundí *et al.* (1989) propusieron que las formaciones Ischichuca y Los Rastros representan diferentes situaciones paleogeográficas en un mismo sistema depositacional. En el análisis sobre el modelo tectosedimentario de la cuenca, Milana y Alcober (1994) presentan a las formaciones Ischichuca y Los Rastros como pertenecientes a diferentes eventos tectosedimentarios. De acuerdo con esta interpretación, la Formación Ischichuca correspondería a la etapa de *sinrift*, mientras que la Formación Los Rastros a la etapa de *postrift*. Finalmente, algunos autores (Milana 1999; Rogers *et al.* 2001; Kokogian *et al.* 2001) incluyen en la Formación Ischichuca a los espesos bancos de pelitas negras y a los depósitos distales y medios del frente deltaico, mientras que incluyen en la Formación Los Rastros, a la sucesión progradacional de cuerpos de areniscas no canalizadas y canalizadas, y a los mantos de carbón interpretados como los depósitos de barra de desembocadura y canales distributarios y sus bahías interdistributarias.

En base a la información bibliográfica recopilada y las observaciones de campo realizadas (áreas Río Gualo-Río Chañares, Cerro Bola (Quebrada de Ischichuca) y Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña) se propone que la sección inferior de los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli (1944a, 1948) sea incorporada a la Formación Chañares y que las secciones media y superior de los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli (1944a, 1948) se unifiquen con la Formación Los Rastros. De esta forma, la estratigrafía del Grupo Agua de la Peña quedaría conformada por (de abajo hacia arriba) la Formación Chañares, Formación Los Rastros, Formación Ischigualasto y Formación Los Colorados.

Análisis de facies

Sobre la base de la información recabada durante los trabajos de campo y laboratorio, realizados por la autora, se han reconocido dos sucesiones de somerización de carácter asimétrico.

La sucesión tipo I está caracterizado por una secuencia grano-creciente, caracterizada por la *asociación de facies LR-A* (lago distal), *asociación de facies LR-C* (barra de desembocadura), *asociación de facies LR-D* (plataforma deltáica) (Figura 13A; Tabla 2). Las secuencias grano-crecientes individuales presentan espesores variables entre 5 y 120 m aproximadamente.

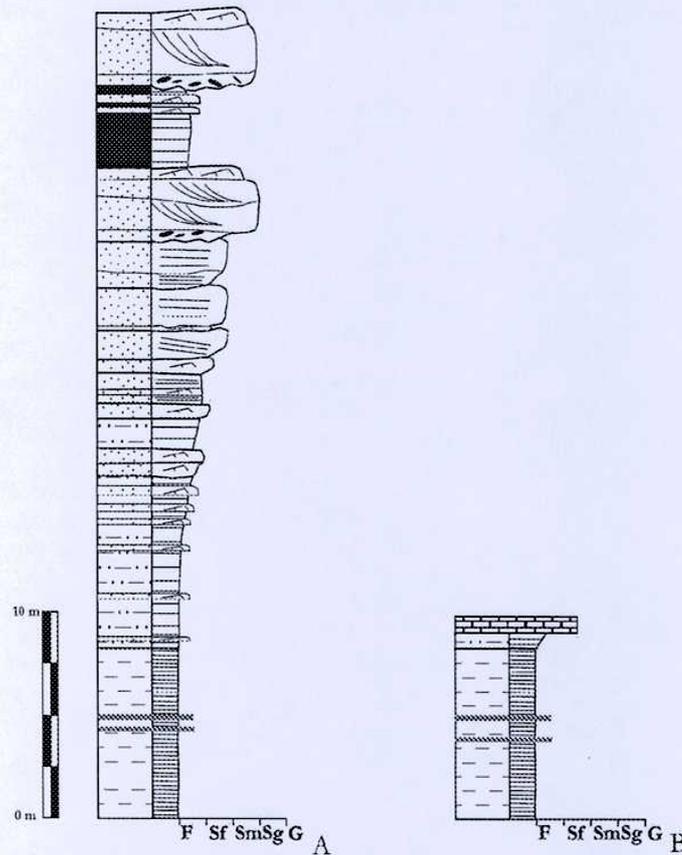


Figura 13: **A** Perfiles esquemáticos de la sucesión tipo I (Asociaciones de facies LR-A, LR-C, LR-D). **B** Perfiles esquemáticos de la sucesión tipo II (Asociaciones de facies LR-A, LR-B).

La sucesión tipo II es también una secuencia grano-creciente, compuesta (de la base al techo) por *asociación de facies LR-A* (lago distal), y *asociación de facies LR-B* (costa de lago) (Figura 13B; Tabla 2). Las secuencias grano-crecientes individuales presentan espesores entre 3 y 10 m aproximadamente.

Tabla2: Descripción de asociación de facies de la Formación Los Rastros

Asociación de facies	Litología	Estructuras sedimentarias	Geometría	Interpretación	Contenido Fosilífero
A	Pelitas carbonosas gris oscura a negra	Laminación horizontal	Tabular	Depósitos de lago abierto con depósitos de corrientes de turbidez distal	Insectos, conchostracos, peces, plantas y trazas
	Limolitas y areniscas muy finas ferruginosas	Laminación o masivos con gradación normal	Tabular		
B	B1	Areniscas fina a media gris y verde claro	Laminación paralela y laminación paralela de bajo ángulo, ondulada y forma estratificación entrecruzada de pequeña escala	Costa silicoclástica dominada por oleaje	Trazas
C	Arcillitas grises, limolitas verde claro, Areniscas fina a gruesa, ocasionalmente areniscas guijarrosas	Masiva rítmicos, Laminación ondulítica, laminación horizontal y estratificación entrecruzada tabular y en artesa	Tabular Tabular a plano convexa	Programación de barra de desembocadura	Peces y plantas
D	Areniscas media a gruesa amarillenta	Estratificación entrecruzada en artesa y tabular planar, laminación ondulitas	Lenticular	Sistema fluvial distributivo en una plataforma deltaica con pantanos de planicie deltaica	Plantas, trazas de invertebrados, huellas de tetrápodos y un anfibio
	Pelitas y areniscas muy finas gris oscuro a negro con niveles de carbón	Masiva, laminación horizontal y ondulítica	Lentiforme		

La unidad están caracterizadas por espesos depósitos de ciclos lacustre-fluviales, los cuales presentan variación lateral de facies entre las diferentes localidades (e.g. López Gamundí *et al.* 1989; Milana y Alcober 1994; Milana 1999; Rogers *et al.* 2001; Mancuso 2003).

Asociación de facies LR-A (lago distal)

Esta asociación de facies está dominada por lutitas carbonosas gris oscura a negra con algunas intercalaciones de limolitas y areniscas muy finas ferruginosas violáceas. Las lutitas carbonosas presentan laminación horizontal, y son lateralmente persistentes (Figura 14A,B). Las limolitas y areniscas muy finas son laminadas y/o masivas con una suave gradación normal, y forman bancos tabulares con una marcada continuidad (Figura 14A,C). Los depósitos de lutitas alcanzan espesores que varían entre 2 y 70 m e incluyen los niveles ferruginosos de espesores entre 0.01 y 0.3 m.

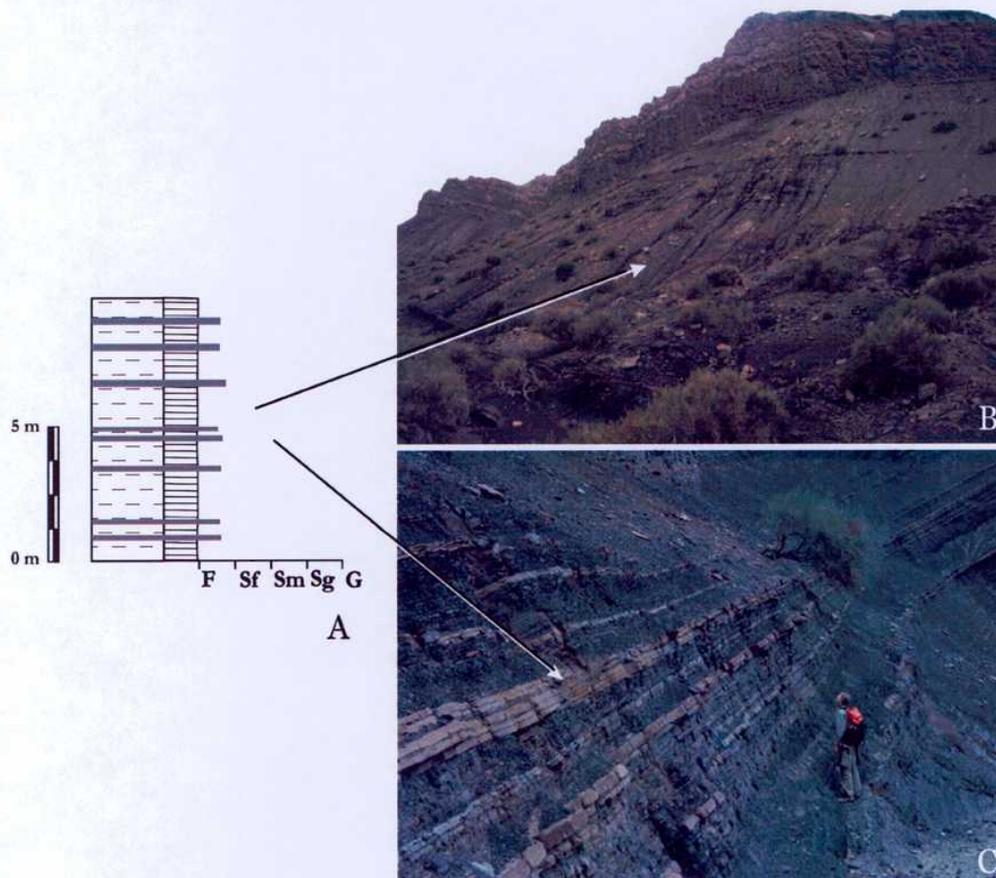


Figura 14: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies LR-A. **B** Potentes bancos de las facies de lutitas negras en el área Cerro Bola. **C** Bancos de las facies de limolitas y areniscas masivas en el área Cerro Bola.

En las capas de lutitas carbonosas se observan briznas y hojas bien preservadas asociadas a la Flora de “tipo *Dicroidium*”, además de conchóstracos, bivalvos, insectos, y escasos restos de peces (Frenguelli 1945; Gallego 1992; Mancuso 1999, 2003; Mancuso y Gallego 2000). Las areniscas finas ferruginosas preservan algunos restos de tallos y fragmentos indeterminables de plantas asociados con conchóstracos, restos de peces parcialmente articulados y solo en un caso, probables trazas de locomoción de peces (cf. *Undichnia*) (Buatois y Mángano 1993, 1994, 1996, 1998) además de trazas de pastoreo o locomoción (cf. *Cochlichnus*) (Buatois y Mángano 2004, Melchor 2004) (Figura 15). Los atributos tafonómicos se describen en el capítulo TAFONOMÍA.

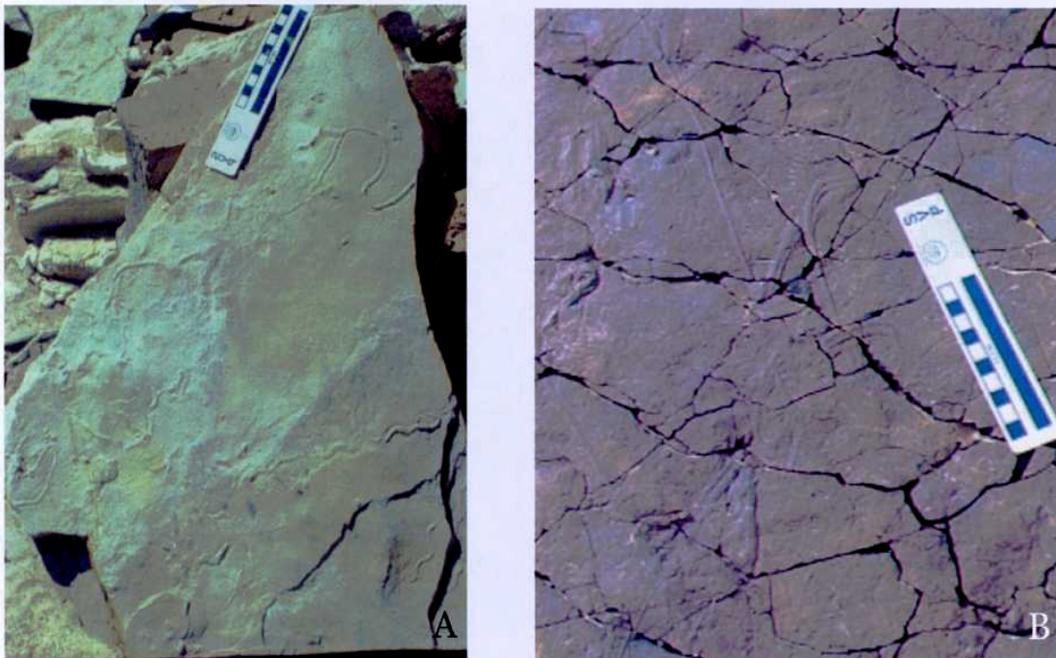


Figura 15: **A** Trazas de invertebrados en los niveles de areniscas en el área Aguada de Ischigualasto. **B** Trazas de peces en los niveles ferruginosos en el área Río Gualo.

La asociación de facies LR-A se encuentra presente en todas las localidades estudiadas y es la sección basal de cada sucesión granocreciente. En particular, los niveles de areniscas ferruginosas son principalmente registrados en la sucesión del área de Río Gualo-Río Chañares y del área de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca (Figura 4) (Ver Apéndice II: Perfil LR-G, LR-I), mientras que en el área de Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña (Figura 4) son escasos (Ver Apéndice II: Perfil LR-P).

Esta Asociación de facies muestra contactos netos en la base con la Formación Chañares y con las Asociaciones de facies LR-B, LR-C o LR-D (Formación Los Rastros). El contacto en el techo es también neto, pero con las Asociación de facies LR-B y LR-C. Los espesores son variables entre las diferentes localidades estudiadas. En el área de Río Gualo y Río Chañares los espesores varían entre 2 m y 5 m, mientras que en el área de Aguada de Ischigualasto, Río del Peñón y Agua de la Peña su variabilidad es similar (2 m-6 m), sin embargo en el área de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca los espesores oscilan entre 2 m y 70 m, aunque dominan los espesores cercanos a 7 m (vease Apéndice II: Perfil LR-G, LR-I, LR-P).

Interpretación

Las lutitas carbonosas con laminación horizontal y geometría lateralmente persistentes evidencian una depositación por decantación por debajo de la base del tren de olas en condiciones de lago distal (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992; Talbot y Allen 1996). La continua laminación de los sedimentos sugiere una alternancia de tamaño de grano (arcilla/limo) en el depósito por diferentes condiciones, probablemente de carácter estacional (Spalletti 1980;

Reineck y Singh 1980; Einsele 1992; Talbot y Allen 1996). La excelente preservación de los restos fósiles, tanto de organismos terrestres como de organismos acuáticos, y el color negro de los sedimentos portadores permiten inferir un fondo anóxico y un lago oligotrófico (Einsele 1992; Talbot y Allen 1996). Las limolitas y areniscas muy finas, laminadas y/o masivas o con una suave gradación normal, forman bancos tabulares con una marcada continuidad lateral. Las mismas pueden asociarse con la depositación generada por un flujo de alta concentración bajo condiciones de alto régimen de flujo, seguido por decantación (Einsele 1992; Talbot y Allen 1996). De esta forma, los niveles de areniscas ferruginosas han sido interpretados como depositados por corrientes de turbidez distal sobre el lecho anóxico del lago que se encuentra representado por las lutitas carbonosas de la asociación de facies A (Milana 1999; Mancuso 1999, 2003).

Asociación de facies LR-B (costa de lago)

La Asociación de facies LR-B solo se ha registrado en dos afloramientos localizados próximos a la margen oeste de la cuenca, la Quebrada del León en el área de Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña y la Quebrada Ischichuca en el área de Cerro Bola (Figura 4). Sin embargo, la asociación de facies LR-B ha sido subdividida en dos sub-asociaciones. La sub-asociación de facies LR-B1 es predominantemente silicoclástica y se encuentra registrada en el área de Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña (Figura 4). La sub-asociación de facies LR-B2 es principalmente carbonática y se localiza en el área de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca (Figura 4).

Sub-asociación de facies LR-B1

Esta sub-asociación está caracterizada por areniscas finas a medias gris y verde claro, con laminación paralela y laminación paralela de bajo ángulo (Figura 16). En algunos sectores las capas presentan laminación ondulítica conformando sets de 0,1 a 0,4 m. El depósito alcanza 5 m de espesor y está constituido por bancos relativamente continuos lateralmente (Figura 16B). En numerosos niveles de las areniscas, sus techos presentan abundantes trazas de tipo pastoreo (Buatois y Mángano 1993, 1994, 1996, 1998). El contacto basal es neto, con un cambio abrupto de facies (desde Asociación de facies LR-A hacia asociación de facies LR-B1), mientras que el contacto superior puede ser transicional hacia la asociación de facies LR-C (vease Apéndice II: Perfil LR-P).

Interpretación

Las areniscas finas a medias con sets de laminación paralela de bajo ángulo evidencian la acción del oleaje durante su depositación. Así, actividad de olas genera pequeños cambios en el ángulo y dirección de pendientes de las láminas depositadas y conforman sets que dan una apariencia de entrecruzamiento en el banco (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992).

Las características sedimentológicas que se observan en el depósito y su relación con el resto de la columna permiten atribuir a esta sub-asociación un ambiente de costa silicoclástica dominada por oleaje (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992; Talbot y Allen 1996).

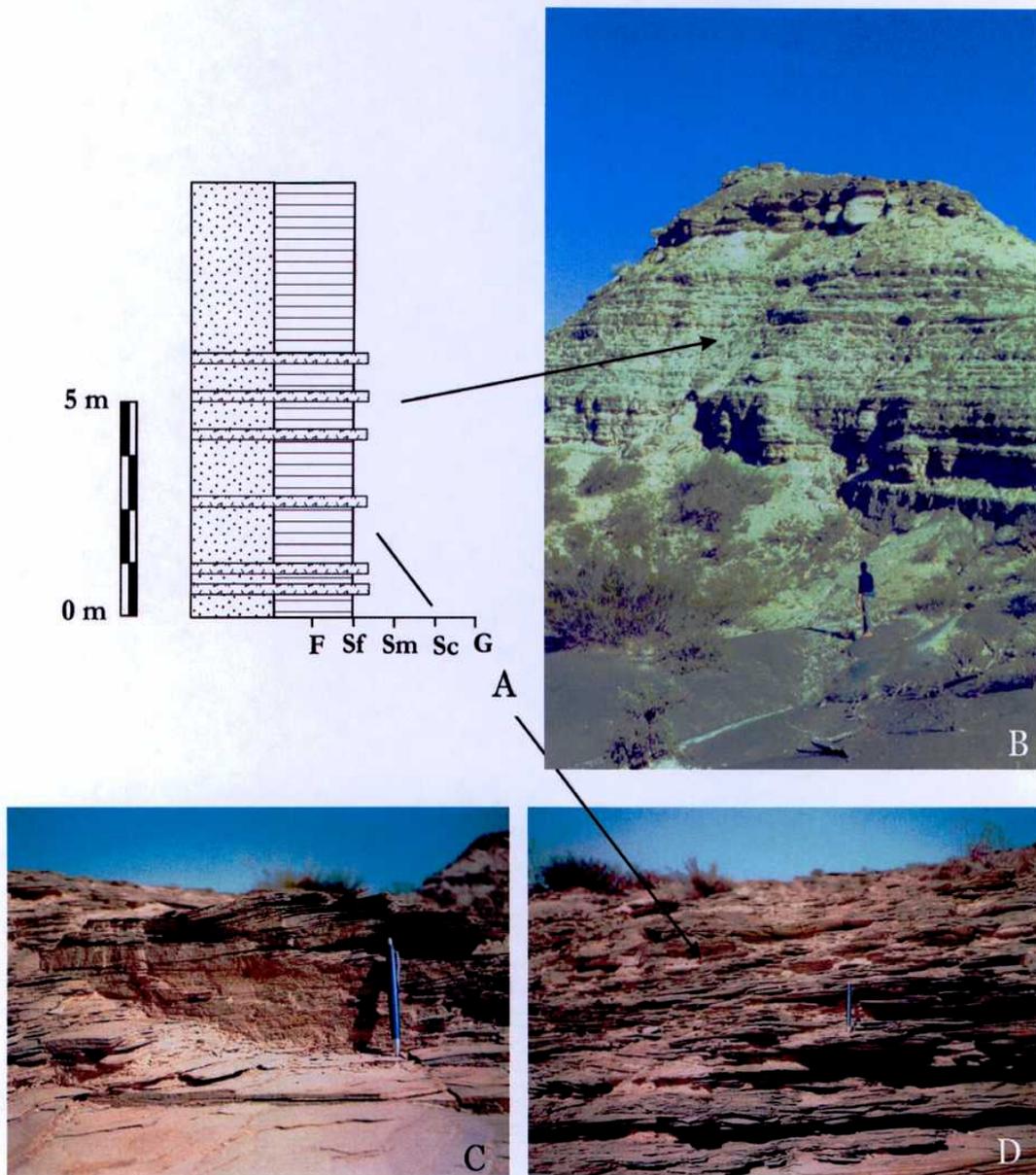


Figura 16: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies LR-B1. **B** Contacto entre la Asociación de facies A y Asociación de facies B1 en el área Río del León. **C, D** Detalle de la laminación de bajo ángulo de la Asociación de facies B1 en el área Río del León.

Sub-asociación de facies LR-B2

Esta sub-asociación está dominada por wackestones de tonalidades naranja grisáceo en superficie expuesta y negro en corte fresco, macizos, moteados, de espesores centimétricos (0,1- 0,3 m) (Figura 17), y con geometría tabular lateralmente persistente por más de 500m. Estos wackestones son portadoras de abundantes trazas de tetrápodos en su techo (Figura 17). En estos niveles se advierten moldes de forma cilíndrica o muy irregular y con ramificaciones milimétricas que se encuentran rellenas por calcita y micrita. Estas estructuras han sido interpretadas como rizolitos o canales de trazas de raíces. En lámina delgada se reconoce la presencia de una matriz peloidal micrítica, probables nódulos, porosidad de fenestras e intraclastos de micrita y de material terrígeno (limolita). La textura de granos flotando en la matriz indica un brechamiento del banco. La asociación se encuentra siempre relacionada con la asociación de facies A en la sección más basal del perfil LR-I (vease Apéndice II: Perfil LR-I).

Interpretación

Las facies exhiben un brechamiento que indica una diagénesis temprana sobre-impuesta a la textura original por medio de penetración de raíces. Cambios en el nivel del lago habrían generado exposiciones aéreas intermitentes, craquelado por desecación y re-cementación del carbonato por la precipitación de más material calcáreo (Freytet y Plaziat 1982; Alonso Zarza *et al.* 1992).

Las características generales de la sucesión clástica sugieren un control local para el depósito carbonático, probablemente como consecuencia una costa irregular del lago, con poca circulación y escaso aporte clástico local asociado a una alta

concentración de calcio posiblemente suministrado por aporte volcánico y un aporte externo del carbonato (Freytet y Plaziat 1982; Alonso Zarza *et al.* 1992).

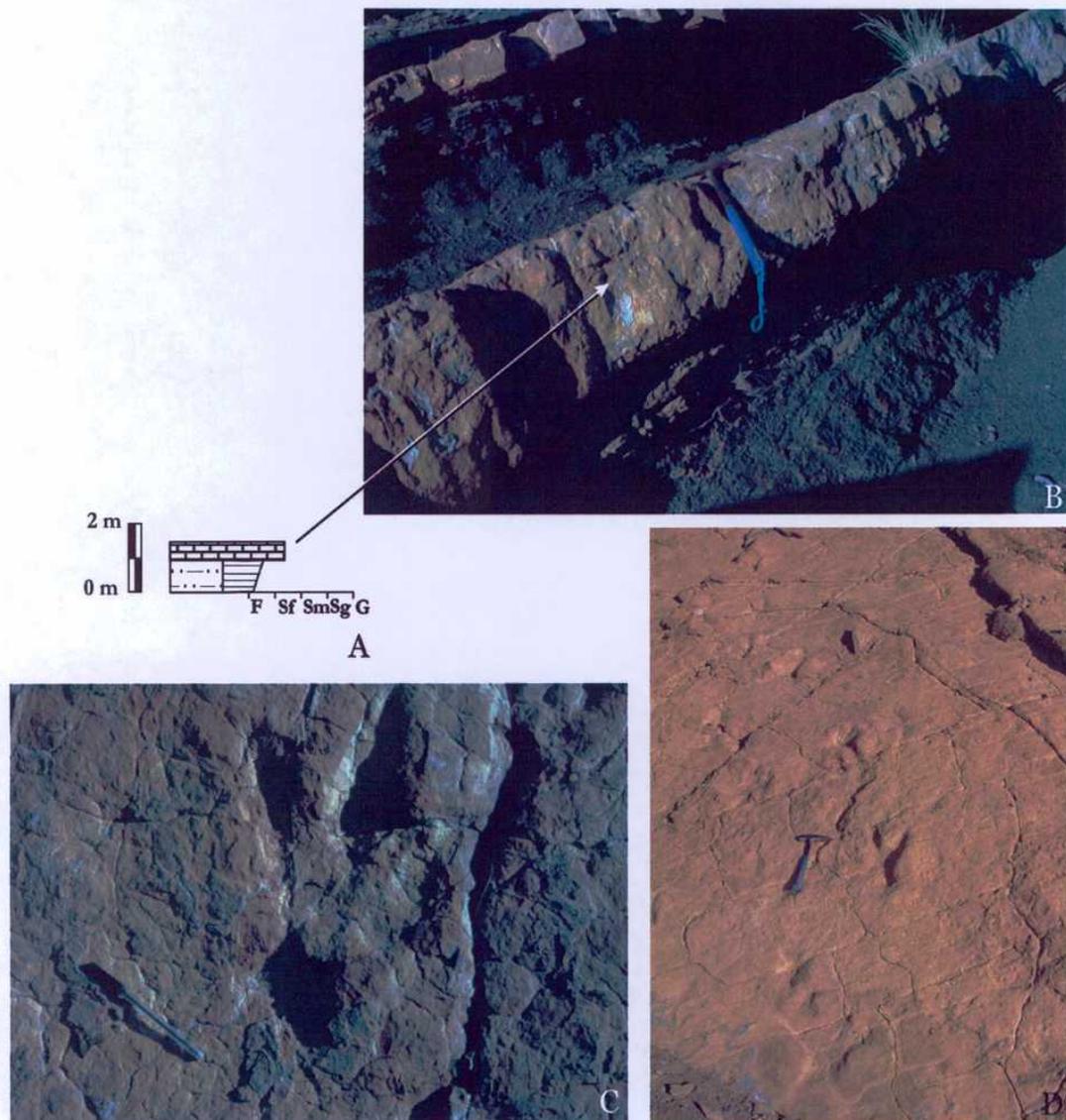


Figura 17: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies LR-B2. **B** Contacto neto entre la Asociación de facies LR-A y LR-B2 en el área Cerro Bola. **C, D** Huellas de tetrápodos en los niveles carbonatitos en el área Cerro Bola.

Todas las características hasta aquí analizadas permitieron interpretar a esta facies como un ambiente palustre litoral. El brechamiento y la presencia de huellas de tetrápodos sugieren que el depósito había sufrido exposiciones periódicas.

Asociación de facies LR-C (barra de desembocadura)

La asociación de facies está caracterizada por una sucesión grano y estrato creciente, dominada por arcillitas grises, limolitas verde claro, areniscas finas a gruesas y ocasionalmente areniscas guijarrosas. El depósito del sector inferior de la asociación puede alcanzar un espesor aproximado de 20 m. En su base se observa la dominancia de arcillitas y limolitas, con delgadas intercalaciones de areniscas finas. Las capas de arcillitas y limolitas son masivas, tabulares y su espesor alcanza aproximadamente 0.1 m (Figura 18A,C). Los niveles de areniscas que se intercalan son tabulares y se presentan masivos o con laminación paralela, su espesor alcanza 0.05 m. Las areniscas son portadoras de abundantes briznas vegetales.

La sucesión grano y estrato-creciente continúa con los niveles de areniscas aunque de manera más abundante y espesa. Estas capas son de geometría tabular a plano-convexa y muestran internamente, de abajo hacia arriba, laminación ondulítica en las areniscas finas, laminación horizontal en las areniscas medias y culminando con estratificación planar y/o en artesa en las areniscas gruesas del tope (Figura 18A,B,D). Los espesores de los bancos individuales varían entre 0,05 m y 3 m. Los niveles pelíticos son hacia arriba cada vez más escasos y delgados, intercalándose ocasionalmente entre los bancos de areniscas medias y gruesas.

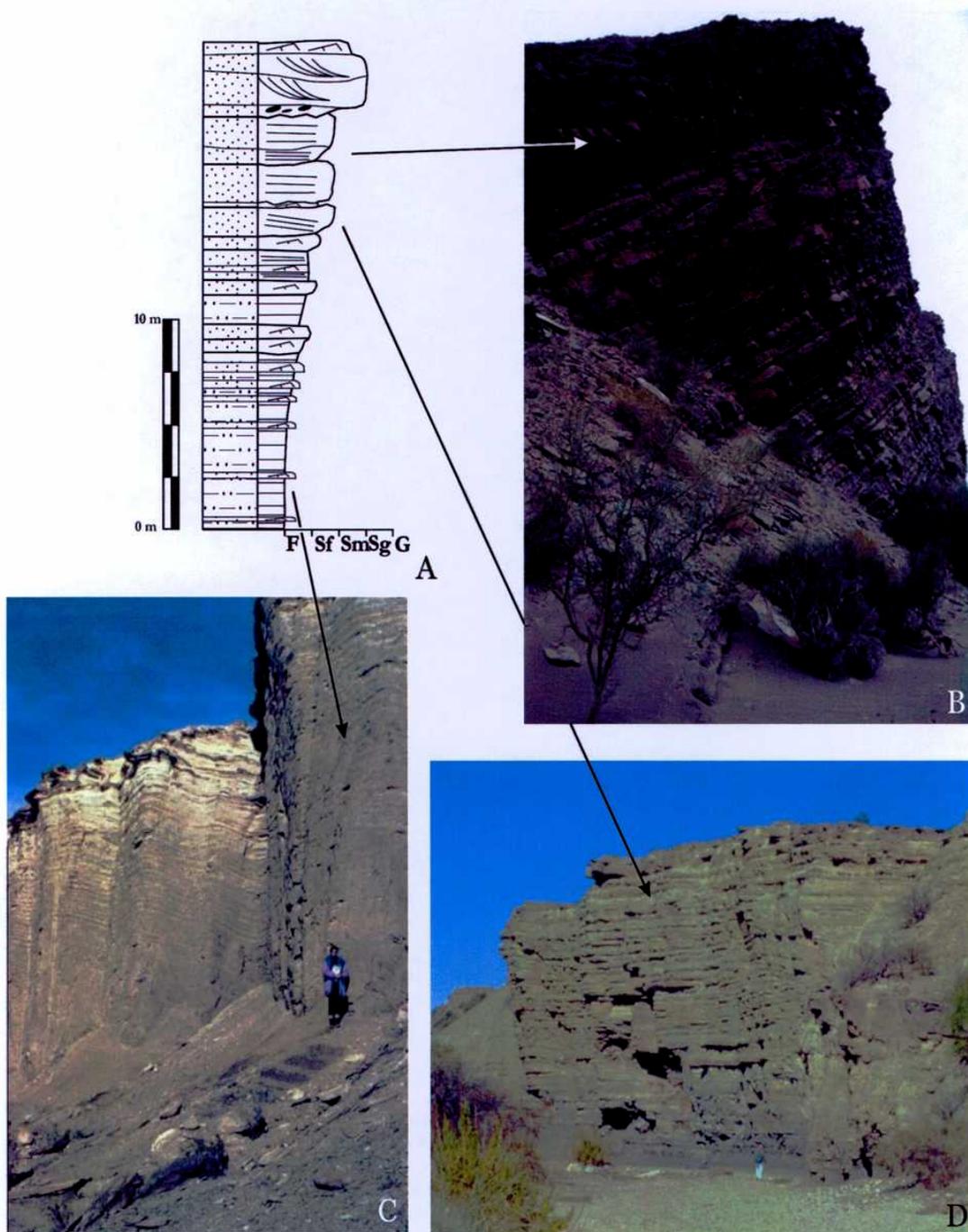


Figura 18: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies LR-C. **B** Sección superior de la Asociación de facies LR-C en el área Cerro Bola. **C** Sección inferior en el área Río Gualo. **D** Sección media en el área Cerro Bola.

Esta asociación de facies es la portadora de abundantes restos de plantas. Los niveles portadores son tanto las areniscas como las pelitas, mostrando diferencias en la preservación de los vegetales. Cabe destacar que unos pocos ejemplares de peces bien preservados fueron registrados en los niveles de areniscas medias con laminación horizontal (Mancuso 1999, 2003). Los atributos tafonómicos se describen en el capítulo TAFONOMÍA.

La asociación de facies LR-C presenta un contacto basal neto con un evidente contraste con la asociación de facies LR-A, mientras que su techo es transicional hacia la asociación de facies LR-D. La asociación de facies LR-C se encuentra registrada en todas las localidades con espesores y características algo variables. En el área Río Gualo-Río Chañares (Figura 4), los espesores de la asociación varían entre 15 m y 30 m, caracterizándose por un amplio desarrollo de las facies arcillo-limosas de la asociación. Sin embargo, en el área Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña (Figura 4), los espesores son más variables, entre 5 m y 25 m y la sucesión está caracterizada por una predominancia de las facies más arenosas. Finalmente, en el área de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca (Figura 4) la asociación presenta espesores variables entre 3 m y 50 m con una media de 8 m (Ver Apéndice II: Perfil LR-G, LR-I, LR-P).

Interpretación

Las arcillitas y limolitas masivas que forman bancos de geometría tabular han sido depositadas por decantación en un medio subácueo sobre un lecho plano extendido (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). La alternancia de estos niveles sugiere cambios en las condiciones del aporte clástico (Spalletti 1980;

Reineck y Singh 1980; Einsele 1992). Por su parte, las delgadas intercalaciones de areniscas finas masivas a laminadas fueron depositadas por corrientes de bajo régimen de flujo en un lecho plano (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992).

La evolución desde las areniscas finas con laminación ondulítica, pasando por las areniscas medias con laminación horizontal y culminando con las areniscas gruesas con estratificación planar y/o en artesa sugiere un incremento de la energía del sistema que transporta y deposita dichas arenas. Así, el aumento del tamaño de las formas de lecho y su evolución a formas de mayor energía indica un aumento hacia tope del régimen de flujo (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Farquharson 1982; Einsele 1992).

Por su parte, la base plana y la geometría tabular a plano-convexa del banco sugieren un lecho plano y un desarrollo mantiforme del depósito. Los delgados niveles pelíticos que se intercalan ocasionalmente con los bancos de areniscas sugieren momentos de disminución del flujo que permite la depositación por decantación del material fino que permanecía en suspensión (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992; Talbot y Allen 1996).

La secuencia es interpretada como el depósito de una barra de desembocadura progradando en el lago (Milana 1999; Mancuso 1999, 2003). La gradación desde los depósitos finos de decantación a través de areniscas finas con laminación ondulítica de corriente a planar y areniscas media a gruesa con estratificación planar y ocasionalmente en artesa representa hacia el tope una somerización, la cual evidencia la progradación de una barra de desembocadura (Farquharson 1982; Talbot y Allen 1996).

Asociación de facies LR-D (plataforma deltáica)

La asociación de facies está caracterizada por una secuencia alternante de areniscas medias a gruesas, amarillentas, pelitas y areniscas muy finas, gris oscuras a negras. La asociación forma una sucesión grano decreciente (Figura 19A,B).

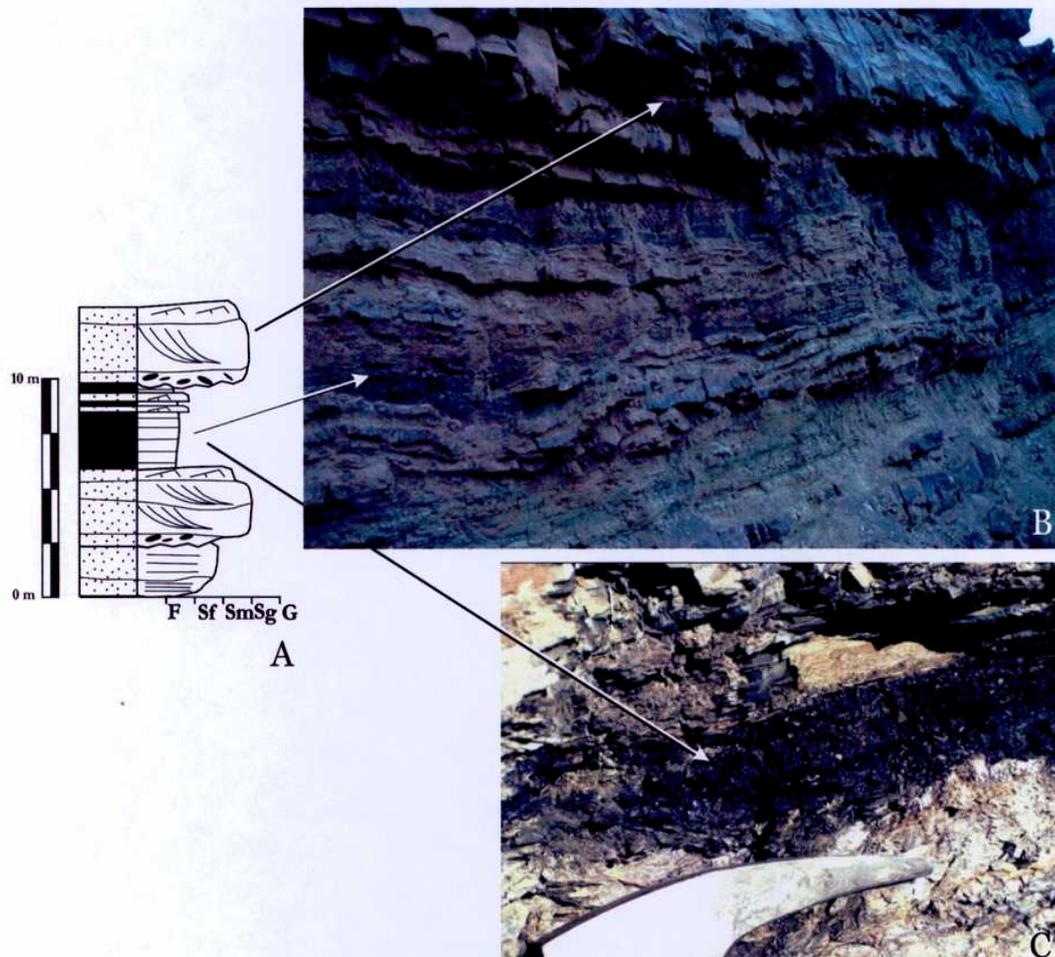


Figura 19: **A** Perfil esquemático de la asociación de facies LR-D. **B** Afloramiento en el área Cerro Bola. **C** Nivel de carbón en el área Río Gualo.

Los niveles de areniscas medias a gruesas presentan estratificación entrecruzada tabular y/o en artesa y tienen geometría tabular a lenticular (Figura 19A,B), con bases erosivas y lag de intraclastos pelíticos irregulares de aproximadamente 0.05 m. Dichos niveles de areniscas son también internamente

aproximadamente 0.05 m. Dichos niveles de areniscas son también internamente grano decreciente y pueden culminar con pequeñas ondulitas de corriente. Los bancos están amalgamados, formando paquetes de 4 a 5 m de espesor (Figura 19A,B).

Los niveles de pelitas y areniscas finas son masivos y de geometría tabular, aunque pueden presentar ocasionalmente laminación planar a ondulítica. Las mismas presentan abundante materia orgánica, principalmente representada por fragmentos vegetales no identificables preservados como compresiones carbonosas. La alta concentración de la materia orgánica puede formar niveles de carbón de 0.2 m de espesor (Figura 19C).

Los niveles de areniscas medias a gruesas preservan restos de troncos (0.1 -0.15 m de largo y 0.06-0.09 m de diámetro), plantas gran porte en la base, huellas de tetrápodos asociadas con las ondulitas asignadas a arcosaurios basales y a terápsidos no mamalianos (Marsicano *et al.* 2004) además de trazas horizontales de invertebrados que incluyen rastrilladas de artrópodos (Buatois y Mángano 2004) en el tope de cada banco (Figura 20).

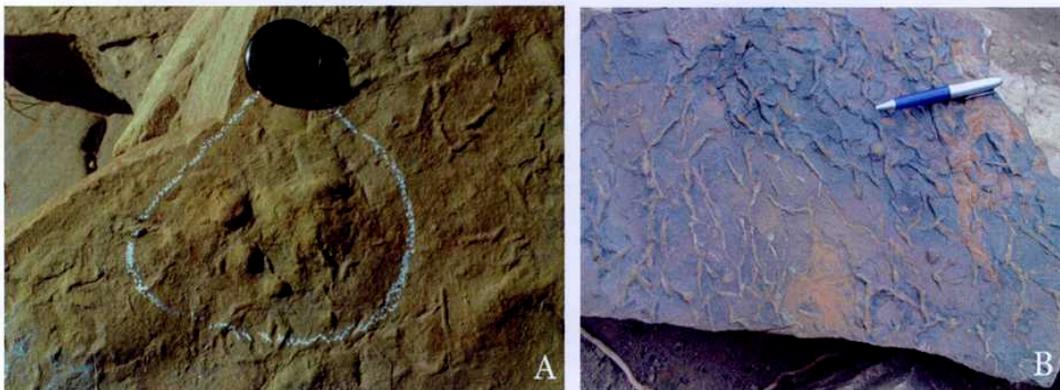


Figura 20: **A** Huella de terápsido no mamaliano en el área Río del León. **B** Posibles rastrilladas de artrópodos en el área Cerro Bola.

Los contactos de la asociación son, transicional en la base con la asociación de facies LR-C, y neto en el techo con la asociación de facies LR-A y la Formación Ischigualasto.

Esta asociación de facies se encuentra registrada en todas las localidades, sin embargo su mayor desarrollo se encuentra en el área Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña (Figura 4), con espesores que oscilan entre 4 m y 15 m. En el área Río Gualo-Río Chañares (Figura 4), esta asociación de facies es poco común encontrándose en dos ocasiones con 2m y 8 m, respectivamente. Finalmente en el área de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca (Figura 4), se registra con un importante desarrollo y espesores entre 1,5 m y 60 m (vease Apéndice II: Perfil LR-G, LR-I, LR-P). Las estructuras unidireccionales indicadoras de paleocorrientes de la asociación varían de dirección entre las diferentes localidades, en el área Río Gualo-Río Chañares muestran direcciones SE/ESE, en el área Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña presenta variación de dirección entre NNE/ONO/NNO/N y en el área de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca SE.

Interpretación

Las areniscas medias a gruesas con estratificación entrecruzada tabular y/o en artesa forman bancos de geometría tabular a lenticular con bases erosivas con intraclastos pelíticos irregulares. La estratificación entrecruzada tabular y/o en artesa se vincula con la migración de dunas tridimensionales arenosas de cresta recta y/o linguoides respectivamente, y sobre en lecho del canal en condiciones de un bajo régimen de flujo (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992; Talbot y Allen 1996). Los niveles de areniscas gruesas pasan hacia arriba a medias y pueden

culminar en algunos casos con pequeñas ondulitas de corriente, que caracterizan un régimen de flujo menor (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980; Einsele 1992; Talbot y Allen 1996).

Las pelitas y areniscas finas son masivas y ocasionalmente laminadas a ondulíticas. Los niveles masivos y laminados representan la depositación por decantación, en tanto que los niveles ondulíticos sugieren la acción de corrientes con bajo régimen de flujo. La geometría tabular de los bancos sugiere la depositación sobre un lecho plano y extendido (Spalletti 1980; Reineck y Singh 1980). Estos niveles son portadores de una gran cantidad de fragmentos vegetales no identificables preservados como compresiones carbonosas que sugieren condiciones anóxicas del sitio de acumulación.

Las características mencionadas arriba permiten proponer que la asociación de facies fue depositada por un sistema fluvial distributivo en una plataforma deltaica con pantanos desarrollados en la planicie deltaica (Milana 1999; Mancuso 1999, 2003).

Ambiente depositacional de la Formación Los Rastros

La discusión sobre las relaciones y sinonímias de los “Estratos de Ischichuca” con las formaciones Chañares y Los Rastros es histórica, y aún no hay un consenso general sobre el tema. Los “Estratos de Ischichuca” fueron reconocidos y definidos por Frenguelli (1944a, 1948) en su localidad tipo (Quebrada de Ischichuca Grande, al sur del Cerro Bola, Figura 4), mientras que la Formación Chañares aflora en una franja desde el Río Chañares hasta el Río Gualo, en el Arroyo Agua Escondida, y formando un cordón desde Cerro Overo y la Aguada de Ischigualasto hasta el Río

del Peñón y Agua de la Peña (Figura 4). Por su parte, la Formación Los Rastros fue reconocida en una extensa franja desde la quebrada de la Chilca hasta la Aguada de Ischigualasto en el Parque Provincial Ischigualasto, en el Cerro Bola y Cerro Rajado, y en el área de Río Chañares y Río Gualo (Figura 4).

Los extensos trabajos realizados, por la autora, sobre la unidad de interés (Formación Los Rastros) permiten proponer que toda la sucesión está caracterizada por sucesivos ciclos progradacionales de depósitos lacustre-fluvial, donde alternan bancos pelíticos con abundante materia orgánica (facies lacustre) y bancos de areniscas de fina a gruesas (facies deltaica-fluvial) (Figura 21). No cabe duda de la amplia variación lateral que presenta esta sucesión a lo largo de toda la cuenca. Sin embargo, es importante destacar la necesidad de integrar la información que proviene de los diversos puntos de control a lo largo de toda la cuenca para abordar esta discusión.

En primer lugar, según la definición de unidad litoestratigráfica del Código Argentino de Estratigrafía (1992) las “formaciones” Chañares e Ischichuca no pueden ser unificadas debido a que presentan diferencias litológicas sustanciales que permiten individualizarlas. En segundo lugar, en relación con las “formaciones” Ischichuca y Los Rastros, las diferencias litológicas no son tan profundas y en la localidad tipo de la Formación Ischichuca no es posible ubicar un límite entre ambas “formaciones”, debido a que constituyen un mismo ambiente depositacional.

De esta forma, se considera que “Los Estratos de Ischichuca” no tiene valor estratigráfico y, como se mencionó anteriormente, se puede relacionar a la sección inferior como correlativa con la Formación Chañares y a las secciones media y superior con la Formación Los Rastros.

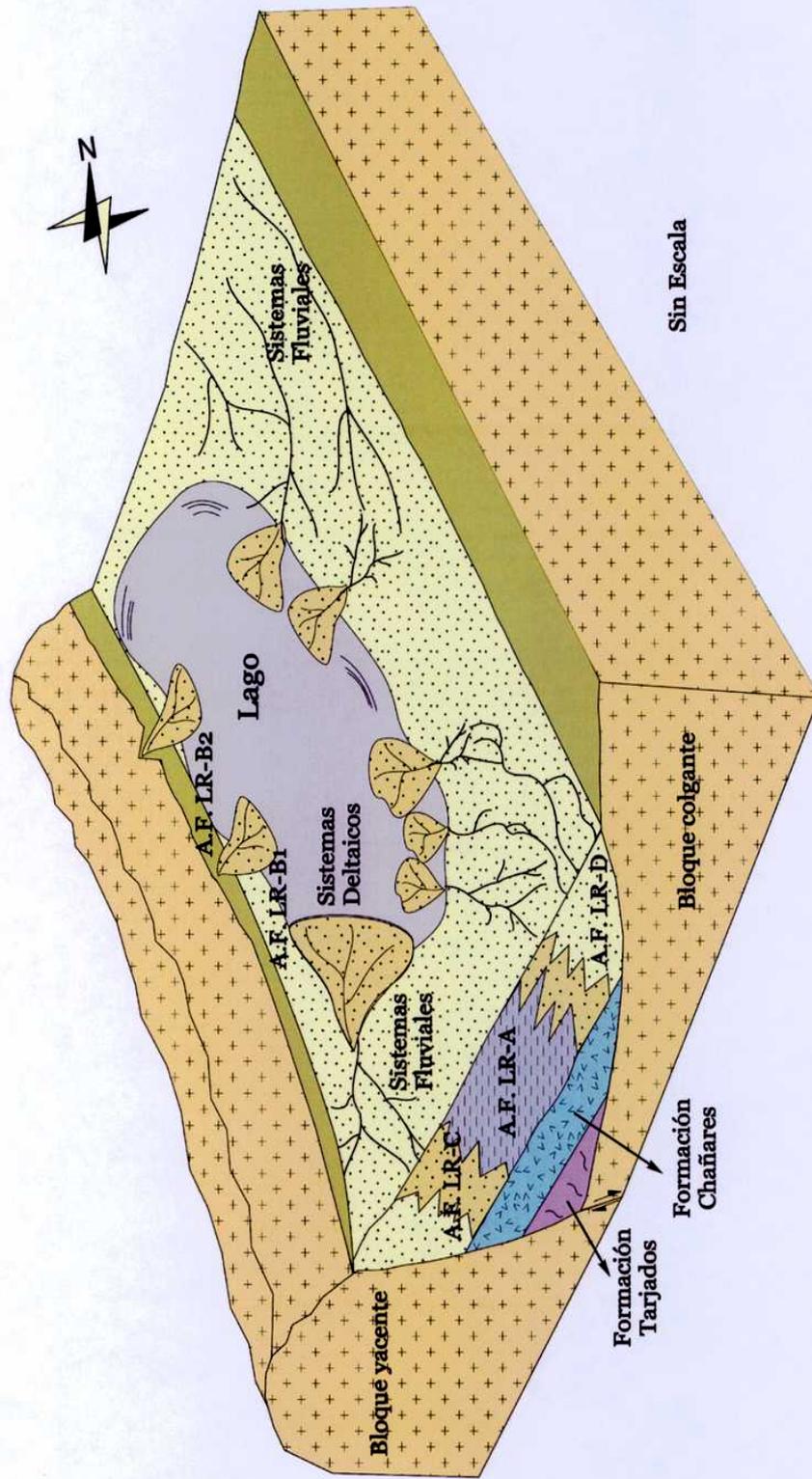


Figura 21: Bloque diagrama sin escala. Reconstrucción del sistema lacustre-fluvial de la Formación Los Rastros y ubicación de las asociaciones de facies (LR-A, LR-B1, LR-B2, LR-C, LR-D).

En consecuencia se propone que la sucesión Los Rastros comienza con la ampliación y profundización del sistema lacustre en el margen oeste de la cuenca, representado por el apilamiento de espesos bancos de pelitas negras de fondo de lago. Posteriormente, los sistemas muestran la progradación de los cuerpos deltaicos y fluviales sobre la cuenca lacustre, los que estarían indicando la pérdida del espacio de acomodación probablemente por aumento del aporte detrítico a la cuenca, en respuesta a la intensificación del rebaje del relieve.

La presencia de numerosos ciclos lacustre-fluviales en la sucesión de Los Rastros puede estar relacionada con variaciones del nivel de base, local y global (Shanley y Mc Cabe 1994; Anadon *et al.* 1998). Así los cambios cíclicos en el balance de agua (Van Dijk *et al.* 1978; Talbot y Allen 1996) puede evidenciar, junto con las características sedimentológicas y mineralógicas de la secuencia sedimentaria, un fuerte control climático sobre la misma (Anadon *et al.* 1994; Anadon *et al.* 1998). De esta forma, en la secuencia estudiada se propone que la ciclicidad observada en la sección inferior se encuentra principalmente dominada por los posibles cambios de subsidencia por tectónica y por carga (Olsen 1990; Milana y Alcober 1994). En la sección superior, los cambios climáticos son los principales responsables de las variaciones en el aporte de material clástico al sistema.

TAFONOMÍA

Formación Chañares

La Formación Chañares es ampliamente conocida por su sorprendente fauna de tetrápodos que incluye una variada asociación de terápsidos no mamalianos y arcosaurios basales, representados en general por esqueletos casi completos (Romer y Jensen 1966; Romer 1967, 1969, 1971a, b, c, 1972a, b, c, 1973a, b; Cox 1968; Bonaparte 1969b, 1971, 1973, 1979; Romer y Lewis 1973; Arcucci 1991; Arcucci y Marsicano 1998; Rogers *et al.* 2001).

Dentro de la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión, la Formación Chañares ha sido reconocida con sus facies típicas de tobas y tufitas gris azuladas en una franja desde el Río Chañares hasta el Río Gualo, en los Mogotes del Río Gualo y en el arroyo Agua Escondida (Figura 4), como también formando un cordón desde la Aguada de Ischigualasto hasta el Río del Peñón y Agua de la Peña, mientras que en el área de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca (Figura 4) se la registra con facies algo diferentes de conglomerados clasto y matriz-sostén verdes y rojizos. El contenido paleontológico de la unidad se restringe exclusivamente a los tetrápodos anteriormente mencionados y a trazas de invertebrados de tipo *Taenidium* (Rogers *et al.* 2001). Los principales afloramientos que han aportado restos de vertebrados son lo que se localizan en el área de Río Gualo-Río Chañares, siendo escasos los restos exhumados del área Río Gualo, asignados al arcosaurio *Tarjadia ruthae* (Arcucci y Marsicano 1998), y muy numerosos los coleccionados en el área Río

Chañares (Romer 1967, 1969, 1971a, b, c, 1972a, b, c, 1973a, b; Cox 1968; Bonaparte 1969b, 1971, 1973, 1979; Romer y Lewis 1973; Arcucci 1991; Rogers *et al.* 2001).

Los tetrápodos de la Formación Chañares, hasta el momento, incluyen tres taxones de sinápsidos eucinodontes, cuatro taxones de sinápsidos dicinodontes y nueve taxones de arcosaurios, incluyendo “precursores” de los dinosaurios (Serenó y Arcucci 1993, 1994, Marsicano y Arcucci 2002) (Figura 22). Todos los materiales analizados se encuentran en las colecciones del Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán (PVL), del Museo de la Universidad Nacional de La Rioja (PULR), del Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia de Buenos Aires (MACN) y del Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Cambridge (MCZ). Estos materiales, que se conservan en sus concreciones originales, han permitido relevar los atributos vinculados a las relaciones espaciales entre los elementos y aquellos particulares de los huesos conservados, por ejemplo las modificaciones post-mortem, las fracturas, la distorsión mecánica y el estado de articulación, entre otros (vease capítulo METODOLOGÍA).

TETRAPODA

Amniota

Therapsida

Dycinodontia

Dinodontosaurus brevisrostris Cox

Dinodontosaurus platygnathus Cox

Chanaria platyceps Cox

Kannemeyeriidae genero et sp indet

Eucynodontia

Probainognathus jenseni Romer

Chiniquodon theotonicus

Massetognathus pascuali Romer

- Archosauriformes
 - Proterochampsidae
 - Chanaresuchus bonapartei* Romer
 - Gualosuchus reigi* Romer
 - Tropidosuchus romeri*

- Archosauria
 - Crurotarsi
 - Tarjadia ruthae*
 - Rauisuchidae
 - Luperosuchus fractus* Romer
 - Crocodylomorpha
 - Gracilisuchus stipanicorum* Romer
 - Ornithodira
 - Lewisuchus admixtus* Romer
 - Lagerpeton chanarensis* Romer
 - "Lagosuchus" talampayensis* Romer

Figura 22: Cuadro fauna de la Formación Chañares. Tomado de Marsicano y Arcucci (2002).

A pesar de que gran parte de los materiales se encuentran en colecciones, existen aún in situ en las áreas Río Gualo-Río Chañares y Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña restos de vertebrados que permiten identificar perfectamente los niveles portadores y las relaciones espaciales específicas presentadas por las asociaciones que conforman cada concreción y establecer la historia tafonómica de los organismos conservados en dichas asociaciones.

En el análisis tafonómico se han considerado los taxones representados, el número de individuos, los elementos preservados, el modo de preservación, la paleoecología del grupo, el relleno que presentan, las modificaciones post-mortem (e.g. fracturas, quebraduras, abrasión), la bioerosión y disolución, la distorsión mecánica, el arreglo espacial y la orientación, el estado de articulación de los restos, la dispersión, el patrón de distribución, el estado mecánico, la mezcla temporal, y la

biofábrica (densidad de acumulación, empaquetamiento y selección). Los estados de estos atributos para cada concreción son detallados en el Apéndice III.

La preservación diferencial de los fósiles evidencia la actividad diferencial de los procesos tafonómicos en los diferentes sitios depositacionales. Así, una Tafofacies es una combinación particular de atributos tafonómicos que presentan los fósiles y que caracterizan a un cuerpo de roca (Martin 1999). Los modelos tafonómicos y las tafofacies fueron reconocidos para los vertebrados por Behrensmeyer (1988), quien describió dos modelos tafonómicos con sus tafofacies para las asociaciones de vertebrados de los depósitos Siwalik (Mioceno) del norte de Pakistán y de la Formación Arroyo del Grupo Wichita (Pérmico) de Texas. Sobre la base de este concepto se han definido tres tafofacies (CH-V1, CH-V2 y CH-V3) para los vertebrados de la Formación Chañares.

Tafofacies CH-V1: se encuentra asociada a la asociación de facies CH-A (canal) (ver capítulo SEDIMENTOLOGÍA) e incluye generalmente escasos material fragmentario de vertebrados exhumados en el área de Río Gualo. El material se encuentra, actualmente, alojado en las colecciones del Museo de la Universidad Nacional de La Rioja (PULR) y del Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Cambridge (MCZ).

En esta tafofacies se incluyen restos hallados aislados. Los atributos tafonómicos corresponden a los ejemplares PULR 063 y MCZ 9319, determinados como *Tarjadia ruthae* por Arcucci y Marsicano (1998). El material PULR 063 incluye seis osteodermos dorsales casi completos y fragmentos de otros tres, seis centros vertebrales, arcos neurales y espinas neurales, los cuales fueron hallados

articulados. El material MCZ 9319 incluye un fragmento de techo craneano (frontal, parietal y post-frontal), un fragmento de la región occipital (supraoccipital y exoccipital-opistótico), un fragmento del área prearticular de la hemi-mandíbula derecha, y un fragmento de un osteodermo dorsal desarticulados (Figura 23). La ausencia de los arcos neurales fusionados a los centros vertebrales, nos permiten considerar a los restos como pertenecientes a un individuo juvenil.



Figura 23: **A** Osteodermo del Material PULR 063. **B** Techo craneal del Material MCZ 9319. **C** Vértebras del Material PULR 063.

El relleno sedimentario presente en la cavidad del canal neural, las suturas, fisuras y fracturas corresponden a la roca portadora (areniscas fina). Otras características son la abrasión evidenciada por facetas de desgaste, leve rodamiento y un leve rasgo de esfericidad y redondez (Figura 23D,E). Los restos muestran una importante distorsión mecánica, un craquelado de las superficies de los huesos y fracturas en algunos casos recientes donde se observa el corte fresco y otras que se formaron previas al entierro (Figura 23A). Los rasgos de disolución parecen ser incipientes.

Sobre las características espaciales no se pueden hacer consideraciones, ya que el material se encuentra extraído y no se cuenta con datos precisos de campo. Todas estas características son notablemente diferentes a las de los restos contenidos en las concreciones en el área Río Chañares.

Los elementos del ejemplar PULR 063 fueron encontrados completamente articulados, aunque por su preparación ahora se encuentren desarticulados, mientras que los elementos del ejemplar MCZ 9319 se encuentran todos desarticulados y algunos fragmentados. Teniendo en cuenta la dispersión de los restos es posible suponer que ambos individuos presentan una integridad de alrededor del 5%. La biofábrica de esta asociación presenta una moderada selección por tamaño y forma. La asociación parece no tener rasgos de mezcla temporal.

Tafofacies CH-V2: incluyen material exhumado de los niveles de la Asociación de facies CH-B (planicie aluvial) en el área del Río Chañares. La mayor parte del material de vertebrados coleccionados fueron hallados en los niveles de la Asociación de facies CH-B y, en todos los casos contenido en concreciones (ver

capítulo SEDIMENTOLOGÍA). El material que se describe para esta tafofacies está depositado en las colecciones del Instituto Miguel Lillo (PVL).

En esta tafofacies se incluyen las concreciones PVL 5682, 5683, 5684, 5689, 5691, 5692, 5693 y 5694. Algunos de sus atributos también son reconocidos para la Tafofacies CH-V3, como por ejemplo, que todos los organismos se encuentran preservados como partes duras y sin ningún indicio de los tejidos blandos. Además, se ha observado que el relleno sedimentario que presentan las cavidades, suturas, fracturas y fisuras es similar a la matriz de las concreciones en que se encuentran contenidos.

En rasgos generales, las concreciones pueden conservar desde un individuo aislado, hasta varios individuos de un mismo taxón, e inclusive varios individuos de más de un taxón (vease Apéndice III). La mayoría de ellos pertenecen al terápsido *Massetognathus*, y en menor proporción se encuentran representados los arcosaurios con algunos taxones indeterminados.

Los elementos preservados son muy variados e incluyen desde cráneos, mandíbulas, huesos largos de los miembros, fragmentos de la columna articulada y vértebras aisladas, además de costillas y cintura pélvica y pectoral, que en algunos casos aparece articulada a la columna (vease Apéndice III). Es de destacar que se encuentran asociados tanto los elementos de fácil movilidad (costillas y vértebras) como los de baja movilidad (cráneo y miembros) (Figura 24), por lo que se puede sugerir la ausencia de agentes de transporte con suficiente energía como para movilizarlos.

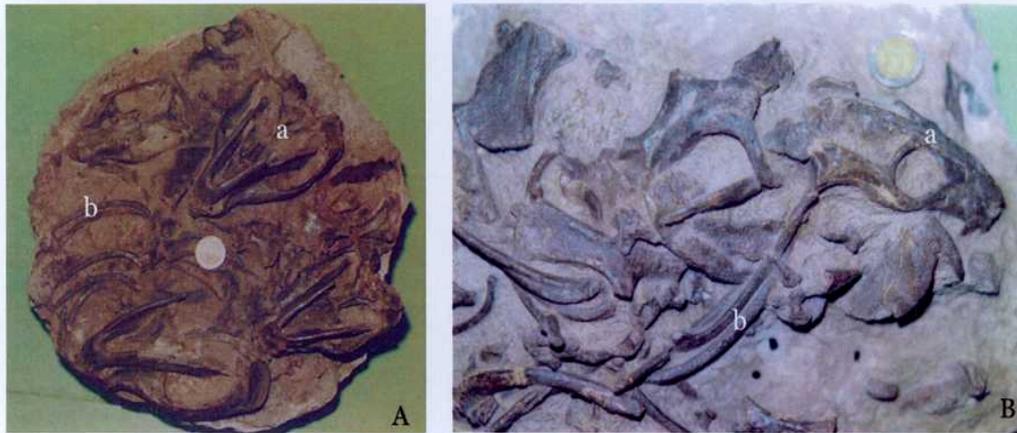


Figura 24: **A** Material PVL 5684, elementos de alta y baja movilidad (a) cráneo (b) costillas. **B** Material PVL 5689, elementos de alta y baja movilidad (a) cráneo (b) costillas.

Los elementos conservados muestran facetas de desgaste formadas por meteorización reciente, y en el caso de PVL 5689 los restos presentan facetas de desgaste suaves y fracturas de formación pre-entierro (Figura 25A). Además, se observó un leve pulido sin rasgos de esfericidad ni redondez. Es un rasgo característico de los tetrápodos de Chañares contenidos en concreciones, que no muestran rasgos de bioerosión ni disolución. Sin embargo PVL 5689 muestra puntuaciones y surcos que pueden ser consideradas como una posible evidencia de predación o carroneo (Figura 25B). La distorsión mecánica es escasa aunque se pueden observar en algunos casos fracturas de deformación discontinua y una leve deformación continua.



Figura 25: **A** Facetas de desgaste en el material PVL 5689. **B** Posibles marcas de predación en el material PVL 5689.

El arreglo espacial de los restos es, en general, concordante con respecto a la “estratificación” que muestra internamente la concreción. Sin embargo en algunos casos se pueden mostrar parcialmente discordantes como por ejemplo en PVL 5683, en que un extremo de la columna articulada se encuentra recurvado hacia arriba y cortando la estratificación (Figura 26). Además, se ha observado en PVL 5694 que los elementos se encuentran en diferentes niveles (Figura 26). Esta particularidad ha permitido reconocer tres niveles, el inferior donde se halla una vértebra dispuesta en posición vertical con respecto a la línea horizontal de la concreción (Figura 26); un nivel medio donde se ubica el cráneo del ejemplar, considerado posiblemente un juvenil, y los huesos de un miembro (Figura 26); y por último, el nivel superior que contiene al cráneo de mayor tamaño y una mandíbula probablemente relacionados (Figura 26).



Figura 26: **A** Extremo de la columna articulada cortando la estratificación en el material PVL 5683. **B** Diferentes niveles con elementos preservados en el material PVL 5694.

En relación a la orientación de los elementos preservados, esta tafofacies se caracteriza por presentar orientaciones preferenciales (Ver Apéndice III). Las mismas pueden variar entre sub-paralela y concordante con el eje longitudinal de la asociación, o bien presentar una leve orientación en forma de T, o una disposición levemente imbricada (Figura 27). En todos los casos se ha considerado que las orientaciones son el resultado de la acción de agentes físicos y/o biológicos que permitieron alinear los elementos.

El estado de articulación para los restos de la presente tafofacies varía entre desarticulado a parcialmente articulado. En la mayoría de los casos, son las columnas vertebrales y/o los miembros los que se encuentran parcialmente articulados. En los casos de desarticulación total, los elementos se encuentran generalmente asociados (Ver Apéndice III).

La integridad de los restos es muy variable (Ver Apéndice III) y se han registrados para *Massetognathus* una variabilidad desde un 5 al 10% y hasta 90%, mientras que para los arcosaurios indeterminados se encuentra alrededor del 30%.

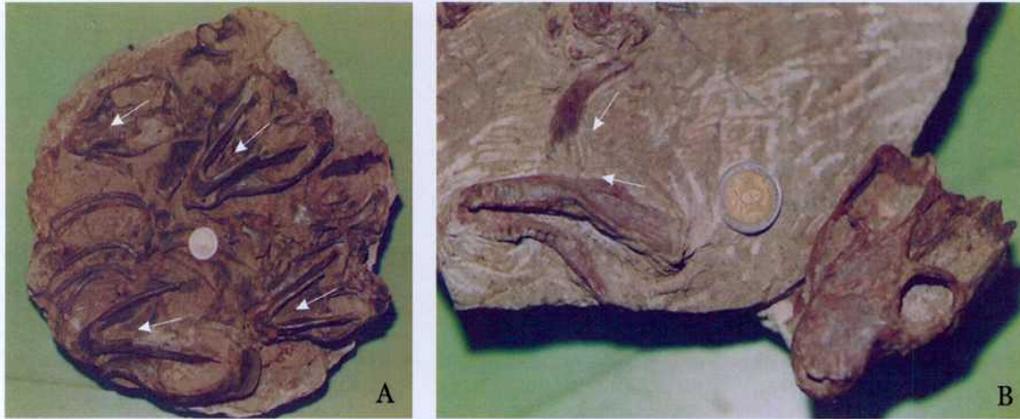


Figura 27: Orientaciones preferenciales en el material PVL 5684 (A) y PVL 5691 (B).

Los elementos conservados en las concreciones presentan, en general, un patrón de distribución agrupado, con diferentes formas, por ejemplo rectangular, alongada, trapezoidal, irregular y/o circular, pero es de destacar, que en todos los casos están conformando un nivel delgado de entre 10 y 15 cm. El estado mecánico que evidencia la historia de la movilidad de los elementos sugiere un estado de acumulación, en la mayoría de los casos probablemente como autóctona y no reagrupada. Solo en el caso del ejemplar PVL 5689 se consideró alóctona no reagrupada, y en el ejemplar PVL 5694, reagrupada.

La biofábrica que caracteriza a la tafofacies está dominada por una alta densidad de acumulación, con un empaquetamiento denso y una pobre selección por tamaño y forma.

Todos los tetrápodos vinculados a la presente tafofacies son terrestres de hábito carnívoro u omnívoro (Bonaparte 1997). Es importante destacar que no se registra ningún rasgo que permita considerar que las asociaciones aquí estudiadas sean de tiempos condensados.

Tafofacies CH-V3: incluyen material exhumado de los niveles de la Asociación de facies CH-B (planicie aluvial) en el área del Río Chañares. La mayor parte del material de vertebrados coleccionados fueron hallados en los niveles de la Asociación de facies CH-B y, en todos los casos contenido en concreciones (ver capítulo SEDIMENTOLOGÍA). El material que se describe para estas tafofacies está depositado en las colecciones del Instituto Miguel Lillo (PVL).

La tafofacies está constituida por las concreciones PVL 5685, 5686, 5687, 5688, 5690, 5695. Los atributos, reconocidos de igual forma en esta tafofacies y en la Tafofacies CH-V2, son la preservación de partes duras sin indicio de los tejidos blandos, el relleno sedimentario en suturas, fracturas y fisuras es similar a la matriz de las concreciones, y la ausencia de rasgos de mezcla temporal que indiquen tiempos condensados.

De igual forma que en la Tafofacies CH-V2, las concreciones pueden ser portadoras desde un único individuo hasta varios individuos de más de un taxón (Ver Apéndice III). En este caso, además de encontrarse representados los sinápsidos eucinodontes con *Massetognathus*, y los arcosaurios con restos

indeterminados, se han registrado restos de un sinápsido dicinodonte indeterminado.

Los componentes esqueléticos hallados incluyen cráneo, mandíbula, cintura pélvica y pectoral, huesos largos de los miembros, huesos carpales articulados, columna completa articulada con la cintura pélvica. Se reconocen además un fragmento de columna articulada, vértebras aisladas y costillas (Ver Apéndice III).

Los restos asignados al dicinodonte incluyen fragmentos de huesos, probablemente pertenecientes a la cintura pectoral (Ver Apéndice III). Como puede observarse en este caso también se encuentran asociados los elementos de alta y baja movilidad (Figura 28).

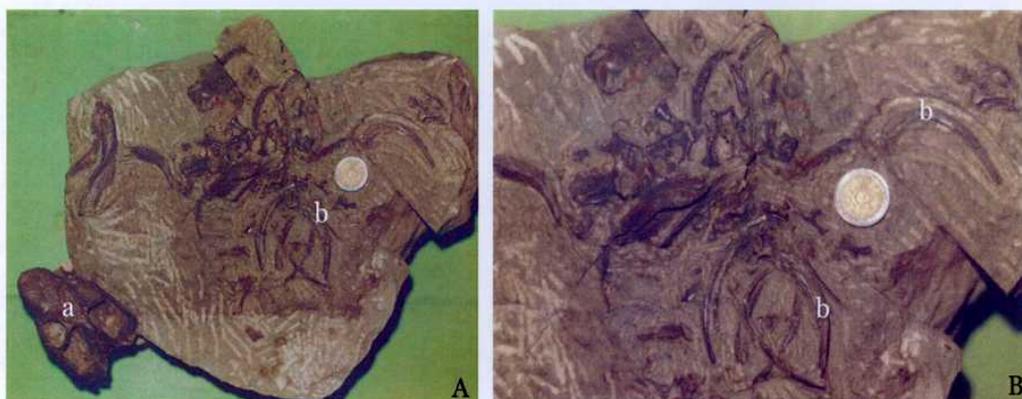


Figura 28: **A, B** Elementos de alta y baja movilidad en el material PVL 5685, (a) cráneo (b) costilla.

En rasgos generales, los elementos preservados no muestran rasgos de modificación post-mortem, y las facetas de desgaste observadas se encuentran asociadas a la meteorización reciente. Una característica notable en las concreciones

de la Formación Chañares es el bajo grado de meteorización pre-entierro registrado y la ausencia de evidencias de bioerosión y disolución. Sólo en el caso del material PVL 5686 se registra un suave pulido y rasgos de bioerosión en la superficie de algunos huesos. Éstos aparecen como marcas lineales sub-paralelas, que se podrían relacionar con predación o carroneo (Figura 29).



Figura 29: **A** Superficie con suave pulido en el material PVL 5686. **B** Rasgos de bioerosión en el material PVL 5686.

La distorsión mecánica observada es escasa, aunque la deformación discontinua registrada como fracturas en los huesos y en las concreciones probablemente se encuentre relacionada a la descompresión litostática. Evidencias de deformación continua se observan en el cráneo de PVL 5690, en tanto que en PVL 5687 se aprecia un posible colapso y leve compresión de uno de los cráneos (Figura 30). En este caso, la deformación se encuentre relacionada probablemente con la compresión litostática.

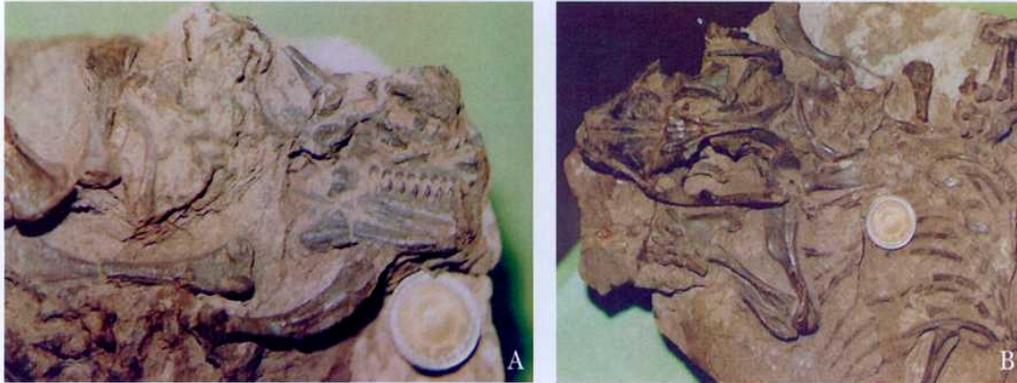


Figura 30: **A** Colapso del cráneo en el material 5687. **B** Compresión del cráneo en el material 5687.

El arreglo espacial que muestran los restos es concordante con la “estratificación” que muestran las concreciones, es decir que se encuentran todos en un plano horizontal y como se mencionó para la Tafofacies CH-V2, forman niveles delgados de no más de 15 cm. No obstante, algunas concreciones muestran particularidades. En el caso de PVL 5685 presenta la mandíbula cortando levemente la estratificación (Figura 31), en tanto que PVL 5686 exhibe algunas de las costillas interdigitadas entre sí (Figura 31). Por su parte, PVL 5688 muestra los cráneos de *Massetognathus* en posiciones opuestas y uno de ellos se halla sobrepuesto por un fragmento de columna articulada (Figura 31). Asimismo, no se ha observado en ninguna de las concreciones incluidas en esta tafofacies orientaciones preferenciales de los elementos, que permitirían aceptar la ausencia de un agente de transporte con capacidad de orientarlos.

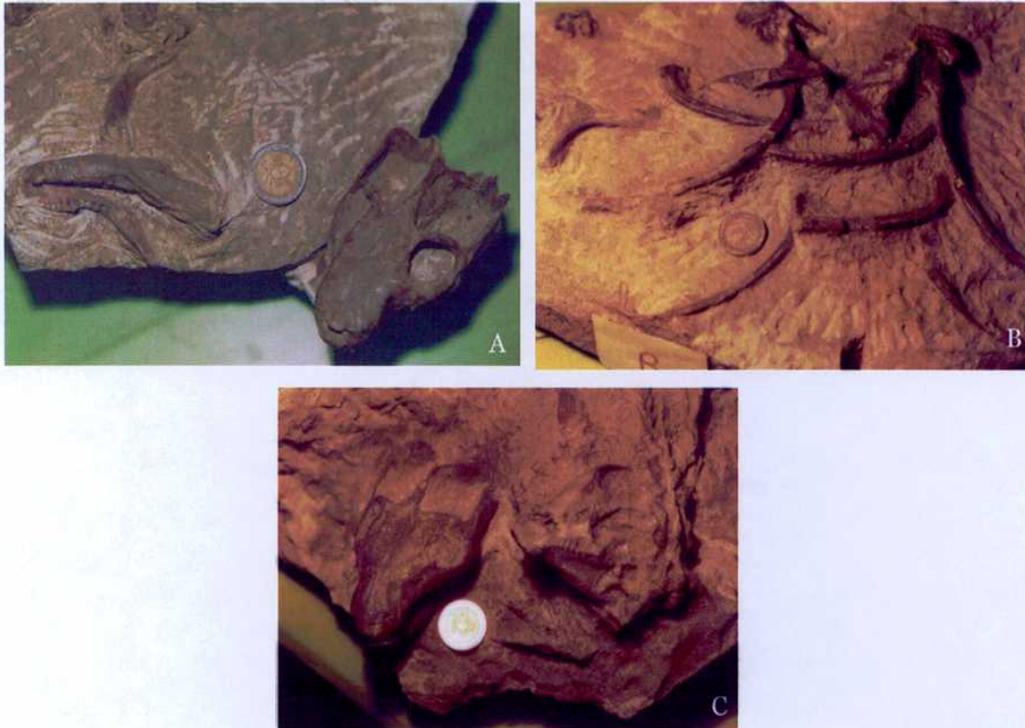


Figura 31: **A** Mandíbula cortando levemente la estratificación en el material PVL 5685. **B** Costillas interdigitadas entre sí en el material PVL 5686. **C** Cráneos en posiciones opuestas y uno de ellos sobrepuesto por un fragmento de columna articulada en el material PVL 5688.

Los elementos en las concreciones de esta tafofacies están parcialmente articulados, por ejemplo, se observan elementos articulados tales como la columna vertebral, la cintura pélvica y las costillas de un *Massetognathus* en PVL 5686 (Figura 32C). Es notable el grado de desarticulación que presenta PVL 5688 (Figura 32D); aunque en PVL 5687 se observa uno de los individuos en “posición de vida”, es decir totalmente articulado, y otro individuo casi completamente desarticulado (Figura 32A,B).

Al analizar la dispersión de los componentes esqueléticos, se puede aceptar, en rasgos generales, que los ejemplares de *Massetognathus* muestran valores que varían entre 10% y 80%, aunque la mayoría de los valores rondan el 30%. Por su parte, los restos del dicinodonte como de los arcosaurios muestran una integridad de alrededor del 5%.

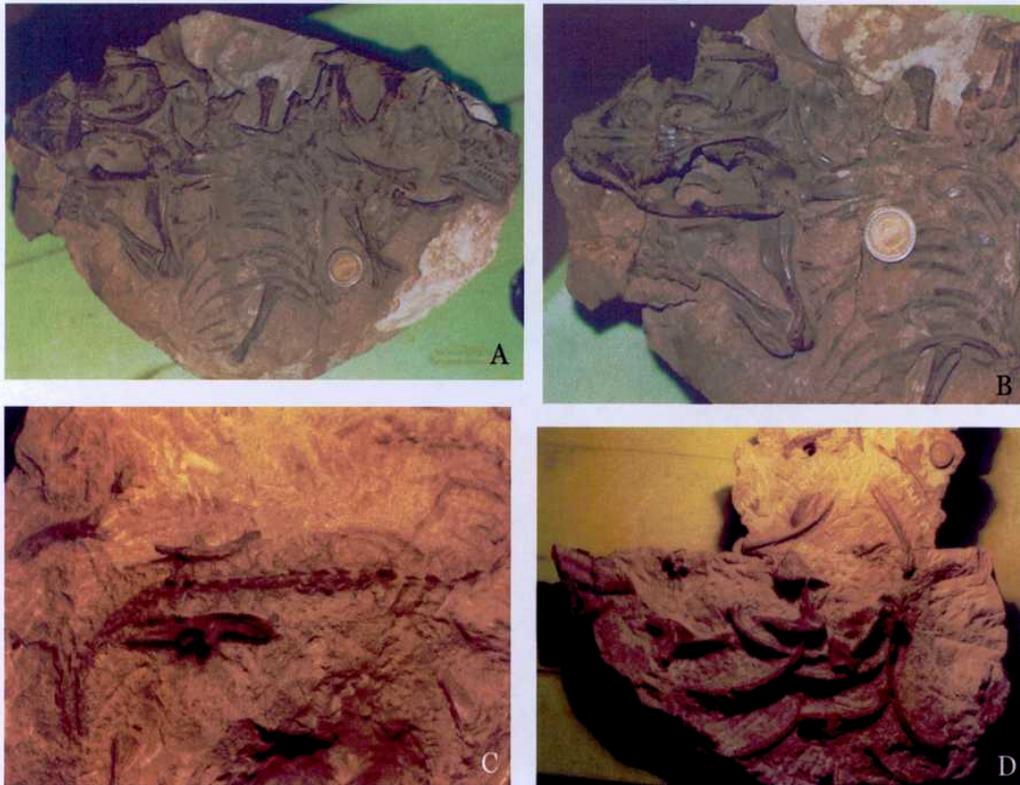


Figura 32: A-D Diferentes grados de articulación de los restos en los materiales PVL 5687 (A, B), PVL 5686 (C) y PVL 5688 (D).

El patrón de distribución de los elementos conservados aparecen como agrupamientos de diferentes formas: alargada, trapezoidal, irregular, circular, entre otras. Los huesos están formando un nivel delgado de alrededor de 15 cm en las concreciones. El estado mecánico evidencia la historia de la movilidad de los

elementos, y en este caso sugiere un estado de acumulación autóctona y no reagrupada.

La biofábrica está caracterizada por un alta a moderada densidad de acumulación, con un empaquetamiento denso a moderado y una pobre selección por tamaño y forma. En algunos casos, por ejemplo en PVL 5685 y 5686 se observa una tendencia de selección hacia los elementos más livianos (e.g. costillas) de fácil transporte (Figura 33).



Figura 33: **A-B** Elementos livianos en los materiales PVL 5685 (**A**) y PVL 5686 (**B**), (a) costilla.

De igual forma que en la Tafofacies CH-V2, los grupos representados en esta tafofacies incluyen sinápsidos eucinodontes que pueden asignarse al género *Massetognathus*, sinápsidos dicinodontes indeterminados y arcosaurios indeterminados. Los sinápsidos dicinodontes son terrestres de hábito herbívoro, mientras que los restantes son todos terrestres de hábito carnívoro u omnívoro (Bonaparte 1997).

Formación Los Rastros

Las discusiones sobre las relaciones y sinonímias de la Formación Ischichuca con las formaciones Chañares y Los Rastros aún no han finalizado. Esta tesis intenta aportar información que permita clarificar estas cuestiones. La Formación Los Rastros fue reconocida en una extensa franja desde la quebrada de la Chilca hasta la Aguada de Ischigualasto en el Parque Provincial Ischigualasto, en el Cerro Bola y Cerro Rajado, y en el área de Río Chañares y Río Gualo (Figura 4).

El contenido paleontológico de la Formación Los Rastros esta constituido por una rica asociación florística de la “Flora de tipo *Dicroidium*”. El registro florístico de esta unidad constituye el más abundante entre las unidades del Grupo Agua de la Peña (Bossi 1971). El mismo incluye coristospermas (e. g. *Dicroidium*, *Zuberia*, *Johstonia*, *Xylopteris* y *Rhexoxylon*) dominando la megaflore, asociadas con filicíneas (*Cladophebis*), que hacen su aparición masiva en la Formación Los Rastros, y articuladas (*Equisetites*, *Neocalamites* y *Phyllothea*), entre otras (Frenguelli 1942b, c, d, 1943, 1944b, c, d, e, f, 1948; Groeber y Stipanovic 1953; Stipanovic 1957, 1969, 1983; Stipanovic y Bonaparte 1972, 1979; Stipanovic y Marsicano 2002).

Los taxones colectados y reconocidos en los trabajos de campo de la presente tesis incluyen restos y fructificaciones aisladas pertenecientes a la coristopermal *Dicroidium*, semillas del tipo *Cordaicarpus*, la esfenofita *Neocalamites* sp, la ginkgoal *Baiera* sp y las coristopermales *Xylopteris cf. densifolia* y *Xylopteris* sp., la cicadofita *Taeniopteris* sp y la pteridofita *Cladophebis* sp.

La fauna de invertebrados registrada para la sucesión Los Rastros incluye restos de conchóstracos (Gallego 1992, 1997, 1999; Gallego y Melchor 2000; Mancuso 1999; Mancuso y Gallego 2000), insectos (Blattaria, Orthoptera, Hemíptera, Coleoptera, Mecoptera) (Gallego 1996, 1997; Mancuso 1999; Mancuso y Gallego 2000; Gallego y Martins-Neto 1999; Martins-Neto y Gallego 1997, 1998, 1999, 2001) y pelecípodos (Frenguelli 1945).

En lo que respecta a los insectos se registraron alas de blattarios (cucaracha), alas de homópteras (cigarras) y élitros y abdomen de coleópteros. Los blattarios se encuentran representados por una familia nueva (Argentinoblattidae) con un género nuevo (*Argentinoblatta*) con dos especies nuevas; la familia Poroblattinidae con 5 géneros nuevos (*Mancusoblatta*, *Rastroblatta*, *Gemeloblatta*, *Hermosablatta* y *Condorblatta*) con varias especies; la familia Mesoblattinidae stricto sensu con los géneros *Samaroblatta* y *Triassoblatta* con varias especies nuevas y una especie nueva del género nuevo *Lariojablatta*; la familia Blattulidae con 2 géneros nuevos (*Pulchellablatta*, *Argentinoblattula*) con especies nuevas (Martins-Neto *et al.* en prensa).

Los coleópteros se encuentran representados por la familia Permosynidae Tillyard con varias especies de los géneros *Ademosyne*, *Gemelosyne*, *Argentinosyne*, *Argentinocupes* y la familia Elateridae con el género *Gemelina* (Martins-Neto *et al.* en prensa).

Los crustáceos conchostráceos están representados por tres especies del género *Euestheria* y restos pertenecientes al género *Triasoglypta*. Los bivalvos son indeterminados.

La fauna de vertebrados está representada tanto por fósiles corpóreos como por icnitas. Entre los primeros se incluyen varios ejemplares de peces actinopterigian basales (Cabrera 1944; Frenguelli 1944a, 1948; Foster *et al.* 1995), estudiados por López Albarelo, quien determinó la presencia de al menos tres taxones. Sólo uno de ellos pudo ser identificado, y fue asignado a los Redfieldiiformes, por lo cual sería el primer registro del grupo para América del Sur (Arcucci *et al.* 2002).

Por su parte, el registro de tetrápodos se encuentra restringido a un único ejemplar incompleto de un pequeño anfibio temnospóndilo (Contreras *et al.* 1997; Mancuso 2002). El registro de icnitas está constituido por las conocidas *Rigalites ischigualastianus*, atribuidas a un arcosaurio (von Huene 1931; Marsicano *et al.* 2004), y se localizan en la asociación de facies LR-D. Asimismo, las asociaciones de facies LR-B2 y LR-C son portadoras de numerosas icnitas que registran la presencia de al menos dos taxones de formas dinosaurios, varios taxones de arcosaurios basales, y de un grupo de terápsidos no mamalianos (Stipanovic y Bonaparte 1979; Arcucci *et al.* 1995, 1998; Melchor 1998; Marsicano *et al.* 2004).

Los restos de plantas, invertebrados y vertebrados exhumados de los niveles de la Formación Los Rastros en las áreas Río Gualo-Río Chañares, Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña y de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca se encuentran curados en las colecciones del Museo de la Universidad Nacional de La Rioja, en el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de San Juan y Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán.

Plantas

Los restos vegetales se han encontrado desde muy fragmentarios (briznas), que hacen imposible su identificación taxonómica, hasta ejemplares muy bien preservados.

En el análisis tafonómico de los restos vegetales se han considerado en particular los siguientes atributos: taxones representados, tipo de fosilización, modificaciones post-mortem, abundancia, biofábrica (densidad de acumulación, empaquetamiento, selección), arreglo espacial, asociación, mezcla temporal, autóctona/alóctona.

Según los presentes atributos se pudieron reconocer once tafofacies (LR-P1, LR-P2, LR-P3, LR-P4, LR-P5, LR-P6, LR-P7, LR-P8, LR-P9, LR-P10, LR-P11) para los restos vegetales exhumados de los niveles de la Formación Los Rastros en las áreas de Río Gualo- Río Chañares, Agua de la Peña-Ischigualasto, Ischichuca-Cerro Bola.

Tafofacies LR-P1: se registraron briznas (restos vegetales muy fragmentarios indeterminables), fructificaciones aisladas, probablemente pertenecientes a la coristopermal *Dicroidium*, óvulos aislados de afinidad incierta, semillas del tipo *Cordaicarpus*, la esfenofita *Neocalamites* sp, la ginkgoal *Baiera* sp., las coristopermales *Xilopteris cf. densifolia* y *Xilopteris* sp. (Figura 34). Los restos se preservan como compresiones carbonosas e impresiones con pérdida parcial o total del material carbonoso (producida por meteorización reciente) para la parte vegetativa, y como momificaciones con preservación de cutícula para los óvulos y fructificaciones (Figura 34C,D). Las modificaciones post-mortem que han

podido ser reconocidas son muy escasas y se encuentran relacionadas en todos los casos con el proceso de compactación de los sedimentos. En caso de compactación total, el resto aparece en dos dimensiones, sin embargo si la compactación es parcial, se conserva algún grado de tridimensionalidad en los restos.

La presente Tafofacies tiene una abundancia moderada a baja de restos vegetales, y sólo en algunos casos excepcionales se registra algún nivel con mayor abundancia de restos.

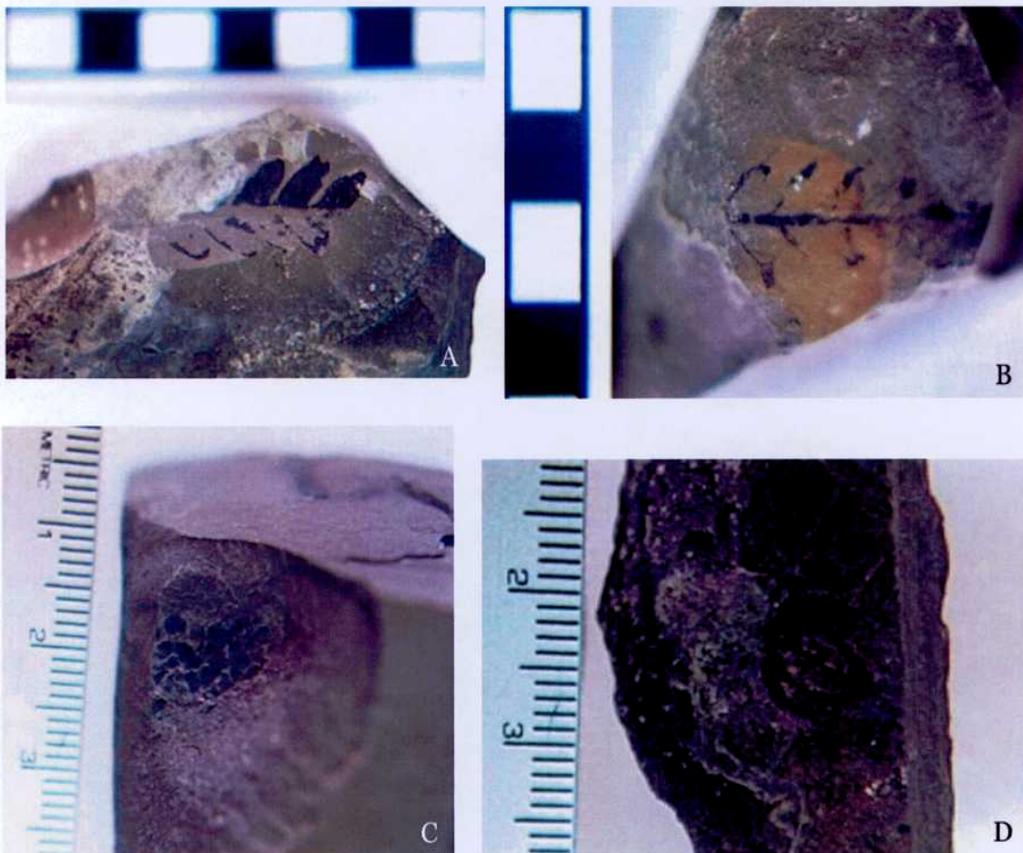


Figura 34: **A-D** Restos vegetales registrados en la tafofacies LR-P1. **C** Óvulos registrados en la tafofacies LR-P1. **D** Semilla registrados en la tafofacies LR-P1.

Con respecto a los atributos sedimentológicos, la biofábrica está caracterizada por una densidad de acumulación de muy baja a media, un empaquetamiento disperso, y en los casos de mayor abundancia un empaquetamiento escaso. Por otro lado, la selección parece ser muy pobre tanto en relación con el tamaño como con la forma. En general se registran restos de tamaño pequeño a mediano (0.05 – 0.1 m) y en algunos casos restos de mayor tamaño (0.2 – 0.5 m).

El arreglo espacial es en forma paralela al plano de estratificación o bien ocupando varios planos sucesivos, y sin orientación preferencial. Los restos vegetales se han encontrado asociados en algunos casos con restos de insectos y crustáceos conchostráceos y en un caso particular con un tronco de gran porte (Figura 35). No se ha observado ningún indicio de mezcla temporal de los restos.



Figura 35: **A** Ala de blattario asociado a la tafofacies LR-P1. **B** Conchóstracos asociados a la tafofacies LR-P1.

Las plantas identificadas corresponden todas a taxones de hábito terrestres. Sobre la base de los atributos descriptos, estado de preservación, abundancia relativa y grado de modificación, se puede considerar que el material de la Tafofacies LR-P1 es alóctono al subambiente de lago distal. La tafofacies LR-P1 se encuentra asociada en todos los casos a las lutitas de la Asociación de facies LR-A.

Tafofacies LR-P2: contiene briznas de restos vegetales indeterminables, fragmentos de troncos, restos de la esfenofita *Neocalamites* sp. (Figura 36) y de la ginkgoal *Baiera* sp. El material se preserva como carbonización, silicificación e impresión producida por meteorización reciente (Figura 36). Los restos presentan un buen grado de detalle y en algunos casos con parcial tridimensionalidad.

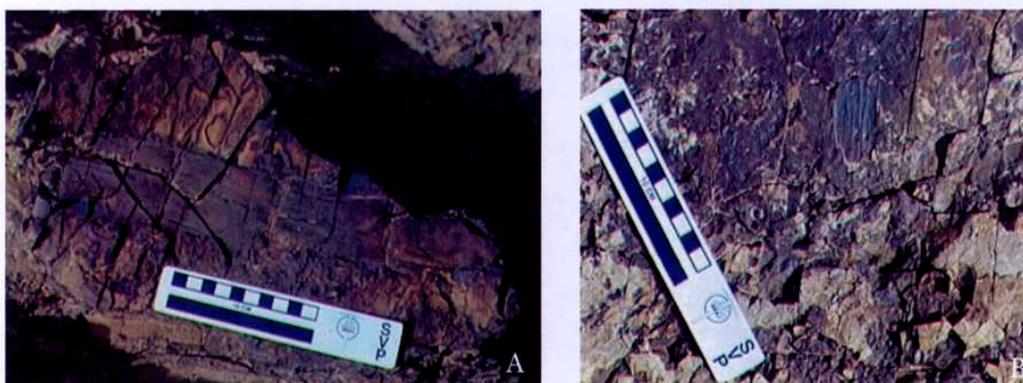


Figura 36: **A-B** Restos de esfenofitas registrados en la tafofacies LR-P2.

No se han reconocido procesos de modificación post-mortem en el material analizado. La abundancia de las plantas es generalmente baja, con una biofábrica

con una baja densidad de acumulación, un empaquetamiento disperso y una selección para las plantas por tamaño alta. Los fósiles vegetales se disponen paralelos a los planos de estratificación, y en algunos casos se pudo medir una orientación N-S a NO-SE para los restos que presentan un eje mayor significativo (Figura 36).

Estos restos vegetales pueden encontrarse aislados o asociados a los niveles de conchostráceos (Figura 37A), y en un caso en particular con posibles trazas de peces (*Undichna* sp.; Buatois y Mángano 1994) (Figura 37B). No se han reconocido rasgos de mezcla temporal.

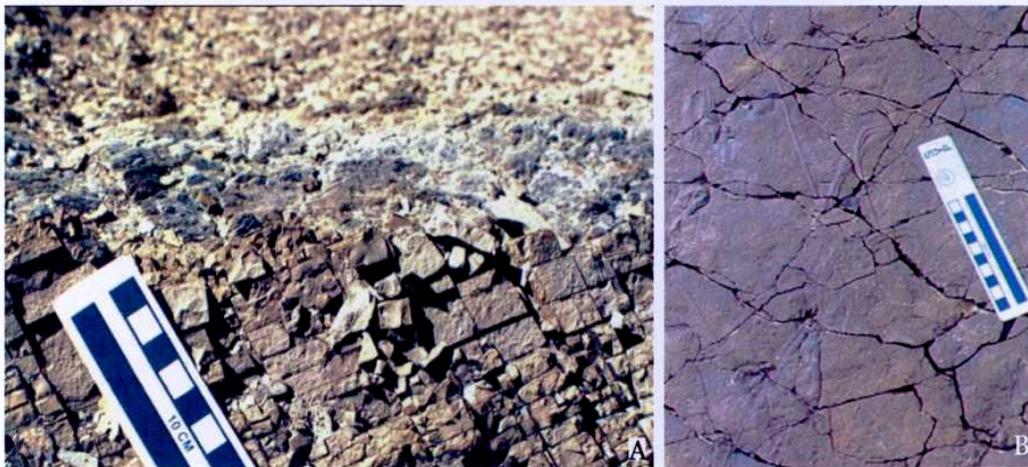


Figura 37: **A** Conchóstracos asociados con la tafofacies LR-P2. **B** Trazas de peces asociados con los restos vegetales de la tafofacies LR-P2.

Todos los restos identificados en esta Tafofacies son partes de organismos vegetales terrestres, por lo que se asume que por lo menos una gran parte del

material es alóctono al subambiente depositacional asociado. La tafofacies LR-P2 se encuentra relacionada a los niveles ferruginosos de la Asociación de facies LR-A.

Tafofacies LR-P3: se han registrado briznas de restos vegetales indeterminables, restos de la esfenofita *Neocalamites* sp. (Figura 38) y la coristopermal *Dicroidium* sp. El material se encuentra preservado como improntas producidas por meteorización reciente. Sin embargo, los restos presentan muy buen grado de detalle y hasta se hallan en tres dimensiones. En los restos incluidos en la presente Tafofacies no se han reconocido rasgos de modificación post-mortem.



Figura 38: Restos de esfenofita registrados en la tafofacies LR-P3.

La abundancia de las plantas en la Tafofacies LR-P3 es de moderada a alta. La biofábrica se caracteriza por una densidad de acumulación de media a alta, un empaquetamiento escaso a denso y una pobre selección por tamaño ya que se registran varios tamaños diferentes. Los fósiles vegetales se encuentran paralelos a los planos de estratificación, en niveles sucesivos, sin orientación preferencial, y aislados.

No se han reconocido rasgos de mezcla temporal. Los fósiles vegetales pertenecientes a la Tafofacies LR-P3 son partes de organismos vegetales terrestres, por lo cual se asume que por lo menos gran parte del material que constituye la presente Tafofacies es alóctono al subambiente depositacional asociado. La Tafofacies LR-P3 se asocia a la facies ferruginosas de la Asociación de facies LR-A.

Tafofacies LR-P4: se registraron abundantes briznas, y fructificaciones aisladas asignables a la coristospermal *Dicroidium*, la coristospermal *Xilopteris* sp. y la cicadofita *Taeniopteris* sp (Figura 39). En la mayoría de los casos los fósiles de vegetales se presentan como carbonizaciones (Figura 39) aunque también aparecen como improntas (producida por meteorización reciente) por la pérdida parcial o total de la película carbonosa. Los restos vegetales preservados como improntas muestran un alto grado de oxidación diagenética tanto del sedimento portador como del fósil (Figura 39B). No se ha podido reconocer otros rasgos de modificación post-mortem.

La abundancia de los restos vegetales en la Tafofacies LR-P4 caracteriza una biofábrica con una densidad de acumulación alta, con restos superpuestos formando varios niveles sucesivos, lo que genera un empaquetamiento denso, con

ubica paralela al plano de estratificación y los restos no muestran una orientación preferencial. El material no se encuentra asociado con otros tipos de fósiles, ni se observan rasgos de mezcla temporal.

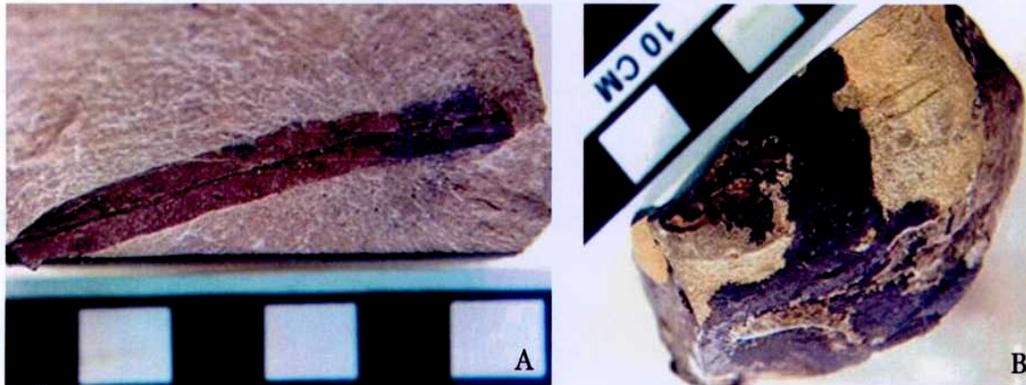


Figura 39: **A** Restos de la cicadofita *Taeniopteris* sp registrados en la tafofacies LR-P4.
B Restos de la coristopermal *Dicroidium* sp registrados en la tafofacies LR-P4.

Por la presencia de fructificaciones de taxones terrestres y por el estado de preservación de los materiales aquí considerados se asume que la asociación es alóctona al subambiente depositacional asociado. La Tafofacies LR-P4 se encuentra relacionada con las facies arenosas de la Asociación de facies LR-C.

Tafofacies LR-P5: incluye abundantes briznas, y restos de esfenofitas, probablemente *Neocalamites* sp. (Figura 41). El principal modo de preservación es la carbonización con un mejor estado de preservación que en la tafofacies LR-P4, sin embargo hacia el techo de cada sucesión se puede observar que el material aparece como improntas, por la pérdida parcial o total de la película carbonosa y

aparece como improntas, por la pérdida parcial o total de la película carbonosa y con un alto grado de oxidación de igual forma que el material registrado en la tafofacies LR-P4 (Figura 40). No se han podido reconocer rasgos específicos de modificación post-mortem.



Figura 40: Restos de la esfenofitas *Neocalamites* registrados en la tafofacies LR-P5.

La abundancia de los restos vegetales es, de base a techo de la sucesión, moderada a alta. La biofábrica está caracterizada por una densidad de acumulación media a alta, en general, con un empaquetamiento moderado a disperso. Sin embargo, en algunos sectores los restos se encuentran superpuestos y en varios niveles sucesivos, lo que genera un empaquetamiento denso por sectores.

La selección es buena por niveles, de tal forma que se advierten niveles con restos de diferentes tamaños en cada uno de ellos. La acumulación se ubica paralela al plano de estratificación y los restos no muestran una orientación preferencial.

El material se encuentra asociado con trazas de invertebrados (Figura 41), y no presentan rasgos de mezcla temporal. Los restos y taxones preservados son de hábito terrestre y por el estado de preservación de los materiales aquí considerados se asume que la asociación es alóctona al sub-ambiente depositacional asociado. La Tafofacies LR-P5 se asocia a los niveles arenosos de la Asociación de facies LR-C.



Figura 41: Trazas de invertebrados asociadas con los restos vegetales de la tafofacies LR-P5.

Tafofacies LR-P6: incluye exclusivamente restos de la ginkgoal *Baiera* sp. (Figura 42). En general se encuentran preservados como compresiones y el estado de preservación es muy bueno, pudiendo encontrarse en algunos casos restos de cutícula. No se han observado modificaciones post-mortem en los restos hallados en la presente tafofacies.



Figura 42: Restos de la ginkgoal *Baiera* registrados en la tafofacies LR-P6.

La abundancia de la asociación es baja, con una biofábrica conformada por una densidad de acumulación baja, un empaquetamiento disperso y una selección por tamaño y forma moderada. El arreglo espacial de los materiales es paralelo al plano de estratificación, sin evidencias de orientaciones preferenciales. Como ya se hizo mención la asociación es mono-específica, no se observan rasgos de mezcla temporal.

El taxón de la presente tafofacies es de hábitos terrestres (Anderson y Anderson 1998) por lo que es considerado alóctono al sub-ambiente depositacional asociado. La Tafofacies LR-P6 se relaciona con las facies finas de la Asociación de facies LR-C.

Tafofacies LR-P7: está constituida por briznas, restos de esfenofitas y materia orgánica carbonizada, probablemente relacionada a restos vegetales, que pueden llegar al punto de producir niveles de carbón de hasta 1 m de espesor

(Figura 43). El modo de preservación es exclusivamente como compresión carbonosa y en general no se pueden identificar rasgos de modificación.

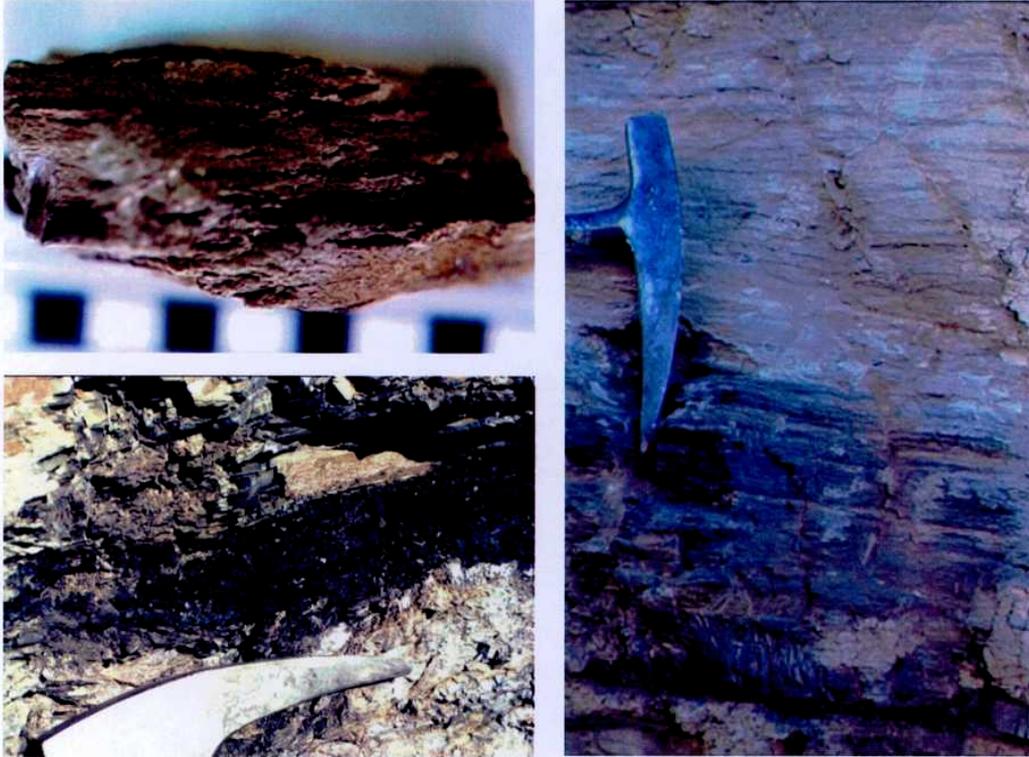


Figura 43: Restos vegetales y materia orgánica carbonizada registrados en la tafofacies LR-P7.

La tafofacies presenta una alta abundancia que en la mayoría de los casos se incrementa hacia arriba. La biofábrica está caracterizada por una muy alta densidad de acumulación, un empaquetamiento denso y una pobre selección, tanto por tamaño como por forma. El alto grado de densidad de los restos orgánicos concentrados en sucesivos niveles milimétricos sólo permite definir que el arreglo espacial de la acumulación es paralelo al plano de estratificación y, aparentemente, sin una orientación preferencial.

En los niveles inferiores de la tafofacies se ha podido observar en un caso restos de crustáceos conchostráceos. El poco material vegetal reconocible pertenece a taxones de hábito terrestre (Anderson y Anderson 1998), sin embargo no se puede considerar que todo el material que compone la tafofacies sea alóctono al subambiente depositacional asociado. La Tafofacies LR-P7 se encuentra asociada a las facies finas de la Asociación de facies LR-D.

Tafofacies LR-P8: se colectaron briznas, restos de la esfenofita *Neocalamites* sp. y fragmentos de troncos, que aparecen como improntas (Figura 44). Asimismo, los troncos muestran un cierto grado de abrasión y redondeamiento, lo que podría indicar un transporte en forma similar al de clastos, suspendidos en parte por la turbulencia y en parte por saltación. Se considera que los troncos fueron extraídos de las planicies y de los terrenos expuestos, donde han sufrido los procesos de meteorización durante su exposición hasta ser capturados por la corriente del río.

Los restos vegetales tienen una biofábrica de densidad de acumulación media, un empaquetamiento escaso a disperso y una selección moderada por tamaño y forma. El arreglo espacial de los restos es concordante al plano de estratificación y todos ellos presentan una orientación preferencial NNO-SSE.



Figura 44: **A** Restos de esfenofita registrados en la tafofacies LR-P8. **B** Tronco registrado en la tafofacies LR-P8.

Los restos vegetales se encuentran asociados con peces y aunque todos se ubican en el sector superior del banco portador, las esfenofitas, los troncos y los peces se localizan en niveles diferentes (Figura 45). La Tafofacies LR-P8 se ha registrado en las áreas de Río Gualo- Río Chañares y se asocia con los niveles de areniscas de la Asociación de facies LR-C.



Figura 45: Restos de peces asociado con la tafofacies LR-P8.

Tafofacies LR-P9: contiene exclusivamente briznas (Figura 46), preservadas como compresión carbonosa, y sin rasgos de modificación post-mortem.

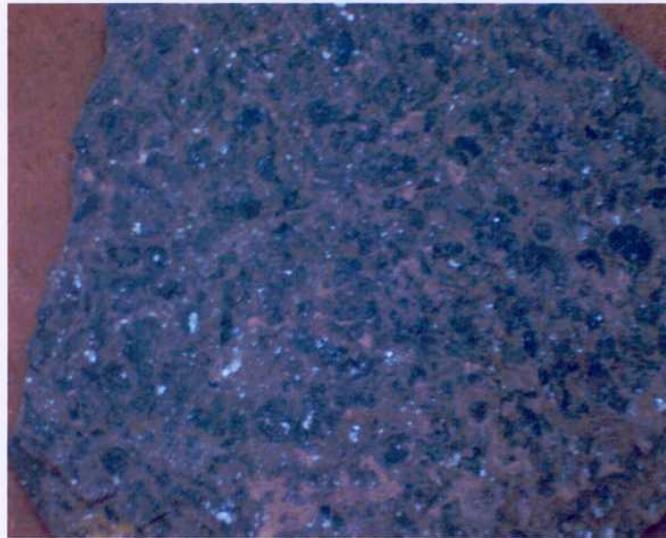


Figura 46: Restos vegetales registrados en la tafofacies LR-P9.

Los restos muestran una abundancia moderada, pudiendo ser mayor en algunos niveles y menor en otros. De esta forma la biofábrica se caracteriza por una densidad de acumulación media, un empaquetamiento escaso y una selección buena, bimodal por niveles, dando como resultado en general niveles de briznas muy pequeñas (aproximadamente 0.02 m) con abundancia media, y escasos niveles (en general en el techo del estrato) de briznas de gran tamaño (aproximadamente 0.5 m) con una abundancia mucho menor. En ambos casos, las briznas muestran un arreglo espacial concordante con los planos de estratificación.

El material de la tafofacies LR-P9 se encuentra asociado con típicas tazas fósiles de pastoreo (Figura 47). La difícil identificación de las briznas no permite asegurar que pertenezcan a taxones de hábito terrestre, por lo tanto, no se puede considerar la condición de autóctona/alóctona de las mismas. La Tafofacies LR-P9 se encuentra relacionada con las facies arenosas de la Asociación de facies LR-D.

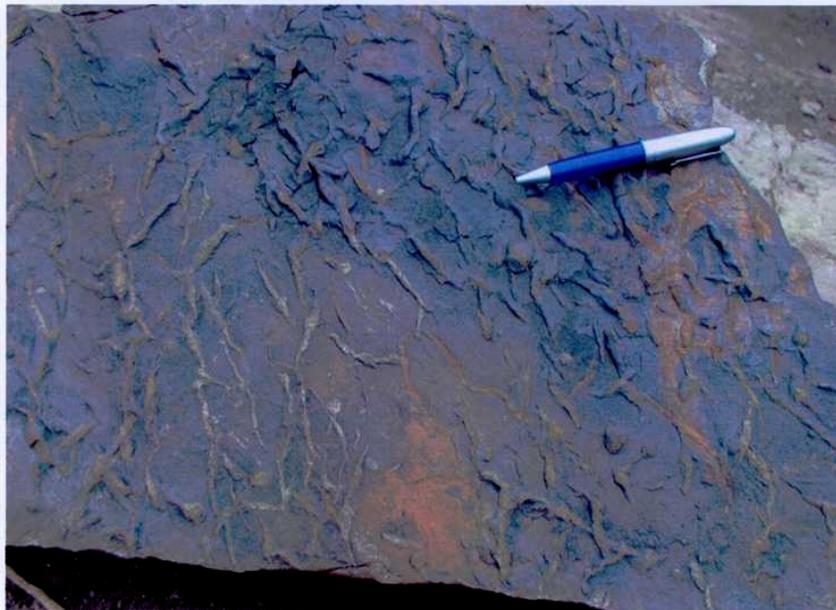


Figura 47: Trazas de invertebrados (Ver SEDIMENTOLOGÍA) asociado con la tafofacies LR-P9.

Tafofacies LR-P10: se han exhumado exclusivamente restos de troncos de la esfenofita *Neocalamites* sp. que se preservan como improntas (Figura 48). Entre las modificaciones se reconoció la compactación de los restos, aunque no es igual en todos ellos, sino que algunos se encuentran en dos dimensiones y en otros aún se conservan levemente las tres dimensiones (Figura 48). Una característica adicional

es el escaso fraccionamiento del material, aunque no es fácil dilucidar si es más reciente por descompresión y colección o pre-entierro.



Figura 48: Restos de esfenofitas registrados en la tafofacies LR-P10.

La abundancia de los restos en la tafofacies es muy alta con una biofábrica de densidad alta, un empaquetamiento denso, incluso en varios niveles sucesivos, y una pobre selección por tamaño, aunque la asociación es mono-específica.

El material se ubica concordante a la estratificación, generando numerosos niveles sucesivos que conforman bancos de hasta 0.1 m de espesor, y sin una orientación preferencial dentro del mismo. No se han observado rasgos de mezcla temporal.

La esfenofita *Neocalamites* sp. es de hábitos terrestres (palustre) y puede ser asociada con ambientes costeros (Anderson y Anderson 1998). De esta forma, a los organismos presentes en esta tafofacies se los considera autóctonos. La tafofacies se ha registrado en las áreas de Agua de la Peña-Ischigualasto y se encontró entre los niveles pelíticos de la Asociación de facies LR-A.

Tafofacies LR-P11: se registran troncos aún indeterminados de hasta 5 m de longitud, preservados como permineralizaciones (Figura 49). Los troncos presentan fracturas pero con todos los fragmentos en posición y sin ningún signo de modificaciones post-mortem (Figura 49).

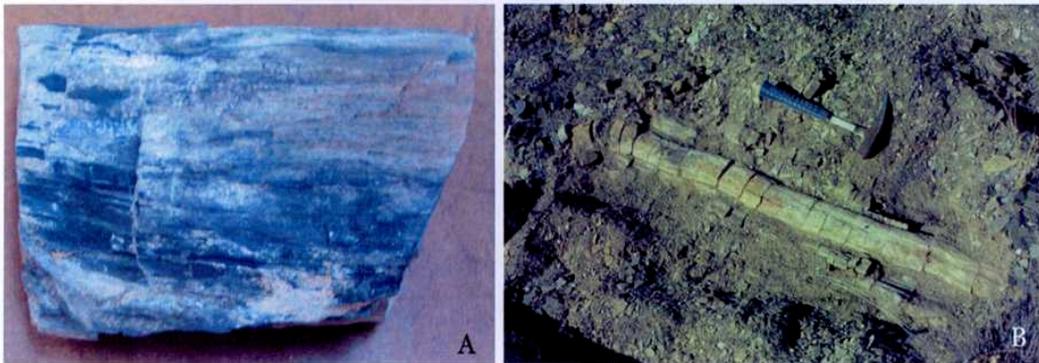


Figura 49: **A** Restos de tronco registrados en la tafofacies LR-P11. **B** Tronco en el afloramiento en el área Río del León.

Los restos de la tafofacies no son muy abundantes, hallándose solo dos ejemplares aislados. En consecuencia no se puede definir la biofábrica de la asociación. El material se encuentra concordante con los planos de estratificación y con una orientación N-S. Las sedimentitas portadoras de los troncos pueden también presentar restos vegetales identificables, briznas, conchostráceos, e insectos (Figura 50). No se han registrado rasgos de mezcla diacrónica. Por la naturaleza del material aquí analizado y considerando que corresponde probablemente a un taxón de hábito terrestre se asume que es alóctono al subambiente depositacional asociado. La tafofacies se ha registrado en las áreas de

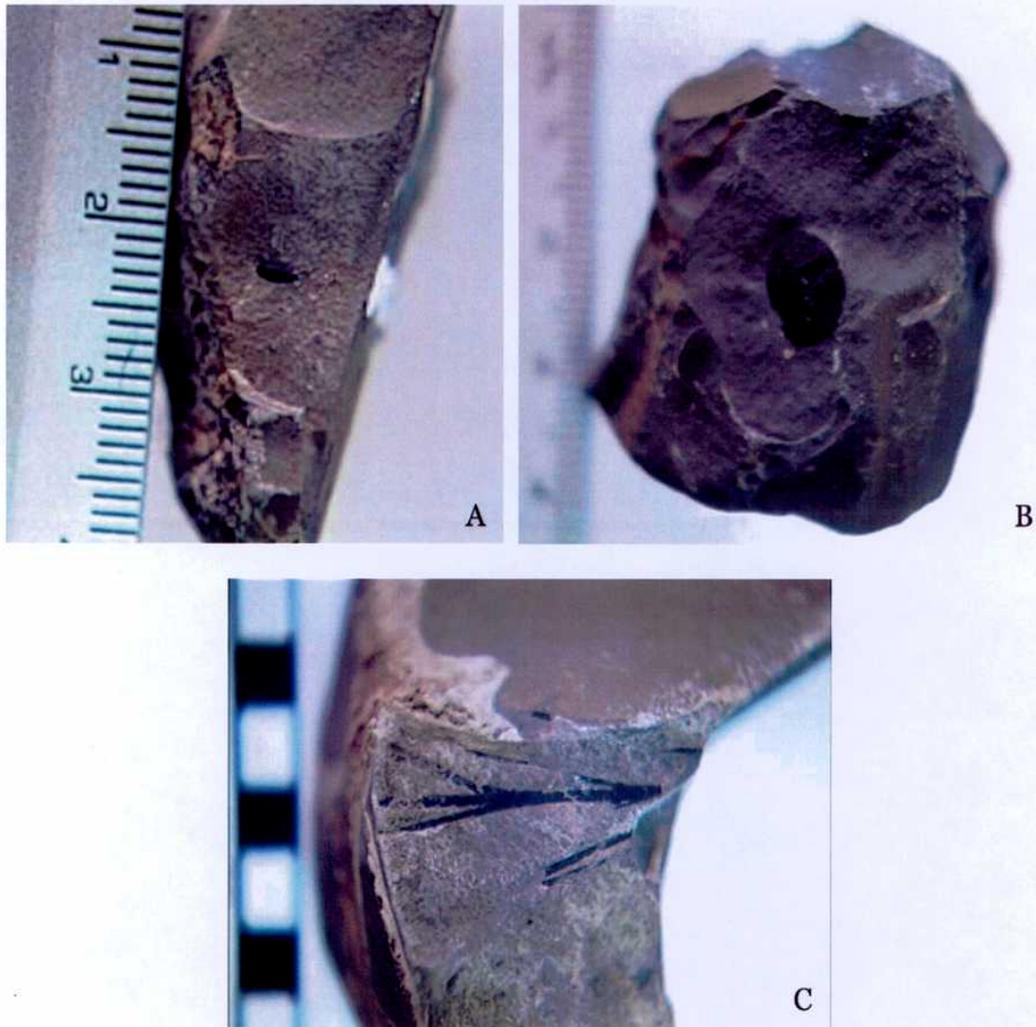


Figura 50: **A** Élitro de coleóptero asociado con la tafofacies LR-P11. **B** Conchóstracos asociado con la tafofacies LR-P11. **C** Restos vegetales asociado con la tafofacies LR-P11.

Invertebrados

Entre los invertebrados se han registrado restos de insectos y de crustáceos conchostráceos, como también trazas principalmente del tipo de pastoreo. Debido a que estos grupos presentan diferencias considerables en sus características tafonómicas se analizarán los grupos independientemente.

Insectos

Los atributos tafonómicos considerados para el análisis de los insectos son los taxones presentes, el tipo de fosilización, el estado de articulación, las modificaciones post-mortem, la abundancia, la biofábrica (densidad de acumulación, empaquetamiento, selección), el arreglo espacial, la asociación, la mezcla temporal y la autoctonía/aloctonía.

Solo se ha podido reconocer una tafofacies (LR-I1) a partir de los atributos analizados para el material de insectos exhumados de los niveles de la Formación Los Rastros en las áreas de Río Gualo- Río Chañares, Agua de la Peña-Ischigualasto, Ischichuca-Cerro Bola.

Tafofacies LR-I1: se han registrado alas de blattarios (cucarachas), alas de homópteros (cigarras) y élitros y abdomen aislados y articulados de coleópteros (escarabajos) (Figura 51). El material incluido en la presente tafofacies se presenta principalmente como partes duras, por ejemplo los élitros de coleópteros con su característico exoesqueleto quitinoso. En otros casos los restos pueden encontrarse como improntas con pérdida total o parcial del material original, probablemente producida por meteorización reciente (Figura 51B). En relación al estado de

articulación, solo los coleópteros muestran élitros articulados entre sí y cuerpo casi completos. Por su parte, las alas de blattarios y homópteros siempre aparecen desarticuladas (Figura 51). En relación a las modificaciones post-mortem se observaron fracturas, en las alas de blattarios, aunque también permanecen casi inalterados, como los élitros de coleópteros (Figura 51).

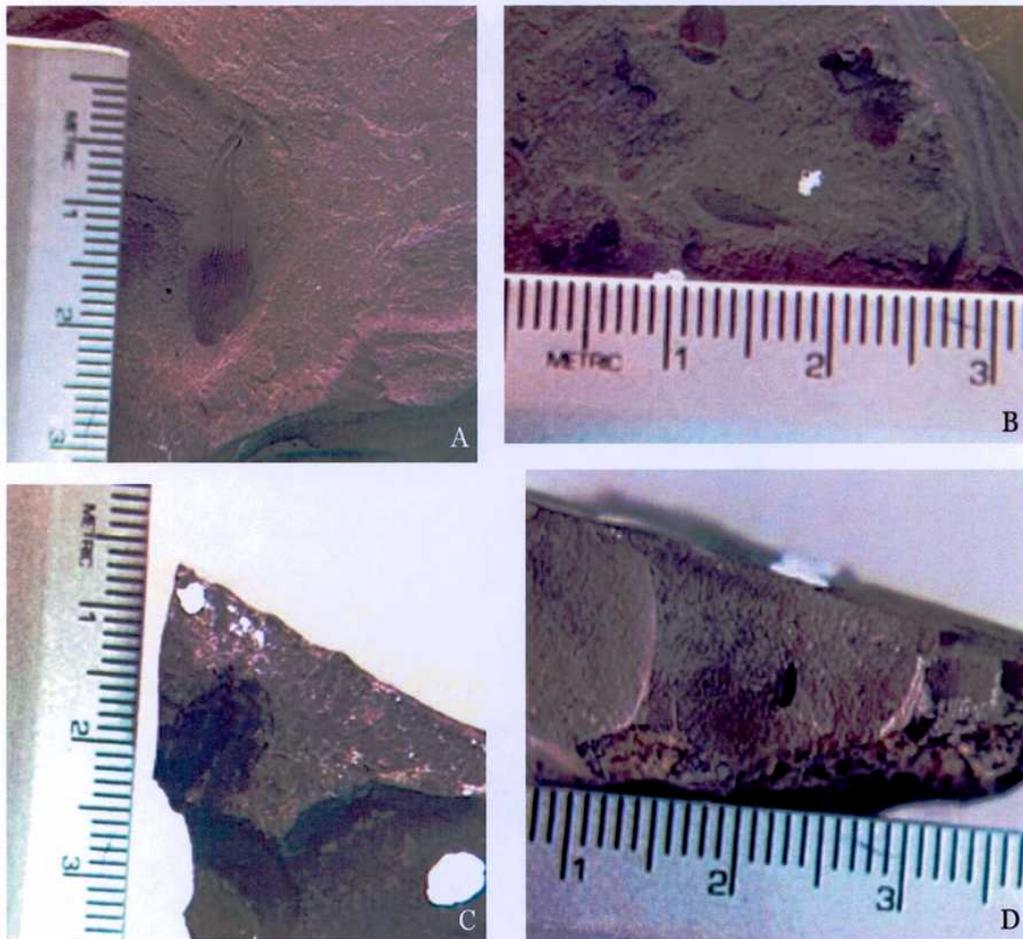


Figura 51: **A** Ala de blattaria registrada en la tafofacies LR-I1. **B** Ala de homóptera registrada en la tafofacies LR-I1. **C** Coleóptero articulado registrada en la tafofacies LR-I1. **D** Élitro de coleóptero registrada en la tafofacies LR-I1.

La abundancia del material de la tafofacies LR-I1 es moderada a baja. En relación con la biofábrica, la densidad de acumulación es en general media a baja, con un empaquetamiento disperso y con una buena selección por forma y tamaño. El arreglo espacial de los restos de la tafofacies es en forma paralela al plano de estratificación, y en algunos casos el material puede ocupar varios planos sucesivos, sin una orientación preferencial.

Los materiales de insectos pueden hallarse asociados con restos vegetales, crustáceos conchostráceos y escamas de peces (Figura 52). No se ha registrado rasgo de mezcla diacrónica.

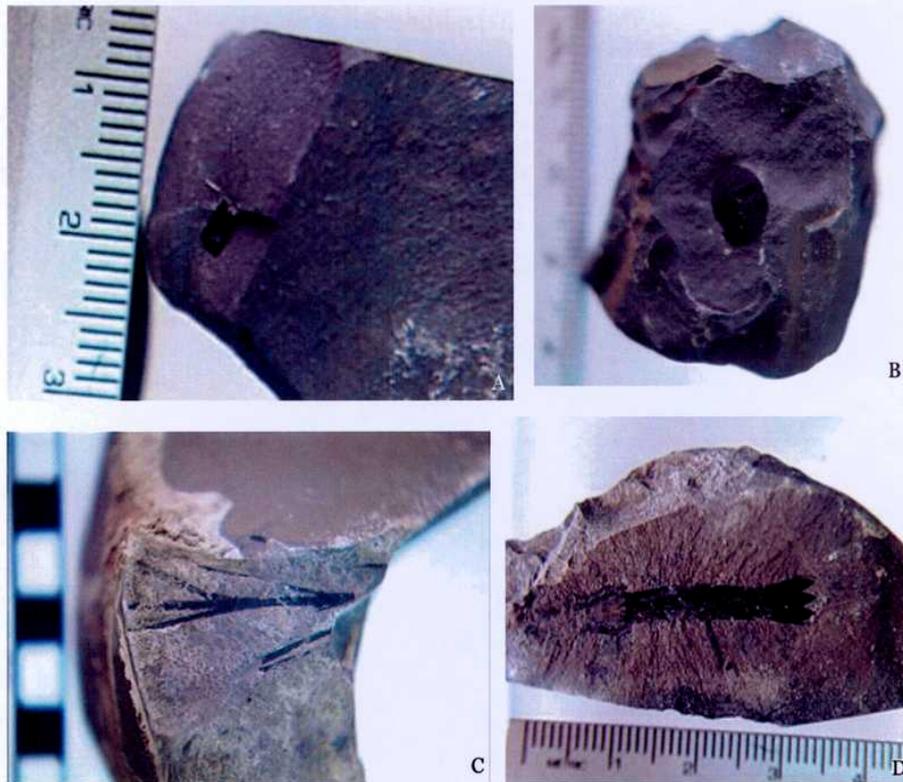


Figura 52: **A** Escama de pez asociado con la tafofacies LR-I1. **B** Conchóstracos asociado con la tafofacies LR-I1. **C-D** Restos vegetales asociado con la tafofacies LR-I1.

Los insectos colectados son todos taxones de hábitos terrestres (Gallego 1996, 1997; Gallego y Martins-Neto 1999; Martins-Neto y Gallego 1997, 1998, 1999, 2001) por lo que han sido considerados como alóctonos al sub-ambiente depositacional asociado. Esta Tafofacies aparece en las localidades de Río Gualo- Río Chañares, Agua de la Peña-Ischigualasto, Ischichuca-Cerro Bola y se encuentra asociada a las lutitas de la Asociación de facies LR-A.

Conchostráceos

Los atributos tafonómicos considerados para el análisis de los crustáceos conchostráceos han sido utilizados de acuerdo con los taxones representados, el tipo de fosilización, las modificaciones post-mortem, la abundancia, la biofábrica (densidad de acumulación, empaquetamiento, selección), el arreglo espacial, la asociación, la mezcla temporal y la autoctonía/aloctonía.

Para el material de crustáceos conchostráceos exhumado de los niveles de la Formación Los Rastros en las áreas de Río Gualo- Río Chañares, Agua de la Peña-Ischigualasto, Ischichuca-Cerro Bola se han reconocido tres tafofacies (LR-C1, LR-C2, LR-C3).

Tafofacies LR-C1: se han registrado crustáceos conchostráceos identificados como *Euestheria forbesi*, *Euestheria* sp.2, *Euestheria* sp.3, *Euestheria* sp., *Triasoglypta* sp., y algunos ejemplares no identificables (Figura 53). El material aparece como partes duras, es decir el exoesqueleto quitinoso de los conchostráceos. Sin embargo, en algunos casos, pueden conservarse en forma parcial o como

improntas (producida por meteorización reciente) (Figura 53). Entre las modificaciones registradas, la más evidente es la compresión sufrida por las conchillas, dejando a los fósiles en dos dimensiones o con una débil tridimensionalidad.



Figura 53: Restos de conchóstracos registrados en la tafofacies LR-C1.

La tafofacies presenta una abundancia moderada a alta y en general localizada por niveles. El material conforma una biofábrica con una densidad de acumulación de media a alta, un empaquetamiento principalmente denso a escaso y una pobre selección por tamaño. En general, los restos son de tamaño pequeño a mediano (0.5 - 1 cm) y, excepcionalmente alcanzan entre 2 y 5 cm. La variación de tamaño en los conchostráceos no se asocia con la acumulación de individuos adultos y juveniles, sino a la presencia de taxones diferentes.

Los fósiles se ubican paralelos al plano de estratificación y sin una orientación preferencial, y en varios niveles, en algunos casos superpuestos. Los restos de conchostráceos pueden encontrarse asociados con plantas, insectos y escamas de peces (Figura 54). Nos hay rasgos de mezcla diacrónica en los restos de la presente tafofacies.

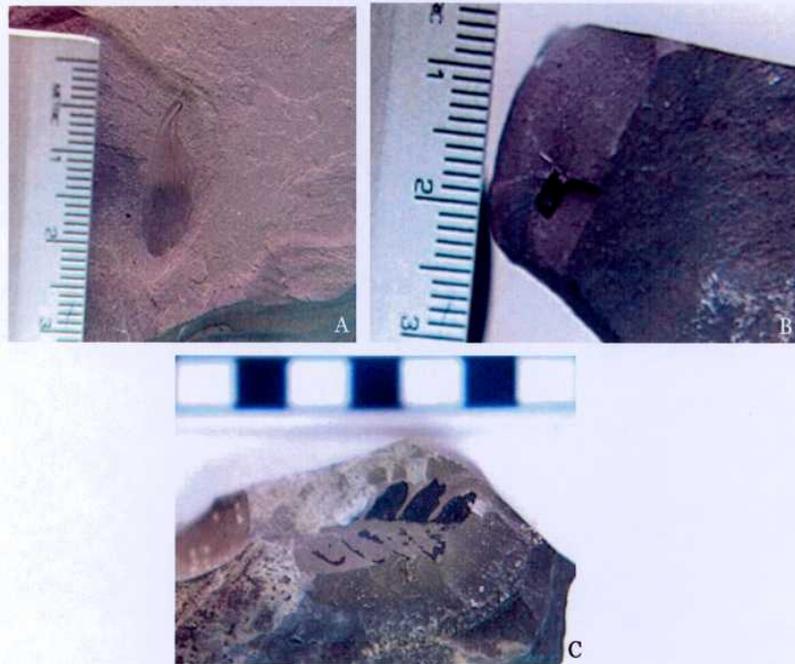


Figura 54: **A** Ala de Blattaria asociada con la tafofacies LR-C1. **B** Escama de pez asociada con la tafofacies LR-C1. **C** Restos vegetales asociada con la tafofacies LR-C1.

Los conchostráceos que se han encontrado con un buen estado de preservación, un bajo grado de modificación y teniendo en cuenta su abundancia de moderada a alta han sido considerados como material autóctono al sub-ambiente depositacional asociado. La tafofacies LR-C1 aparece en todas las localidades asociada con los niveles de lutitas de la Asociación de facies LR-A.

Tafofacies LR-C2: incluye crustáceos conchostráceos no identificables y algunos fragmentos indeterminados de valvas de conchostráceos (Figura 55). En general el material se preserva principalmente como improntas, o en algunos casos puede conservarse una patina parcial (Figura 55). La principal modificación que muestran los restos es la compresión, dejando a los fósiles en dos dimensiones (Figura 55), además de fracturas y rasgos de abrasión o desgaste.

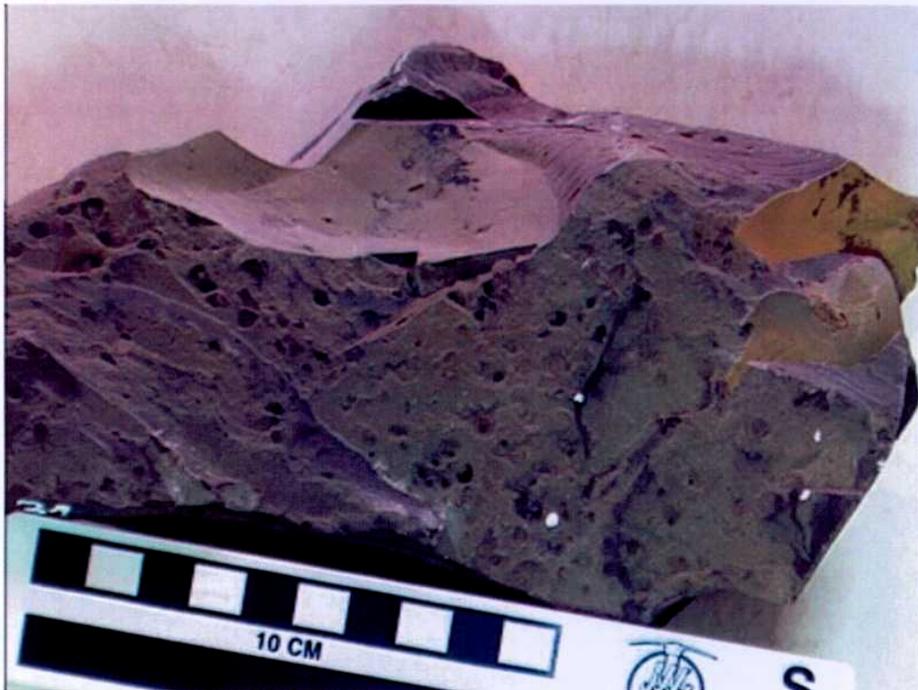


Figura 55: Restos de conchostráceos registrados en la tafofacies LR-C2.

La abundancia de los restos en la tafofacies es en general baja, y en casos moderada. La biofábrica está caracterizada por una densidad de acumulación de baja a media, un empaquetamiento principalmente escaso y que puede ser disperso, y una leve selección por tamaño (conchillas varían entre 0.02 – 0.05 m).

Los fósiles se ubican paralelos al plano de estratificación y sin una orientación preferencial; pueden generar varios niveles y en algunos casos pueden ubicarse superpuestos. Los conchostráceos se encontraron asociados con plantas, insectos y escamas de peces (Figura 56). Nos hay rasgos de mezcla diacrónica.

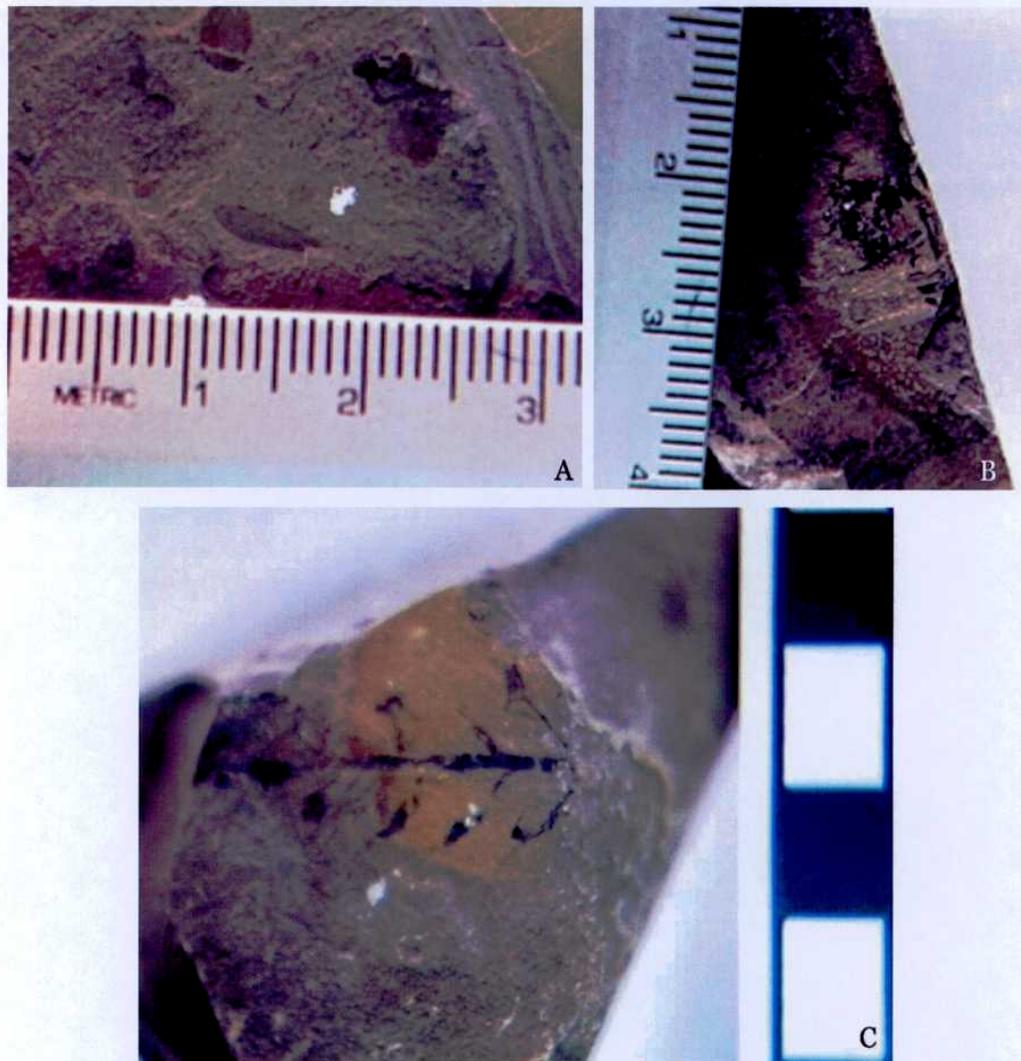


Figura 67: **A** Ala de homóptera asociada con la tafofacies LR-C2. **B** Escamas de peces asociada con la tafofacies LR-C2. **C** Restos vegetales asociada con la tafofacies LR-C2.

Los restos de conchostráceos no identificables y fragmentarios que muestran un pobre estado de preservación, un alto grado de modificaciones y una abundancia en general baja han sido considerados alóctonos al sub-ambiente depositacional asociado. Esta tafofacies aparece en todas las localidades y se asocia con las lutitas de la Asociación de facies LR-A.

Tafofacies LR-C3: se encontraron crustáceos conchostráceos (*Euestheria* sp2, *Euestheria* sp.) y ejemplares de conchóstracos indeterminados (Figura 57). Los restos se pueden preservar como partes duras, sin embargo en la mayoría de los casos hay una pérdida del material original y aparecen como improntas (producida por meteorización reciente) (Figura 57). Los materiales determinables se presentan con un buen grado de detalle y hasta en algunos casos con parcial tridimensionalidad. Los ejemplares registrados en la presente tafofacies no suelen mostrar rasgos de modificación post mortem.



Figura 57: Restos de conchóstracos registrados en la tafofacies LR-C3.

Esta tafofacies muestra la mayor abundancia de conchóstracos registrada, generando un biofábrica caracterizada por una densidad de acumulación alta, un empaquetamiento denso, y una buena selección por tamaño y forma, produciendo acumulaciones de conchostráceos pequeños (0,3 – 0,7 cm). Los fósiles se concentran en los planos de estratificación, en algunos casos tapizan la superficie, sin una orientación preferencial y pudiendo formar numerosos niveles sucesivos. Aquellas conchillas que permanecen en tres dimensiones, probablemente han sufrido un enterramiento rápido y superposición de los organismos.

Estos conchóstracos aparecen asociados a restos vegetales, restos fragmentarios de peces y a probables trazas de peces (*Undichna* sp., Buatois y Mángano 1994) (Figura 58). Una característica adicional es que pueden formar bancos mono específicos, tanto de organismos adultos, que presentan similar número líneas de mudas, como de organismos adultos y juveniles, observándose ejemplares con menor y mayor número de líneas de muda. Los rasgos analizados sugieren que no hay mezcla diacrónica en la tafofacies.

Los materiales se han considerado como autóctonos en base a sus características tafonómicas, como la ausencia de modificación (e.g. fragmentación, fracturas y desgaste) y el estado de preservación. La tafofacies LR-C3 aparece en todas las localidades y se encuentra asociada a los niveles masivos de la asociación de facies LR-A.



Figura 58: **A** Trazas de peces asociado con la tafofacies LR-C3. **B** Restos de peces asociados con la tafofacies LR-C3.

Vertebrados

La fauna de vertebrados se encuentra representada tanto por restos corpóreos como icnitas. Los primeros incluyen restos de peces de al menos tres taxones de actinopterigios basales (Arcucci *et al.* 2002) y un único ejemplar de un pequeño anfibio temnospóndilo (Contreras *et al.* 1997).

Con el fin de reconstruir la historia tafonómica de estos restos corpóreos se analizaron sus atributos, tales como estado de articulación, arreglo espacial, empaquetamiento, asociación, densidad de acumulación, selección y tipo de fosilización, como así también las modificaciones post-mortem (e.g. fracturas, quebraduras, abrasión).

Sobre la base de estos atributos se han definido tres Tafofacies para el material de peces exhumado de los niveles de la Formación Los Rastros en las áreas de Río Gualo- Río Chañares, Agua de la Peña-Ischigualasto, Ischichuca-Cerro Bola, identificadas con las siglas LR-V1, LR-V2 y LR-V3. El material de temnospóndilo hallado en el área de Agua de la Peña-Ischigualasto permitió definir una tafofacies adicional (LR-V4).

Tafofacies LR-V1: se registran escamas desarticuladas aisladas, y otras dispuestas en pequeños cúmulos pero también desarticuladas, y fragmentos pequeños de huesos craneanos de peces (Figura 59). Las escamas que se encuentran aisladas son pequeñas romboidales y conservan el material esmaltoide típico de las escamas ganoideas (Figura 59). La presencia de algunas fracturas y quebraduras pueden ser relacionadas con la colección y/o con la descompresión litostática.

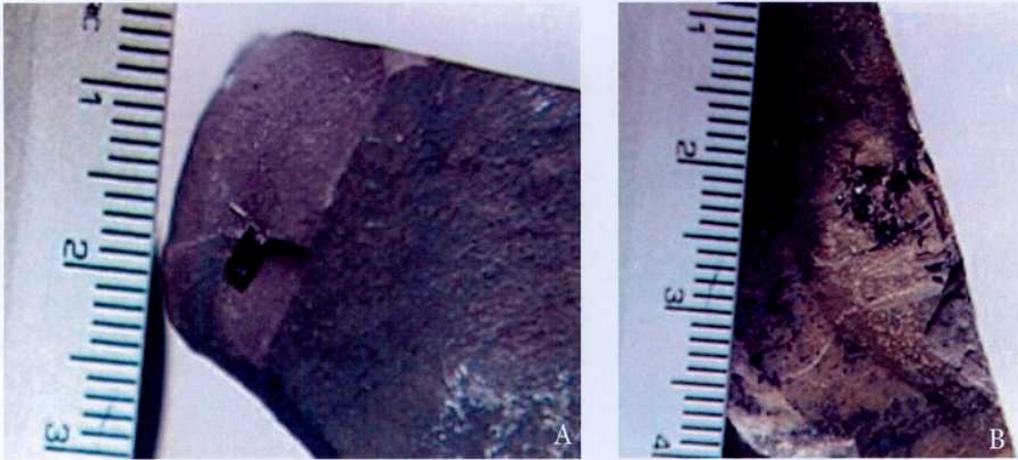


Figura 59: **A** Escama de peces aislada registrada en la tafofacies LR-V1. **B** Escamas de peces en cúmulos registradas en la tafofacies LR-V1.

Las escamas que se encuentran en cúmulos también son romboidales y presentan en algunos casos el material ganoideo preservado, en tanto que en otros se perdió parcial o totalmente (Figura 59). Este material también se encuentra fracturado, pero a diferencia de las escamas aisladas, las fracturas se presentan rellenas con el sedimento portador lo que implica que las fracturas fueron producidas, al menos, en la etapa sinsedimentaria o prelitificación. Los cúmulos son pequeños y las escamas se encuentran con un empaquetamiento escaso, es decir en contacto parcial entre ellas. Finalmente, los huesos craneanos de peces exhumados se encuentran no solo desarticulados sino también fragmentados. Los mismos se preservan en todos los casos como improntas, sin restos del material original.

La tafofacies se caracteriza por presentar peces totalmente desarticulados, con empaquetamiento disperso, tendiendo a escaso, con una baja densidad de acumulación y un alto grado de selección por tamaño y forma. La tafofacies se encuentra relacionada con la facies de fondo de lago (facies de lutitas) de la Asociación de facies LR-A y se ha registrado en las áreas estudiadas.

Tafofacies LR-V2: se hallaron restos de escamas desarticuladas acumuladas, huesos craneanos completos pero desarticulados y fragmentos de cuerpo (escamas articuladas) (Figura 60). Las distintas formas mencionadas pueden encontrarse asociadas o, en unos pocos casos, aisladas.

Las escamas registradas en esta tafofacies son de un tamaño un poco mayor que las halladas en la tafofacies LR-P1, son de forma romboidal y muestran una superficie estriada (Figura 60). Las escamas y los huesos se encuentran como improntas, solo en algunos casos excepcionales las escamas preservaron el material ganoideo original recristalizado (Figura 60).

Los restos de huesos craneanos y fragmentos de cuerpo se encuentran concordantes a la estratificación, mientras que las escamas desarticuladas pueden ubicarse con inclinaciones variables respecto del plano horizontal de estratificación (Figura 60). La acumulación de los bioclastos es densa.

Esta tafofacies está caracterizada por restos de peces parcialmente articulados y en algunos casos desarticulados, con un empaquetamiento denso, una densidad moderada de acumulación y un grado medio de selección por forma y tamaño. La tafofacies se encuentra relacionada con la facies de corrientes de

turbidez distal (facies ferruginosas) de la Asociación de facies LR-A y se ha registrado en todas las áreas estudiadas.

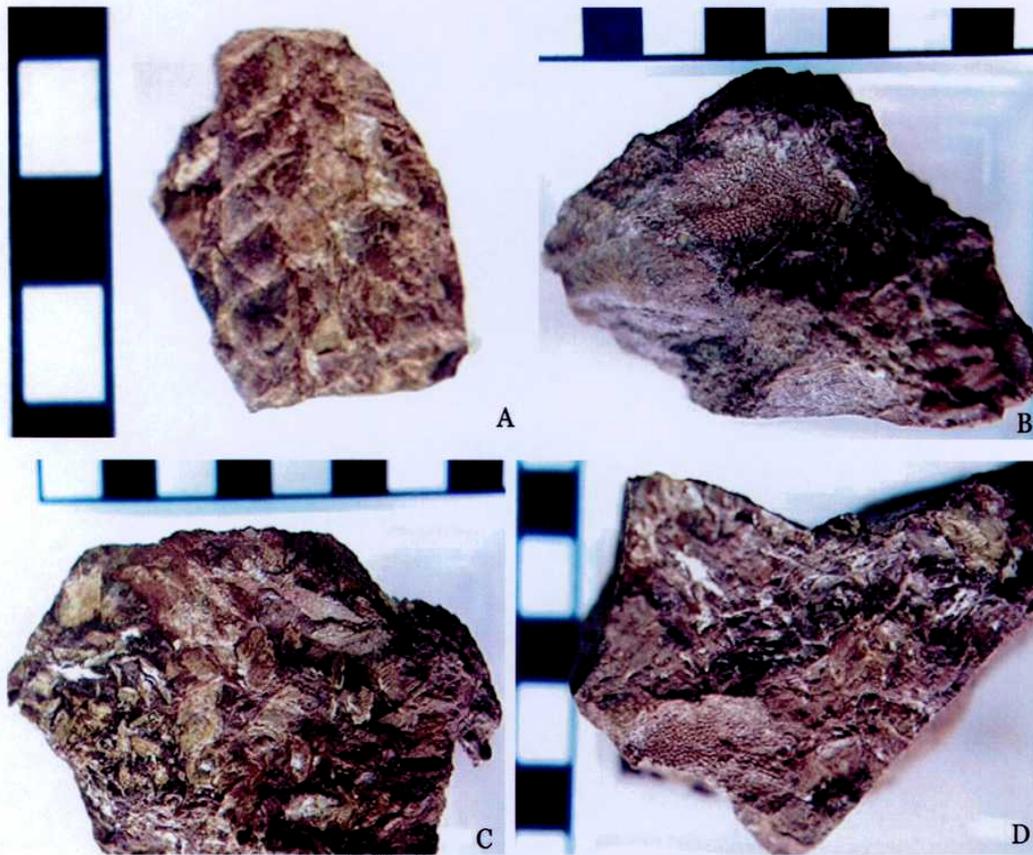


Figura 60: **A** Escamas de peces articuladas registradas en la tafofacies LR-V2. **B** Huesos craneanos de peces desarticulados y asociados registrados en la tafofacies LR-V2. **C** Escamas de peces en cúmulos registradas en la tafofacies LR-V2. **D** Escamas y huesos craneanos de peces en cúmulos registrados en la tafofacies LR-V2.

Tafofacies LR-V3: se hallaron cúmulos de escamas desarticuladas y cuerpos parcialmente o totalmente completos (Figura 61). Las escamas que se registran en esta tafofacies son indistinguibles de las encontradas en la tafofacies LR-P2. Las escamas que forman cúmulos suelen estar formando ristras y como improntas, afectadas por oxidación, que deja una aureola rojiza anaranjada en los alrededores de las mismas (Figura 61).



Figura 61: Restos de peces parcialmente articulados registrados en la tafofacies LR-V3.

El material más completo presenta varios signos de modificaciones, tales como fracturas, quebraduras, recristalización y reemplazos, infiltraciones y oxidación. A gran parte de estas modificaciones se las ha relacionado con procesos de meteorización reciente (Figura 61). En efecto, las fracturas y quebraduras probablemente originadas por la meteorización física (gran amplitud térmica y períodos cortos de abundantes lluvias torrenciales) característica de la zona en que se encuentra el material. Las modificaciones post-mortem sufridas por los restos tienen principalmente lugar durante la etapa de Fosildiagénesis, lo cual está

sustentado por el excelente estado de preservación de los ejemplares no expuestos que fueron posteriormente preparados en el laboratorio.

En relación con el estado de articulación, los restos se hallan articulados y en algunos casos los huesos craneanos se encuentran levemente desplazados, aunque conservan la posición original. Se asume que dicho desplazamiento ocurrió en la etapa sinsedimentaria. La pérdida de partes del cuerpo que muestran algunos ejemplares puede estar relacionada con la colección o pérdida por exposición, debido a que presentan fracturas frescas. Algunos de los ejemplares tienen el típico arqueamiento dorsal de la contracción post-mortem (Figura 61). En numerosos casos se han registrado asociados con restos de troncos (Figura 62).



Figura 62: Restos vegetales asociado con los restos de peces de la tafofacies LR-V3.

Esta tafofacies está caracterizada por la parcial a total articulación de los restos, que presentan un empaquetamiento denso y en algunos casos es escaso y una densidad moderada a alta de acumulación con una baja selección por tamaño.

La tafofacies está asociada a las facies de margen lateral de la barra de desembocadura (facies de areniscas con estratificación horizontal) de la Asociación de facies LR-C y se ha registrado en las áreas de Río Gualo- Río Chañares.

Tafofacies LR-V4: se registra un único ejemplar de anfibio temnospóndilo, el cual se encuentra representado sólo por cráneo y mandíbula, clavículas e interclavícula preservado como molde externo por la pérdida reciente del material original (Figura 63). Los diferentes elementos han sido hallados articulados, aunque las clavículas y la interclavícula se encuentran levemente desplazadas de su posición natural (Figura 63).

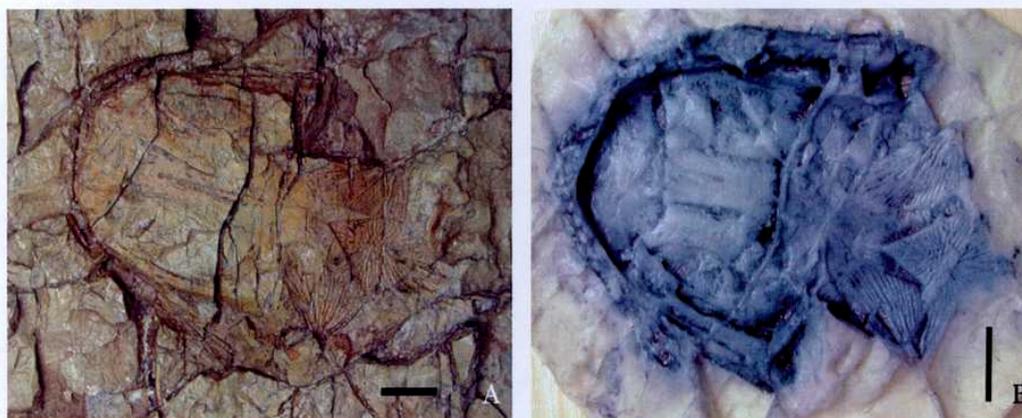


Figura 63: **A** Restos de un temnospóndilo registrados en la tafofacies LR-V4. **B** Calco del resto del temnospóndilo registrado en la tafofacies LR-V4.

El ejemplar se encuentra concordante con los planos de estratificación y no evidencia una orientación preferencial. Debido a que el material aquí analizado es un único ejemplar y se halla articulado, no es posible considerar rasgos como

densidad de acumulación, empaquetamiento y selección. No se han encontrado evidencias de modificaciones pre-entierro en el resto.

En los sedimentos portadores del tetrápodo pueden también presentarse restos vegetales, briznas y trazas de invertebrados tipo pastoreo (Figura 64). No se han registrado rasgos de mezcla temporal.

Sobre la base de las características tafonómicas hasta aquí analizadas y la roca portadora se asume que el ejemplar de temnospóndilo era alóctono al subambiente depositacional. La tafofacies está asociada a la facies de plataforma deltáica (facies de areniscas con estratificación horizontal) de la Asociación de facies LR-D y se ha registrado en las localidades de Agua de la Peña-Ischigualasto.

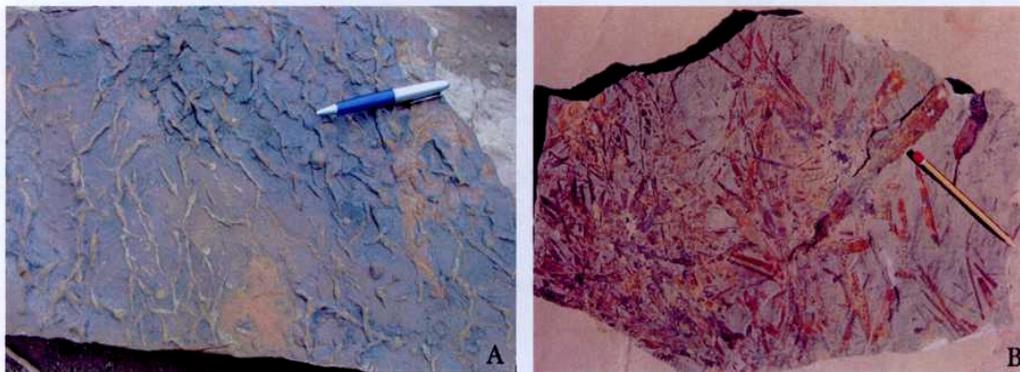


Figura 64: **A** Trazas de invertebrados asociadas con la tafofacies LR-V4. **B** Restos vegetales asociados con la tafofacies LR-V4.

DISCUSIÓN

Plantas

Se ha observado que diferentes ambientes depositacionales acumulan restos vegetales por caminos distintos (Hickey 1980), es decir que los diferentes ambientes pueden tener distintas asociaciones de plantas. Dichas diferencias se basan tanto en la proximidad de la vegetación original, el tipo de disposición y mecanismo de enterramiento así como el tipo, forma y propiedades hidrológicas de los restos vegetales transportados. Además, los restos vegetales son usualmente enterrados en forma rápida pero intermitente (Johnson 1993). Por otra parte, las plantas tienen numerosos órganos, los cuales se dispersan individualmente en el ambiente y presentan diferentes potenciales de transporte, depositación y preservación (Spicer 1991).

La discusión acerca de las características tafonómicas de los restos vegetales exhumados de los niveles de la Formación Los Rastros se ha basado principalmente en los trabajos de Spicer (1991) y Spicer y Wolfe (1987). Estos trabajos no sólo discuten los mismos atributos que fueron los estudiados en el presente trabajo, sino también desarrollan modelos para ambientes depositacionales comparables con el de la sucesión de la Formación Los Rastros.

Los procesos de descomposición varían dependiendo de la naturaleza de los órganos vegetales, taxones, y del tipo de ambiente en el cual se desarrollan y acumulan. La descomposición es esencialmente producida por la actividad de bacterias y hongos, y la tasa de descomposición depende de factores tales como

temperatura, pH, y del estado nutricional del cuerpo de agua (Ferguson 1985; Hanlon 1982; Newbold *et al.* 1983; Mathews y Kawaczewski 1969; Kaushik y Hynes 1971).

En general, las hojas que contienen niveles relativamente elevados de minerales biológicamente importantes y que son deficientes en el agua del lago, serán degradadas selectivamente (Ferguson 1985). De esta forma, en un lago oligotrófico la descomposición de los distintos taxones es, en general, altamente selectiva, mientras que en un lago eutrófico hay una gran probabilidad de que todas las especies estén representadas en un cierto grado en cualquier potencial yacimiento fosilífero. Así, en el caso particular del lago de Los Rastros se lo podría considerar como un sistema inicialmente oligotrófico, dado que muestra una baja proporción de restos vegetales en los depósitos de lago abierto (Tafofacies LR-P1) en relación con los depósitos deltaicos.

Por su parte, la descomposición aeróbica comienza con la pérdida de proteínas, azúcares y grasas del citoplasma de la célula vegetal, continúa con la celulosa y lignina, y finaliza con las paredes de esporopolenina de las esporas y el polen, que es lo que principalmente se preservó. Sin embargo, la exclusión de oxígeno o la reducción de la temperatura cerca o debajo de la temperatura de congelamiento puede disminuir los procesos de descomposición significativamente, y así favorecer el potencial de preservación de los tejidos. En particular, el lago de Los Rastros muestra escasos restos vegetales pero con una buena preservación, lo cual sugiere que en el lago abierto se favoreció la preservación de los materiales por su carácter anóxico, probablemente relacionado con una pobre difusión del oxígeno a lo largo de la columna de agua.

Los lagos grandes y someros, que suelen estar bien oxigenados y con circulación termal estacional, tienden a destruir la materia orgánica del fondo del lago. Sin embargo, los lagos más profundos que extensos y sin circulación suelen preservar sedimentos de fondo ricos en materia orgánica. Esto se debe a que la tasa de difusión del oxígeno es proporcional a el área de la interfase agua/aire (Hutchinson 1957).

Por otra parte, se ha sugerido que las rasgaduras y roturas angulares del tejido de las hojas sugieren daño mecánico durante el transporte mientras que agujeros o márgenes redondeados indican degradación biológica la cual puede ser independiente del transporte (Spicer 1991, Spicer y Wolfe 1987). En el caso particular de Los Rastros, sólo se han observado rasgaduras y roturas angulares, mientras que permanecen ausentes agujeros o márgenes redondeados. Esto indica que los daños observados fueron causados exclusivamente durante el transporte.

Con respecto a los tiempos de flotación, Spicer (1991) observó que las hojas de especies perennes con cutícula gruesa o capas de cera pueden flotar por algunas semanas, mientras que las especies de hojas caducas frecuentemente flotan sólo por varios días. Asimismo, los fragmentos de troncos pueden tener tiempos de flotabilidad que superan varios años (Coffin 1983). Las diferencias en los tiempos de flotabilidad de los diferentes órganos y especies vegetales permiten, en algunos casos, explicar la exclusión mutua de ellos en las asociaciones fósiles, particularmente en ambientes de aguas abiertas.

En los casos en que los restos preservados muestran tamaños comparables a la escala de las formas de lecho (Tafofacies LR-P9), las asociaciones fósiles resultantes podrían producir una muestra engañosa de la vegetación de origen. Esto se relaciona

con la selección que produce el agente de transporte y depositación no solo con el material clástico sino también con el bioclástico. Sin embargo, una rica asociación en diferentes partes vegetales con un amplio rango de tamaños y sin evidencias de forma de lecho podría ser considerado como que no ha sufrido selección por flotabilidad.

En los grandes sistemas lacustres, los sitios en los cuales los materiales vegetales tienen algún potencial de preservación significativo es donde la tasa de entierro es favorecida en la cercanía de las corrientes afluentes. Los modelos desarrollados por Spicer (1991) y Spicer y Wolfe (1987) para un delta de baja energía proponen dos horizontes discretos (Figura 66). Uno de ellos corresponde a un nivel inferior, que conforma el horizonte del lago, formado por restos vegetales que son transportados dentro del lago por el viento y flotación. La composición vegetal de este depósito refleja, en gran medida, la flora del margen del lago, aunque la degradación diferencial puede causar un sesgo significativo de las especies. Sin embargo, este efecto puede disminuir cuando la tasa de sedimentación de los restos orgánicos e inorgánicos aumenta en la región del pie del delta. En el techo del nivel inferior suele encontrarse una buena preservación de los restos vegetales y pueden contener más taxones transportados por la corriente.

El segundo horizonte conforma el techo del frente deltaico. Está formado por un horizonte rico en detritos vegetales de taxones extra-locales que son transportados desde aguas arriba por las corrientes afluentes. Aquí, la tasa de sedimentación de los detritos vegetales transportados por la corriente es alta, debido a la brusca disminución de la energía de la corriente que los transporta, y los restos pueden encontrarse fragmentados debido a la degradación mecánica sufrida durante su

transporte. En el frente deltáico, la tasa de sedimentación clástica es más elevada que la orgánica, generando un depósito en el cual, solo pueden observarse fragmentos de vegetales aislados. De acuerdo a la existencia de estos horizontes, la diferenciación vertical de taxones entre estos refleja un patrón espacial, y no temporal, de las comunidades de origen (Figura 65).

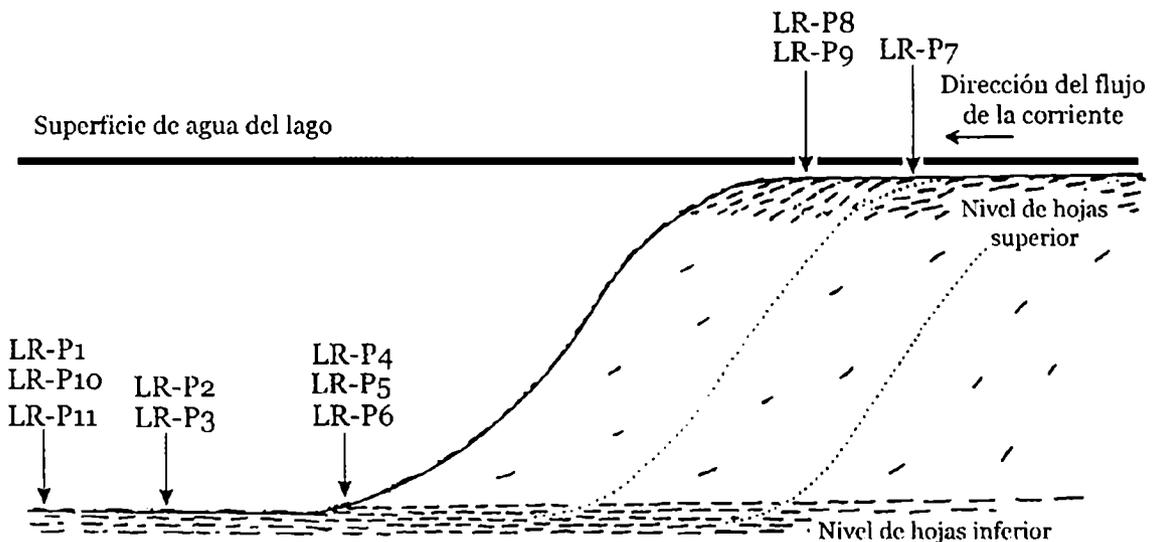


Figura 65: Diagrama del modelo para un delta de baja energía con desarrollo de dos horizontes discretos. Ubicación de las once tafofacies de la Formación Los Rastros. Tomado de Spicer 1991.

En el sistema lacustre-deltaico de Los Rastros se han reconocido once Tafofacies (LR-P1, LR-P2, LR-P3, LR-P4, LR-P5, LR-P6, LR-P7, LR-P8, LR-P9, LR-P10, LR-P11) para los restos vegetales exhumados en las áreas de Río Gualo-Río Chañares, Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña e Ischichuca-Cerro Bola (vease Apéndice IV). Los restos vegetales coleccionados y agrupados en las diferentes

tafocías se han interpretado como de origen tanto autóctono como alóctono al sistema lacustre.

Los elementos alóctonos fueron transportados principalmente por la corriente del sistema afluente desde su cuenca de drenaje hasta el cuerpo del lago, y fueron depositados según sus potenciales de transporte y la competencia del medio de transporte. En tanto que, los elementos autóctonos habrían sido incorporados al sistema desde sus márgenes. El modo de preservación de los restos de vegetales es igual para todas las secciones, y los restos vegetativos se conservan como silicificaciones y compresiones (en algunos casos pueden perder la película carbonosa y quedar como improntas) y los restos reproductivos se preservan como momificaciones con la conservación de la cutícula, ya que ésta es más resistente a la degradación.

El material encontrado en la tafocías LR-P1 se constituye tanto por elementos autóctonos como alóctonos, incluyendo entre los primeros a los restos de la esfenofita *Neocalamites*, la ginkgoal *Baiera*, y coristopermal *Xylopteris*, mientras que entre los segundos se incluyen briznas, fructificaciones, óvulos y semillas. Los restos habrían llegado al cuerpo de agua transportados por el viento, o por flotación en los flujos afluentes del lago y manteniéndose en suspensión en la columna de agua por tiempos diferenciales según las capacidades propias de cada elemento. Los elementos incorporados por la corriente afluente que presentan un alto potencial de flotabilidad continuarían en suspensión hasta el agua quieta del centro del lago donde podría decantar, con el tiempo, hacia el fondo. De forma similar ocurre con el material que se encontraba en las costas del cuerpo de agua que fue incorporado al mismo por la

acción de las olas y se mantuvo en flotación. La densidad y el empaquetamiento de la asociación dependen, en gran medida, de la tasa de sedimentación clástica y del tamaño del cuerpo de agua en relación con el aporte vegetal. Es de destacar que los elementos considerados aquí autóctonos muestran un buen estado general de preservación consistente con tiempos cortos de transporte, y los alóctonos son briznas y los órganos vegetales más resistentes a la degradación, que evidencian mayor distancia y tiempos de transporte.

La tafofacies LR-P2 presenta tanto elementos autóctonos (esfenofita *Neocalamites*, ginkgoal *Baiera*) como alóctonos (briznas y troncos). El aporte fue principalmente producido por las corrientes afluentes al lago, así los elementos fueron transportados por un flujo que seleccionó el material presente en el frente deltaico y los transportó aguas adentro junto con los sedimentos que conforman el flujo turbidítico. El empaquetamiento disperso es característico de la forma de transporte de un flujo denso, la diversidad del depósito sugiere que el flujo removilizó todos los materiales acumulados en el frente deltaico y que llegaron allí por las corrientes afluentes.

Por su parte, la tafofacies LR-P3, que se asocia a la misma facies sedimentaria, también presenta elementos autóctonos (esfenofita *Neocalamites*, coristopermal *Dicroidium*) y alóctonos (briznas). En este caso los materiales fueron transportados por la corriente y continuaron en suspensión en la columna de agua más allá del delta hasta el pie del delta y fondo de lago donde se depositaron y fueron cubiertos por los sedimentos de decantación del lago o por otro flujo turbidítico.

Las tafofacies LR-P4, LR-P5 y LR-P8 están conformadas por asociaciones que contienen elementos autóctonos (esfenofita *Neocalamites*, coristopermal *Xylopteris*) y alóctonos (briznas, fructificaciones y tronquitos). Los materiales alóctonos fueron recogidos y transportados por las corrientes afluentes desde su cuenca de drenaje, mientras que los autóctonos fueron transportados desde la propia plataforma del delta. Los restos pueden formar diferentes niveles y asociaciones (LR-P4, LR-P5, LR-P8) según las condiciones hidráulicas de la corriente que los transporta y de la capacidad de los mismos de ser transportados. Los restos se comportaron de igual forma que las partículas inorgánicas y fueron depositados conjuntamente con las que presentan la misma capacidad de ser transportadas. En este caso las briznas, fructificaciones y tronquitos fueron transportados por grandes distancias, evidenciado principalmente por el redondeamiento de los tronquitos y por los rasgos de degradación mecánica que muestran las briznas.

Las características de la biofábrica que muestran las tafofacies indican la relación de las tasas de aporte vegetal y clástico y, la competencia del medio que los transportó y enterró. Las diferencias de las tafofacies evidencian las diferentes posiciones que presentan las mismas en el cuerpo del delta. Así, la tafofacies LR-P4, LR-P5, LR-P8 corresponderían al horizonte superior que conforma el techo del frente deltaico.

La tafofacies LR-P6 está caracterizada por conservar sólo elementos autóctonos (ginkgoal *Baiera*) con una excelente preservación. Las propiedades observadas en los restos permiten sugerir que han sido transportados por flotación en la columna de agua y depositados en los sedimentos finos por decantación en el pie del delta. En este

caso, el material se comporta de forma similar a las partículas inorgánicas con que es depositado.

La tafofacies LR-P7 presenta como principal componente elementos alóctonos (briznas) y secundariamente elementos autóctonos (esfenofita *Neocalamites*). Los restos se encuentran muy concentrados, debido a que el aporte clástico es menor en relación con el aporte vegetal. Asimismo, las características que muestran los restos permiten sugerir que fueron acumulados bajo condiciones anóxicas, produciendo en algunos casos niveles de carbón. Dentro del depósito, los únicos restos identificables son los elementos locales (esfenofita *Neocalamites*), mientras que los extra-locales han sufrido los daños mecánicos característicos del transporte. De esta forma, el depósito se interpreta como producto de la inundación de las zonas intercanal de la plataforma deltaica donde hay depresiones que pueden conservar el material vegetal, clástico y agua estancada.

La tafofacies LR-P9 solo presenta elementos alóctonos (briznas) que colecta del área de drenaje del sistema afluente del lago. Los restos vegetales llegaron al depósito transportados por la corriente y forma parte de la carga de lecho y suspensión. De esta forma, las briznas se comportan como partículas de arena fina o media y según su tamaño y propiedades hidráulicas, fueron depositadas en los canales y las planicies interdistributarias. Se puede observar que formaron varios niveles diferentes donde las briznas presentan diferentes tamaños, con una buena selección, la que estaría relacionada con la competencia de la corriente. Los restos coleccionados muestran las características rasgaduras y roturas angulares que sugieren daño mecánico durante el transporte.

Es característico de la tafofacies LR-P10 la preservación exclusiva de restos de la esfenofita *Neocalamites* formando un nivel delgado intercalado entre las pelitas negras de fondo de lago abierto. Los elementos conservados son autóctonos y muestran una excelente preservación, lo que sugiere que el material no sufrió un prolongado transporte, ni degradación biológica. De esta forma, se considera que el material ingresó al cuerpo de agua desde su margen en el área cercana al delta, y fue transportado y depositado por un flujo en el fondo del lago. A pesar de que la asociación es monoespecífica, la selección por tamaño es pobre, mientras que la densidad y el empaquetamiento son densos. Las características observadas en el depósito permiten sugerir que la gran acumulación de los restos de *Neocalamites* ocurrió como un evento extraordinario de aporte del material, quizás relacionado con una tormenta, lo cual condujo a la acumulación y transporte de los restos por un flujo.

Finalmente, la tafofacies LR-P11 presenta elementos exclusivamente alóctonos (troncos) en las facies de fondo de lago abierto. Los materiales son troncos de gran porte que llegaron al cuerpo de agua transportados por las corrientes afluentes y que al entrar al lago permanecieron por largos períodos a flote hasta que se hundieron lentamente hacia el fondo (no hay rasgos de caída violenta como ruptura de la estratificación) donde se depositaron entre las facies finas y distales del sistema.

La paleoecología de las asociaciones florísticas del Triásico Medio de Gondwana ha sido analizada por Anderson y Anderson (1983, 1985, 1989, 1993 a, b, 1995, 1998) en sus extensos trabajos realizados sobre un ecosistema de la Formación Molteno, África del Sur. Teniendo en cuenta estos estudios, se analizaron las asociaciones florísticas registradas en la secuencia Los Rastros. Todas las plantas colectadas en el

presente estudio provienen del ambiente terrestre. La ginkgoal *Baiera* sp. presentó hábito arbustivo o arbóreo, relacionada preferentemente con ambientes de margen del lago. La esfenofita *Neocalamites* sp. (tipo juncos) se asoció con ambientes costeros tanto en márgenes de lago como en riveras y planicies de inundación de ríos, y pudo asociarse en estos últimos con la coristopermal *Dicroidium* sp. (arbustos o árboles grandes). La cicadofita *Taeniopteris* sp. pudo tener hábito arbustivo o arbóreo en ambientes de bosque o arboledas. De esta forma, los bosques arbustivos ubicados en las riveras del río fueron dominados por la asociación de *Dicroidium* sp. y *Neocalamites* sp., mientras que las comunidades de bosque cerrado de diversidad media fueron caracterizadas por la asociación de *Baiera* sp. y *Dicroidium* sp. Las planicies de las márgenes del lago fueron dominadas por la asociación de *Baiera* sp. y *Neocalamites* sp. y los bosques abiertos a cierta distancia del lago por *Dicroidium* sp. (Anderson y Anderson 1998).

Los estudios realizados sobre la microflora de los niveles lacustres de la Formación Los Rastros muestran una interesante palinoflora compuesta por miosporas y algas Clorococcales. En la facies de fondo de lago aparecen fragmentos de leños, cutículas, clorococcales (algas) y miosporas. Estas últimas con mayor abundancia de polen bisacado de coristopermales (*Alisporites* sp.), polen bisacado de coníferas, y con presencia subordinada de polen monosulcado de cicadofitas, ginkgoales y pteridospermas, asociado con baja abundancia de esporas de pteridofitas y pleuromeiales. Por su parte, en el fitoplancton se destaca *Botryococcus*, pero también se observa *Plaesiodyctyon*, que es una forma probablemente relacionada con las Hydrodictyaceae. La microflora reconocida corresponde, tanto taxonómicamente

como proporcionalmente, con la descrita por Zavattieri y Batten (1996) para esta cuenca y otras cuencas triásicas de la Argentina, como por ejemplo la Cuenca Cuyana.

La microflora registrada corresponde con la denominada "Microflora de Ipswich" descrita por Dolby y Balme (1976) en Australia para Gondwana Meridional. Como lo discutieron Zamuner *et al.* (2001), la diversidad y abundancia de las esporas presentes en las asociaciones asignables a la "Microflora de Ipswich" sugieren un clima relativamente húmedo y moderado a cálido. En relación con el registro de la megafloora, la presencia de coníferas en la microflora indica una selectividad dada por el diferente potencial de transporte, depositación y preservación que presentan los diferentes órganos de una planta, como también la ubicación de las mismas. Según Anderson y Anderson (1998) las coníferas suelen asociarse a ambientes de bosques abiertos a cierta distancia de las riveras y las planicies del río.

El estudio sobre las variaciones del contenido fitoplanctológico sólo se realizó para el área de Río Gualo-Río Chañares. Se registraron importantes variaciones en el contenido fitoplanctológico (especialmente de *Botryococcus*) a lo largo de la sucesión Los Rastros en dicha área. Esta variación vertical podría sugerir que el sistema lacustre evolucionó desde un cuerpo de agua dulce y de condiciones eutróficas, en la sección inferior del depósito, a un ambiente de carácter oligotrófico, en la parte media y superior de la sucesión (Ottone *et al.* en prensa). Esta hipótesis es apoyada por las evidencias sedimentológicas observadas en el presente estudio, tales como la tendencia grano y estrato-creciente del depósito y el mayor desarrollo de facies lacustres en la base, mientras que hacia arriba se observa claramente un mayor

desarrollo de las facies deltaicas y fluviales sobre las lacustres, lo que evidencia una evolución del sistema lacustre hacia un sistema fluvial.

Invertebrados

En general, los depósitos portadores de insectos fósiles son el resultado de la sedimentación en ambientes muy tranquilos, como por ejemplo sistemas lacustres y ambientes de transición (Martinell y Martins-Delclos 1990). Los procesos que pueden afectar a los insectos durante la etapa bioestratinómica son diversos. En algunos casos, los insectos pueden ser atraídos por factores físicos tales como la temperatura y humedad, de manera que dichos factores pueden ser los responsables de la presencia de estos organismos en un ambiente en particular. Entre los factores que se consideran totalmente externo a los organismos y que generan yacimientos con una gran acumulación se encuentra el viento.

Como base de discusión para los atributos tafonómicos de los insectos registrados en el presente trabajo se tuvieron en cuenta, principalmente, los trabajos de Martinell y Martins-Delclos (1990) y Wilson (1980) por proveer de excelentes análisis tafonómicos para insectos.

Los procesos tafonómicos que afectan a los insectos durante la etapa bioestratinómica pueden provocar la desarticulación y/o fragmentación del organismo. Los individuos, que llegan al cuerpo de agua muestran diferentes tiempos de flotación, incluso dentro de una misma especie, dependiendo de si llegaron muertos o vivos. Así, los organismos que caen vivos son atrapados por la tensión superficial y al tratar de captar aire y/o de liberarse, el agua penetra en su interior

produciendo un aumento considerable del peso del insecto que causa su precipitación al fondo. En contraste, el tiempo de flotación para un organismo muerto es mucho más largo. Por su parte, en la medida que los procesos de descomposición avanzan, las partes blandas son ocupadas por el agua y así el insecto, al aumentar su peso, comienza el descenso por la columna de agua. Sin embargo, el hundimiento de un organismo puede ser también producido por factores físicos externos como, por ejemplo, el empuje realizado por otro organismo, un ligero oleaje producido por el viento, la lluvia, o la variación de la tensión superficial. Otro factor a tener en cuenta es la relación entre el volumen y la superficie del cuerpo, la cual condiciona la flotabilidad de los insectos. Por ejemplo, los organismos con superficies ásperas muestran casi nulos tiempos de flotación, mientras que los organismos que presentan una gran superficie de sus alas pueden sufrir todo el proceso de descomposición sobre el agua incluso sin llegar a hundirse (Martinell y Martins-Delclos 1990).

Martinell y Martins-Delclos (1990) observaron que el principal factor que puede provocar la desarticulación y/o fragmentación de los insectos, en un medio tranquilo, es la actividad biológica. Los grupos de organismos capaces de atacar a los insectos son los insectos acuáticos de hábito carnívoro y los peces. Se ha observado que los ataques pueden ser tanto al azar como selectivos, es decir, atacando a las partes más blandas como el abdomen y despreciando, por ejemplo, a las alas. Esta selección no indica, sin embargo, que el mayor registro de alas sea obtenido exclusivamente por este proceso. De todas formas, los ataques producirán fragmentos con diferentes potenciales de flotabilidad. Además, se ha observado que traumatismos producidos

por crustáceos pueden desencadenar el hundimiento de una de las partes del cuerpo, dejando el resto a flote.

El descenso de un individuo en un medio tranquilo es lento y siempre en línea recta de su posición inicial de hundimiento. A lo largo de este tiempo los organismos pueden ser afectados por procesos biológicos a lo largo de la zona oxigenada, pero no en la zona anóxica. Los insectos que llegan al fondo pueden permanecer sin desarticularse por un par de meses si no hay agentes disturbadores biológicos y/o físicos. Los principales agentes biológicos responsables de la desarticulación y/o fragmentación de los insectos son crustáceos, moluscos y peces, mientras que el principal agente físico son las corrientes.

En general, los sedimentos portadores de insectos fósiles presentan características tales como la ausencia de organismos bentónicos, de trazas de desplazamiento y de bioturbación, lo que sugiere condiciones anóxicas de depositación. De esta forma, se puede asumir que la desarticulación y/o fragmentación de los insectos debió ocurrir durante el arribo al cuerpo de agua, la flotación en la superficie o el hundimiento a través de la zona oxigenada. De esta forma, pueden considerarse varios escenarios posibles para la presencia de las alas y élitros aislados en el cuerpo de agua de Los Rastros.

Por un lado, los insectos pudieron haber sido atacados selectivamente y así dejar solo el registro de sus alas, o bien haber sufrido la degradación normal de los tejidos blandos a lo largo de su hundimiento en la zona oxigenada, o incluso haber llegado al lago ya desarticulados. Para los insectos que han sido encontrados parcialmente o totalmente articulados se sugiere que han llegado al cuerpo de agua vivos y han

sufrido un hundimiento relativamente rápido, lo cual los habría salvaguardado de los ataques y degradación en la superficie y en la zona oxigenada.

Por su parte, Wilson (1980) ha observado que los insectos con una pobre habilidad para el vuelo (Coleoptera, Homoptera, Hemiptera terrestres, etc.) son más comunes en facies cercanas a la costa, mientras que los insectos con una mayor habilidad para el vuelo (Diptera, Hymenoptera) son más comunes en asociaciones más distales.

La mayor parte de los insectos de la Formación Los Rastros son organismos adultos, alados, y representantes terrestres tales como alas de blattarios (cucarachas), élitros y abdomen de coleópteros y alas de homóptera (cigarras) (vease Apéndice IV). Se los considera alóctonos en relación al lago, y pueden provenir de la antigua costa del lago o de sectores más alejados en el sistema afluente. Se los registró como individuos casi completos o como alas aisladas. Como se mencionó anteriormente, los individuos completos pertenecen al grupo de los coleópteros y se asumió que llegaron al cuerpo de agua probablemente vivos y sufrieron un relativamente rápido descenso por la columna de agua alojándose en el fondo anóxico que los preservó intactos. Por su parte, las alas aisladas pueden haber sufrido los procesos de desarticulación y/o fragmentación en la superficie del lago y en el transcurso de la zona oxigenada, como también pueden haber llegado ya desarticuladas y transportadas por el viento hasta el lago.

Es característico que las condiciones anóxicas eliminan ciertos factores responsables de la descomposición, y así se puede observar una mayor preservación de la quitina en facies anóxicas de agua profunda (Briggs *et al.* 1998). De esta forma,

la ausencia de insectos en algunos niveles de la sucesión Los Rastros podría deberse a varios factores tales como la disminución de las condiciones anóxicas de dichas facies, la mayor eficiencia del ecosistema que genere la degradación de los restos (Olsen 1990), o al escaso aporte de material alóctono en relación al autóctono, en la facies de lago abierto.

El otro grupo de invertebrados registrado son los crustáceos conchostráceos, pequeños artrópodos con representación actual, caracterizados por presentar el cuerpo comprimido lateralmente y un caparazón bivalvo de naturaleza quitinosa que puede o no estar impregnada con carbonato de calcio. El caparazón conserva el registro morfológico de las diferentes mudas de crecimiento post-larvales como líneas consecutivas, simulando "líneas de crecimiento". Las líneas se generan con el crecimiento del organismo y se agregan en la periferia de la valva, así con cada muda el número de líneas aumenta y se las puede relacionar con el tiempo de vida. De esta forma, el tamaño de la conchilla, que puede variar entre 0.001 m y 0.045 m, está íntimamente relacionado al tiempo de vida del organismo.

El tamaño se relaciona con las características de cada especie y es afectado por la temperatura, pH, nutrientes y las condiciones físico-químicas del medio, es decir con la estabilidad y duración del cuerpo de agua (Kobayashi 1954; Tasch 1969; Webb 1979; Gore 1988; Gallego 1999). Se ha observado que la vida media de los conchóstracos actuales es entre tres y cuatro meses, y en condiciones muy estables puede prolongarse hasta ocho meses (Massal 1954). Una característica adicional es que, estos organismos poseen huevos de resistencia, que les permite superar los períodos de desecación total del medio donde se desarrollan y eclosionar

normalmente cuando las condiciones del medio son favorables, por lo que son considerados oportunistas. En efecto, se ha registrado que estos huevos pueden permanecer viables hasta quince años en condiciones extremas (Kobayashi 1954; Tasch 1969; Webb 1979; Gore 1988; Gallego 1999). Esta cualidad le permitió al grupo adaptarse a los ambientes efímeros, y a ampliar la dispersión de las especies, siendo transportados por el viento, agua y otros animales. Los conchóstracos son de hábito alimenticio filtradores o detritívoros y pueden ser nadadores o cavadores en fondo lodoso (Kobayashi 1954; Tasch 1969; Webb 1979; Gore 1988; Gallego 1999).

Con respecto a sus preferencias ecológicas, los conchóstracos presentan una gran amplitud de tolerancia a diferentes condiciones de temperatura, oxigenación y pH (Webb 1979). Se pueden registrar tanto en pequeños cuerpos de agua, desde dulce a salobre (e.g. planicies costeras, bajos costeros salobres, lagunas de arrecifes), hasta ambientes acuáticos de gran desarrollo (e.g. lagos permanentes). Los cuerpos de agua pueden ser temporarios (e.g. lagunas de llanura de inundación) o permanentes (e.g. lagos pequeños permanentes), someros (e.g. ensenadas tranquilas de ríos, fuentes) o profundos (e.g. regiones litorales de lagos), transparentes y con vegetación, o turbios y estériles (e.g. pantanos, lagos de tundra) (Kobayashi 1954; Tasch 1969; Webb 1979; Gore 1988). Sin embargo, son mucho más frecuentes en cuerpos de agua temporarios y someros, donde la posibilidad de predación se reduce (Gore 1988; Gallego 1999).

La distribución geográfica de los conchóstracos actuales es considerada cosmopolita, principalmente en áreas templadas y tropicales. En general, no se ha registrado más de una especie del mismo género cohabitando. Olsen (1984) advirtió que desde el Terciario los conchóstracos se restringen más a los cuerpos temporarios

para evitar la competencia con las “pulgas de agua” y la predación por los peces. Sin embargo, hay registros desde el Neopaleozoico y hasta el Jurásico de conchostráceos en cuerpos de agua de gran extensión cohabitando con peces y otros predadores (Mckenzie 1981). En el registro triásico de nuestro país, se los encuentra registrados conjuntamente con peces y anfibios, tanto en ambientes lacustres someros como en pequeños cuerpos de agua (planicies de inundación fluviales), como en áreas marginales de lagos profundos (Gallego 1992).

Los principales modos de preservación que presentan los conchóstracos son la piritización, la calcificación o carbonatación y la forma más común es el molde, impresión o impronta. Los conchóstracos fósiles pueden presentar tanto la conchilla comprimida por efecto de la compactación de los sedimentos como en forma tridimensional. Las conchillas comprimidas pueden mostrar una compresión diferencial de acuerdo a la convexidad original, y el contorno puede variar según su posición con respecto al sustrato (Kobayashi 1954; Tasch 1969; Webb 1979; Gore 1988; Gallego 1999).

Los depósitos de la Formación Los Rastros son portadores de tres especies del género *Euestheria*, individuos asignados a *Triasoglypta* sp., material casi completo indeterminable y material fragmentario indeterminado (Ver Apéndice IV). En un único caso, se observó que dos de las especies del género *Euestheria* están asociadas en un único nivel junto con individuos de *Triasoglypta* sp. Esto puede deberse a que las especies asociadas vivían sincrónicamente aprovechando diferentes hábitats del lago y sus márgenes, o a que representan el efecto tafonómico de mezcla diacrónica (*time-averaged*) como producto de la escasa y lenta acumulación de sedimentos en el

cuerpo de agua (Behrensmeyer 1982). La falta de datos ecológicos más precisos sobre estos conchóstracos impide discernir entre ambas hipótesis. Sin embargo, en los otros casos, distintos taxones de conchostráceos no se encuentran asociados en un único nivel, con lo cual, pudo haber ocurrido una renovación de taxones en el cuerpo de agua a lo largo del período de depositación (Kobayashi 1954; Tasch 1969; Webb 1979; Gore 1988).

Los taxones de conchostráceos de la tafofacies LR-C1 y LR-C2 (vease Apéndice IV) que se han determinado han sido considerados autóctonos en base a su buen estado de preservación, su alta proporción y su bajo grado de modificación (Wilson 1988). Mientras que aquellos indeterminados fueron considerados como material alóctono al cuerpo del lago en base a sus características tafonómicas (grado de modificación, fragmentación, el estado de preservación) y a la baja proporción en que se los encuentra (Wilson 1988). Es posible que todo este material alóctono provenga de las lagunas de la llanura de inundación del río afluente.

Los materiales pertenecientes a la tafofacies LR-C1 (*Euesteria forbesi*, *Euesteria* sp2, *Euesteria* sp3, *Euesteria* sp, *Triasoglypta* sp y material no identificable) han sido considerados autóctonos al cuerpo del lago, ya que muestran una excelente preservación, sin evidencias de haber sido transportados por corrientes tractivas. Así, los organismos se desarrollaron en las márgenes tranquilas y protegidas del lago desde donde al morir eran movilizados por la propia circulación del lago hasta aguas más abiertas donde comenzaban a hundirse. La muerte de los organismos pudo haber sido causada por las variaciones en las condiciones físico-químicas del medio, lo que

justificaría la abundancia que se observa por niveles en las facies de fondo de lago abierto.

La tafofacies LR-C2 es portadora de material de conchostrácos no identificable y fragmentario. La gran modificación (fracturas, abrasión y desgaste) que muestran estos materiales ha sido relacionada con el transporte de los mismos por una corriente tractiva. La corriente los transportó desde las lagunas de la llanura de inundación del río afluente hasta el cuerpo del lago donde por un cambio en la velocidad del flujo fueron depositados en las facies del lago abierto.

Finalmente, los excelentes materiales asociados a la tafofacies LR-C3 (*Euesteria* sp.2, *Euesteria* sp., y material no identificable) han sido incluidos entre el material autóctono al cuerpo de lago. Sin embargo, se considera que su desarrollo estuvo asociado al ambiente deltaico, ya que se hallan asociados a las facies de flujos turbidíticos que se desencadenan desde el frente deltaico. Los bancos monoespecíficos de conchóstracos y con presencia de adultos y juveniles asociados permiten sugerir una acumulación instantánea de la comunidad original y un enterramiento rápido evidenciado por la excelente preservación. En este caso, igual que en la tafofacies LR-C1, las acumulaciones se registran por niveles, lo que podría evidenciar que uno de los factores responsables de la mortandad pudo ser también un cambio en las condiciones físico-químicas, quizá relacionado con cambios en el aporte de los afluentes.

El registro de invertebrados fósiles para la Formación Los Rastros se concentra exclusivamente en las facies de lago abierto, sin embargo no es constante a lo largo de cada perfil y entre las diferentes áreas. Como se mencionó antes, la ausencia de

registro puede tener su origen en los diferentes potenciales de fosilización que presentan los restos con relación a las variables físico-químicas del ambiente. Asimismo, se considera que los diferentes niveles a lo largo de los perfiles fueron depositados en tiempos sucesivos y representan momentos relativamente independientes de la evolución del lago. En efecto, cada nivel pudo haber sido depositado bajo condiciones completamente diferentes como, por ejemplo, diferentes valores del contenido de oxígeno del agua o niveles de eficiencia del ecosistema (Olsen 1990), generando registros fosilíferos no equivalentes a lo largo de la sucesión de Los Rastros. De acuerdo con estas evidencias y con lo anteriormente discutido, el sistema lacustre fue interpretado como inicialmente oligotrófico y con una progresiva eutroficación. En relación a los invertebrados, este proceso es evidenciado en un aumento del registro principalmente de los conchóstracos en la sección superior en el área de Río Gualo-Río Chañares, y en el casi ausente registro en la sección inferior de la sucesión en el área Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca. De esta forma, se evidencia un aumento, hacia el tope de la sucesión, de los invertebrados autóctonos como por ejemplo, los conchóstracos.

Vertebrados

Formación Los Rastros

Los restos de vertebrados hallados en los niveles de la Formación Los Rastros muestran seis diferentes formas: (1) escamas de peces aisladas, (2) cúmulos de escamas de peces, (3) huesos craneanos de peces desarticulados (completos y/o fragmentados), (4) fragmentos de cuerpos de peces (con escamas articuladas), (5)

especímenes de peces completos (con o sin cabeza) y (6) un espécimen parcialmente completo de anfibio temnospóndilo (vease Apéndice IV).

Mientras que los restos de peces son generalmente bien preservados en secuencias marinas y lacustres, en los depósitos fluviales aparecen principalmente como material fragmentario y desarticulado. Los esqueletos bien preservados corresponden generalmente a asociaciones de mortandad en masa o mortandad estacional (Grande 1984, 1988; Smith *et al.* 1988; Wilson 1993, 1996). Sin embargo, en este estudio, los especímenes mejor preservados fueron encontrados en las facies de mayor influencia fluvial (Asociación de facies LR-C, barra de desembocadura), mientras que los huesos y escamas aislados de los peces se encuentran en las facies distales de lago abierto (Asociación de facies LR-A). Este tipo de preservación, la cual es opuesta a las mencionadas anteriormente, es raramente descripta en la literatura.

Numerosos autores han discutido los estados de articulación y sus causas. Así, Behrensmeyer (1991) sugiere que las áreas menos carnosas de los cuerpos usualmente permanecen articulados, debido a la abundancia de tejido conectivo, el cual es más resistente. La desarticulación es relativamente rápida en ambientes subáereo y acuático, y la preservación de huesos fósiles articulados indican un entierro rápido u otras circunstancias, tal como anoxia que evita la acción de carroñeros que disturben el esqueleto (Elder y Smith 1988).

Las diferentes partes del cuerpo son frecuentemente desarticuladas, pero preservadas en la proximidad espacial de las mismas. Esto sugiere que la separación pudo ocurrir durante la descomposición de las partes blandas o por pisoteo, movimiento del suelo, crecimiento de plantas, acción de carroñeros, y/o corrientes de

agua demasiado débiles como para transportar extensamente los huesos (Behrensmeyer 1991).

Particularmente, Wilson (1988) propuso que el grado de articulación de los restos de peces puede servir para tener una idea del transporte post-mortem, de la turbulencia, del decaimiento, y/o de la bioturbación. En ambientes de aguas cálidas la desarticulación parcial de los esqueletos puede ser el resultado de procesos tales como la flotación, la descomposición bacterial, y la acción de carroñeros, los cuales esta comúnmente presentes en aguas someras y cálidas (Elder y Smith 1988). Por su parte, la presión y temperatura pueden controlar la flotabilidad de los restos en descomposición con la regulación de la producción de gas bacterial. La supresión de las burbujas de gas sólo es posible en aguas profundas y frías, donde el metabolismo bacterial es limitado y las burbujas son muy pequeñas. Así, la presencia de especímenes fósiles completamente articulados sugiere aguas profundas y/o frías en las cuales los organismos evitaron pasar por el proceso de flotación, o sufrieron un entierro rápido (Elder y Smith 1988). Sin embargo, esta no parece ser la situación que se presenta en el lago de Los Rastros. Aunque los estudios sedimentológicos de la sucesión, en el área Agua de la Peña, sugieren que el lago fue relativamente profundo (Milana 1999) con un desarrollo de espesas capas de lutitas negras, en esta facies (Asociación de facies LR-A), los materiales de vertebrados (peces) están presentes como restos muy fragmentarios (escamas aisladas o cúmulos y huesos craneanos desarticulados y/o fragmentarios).

La secuencia de desarticulación observada en la sucesión está de acuerdo con lo mencionado por algunos autores para otras secuencias lacustres (e.g. Elder y Smith

1988; McGrew 1975; Wilson y Barton 1996). Los materiales analizados muestran la tendencia generalizada donde el cráneo es el primer elemento del esqueleto en desarticularse del resto del cuerpo (Elder y Smith 1988). También, estos autores sugieren que los estados de desarticulación son directamente proporcionales a la cantidad de tiempo que el organismo yace en el fondo del cuerpo de agua antes del entierro. Teniendo en cuenta estos criterios, los niveles de desarticulación pueden ser usados como una estimación del tiempo en que las carcasas fueron expuestas a condiciones aeróbicas, mientras que la desarticulación del cráneo, por ser el primer elemento del cuerpo en desarticularse, indicaría cortos periodos de exposición. La desarticulación de las aletas dorsal y anal podría indicar un periodo más extenso de exposición a condiciones aeróbicas (Wilson y Barton 1996). Esto sugiere que en la sucesión Los Rastros, los materiales de vertebrados coleccionados en las facies deltaicas (escamas de peces desarticuladas acumuladas, huesos craneanos de peces completos pero desarticulados, fragmentos de cuerpo de peces (escamas articuladas), cuerpos de peces parcialmente o totalmente completos y un anfibio temnospóndilo parcialmente completo) fueron expuestas a condiciones aeróbicas durante períodos de tiempo cortos a medios, antes del entierro definitivo. En contraste, los restos de peces exhumados de las facies lacustres (escamas aisladas o en cúmulos y huesos craneanos desarticulados y/o fragmentarios) aparentemente permanecieron en suspensión durante un período de tiempo más largo antes del entierro definitivo.

En el presente análisis tafonómico, el estudio de la biofábrica (arreglo espacial, empaquetamiento, densidad de acumulación y selección) permitió reconocer cuatro tafofacies. En la tafofacies LR-V1 la biofábrica sugiere que los restos de peces fueron

depositados por decantación en los niveles de lago abierto (Kidwell *et al.* 1986; Kidwell y Holland 1991). En la tafofacies LR-V2 la biofábrica indica una redistribución de los restos generado por las corrientes turbidíticas distales las cuales transportan el material dentro del flujo y lo depositan entre las facies de lago abierto (Kidwell *et al.* 1986; Kidwell y Holland 1991). Los restos de peces de la tafofacies LR-V3 y el temnospóndilo de la tafofacies LR-V4 fueron depositados por la corriente del río afluente, probablemente relacionado a un abrupto cambio en la energía de la carga de lecho cuando el flujo entra en el cuerpo de agua (Kidwell *et al.* 1986; Kidwell y Holland 1991).

Los modos de fosilización en los vertebrados de la Formación Los Rastros más comunes son la preservación como partes duras y los moldes o impresiones. Las modificaciones post-mortem (abrasión, fracturas y agrietamientos) de los materiales de vertebrados son principalmente interpretados como el resultado de procesos de meteorización reciente. En general, los agrietamientos son principalmente relacionados con exposición superficial, mientras que las fracturas son el resultado de la acción de algunos agentes de transporte. Es más, los patrones de agrietamientos y fracturas son usadas para definir estados de meteorización que indican el periodo de tiempo de exposición en superficie previo al entierro (Behrensmeyer 1991). La abrasión es el producto de la erosión física y/o química, y podría ser un indicador de la intensidad y/o periodo de tiempo de interacción con el sedimento junto con el que es transportado, y no necesariamente de la distancia de transporte (Behrensmeyer 1991).

El patrón de desarticulación, la abundancia, y el estado de preservación general de los restos descritos para las diferentes tafofacies sugieren que el hábitat de los peces mejor preservados y el anfibio estuvieron relacionados al sistema fluvial afluente. En efecto, las características tafonómicas observadas en las asociaciones de facies LR-B, LR-C y LR-D permitieron relacionar a los especímenes en los sedimentos deltaicos con un hábitat más afín con el sistema afluente. Esta hipótesis fue anteriormente planteada por Gore (1988), quien postuló que la presencia de restos de peces articulados y bien preservados en los bancos deltaicos sugieren que ellos fueron alóctonos al ambiente lacustre y fueron transportados hacia el depósito por la corriente del río. Por el contrario, las pequeñas escamas de peces y los fragmentos de huesos craneanos hallados en las pelitas de aguas abiertas (asociación de facies LR-A), no permitieron determinar el hábitat original de los organismos. Por lo tanto, el escaso registro de peces fósiles de la asociación de facies LR-A pueden estar representando tanto elementos autóctonos y/o alóctonos al ambiente lacustre, y así podrían ser los únicos restos de vertebrados autóctonos presentes en la secuencia estudiada. Esta pobre representación de vertebrados en los depósitos lacustres podría asociarse quizás con la química del agua durante la depositación de la secuencia, hipótesis que estaría fortalecida con la información aportada por los estudios de las Clorococales. Como antes se discutió, éstas muestran diversos episodios de “blooms” (floraciones) (Ottone *et al.* en prensa) que podrían ser los responsables de un marcado déficit en la concentración de fosfatos en el agua del lago y de esta forma favorecer la disolución del fosfato aportado por los restos óseos de los vertebrados (peces) (Warren 1986, Ottone *et al.* en prensa).

Formación Chañares

En trabajos previos, Rogers *et al.* (2001) tuvieron acceso a la mayoría de los materiales previamente coleccionados de la Formación Chañares que se encuentran actualmente alojados en las colecciones del Instituto Miguel Lillo de Tucumán, el Museo de la Universidad Nacional de La Rioja y el Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Cambridge. Propusieron que el 81% de los tetrápodos registrados en la unidad corresponden a sinápsidos eucinodontes, el 7% a sinápsidos dicinodontes y el restante 12% a arcosaurios, basales y “precursores” de los dinosaurios. Además, aproximadamente el 58% de los individuos identificados en la sucesión pertenecen a *Massetognathus* (eucinodonte traversodonte), probablemente uno de los organismos más abundantes que habitaron el ecosistema de Chañares. Pero son, sin embargo, los arcosaurios los que presentan la mayor diversidad, con nueve taxones diferentes descritos.

Como se ha mencionado en el capítulo TAFONOMÍA, los restos de tetrápodos exhumados de los niveles de la Formación Chañares provienen de las asociaciones de facies CH-A y CH-B. Mientras que en la primera los materiales de vertebrados hallados son escasos y generalmente fragmentarios, en la segunda son muy abundantes y se encuentran contenidos en concreciones con un excelente estado de preservación.

Dos ejemplares del arcosaurio *Tarjadia ruthae* fueron descritos en el capítulo TAFONOMÍA como pertenecientes a la tafofacies CH-V1 (vease Apéndice IV). Todos los elementos estudiados presentan atributos tafonómicos similares que serán aquí discutidos. Los elementos han sido preservados como partes duras y en ninguno de

los casos se ha encontrado varios individuos asociados, sino que se hallan como individuos aislados. Algunos de los organismos corresponden a taxones de gran talla y pueden incluirse cráneos de arcosaurios grandes, cráneos y post-cráneo de dicinodontes y ocasionalmente cráneos de especímenes relativamente grandes de *Massetognathus* (Rogers *et al.* 2001). Este material se caracteriza por presentar rasgos de distorsión importantes principalmente asociados a la compresión generada por los sedimentos.

Con respecto a las modificaciones post-mortem, se caracterizan por mostrar estados de erosión por exposición muy elevados con facetas de desgaste por abrasión, un leve rodamiento y rasgos de leve esfericidad y redondez. La superficie de los huesos presenta un aspecto áspero relacionado con una disolución insipiente, y agrietamiento de la superficie. De esta forma, los estados de preservación de los restos varían entre huesos fragmentarios y aislados y esqueletos parcialmente articulados (Rogers *et al.* 2001).

Sobre la base de los atributos tafonómicos se interpretó que los tetrápodos exhumados de los niveles de la asociación de facies CH-A corresponden a una única tafofacies (Tafofacies CH-V1). De esta forma se reconoce sólo un escenario posible para la vida y muerte de los organismos aquí incluidos. Los tetrápodos aparecen aislados como componentes esqueléticos solitarios o como carcasas relativamente articuladas, y así representarían la mortalidad natural dentro del ecosistema de Chañares.

Los organismos individuales habrían sucumbido periódicamente por predación, enfermedad, y/o vejez y sus carcasas habrían sido distribuídas a través del paisaje. A

partir de ese momento los procesos tafonómicos (e.g. carroneo, meteorización, transporte, desarticulación) habrían comenzado a actuar sobre los restos y la naturaleza, intensidad y duración de esos procesos habría sido variable. Los atributos tafonómicos indican que mientras algunas carcasas experimentaron sólo desarticulación menor previa al entierro definitivo, otras fueron completamente desarticuladas y disociadas. El enterramiento final resultó probablemente de eventos de inundación sobre la superficie portadora de los restos (Rogers et al. 2001).

Numerosas concreciones han sido extraídas de los niveles de la asociación de facies CH-B y han sido incluidas en las tafofacies CH-V2 y CH-V3 descritas en el capítulo TAFONOMÍA, por lo que aquí se discutirán los atributos tafonómicos más sobresalientes de dichos restos.

Los materiales muestran una preservación excepcional y la superficie de los huesos no evidencia, a nivel macroscópico, ningún rasgo de erosión. Sin embargo, Rogers *et al.* (2001) observaron un grado mínimo de oxidación y corrosión superficial en las imágenes de electrón de barrido que realizaron sobre los huesos extraídos de una concreción. Asimismo, los scanner lineales de interfase hueso-concreción indicaron que la hidroxiapatita del hueso no está filtrada a la margen del hueso y la matriz de la concreción adyacente no muestra ningún enriquecimiento apreciable en fosfato (Rogers *et al.* 2001). Por su parte, los espacios porales, las suturas y las fracturas post-mortem de los restos fueron rellenados con cemento carbonático que corresponde a la matriz de la concreción portadora.

En rasgos generales, los elementos preservados se encuentran intactos sin embargo en los casos en que se han registrado fracturas las mismas son afiladas sin

indicadores de abrasión o redondez. Estas características están indicado un estado de meteorización muy bajo para los huesos fósiles preservados en las concreciones de Chañares y presumiblemente sugieren que el enterramiento de los restos ocurrió poco después de la muerte, probablemente en un período de semanas o meses, si la descomposición y desarticulación aconteció en un sitio favorable para el decaimiento de tejido blando (Schäfer 1972; Coe 1978; Hill 1980; Weigelt 1989; Behrensmeyer 1991).

Una particularidad interesante es que el material esquelético se encuentra distribuido en una capa tabular de pocos centímetros (10-15) de espesor, es decir que las concreciones fosilíferas exhiben un modo de preservación en dos dimensiones. Ésto sugiere una acumulación y desarticulación sobre una superficie plana. Por otra parte, los elementos fácilmente transportables (costillas y vértebras) se encuentran también representados en las asociaciones como los de baja movilidad (cráneo y miembros), lo que indica que los restos no han sido expuestos a agentes de transporte con suficiente energía como para movilizarlos. En un estudio previo Rogers *et al.* (2001) postularon que las concreciones aquí incluidas en la Tafofacies CH-V2 mostraban un arreglo espacial del material esquelético consistente con la encalladura de las carcasas a lo largo de la margen de un cuerpo de agua. La alineación de algunos elementos alargados de los miembros con el eje longitudinal de la concentración en PVL 5682, la alineación de los cuatro cráneos de *Massetognathus* preservados en PVL 5684 y las tres columnas vertebrales en UPLR 08/09, permiten sustentar esa hipótesis, por lo que se supone que el oleaje habría alineado los elementos con la línea de costa (Rogers *et al.* 2001).

Además del arreglo espacial y desarticulación, una carcaza relativamente intacta (MCZ 3691) muestra una posición de muerte pasiva que es también consistente con un sepulcro acuoso según Weigelt (1989). Por lo tanto, mientras unas concreciones muestran orientación preferencial de los detritos esqueléticos que evidenciarían la acción de agentes de transporte (Tafofacies CH-V2), otras no muestran orientación preferencial (Tafofacies CH-V3). La presencia de elementos de alta y baja movilidad asociados sugiere que los componentes tendrían que haber estado expuestos a condiciones baja energía en relación a la movilidad.

En un análisis tafonómico preliminar de las asociaciones de tetrápodos de la Formación Chañares, Rogers *et al.* (1994) proponen la posibilidad de que los organismos se preservaron dentro de madrigueras. Por un lado, observaron que el entierro dentro de moldes de madrigueras ya había sido documentado para primitivos sinapsidos de África del Sur comparables en tamaño a *Massetognathus* (Smith 1993), y así explicaría el sesgo de taxones pequeños que tipifican la asociación de Chañares. La naturaleza volcániclastica de los sedimentos de la Formación Chañares podría presumiblemente haber proporcionado un sustrato favorable para la excavación y mantenimiento de madrigueras (Voorhies 1975, Hunt 1990). Sin embargo, en trabajos posteriores Rogers *et al.* (2001) reconocieron que los moldes de madrigueras, los cuales proveerían soporte considerable para esa hipótesis, no han sido identificados dentro de la Formación Chañares.

Las concreciones carbonáticas en los sedimentos de Chañares, que en primera instancia podrían parecer las candidatas razonables, son demasiado regulares en geometría, demasiado variable en tamaño, y demasiado uniformemente distribuidas

como para calificar fácilmente como potenciales moldes de madrigueras. Además, las concreciones exhiben un modo en dos dimensiones de preservación y evidencias de orientación preferencial que sugieren una acumulación y desarticulación sobre una superficie plana más que dentro de compartimentos subterráneos (Saunders y Dawson 1998, Rogers *et al.* 2001). Por lo tanto, la tafonomía general de Chañares es incompatible con la preservación en madrigueras.

De esta forma, la espectacular concentración de concreciones fosilíferas en la localidad tipo de Chañares y su extraordinaria preservación pueden ser interpretadas como indicadoras de mortandad en masa dentro del ecosistema de Chañares. Más aún, es más parsimonioso sugerir que este sitio único y altamente localizado registra un solo modo de mortalidad y preservación de los tetrápodos, el cual difiere de los que lo rodean aparentemente sólo por su sorprendente concentración de fósiles (Rogers *et al.* 2001).

Algunas de las características sobresalientes de las asociaciones de Chañares son consistentes con el escenario de la mortalidad en masa. Por un lado, hay una gran abundancia de individuos bien representados, los cuales corresponden a una elevada diversidad de taxones, y las asociaciones incluyen especímenes adultos y juveniles (e.g. Abdala y Giannini 2000). Por otro lado, la asociación de individuos de taxones no tolerantes dentro de una concreción, como ocurre en las concreciones que preservan restos de esqueletos de arcosaurios carnívoros mezclado con algunos eucinodontes pequeños (PVL 5682, 5688, 5690), y sin indicadores de mezcla diacrónica. Otra característica consistente con el escenario de mortandad en masa es la similitud que muestran los atributos de preservación entre los taxones.

Virtualmente todos los huesos fósiles del área de Chañares son caracterizados por un estado de meteorización bajo. Con respecto al estado de articulación y asociación, los restos de eucinodontes y arcosaurios son generalmente preservados como esqueletos casi completos o como concentraciones compactas de asociaciones de elementos esqueléticos. Pero los dicinodontes, de cuerpo relativamente grande, son raramente preservados en concreciones y se muestran como especímenes aislados.

Dentro del contexto de la mortandad en masa pueden discutirse diferentes consideraciones. Primero, podemos evaluar que el agente operante fue claramente letal sobre una gran variedad de taxones y mató por igual a adultos y juveniles y condujo a la concentración de animales que bajo circunstancias normales no tenderían a asociarse (e.g. carnívoros y sus potenciales presas). Se desconoce si las concentraciones ocurrieron durante la vida (probablemente muy cerca de la muerte) o post-mortem. Sin embargo, el evento fue sesgado contra la preservación de taxones de gran talla (e.g. *Chanaria*), cuyos restos son preservados en una frecuencia relativamente mayor en la asociación de facies CH-A (vease Apéndice IV).

La escasez de taxones de gran talla en la asociación de facies CH-B (vease Apéndice IV) podría reflejar una relativa inmunidad de los animales grandes al evento de muerte o quizás una selección post-mortem de las carcasas. En este caso, se considera que después de la muerte, las carcasas han permanecido expuestas, evidenciado por numerosas concreciones que muestran individuos con rasgos de desarticulación parcial o casi total de los esqueletos. Además, no hay evidencias convincentes de acción de carroñeros. De esta forma, y como se mencionó antes, se asume que los restos sufrieron un enterramiento en ceniza volcánica y que ocurrió

poco después de la muerte de los organismos. Este enterramiento sucedió entre semanas o meses siempre que la descomposición y desarticulación fue en un sitio favorable para el decaimiento de tejido blando.

Desde el punto de vista sedimentológico, el carácter volcánico de la unidad aporta un contexto sumamente interesante. Por un lado, la matriz portadora de los fósiles sugiere que la asociación de tetrápodos de Chañares se formó en medio de la acumulación de grandes cantidades de ceniza volcánica. Por otro lado, es muy posible que los procesos volcánicos letales, tales como el ascenso de gases o inundación del ambiente por ceniza, hayan sido los que condujeron al fallecimiento de la fauna local (Voorhies 1981; Lockley 1990; Rogers *et al.* 2001). Más aún, se ha observado dentro de la asociación de facies CH-B la presencia de un nivel de toba de caída por debajo del paquete que contiene la mayoría de las concreciones fosilíferas. De esta forma, se interpreta que este evento pudo relacionarse íntimamente con el agente letal.

Dentro de este contexto y en relación con las características sedimentológicas y tafonómicas de las asociaciones de facies superiores, el volcanismo puede también haber producido inundaciones catastróficas del paisaje, posiblemente relacionado con la captura del sistema de drenaje tierras arriba o al endicamiento de ríos locales.

Sin embargo, la actividad volcánica *per se* podría haber tenido poco efecto directo sobre la comunidad de tetrápodos vivientes, y simplemente el aporte de ceniza volcánica enfatizó el potencial de entierro y generó condiciones geoquímicas favorables para la preservación de huesos (Lockley y Rice 1990; Rogers *et al.* 2001).

El modo de preservación basado en concreciones, que tipifica a la Formación Chañares, en general, facilitó la recolección de los fósiles de tetrápodos. Sin embargo,

existen desventajas asociadas a este tipo de preservación, por ejemplo, algunas de las mejores concreciones expuestas se encontraron fuera de su lugar estratigráfico ya que tienen a rodar pendiente abajo cuando el sedimento aledaño es removido por erosión. Así, la asociación estratigráfica original y los patrones espaciales entre las concreciones, como por ejemplo la tendencia local en concentración y orientación, son virtualmente imposibles de comprobar. Otra desventaja es el sesgo que provee este tipo de preservación. Las concreciones son muy ricas pero representan ventanas localizadas entre extensos depósitos relativamente estériles. Esto produce un depósito muy difícil de reconstruir en su geometría original (Rogers *et al.* 2001).

De acuerdo con las características tafonómicas y sedimentológicas antes discutidas, se propone para los tetrápodos de Chañares dos tipos diferentes de escenarios que permitieron su preservación en el registro fósil. La mortalidad natural dentro del ecosistema es el primer escenario que afectó principalmente a los individuos de gran talla (Tafofacies CH-V1), los cuales fueron acumulados y enterrados por la sedimentación natural del sistema fluvial en las facies de canal. El segundo escenario es un evento catastrófico relacionado con un episodio volcánico que desencadenó la muerte en masa de los organismos de pequeña talla (Tafofacies CH-V2 y CH-V3), la acumulación de los restos y un eventual entierro enfatizado por el gran aporte de cenizas volcánicas en un ambiente de planicie aluvial.

MODELO TAFONÓMICO

Los modelos postulados por Behrensmeyer (1991) y Behrensmeyer y Hook (1992), ponen en consideración las posibles combinaciones de los procesos físicos, químicos y biológicos que afectaron a los organismos en diferentes ambientes, para poder postular un modelo tafonómico representativo para la sucesión estudiada. De esta forma, se propone un modelo tafonómico que caracteriza a la sucesión litoestratigráficamente conocida como Formación Chañares, y otro diferente para la Formación Los Rastros.

El modelo que se postula para la sucesión de Chañares está caracterizado por un ambiente que evoluciona de fluvial a lacustre en una cuenca de tipo rift en etapa extensional (Uliana y Biddle 1988; Milana y Alcober 1994; Rogers *et al.* 2001; Mancuso *et al.* 2004). La secuencia evidencia un abundante aporte de cenizas volcánicas provenientes tanto de la propia actividad tectónica como del arco magmático que se encontraba al oeste del depocentro (Uliana y Biddle 1988; Rogers *et al.* 2001; Mancuso *et al.* 2004). En este ambiente, dominado por ríos, planicies y cuerpos de agua invadidos por un abundante aporte piroclástico, habitaron los tetrápodos de Chañares. El modelo incluye dos escenarios para su preservación (Figura 66).

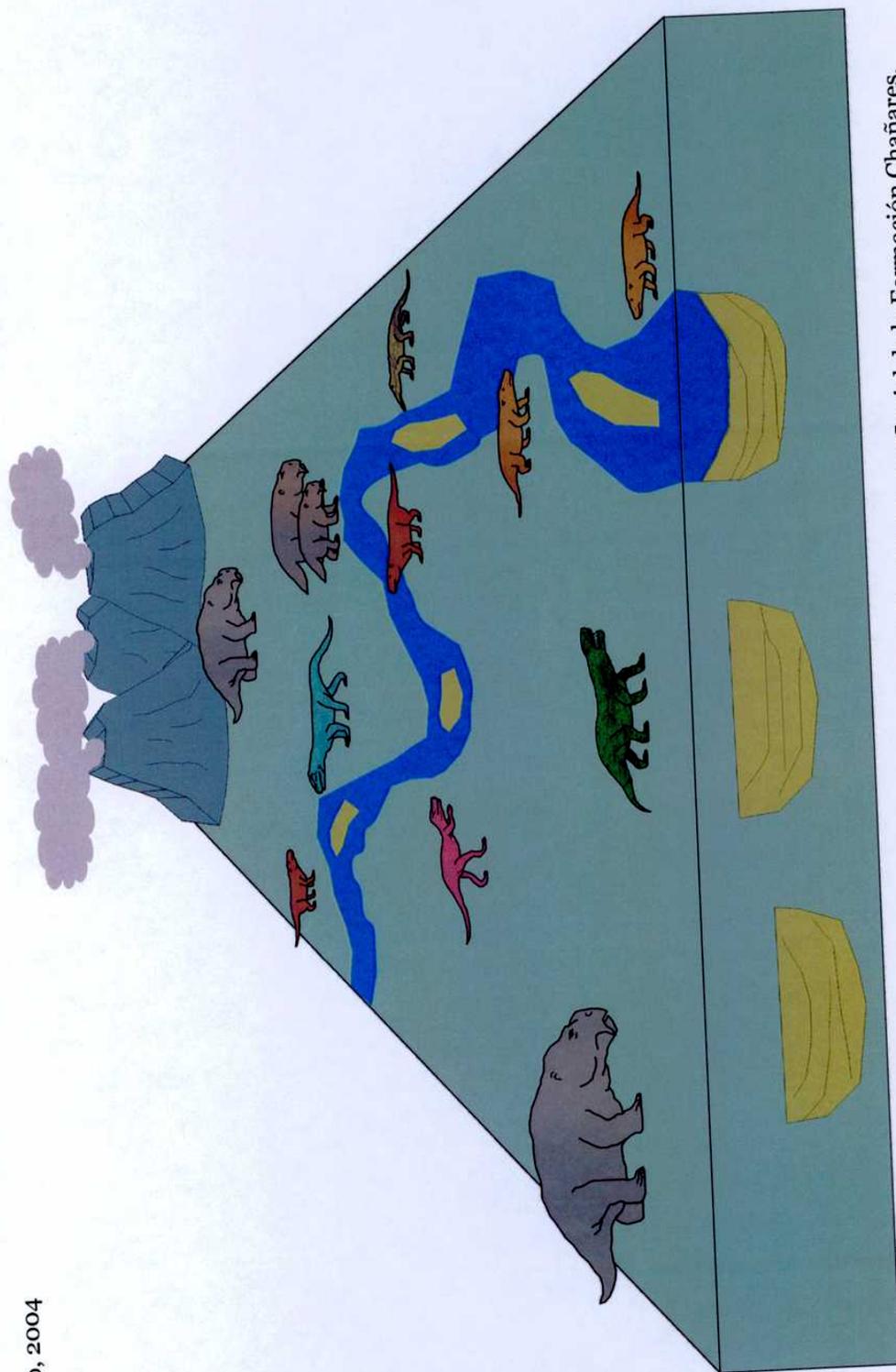


Figura 66: Bloque diagrama sin escala. Reconstrucción Paleoeológica del sistema fluvial de la Formación Chañares.

El primero está relacionado con la mortalidad natural dentro del ecosistema de Chañares y se corresponde con la Tafofacies CH-V1. En rasgos generales, se observó que los taxones de gran talla son los que tomaron este camino, y estos individuos habrían muerto periódicamente por causas naturales (predación, enfermedad, y/o vejez) y sus carcasas quedaron distribuidas a lo largo del paisaje sufriendo diversos procesos tafonómicos (e.g. meteorización, transporte, desarticulación).

La intensidad y duración de los procesos obedeció al tiempo de exposición de los restos. Mientras que algunas carcasas experimentaron solo desarticulación menor previa al entierro definitivo, otras fueron completamente desarticuladas y disociadas. Así, en la tafofacies CH-V1 se evidencian altos índices de modificaciones post-mortem, los cuales sugieren elevados tiempos de exposición a las condiciones meteorológicas reinantes en esos tiempos (clima cálido y moderadamente húmedo, Zamuner *et al.* 2001). Mientras que los restos incluidos en la tafofacies CH-V1 (grandes arcosaurios y dicinodontes) fueron transportados y acumulados en las facies de canales y enterrados por la sedimentación natural de dicho medio, la ausencia de restos de taxones de pequeña talla en la asociación de facies CH-A, puede relacionarse tanto con la selección del agente de transporte y depositación de los restos como con la selección de los agentes de mortalidad.

El segundo escenario está vinculado con la mortandad en masa, en este caso representado por el grupo de tetrápodos de pequeña talla exhumados de los niveles de la asociación de facies CH-B, y que son incluidos en las tafofacies CH-V2 y CH-V3. Los organismos aquí agrupados representan una gran variedad de taxones principalmente pequeños (sinápsidos eucinodontes, sinápsidos dicinodontes y

arcosaurios). Se propone que el agente operante fue claramente letal, sin embargo la ausencia de taxones de gran talla en estas tafofacies evidencia que los grandes tetrápodos fueron relativamente inmunes al evento de muerte. Por otra parte, se considera que la gran concentración de animales debió ocurrir probablemente muy cerca de la muerte o luego de ella, ya que el evento condujo a la concentración de animales que bajo circunstancias normales no tenderían a asociarse, específicamente carnívoros y sus potenciales presas.

Los materiales incluidos en las tafofacies CH-V2 y CH-V3 muestran, en general, un muy bajo grado de meteorización pre-entierro y un estado parcial de desarticulación de los esqueletos, lo cual evidencia cortos períodos de exposición. De esta forma, se propone que los restos sufrieron un enterramiento en ceniza volcánica que ocurrió poco después de la muerte de los organismos, y por lo que las carcasas permanecieron probablemente expuestas solo entre semanas o meses. Es muy posible que los procesos volcánicos letales (e.g. ascenso de gases, inundación del ambiente por ceniza) hayan sido las causas que condujeron a la muerte de la fauna local (e.g. Voorhies 1981; Lockley 1990; Rogers *et al.* 2001). Particularmente, en el caso estudiado en esta tesis se interpreta que la caída de cenizas, evidenciada por un nivel de toba por debajo del paquete que contiene las concreciones fosilíferas, fue el agente letal. Además, se propone que el entierro definitivo ocurrió en un ambiente de planicie aluvial como consecuencia de inundaciones del paisaje, posiblemente relacionadas con la captura del sistema de drenaje aguas arriba o al endicamiento de los ríos locales producido por el volcanismo.

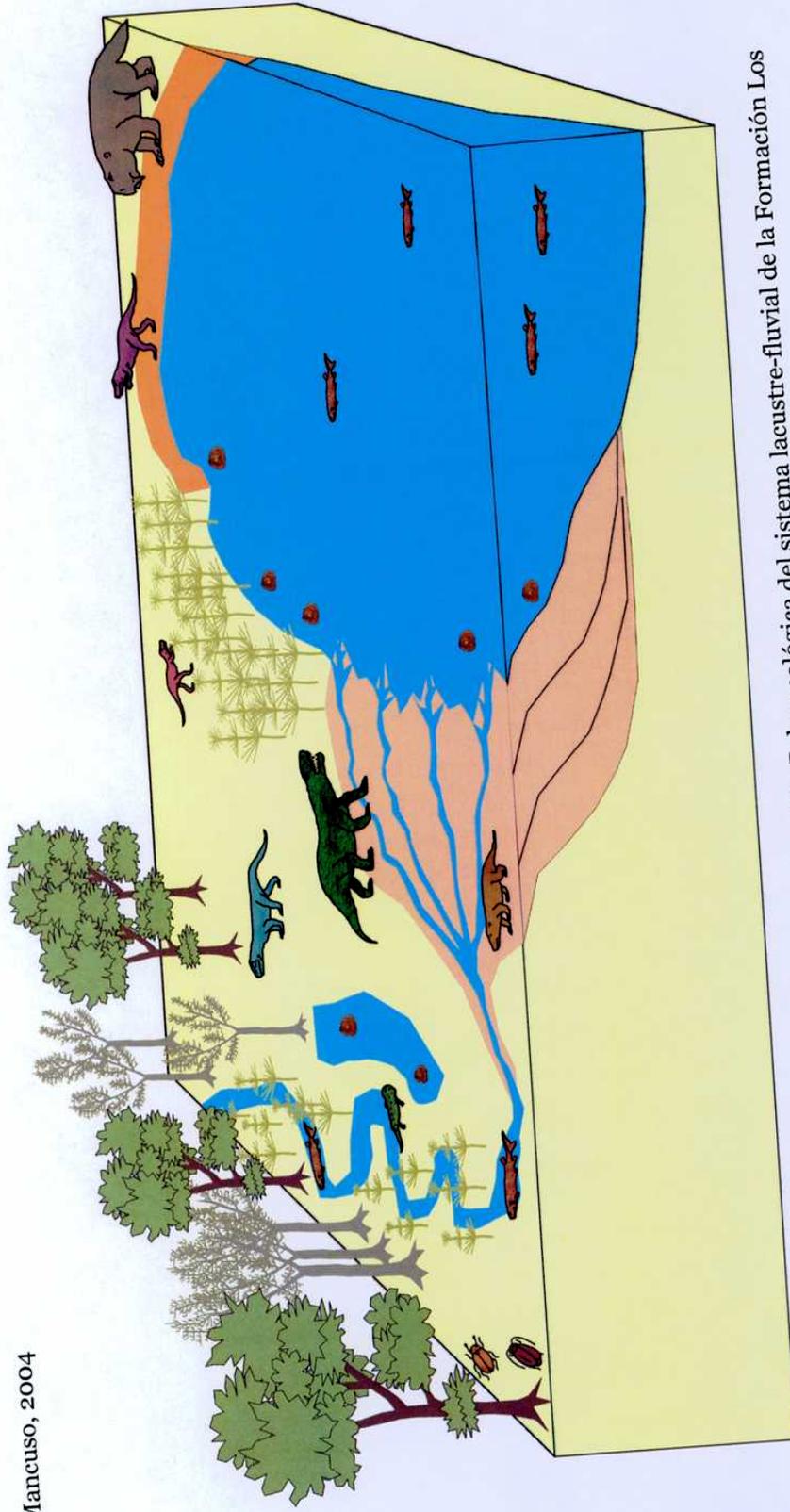
El modelo tafonómico propuesto para la sucesión Los Rastros caracteriza a un ambiente lacustre-deltaico desarrollado en una cuenca de tipo rift (Uliana y

Biddle 1988; Milana y Alcober 1994; Rogers *et al.* 2001; Mancuso *et al.* 2004). El sistema lacustre comienza durante la fase póstuma de la etapa extensional y se prolonga hasta el inicio de una etapa tectónicamente más calma (Ulina y Biddle 1988; Milana y Alcober 1994; Rogers *et al.* 2001; Mancuso *et al.* 2004). En el ambiente lacustre-deltaico se reconocen esencialmente dos sub-ambientes con características tafonómicas diferentes. Las facies de lutitas de la asociación de facies LR-A corresponden a los depósitos de fondo de lago y las facies deltaicas de la Asociación de facies LR-A, LR-C y LR-D representan los depósitos deltaicos, asociado al lago (Figura 67).

El sub-ambiente de lago está dominado por elementos autóctonos, como los conchóstracos (Tafofacies LR-C1) y los peces (Tafofacies LR-V1), y en menor medida por elementos alóctonos, entre los que se incluyen también conchóstracos (Tafofacies LR-C2), insectos (Tafofacies LR-I1) y plantas (Tafofacies LR-P1, LR-P10, LR-P11).

Las características tafonómicas que presentan los fósiles analizados fueron consecuencia del transporte, depositación y enterramiento. En rasgos generales, se observó que los elementos autóctonos se encuentran representados en mayor proporción que los alóctonos y con un mejor estado de preservación.

En el sub-ambiente deltaico se presentan escasos restos autóctonos de conchóstracos que aparecen parcialmente en tres dimensiones y no muestran rasgos de modificación post-mortem. (Tafofacies LR-C3), y además de abundantes materiales alóctonos, en su mayoría representados por restos vegetales (Tafofacies LR-P2, LR-P3, LR-P4, LR-P5, LR-P6, LR-P7, LR-P8, LR-P9) y vertebrados (Tafofacies LR-V2, LR-V3, LR-V4).



Mancuso, 2004

Figura 67: Bloque diagrama sin escala. Reconstrucción Paleocológica del sistema lacustre-fluvial de la Formación Los Rastros.

Las plantas presentan estados variables de modificación según sus características hidrológicas que condicionaron su transporte. Los peces y el anfibio temnospóndilo se encuentran, en general, articulados o parcialmente articulados, con un bajo grado de modificación, y restringidos a las facies proximales del delta.

El modelo tafonómico desarrollado para la sucesión de Los Rastros permitió reconstruir la extraordinaria biota registrada para el tiempo de depositación de la unidad. Los componentes reconocidos para la microflora y megaflore caracterizan un ambiente de márgenes del lago con una vegetación baja de arbustos y árboles pequeños compuestos por ginkgoales y coristopermales, y juncos conformados por esfenofitas. Estos últimos también constituyen parte de la vegetación en las riveras de los ríos distributarios. Por su parte, la vegetación compuesta por coristopermales, cicadofitas, pteridofitas y coníferas están representando los bosques y arboledas ubicados aguas arriba en las planicies de inundación del río.

La fauna de invertebrados incluye formas de hábitos terrestres, que son los insectos (blattarios, homópteros y coleópteros), y que probablemente vivían en las cercanías del cuerpo de agua, entre la vegetación baja costera, y en las arboledas de las riveras del río afluente. Los conchóstracos, exclusivamente acuáticos, incluyen formas que habitaron los litorales del lago y las planicies de inundación del sistema fluvial.

La fauna de vertebrados está representada por restos corpóreos (peces y un anfibio temnospóndilo) e icnitas. Los primeros son muy poco abundantes, probablemente debido a una alta disolución del fosfato de los huesos producido por las floraciones algales en el lago (Ottone *et al.* en prensa). Por el contrario, las icnitas son muy abundantes y diversas indicando una rica fauna de tetrápodos.

Los peces están representados por algunos autóctonos y alóctonos al lago. Se presume que parte de los individuos autóctonos registrados se habrían desarrollado en las márgenes del cuerpo de agua, y pudiendo predar sobre otros peces, insectos y/o conchostrácos. Los peces identificados como alóctonos se desarrollaron en el sistema fluvial afluente, probablemente en los canales del río.

Dentro de los tetrápodos el anfibio temnospóndilo es el único animal acuático o semiacuático representado. El mismo era probablemente alóctono al cuerpo del lago y que se habría desarrollado en los ambientes de canal-planicie del sistema fluvial. Estos organismos son carnívoros y dado el pequeño tamaño del ejemplar (aprox. 10 cm), probablemente se habría alimentado de pequeñas larvas de peces o insectos, en las zonas inundadas de la planicie. La restante la fauna de tetrápodos, solo representada por icnitas, están presentes en las Asociaciones de facies LR-B2, y LR- D en las áreas de Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña y de Cerro Bola, Quebrada de Ischichuca. Las huellas indican la presencia de tetrápodos terrestres de diferentes tamaños, las formas más pequeñas serían de alrededor de 60 cm de longitud, mientras que las formas mayores alcanzarían los 3 m aproximadamente. Un análisis de detalle de las icnitas indica que las mismas evidencian la presencia de terápsidos no mamalianos, arcosaurios basales (Crurotarsi) y posibles dinosaurios (Marsicano *et al.* 2004). Esta asociación incluye tanto animales de hábitos carnívoros (e.g. dinosaurios, arcosaurios crurotarsales) como formas exclusivamente herbívoras (terápsidos dicinodontes) (King 1990; Bonaparte 1997).

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL

Una evaluación tectosedimentaria de la secuencia Chañares-Los Rastros ha permitido identificar una clara superficie de discontinuidad entre la base de la Formación Chañares y el techo de la Formación Tarjados en varios puntos de la cuenca. Así, en el área de Río Gualo-Río Chañares dicha discontinuidad se encuentra representada por un silcrete, de aproximadamente 10 cm de espesor, el cual fue interpretado por Milana y Alcober (1994) como una evidencia de que la cuenca estaba subalimentada, o “cuenca hambrienta”. Esta etapa es típica en el desarrollo de un rift cuando el aporte de sedimentos es inferior al espacio de acomodación creado. Por su parte, en el área de Cerro Bola (Quebrada de Ischichuca) la discontinuidad se encuentra reflejada por una extensa superficie con indicios de exposición subáerea prolongada, como marcas de decoloración y de raíces en posición de vida (Mancuso *et al.* 2004). Esta superficie regionalmente expuesta (silcrete y superficie con decoloración y marcas de raíces) sugiere, por lo tanto, un período de quietud tectónica entre la depositación de las sedimentitas de la Formación Tarjados y la sucesión del Grupo Agua de la Peña. El comienzo de la depositación de esta sucesión está controlado, en cambio, por una intensa actividad tectónica que favoreció el desarrollo de facies proximales de abanicos aluviales en el área de Cerro Bola (Quebrada de Ischichuca) y de facies fluviales en las áreas de Río Gualo-Río Chañares y Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña. Esta etapa “fluvial” fue reconocida por Milana y Alcober (1994) como la “*etapa b*” del primer sinrift que, según estos autores, se inició con la depositación de la secuencia Talampaya-Tarjados (“*etapa a*”). Asimismo, las facies aluviales y fluviales

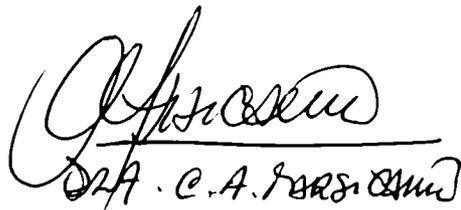
observadas en las áreas de Cerro Bola (Quebrada de Ischichuca), Río Gualo-Río Chañares y Aguada de Ischigualasto-Río del Peñón-Agua de la Peña, que caracterizan la base de la secuencia Agua de la Peña, indican una alta tasa de aporte de sedimentos gruesos en relación con la subsidencia, y que la cuenca presentaba en ese momento poco espacio de acomodación (Ver Prosser 1993; Strecker *et al.* 1999). De las observaciones realizadas en el presente trabajo se propone que, asociado a la actividad tectónica y al volcanismo de arco, un intenso aporte de cenizas volcánicas invadieron los sistemas fluviales de Chañares. El evento produjo la remodelación de su paisaje posiblemente por la captura de los sistemas aguas arriba y el endicamiento de los ríos locales. Esto pudo favorecer la instalación del sistema lacustre en la cuenca, con un lago inicialmente somero que se profundizaría gradualmente. Según el modelo propuesto por Milana y Alcober (1994), la sucesión Los Rastros está constituida exclusivamente por el desarrollo de facies deltaico-fluviales con una tendencia grano-creciente, y es incluida por esto en la primera etapa de postrift. Sin embargo, sobre la base de lo observado en este trabajo en los diferentes perfiles a lo largo de toda la cuenca, y particularmente en el área de Cerro Bola (Quebrada de Ischichuca), se han unificado la sección media y superior de los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli (1944a) y la Formación Los Rastros. Así, la secuencia Los Rastros muestra rasgos de profundización del sistema lacustre con el apilamiento de espesos bancos de pelitas negras de fondo de lago (hasta 70 m) como resultado del aumento gradual en la subsidencia. Las evidencias de actividad tectónica sin-sedimentaria (e.g. fallas sin-sedimentarias, deslizamientos) son numerosas y visibles incluso hasta los niveles medio cuspidales de Los Rastros. Se interpreta así que el rifting alcanzó su clímax para este momento dado que por

encima de estos niveles se registra la progradación de los sistemas deltaicos y fluviales, en concordancia con lo propuesto por Milana y Alcober. Este cambio sugiere la pérdida del espacio de acomodación por aumento del aporte detrítico a la cuenca, posiblemente al intensificarse el rebaje del relieve en un sistema tectónicamente menos activo (vease Prosser 1993; Strecker *et al.* 1999). De esta forma, se da fin a la etapa lacustre en la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión y comienza la etapa fluvial representada por las formaciones Ischigualasto y Los Colorados.

CONCLUSIONES

- Se redefinió la estratigrafía del Grupo Agua de la Peña eliminando el término “Estratos de Ischichuca”. Así, la sección inferior de los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli (1944a, 1948) queda incorporada a la Formación Chañares, y las secciones media y superior de los “Estratos de Ischichuca” de Frenguelli (1944a, 1948) se unifican con la suprayacente Formación Los Rastros. De esta forma, el Grupo Agua de la Peña quedaría conformado (de abajo hacia arriba) por la Formación Chañares, la Formación Los Rastros, la Formación Ischigualasto y la Formación Los Colorados.
- Se desarrolló un modelo tafonómico para la Formación Chañares en base a los atributos tafonómicos reconocidos en los restos fósiles exhumados de dichos niveles. El modelo incluye dos escenarios posibles para la preservación de los organismos: uno que representa la mortalidad natural de los organismos dentro del ecosistema de Chañares y un segundo escenario que estaría vinculado con un episodio de mortandad en masa relacionado a los eventos volcániclasticos que dominaron el ambiente depositacional de Chañares.
- Se elaboró un modelo tafonómico para la Formación Los Rastros que incluye tanto a las plantas, los invertebrados como a los vertebrados registrados en la sucesión. El mismo caracteriza las condiciones de preservación de los organismos en los dos sub-ambientes depositacionales reconocidos: el sub-ambiente de lago y el sub-ambiente deltaico.

- De acuerdo al modelo tafonómico elaborado para Los Rastros se propuso una reconstrucción paleoecológica de la extraordinaria biota registrada para el momento de la depositación de la sucesión.
- Se sugiere un modelo evolutivo tectosedimentario para la secuencia Chañares-Los Rastros. De esta forma, se propone que el inicio de la depositación esta marcado por una intensa actividad tectónica con el desarrollo de facies aluviales y fluviales (Formación Chañares) que evidencian un momento de poco espacio de acomodación. A continuación, se instala en la cuenca un sistema lacustre (sección inferior y media de la Formación Los Rastros) relacionado al clímax del rifting y durante el inicio de la subsecuente etapa de post-rift. Esta última esta reflejada por la progradación de los sistemas deltaico-fluviales que caracterizan la sección superior de la Formación Los Rastros.



D.A. Mancuso



Mancuso

REFERENCIAS

- Abdala, F. y Giannini, N.P. 2000. Gomphodont cynodonts of the Chañares Formation: The analysis of an ontogenetic sequence. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20: 501-506.
- Abel, O. 1912. *Grundzüge der Paläobiologie der Wirbeltiere*. Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung Nagele.
- Abel, O. 1927. *Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit*. Jena: Verlag G. Fischer.
- Abel, O. 1935. *Vorzeitliche Lebensspuren*. Jena: Verlag G. Fischer.
- Aguirre, M.L. y Farinati, E.A. 1999. Taphonomic processes affecting late Quaternary molluscs along the coastal area of Buenos Aires province (Argentina, Southwestern Atlantic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149(283-304).
- Alonso Zarza, A.M., Calvo, J.P. y García del Cura, M.A. 1992. Palustrine sedimentation and associated features grainification and pseudo-microkarst in the Middle Miocene (Intermediate Union) of the Madrid Basin, Spain. *Sedimentary Geology*, 76:43-61.
- Anadón, P., Robles, F., Roca, E., Utrilla, R. y Vazquez, A. 1994. Evolución tectosedimentaria de la cuenca miocena de Bicorn (Macizo de Carroig Valencia). *Comunicaciones II Congreso del Grupo España del Terciario, Jaca, Simposio (IGCP 324)*, 227-229.
- Anadón, P., Robles, F., Roca, E., Utrilla, R. y Vazquez, A. 1998. Lacustrine sedimentation in the diapir-controlled Miocene Bicorn Basin, eastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140: 217-243.
- Anderson, J.M. y Anderson, H.M. 1983. *Palaeoflora of Southern Africa: Molteno Formation (Triassic)*, Introduction 1(1-2). Balkema Rotterdam, 227p.
- Anderson, J.M. y Anderson, H.M. 1985. *Palaeoflora of Southern Africa: Prodomus of Southern Africa megaflores, Devonian to Lower Cretaceous*. Balkema Rotterdam, 423p.
- Anderson, J.M. y Anderson, H.M. 1989. *Palaeoflora of Southern Africa: Molteno Formation (Triassic), Gymnosperms*, 2. Balkema Rotterdam, 567p.

- Anderson, J.M. y Anderson, H.M. 1993a. Terrestrial flora and fauna of Gondwana Triassic. 1(3-12). En: Lucas, S.G. y Morales, M. (eds.), *The nomarine Triassic. Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, 3: 1-478.
- Anderson, J.M. y Anderson, H.M. 1993b. Terrestrial flora and fauna of Gondwana Triassic. 2(13-25). En: Lucas, S.G. y Morales, M. (eds.), *The nomarine Triassic. Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, 3: 1-478.
- Anderson, J.M. y Anderson, H.M. 1995. The Molteno Formation: window onto Late Triassic flora diversity. 27-40. En: Pant, D.D. (ed.), *Proceedings of the International Conference on Global Environment and Diversification of Plant through Geological Time*. Society of Indian Plant Taxonomists, Allahabad, India, 462p.
- Anderson, J.M. y Anderson, H.M. 1998. Late Triassic Ecosystems of the Molteno/Lower Elliot Biome of Southern Africa. *Palaeontology*, 41(3): 387-421.
- Archangelsky, S. 1968. Studies on Triassic fossil plants from Argentina. 4. The leaf genus *Dicroidium* and its possible relation to *Rhexoxylon* stems. *Palaeontology*, 11: 500- 512. Londres.
- Archangelsky, S. y Brett, D.W. 1961. Studies on Triassic fossil plants from Argentina. I. *Rhexoxylon* from the Ischigualasto Formation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 224 (706): 1- 19. Londres.
- Archangelsky, S. y Brett, D.W. 1963. Studies on Triassic fossil plants from Argentina. II. "*Michelilloa waltoni*" nov. gen et sp. from the Ischigualasto Formation. *Annals of Botany*, 27 (105): 147- 154. Oxford.
- Arcucci, A.B. 1991. Un nuevo Proterochampsidae (Reptilia- Archosauriformes) de la Fauna local de Los Chañares (Triásico Medio), La Rioja, Argentina. *Ameghiniana* 27(3-4): 365- 378. Buenos Aires.
- Arcucci, A.B. y Coria, R.A. 1998. Skull features of a new primitive theropod from Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18, supplement 3: 24-25.
- Arcucci, A.B. y Marsicano, C.A. 1998. A distinctive archosaur from the Lower Triassic (Los Chañares Formation) of Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18(1): 228-233. Lawrence.

- Arcucci, A.B., Forster, C., Abdala, F.; May, C. y Marsicano, C. 1995. "Teropods" tracks from the Los Rastros Formation (Middle Triassic), La Rioja Province, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 15, supplement 3, 16A.
- Arcucci, A.B., Forster, C, May, C. Abdala, F. y Marsicano, C. 1998. Una nueva icnofauna de la Formación Los Rastros, Triásico Medio, en la Quebrada de Ischichuca Chica (Provincia de La Rioja, Argentina). *Acta Geologica Lilloana*, 18: 152-153. San Miguel de Tucumán.
- Arcucci, A., López Albarello, A. y Rogers, R. 2002. Freshwater fishes of the Los Rastros Formation (Middle Triassic) Ischigualasto- Villa Unión Basin, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 22, supplement 3, 33A.
- Arcucci, A.B., Marsicano, C.A., Caselli, A.T. (en prensa). Tetrapod association and paleoenvironment of Los Colorados Formation (Argentina): a significant sample from western Gondwana at the end of the Triassic. *Geobios*.
- Behrensmeyer, A.K. 1982. Time resolution in fluvial vertebrate assemblages. *Paleobiology* 8: 211-228.
- Behrensmeyer, A.K. 1988. Vertebrate preservation in fluvial channels. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 63: 183- 199.
- Behrensmeyer, A.K. 1991. Terrestrial vertebrate accumulations. En: Allison P.A y Briggs D.E.G. (eds.), *Taphonomy: Releasing the data locked in the fossil record* 291-335. New York: Plenum Press.
- Behrensmeyer, A.K., Damuth, J.D., DiMichele, W.A., Potts, R., Sues, H.D. y Wing, S.L. 1992. *Terrestrial Ecosystems Through Time: Evolutionary paleoecology of terrestrial plants and animals*. University of Chicago Press, 568pp.
- Behrensmeyer, A.K. y Hook, R.W. 1992. Paleoenvironmental contexts and taphonomic modes in the terrestrial fossil record. En: Behrensmeyer, A.K., Damuth, J.D., DiMichele, W.A., Potts, R., Sues, H.D. y Wing, S.L. (eds.), *The evolutionary paleoecology of terrestrial plants and animals*. University of Chicago Press, 15- 136.
- Behrensmeyer, A.K. y Kidwell, S.M. 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology*, 11(1): 105-119.

- Behrensmeyer, A.K. y Kidwell, S.M. 1993. Introduction. *Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages*. Short courses in paleontology, 6, The Paleontological Society Publications, 1-302.
- Bodembender, G. 1911. Contribución geológica de la parte meridional de La Rioja y regiones limítrofes (Republica Argentina). *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, Córdoba, 19: 115-121
- Bonaparte, J.F. 1963 a. *Promastodonsaurus bellmanni* n. gen. et n. sp., capitosáurido del Triásico medio de Argentina (Stereopondyli-Capitosauroida). *Ameghiniana*, 3(3): 67- 78. Buenos Aires.
- Bonaparte, J.F. 1963 b. Un nuevo cinodonte gonfodonte del Triásico Medio Superior de San Juan, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 4: 111- 128. San Miguel de Tucumán.
- Bonaparte, J.F. 1963 c. Descripción de *Ischignathus sudamericanus* n. gen., n. sp., nuevo cinodonte gonfodonte del Triásico Medio Superior de San Juan, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 4: 111-128. San Miguel de Tucumán.
- Bonaparte, J.F. 1966. Una nueva "fauna" triásica de Argentina (Therapsida: Cynodontia Dicyodontia). Consideraciones filogenéticas y paleobiogeográficas. *Ameghiniana* 4(8): 243- 296. Buenos Aires.
- Bonaparte, J.F. 1969 a. Datos sobre la evolución paleoecológica en las formaciones triásicas de Ischigualasto- Villa Unión. *Acta Geológica Lilloana* 10 (9): 198-206.
- Bonaparte, J.F. 1969 b. Los tetrápodos triásicos de Argentina. *I Simposio de Gondwana* (Mar del Plata, 1967): 307- 325. Paris.
- Bonaparte, J.F. 1970. Annotated list of the South American Triassic tetrapods. II *Gondwana Symposium* (Pretoria): 665- 682. Pretoria.
- Bonaparte, J.F. 1971. Los tetrápodos del sector superior de la Formación Los Colorados, La Rioja, Argentina (Triásico Superior). *I parte. Opera Lilloana*, 22: 1-183. San Miguel de Tucumán.
- Bonaparte, J.F. 1973. Edades/Reptil para el Triásico de la Argentina y Brasil. 5° *Congreso Geológico Argentino, Actas* 3: 93- 129. Villa Carlos Paz (1972)
- Bonaparte, J.F. 1975. Sobre la presencia del laberintodonte *Pelorocephalus* en la Formación de Ischigualasto y su significado estratigráfico (Brachyoidea-

- Chigutisauridae). *I Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Tucumán, 1974), *Actas* 1: 537- 544. San Miguel de Tucumán.
- Bonaparte, J.F. 1979. *Coloradia brevis* n. g. et n. sp. (Saurischia- Prosauropoda), dinosaurio plateosauridae de la Formación Los Colorados, Triásico superior de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana* 15(3-4): 327- 332.
- Bonaparte, J.F. 1997. El Triásico de San Juan-La Rioja, Argentina y sus dinosaurios. *Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*, Buenos Aires, 190 pp.
- Bonetti, M.I.R. 1966. *Protojuniperoxylon ischigualastensis* sp. nov. del Triásico de Ischigualasto (San Juan). *Ameghiniana*, 4(7): 211-218. Buenos Aires.
- Borrero, L.A. 2002. Tafonomía de las faunas del Pleistoceno tardío de Fuego-Patagonia. *VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, *Actas* 43.
- Bossi, G. 1970. Asociaciones mineralógicas de las arcillas en la Cuenca de Ischigualasto- Ischichuca. Parte II: perfiles de la Hoyada de Ischigualasto. *Acta Geológica Lilloana*. 11 (4): 73- 100.
- Bossi, G. 1971. Análisis de la Cuenca Ischigualasto-Ischichuca. *Primer Congreso Hispano-Luso Americano Geología Económica* 2(1).
- Bossi, G. 1977. La formación Cerro Rajado, Provincia de La Rioja. *Acta Geológicas Lilloana*, 14: 19- 40.
- Brett, C.E. y Baird, G.C. 1986. Comparative Taphonomy: A Key to Paleoenvironmental Interpretation Based on Fossil Preservation. *Palaios* 1: 207-227.
- Brett, C.E. y Baird, G.C. 1997. *Paleontological events: Stratigraphic, ecological, and evolutionary implications*. Columbia University Press, 604 pp
- Briggs, D.E.G., Stankiewicz, B.A., Meischner, D., Bierstedt, A., Evershed, R.P. 1998. Taphonomy of Arthropod Cuticles from Pliocene Lake Sediments, Willershausen, Germany. *Palaios*, 13: 386- 394.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 1993. Trace fossils from a Carboniferous turbiditic lake: Implications for the recognition of additional nonmarine ichnofacies. *Ichnos* 2: 237- 258.

- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 1994. Pistas de peces en el Carbonífero de la cuenca Paganzo (Argentina): Su significado estratigráfico y paleoambiental. *Ameghiniana* 31(1): 33-40.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 1996. Icnología de ambientes continentales: Problemas y perspectivas. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial* 4: 5-30.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 1998. Trace fósil análisis of lacustrine facies and basins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140:367-382.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 2004. Animal-substrate interactions in freshwater: application of ichnology in facies and sequence stratigraphic analysis of fluvio-lacustrine successions. *The application of ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*, Geological Society, London, Special Publications, 228: 311-333.
- Cabrera, A. 1943. El primer hallazgo de terápsidos en la Argentina. *Museo de La Plata, Notas VIII, Paleontología* 55, 317-331. La Plata.
- Cabrera, A. 1944. Dos nuevos peces ganoideos del triásico de Argentina. *Museo de La Plata, Notas IX, Paleontología* 81, 569-576.
- Casamiquela, R.M. 1960. Noticia preliminar sobre dos nuevos estagonolepoideos argentinos. *Ameghiniana* 2(1): 3-9. Buenos Aires.
- Casamiquela, R.M. 1967. Un nuevo dinosaurio ornitisquio triásico (*Pisanosaurus mertii*; Ornithopoda) de la Formación Ischigualasto, Argentina. *Ameghiniana* 5(2): 47-64. Buenos Aires.
- Caselli, A.T. 1998. [*Estratigrafía y sedimentología de las formaciones Patquía (Pérmico) y Talampaya (Triásico inferior) en las Sierras Pampeanas Noroccidentales y Precordillera Central (provincias de La Rioja y San Juan)*]. Tesis Doctoral (inédita) Universidad de Buenos Aires, 437p].
- Caselli, A.T., Marsicano, C.A. y Arcucci, A.B. 2001. Sedimentología y paleontología de la Formación Los Colorados, Triásico superior (provincias de La Rioja y San Juan, Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56(2), 173-188.

- Cech, N. y Carrera, C. 2002. Análisis de las comunidades Arenigianas en el límite Ordovícico Inferior y Medio de la localidad de Niquivil, Precordillera Argentina. *XV Congreso Geológico Argentino* (El Calafate), Actas
- Cladera, G., del Fueyo, G.M. y Villar de Seoane, L. 2002. Tafonomía de platantes autoctonas en facies próximas a un albardón, Grupo Baqueró (Aptiano), provincia de Santa Cruz, Argentina. *VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas 69.
- Cladera, G., Rougier, G., de la Fuente, M. y Arcucci, A.B. 1998. Niveles fosilíferos del sector superior de la Formación Los Colorados (Triásico Tardío), en las proximidades de "La Esquina", provincia de La Rioja, Argentina. *Acta Geológicas Lilloana*, 18(1): 159.
- Clark, J., Beerbower, J.R. y Kietzke, K.K. 1967. *Oligocene sedimentation, stratigraphy and paleoclimatology in the Big Badlands of South Dakota*.
- Coe, M. 1978. The decomposition of elephant carcasses in the Tsavo (East) National Park, Kenya. *Journal of Arid Environments* 1: 71-86.
- Contreras, V.H., Bracco, A. y Sill, W. 1997. Primer registro de restos de tetrápodos en la Formación Los Rastros (Triásico Medio), Parque Provincial Ischigualasto, San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 34(4): 534.
- Coffin, H.G. 1983. Erect floating stumps in Spirit Lake Washington. *Geology*, 11: 298-299.
- Coombs, M.C. y Coombs, Jr.W.P. 1997. Analysis of the Geology, Fauna, and Taphonomy of Morava Ranch Quarry, Early Miocene of Northwest Nebraska. *Palaios*, 12: 165-187.
- Cox, C.B. 1965. New Triassic dicynodonts from South America, their origins and relationships. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London (B)*, 248: 457- 516. Londres.
- Cox, C.B. 1968. The Chañares (Argentina) Triassic Reptil Fauna IV. The dicynodont fauna. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 295: 1-27. Cambridge Mass.
- Dolby, J.H. y Balme, B.E. 1976. Triassic palynology of the Canarvon Basin, Western Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 22: 105-168.
- de Francesco, C.G. y Zárata, M.A. 1998. Análisis tafonómico de *Littoridina*

- (Gastropoda) en perfiles Holocenos del Río Quequén Grande: significado paleobiológico y paleoambiental. *VII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas 97.
- de Francesco, C.G. y Zárate, M.A. 2000. Alteraciones tafonómicas producidas por bivalvos infaunales en ambientes estuaricos holocenos (Río Quequén Grande, Buenos Aires). *Ameghiniana* 37(4): 72R.
- de la Mota, H.F. 1946. [*Estudios geológicos en el Cerro Bola, al sur de Villa Unión, Dpto. General Lavalle, provincia de La Rioja*. Universidad Nacional de La Plata, Tesis Doctoral 87, La Plata, 145 p. Inedito].
- Efremov, J.A. 1940. Taphonomy: a new branch of palaeontology. *Pan-American Geologist*, 74: 81-93.
- Einsele, G. 1992. *Sedimentary Basins evolution, facies and sediment budget*. Springer-Verlag, 628p.
- Elder, R.L. y Smith, G.R. 1988. Fish taphonomy and environmental inference in paleolimnology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 62, 577-592.
- Espona, M.J. y Palma, R.M. 1996. Análisis de las concentraciones fósiles de la Formación Chachao (Valanginiano), Malargue, Mendoza. *XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 5: 67.
- Farimati, E. y Zavala, C. 1995. Análisis tafonómico de moluscos y análisis de facies en la serie Holocena del Río Quequén Salado, Provincia de Buenos Aires. *VI Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas 117- 122.
- Farinati, E.A., Spagnuolo, J.O. y Aliotta, S. 2002. Principales rasgos tafonómicos en moluscos de cordones holocenos del Estuario de Bahía Blanca, Argentina. *VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas 45.
- Farquharson, G.W. 1982. Lacustrine deltas in a Mesozoic alluvial sequence from Camp Hill, Antarctica. *Sedimentology* 29: 717- 725.
- Ferguson, D.K. 1985. The origin of leaf-assemblages- New light on an old problem. *Revista Palaeobotanic Palynologic* 46: 117-188.
- Fernández López, S.R. 2000. *Temas de Tafonomía*. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 167 p.

- Foster, C., Arcucci, A., Marsicano, C., Abdala, F. y May, C. 1995. New vertebrate material from the Los Rastros Formation (Middle Triassic), La Rioja Province, Northwestern Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 15, supplement 3, 29A.
- Freytet, P. y Plaziat, J.C. 1982. Continental carbonate sedimentation and pedogenesis Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France. *Contribution Sedimentology*, 12:1-213.
- Frenguelli, J. 1942a. Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana Superior en la Argentina. V. *Baiera cuyana* n. sp. *Notas del Museo de La Plata* 7, Paleontología 46: 297-302, 1 lámina. La Plata.
- Frenguelli, J. 1942b. Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana Superior en la Argentina. VII. *Umkomasia cacheutensis* n. sp. *Notas del Museo de La Plata* 7, Paleontología 48: 315-321, 1 lámina. La Plata.
- Frenguelli, J. 1942c. Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana Superior en la Argentina. IX. *Kurtziana cacheutensis* Kurtz sp. n., gen. Et n. comb. *Notas del Museo de La Plata* 7, Paleontología 50: 331-339, 1 lámina. La Plata.
- Frenguelli, J. 1943. Reseña crítica de los géneros atribuidos a la "Serie de *Thinfeldia*". *Revista del Museo de La Plata* (n.s.), Paleontología 2 (12): 225-342. La Plata.
- Frenguelli, J. 1944 a. La serie del llamado "Rético" en el oeste argentino (nota preliminar). *Museo de La Plata, Notas IX, Geología* 30, 261-.
- Frenguelli, J. 1944 b. Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana Superior en la Argentina. XV. La flórula de la base de la "Serie de Cacheuta" en el cerro de Los Baños, Mendoza. *Notas del Museo de La Plata* 9 (63): 271-310, 5 láminas. La Plata.
- Frenguelli, J. 1944 c. Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana Superior en la Argentina. XVIII. *Fanerotheca exstans* n. g., n. sp. *Notas del Museo de La Plata* 9 (66): 393-402, 4 láminas. La Plata.
- Frenguelli, J. 1944 d. Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana Superior en la Argentina. XIX. *Feruglioia samaroides* n. gen., n. sp. *Notas del Museo de La Plata* 9 (67): 403-412, 2 láminas. La Plata.

- Frenguelli, J. 1944 e. Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana Superior en la Argentina. XXV. *Thinnfeldia praecordillerae* n. sp. *Notas del Museo de La Plata* 9 (74): 511-519, 4 láminas. La Plata.
- Frenguelli, J. 1944 f. Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana Superior en la Argentina. XXVII. *Lepidanthium sporiferum* Feist. Sp.?. *Notas del Museo de La Plata* 9 (76): 531-537, 2 láminas. La Plata.
- Frenguelli, J. 1945. Moluscos continentales en el Paleozoico Superior y en Triásico de la Argentina. *Museo de La Plata, Notas X, Paleontología* 83, 180-204.
- Frenguelli, J. 1948. Estratigrafía y edad del llamado Rético en la Argentina. *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, Sociedad Argentina de Estratigrafía Geológica, GAEA*. Buenos Aires., 8, 159-309.
- Frenguelli, J. 1950. Addenda a la flora del Gondwana superior en la Argentina. II. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 5 (1): 15-30. Buenos Aires.
- Gallego, O.F. 1992. Conchóstracos Triásicos de Mendoza y San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 29(2), 159-175.
- Gallego, O.F. 1996. Insectos Triásicos de la Argentina. *Ameghiniana* 33 (2), 230.
- Gallego, O.F. 1997. Hallazgos de Insectos Triásicos en la Argentina. *Ameghiniana* 34 (4), 511-516.
- Gallego, O.F. 1999. [Estudio Sistemático de las Faunas de Conchóstracos Triásicos de la República Argentina. Tesis Doctoral (inédita) Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina].
- Gallego, O.F. y Martins-Neto, R.G. 1999. La entomofauna meozoica de Argentina. Estado actual del conocimiento. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 58 (1-2): 86- 94. La Plata.
- Gallego, O.F. y Melchor, R.N. 2000. La familia Ulugkemiidae Novozhilov, 1958 (Conchostraca) en el Triásico de Argentina: implicancias paleobiogeográficas. *Ameghiniana* 37(1): 47-58. Buenos Aires.
- Gore, P.J.W. 1988. Paleocology and Sedimentology of a Late Triassic Lake, Culpeper Basin, Virginia, USA. . *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 62: 593-608.
- Gradstein, F.M., Agterberg, F.P., Ogg, J.G., Hardenbol, J., van Veen, P., Thierry, J. y Huang, Z. 1995. A Triassic, Jurassic, and Cretaceous time scale. En: Berggen,

- W.A., Kent, D.V., Aubry, M.P. y Handerbol, J (eds.), *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 54: 95-126.
- Grande, L. 1984. Paleontology of the Green River Formation, with a review of the fish fauna. *Geological Survey of Wyoming Bulletin* 63, 333.
- Grande, L. 1988. A well preserved paracanthopterygian fish (Teleostei) from freshwater Lower Palaeocene deposits of Montana. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 8, 117-130.
- Groeber, P. y Stipanovic, P.N. 1953. Mesozoico: Triásico, Jurásico y Cretácico. *Geografía de la Republica Argentina II, 1ª parte, Sociedad Argentina de Estratigrafía Geológica, G. A. E. A. Buenos Aires.*
- Guirín, A. y Caselli, A.T. 2004. Caracterización petrofacial de las Formaciones Chañares - Ischichuca, Cuenca Ischigualasto - Villa Unión, Argentina. *X Reunión Argentina de Sedimentología*, San Luis, Argentina.
- Hanlon, R.D.G. 1982. The breakdown and decomposition of alloctonous and autochthonous plant litter in a oligotrophic lake (Llyn Ffrongoch) *Hydrobiologia* 88: 281-288.
- Herbst, R. 1965. Algunos esporomorfos del Triásico de Argentina. *Ameghiniana* 4: 141-155.
- Herbst, R. 1970. Estudio palinológico de la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión, (Triásico), provincias de San Juan- La Rioja. I. Introducción. II. Monoaperturados. *Ameghiniana* 7: 83-97.
- Herbst, R. 1972. Estudio palinológico de la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión (Triásico), provs. San Juan-La Rioja. III. Esporas triletes. *Ameghiniana* 9: 280-288
- Huene F. von, 1931. Die fossilen Fährten im Rhät von Ischigualasto in Nordwest-Argentinien. *Palaeobiologica* 4(2), 99-112. Wien.
- Hickey, T.J. 1980. Stratigraphy and paleobotany of the Golden Valley Formation (Early Tertiary) of western North Dakota. *Geological Society of America Memoir*, 150:1-183.
- Hill, A.P. 1980. Early postmortem damage to the remains of some contemporary East African mammals. En: Behrensmeyer, A.K. y Hill, A.P. (eds.), *Fossils in the Making*. University of Chicago Press, Chicago.

- Huene F. von 1931. Die fossilien Fährten im Rhät von Ischigualasto in Nordwest-Argentinien. *Palaeobiologica* 4(2), 99-112. Wien.
- Hunt, R.M. 1990. Taphonomy and Sedimentology of Arikaree (lower Miocene) fluvial, eolian, and lacustrine paleoenvironments, Nebraska and Wyoming: A paleobiota entombed in fine-grained volcanoclastic rock. En: Lockley, M.G. y Rice, A. (eds.), *Volcanism and Fossil Biotas*. Geological Society of America Special Paper 244: 69-111.
- Hutchinson, D.E. 1957. *A Treatise on Limnology*, 1 Wiley, New York.
- Johnson, R.G. 1957. Experiments on the burial of shells. *Journal of Geology* 65: 527- 535.
- Johnson, R.G. 1960. Models and methods for analysis of the mode of formation of fossil assemblages. *Bulletin of Geological Society America* 71: 1075- 1086.
- Johnson, R.G. 1962. Mode of formation of marine fossil assemblages of the Pleistocene Millerton Formation of California. *Bulletin of Geological Society America* 73: 113- 130.
- Johnson, K.R. 1993. Time resolution and study of Late Cretaceous and Early Tertiary Megafloras. *Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages*. Short courses in paleontology, 6, The Paleontological Society Publications, 1-302.
- Kaushik, N.K. y Hynes, H.B.N. 1971. The fate of dead leaves that fall into streams. *Archeology Hydrobiology* 68: 465-515.
- Kidwell, S.M. y Behrensmeier, A.K. 1993. *Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages*. Short courses in paleontology, 6, The Paleontological Society Publications, 1-302
- Kidwell, S.M. y Holland, S.M. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios* 6: 426-434.
- Kidwell, S.M., Fürsich, F.T. y Aigner, T. 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios* 1: 228-238.
- King, G. 1990. *The Dicyonodonts. A study in palaeobiology*. Chapman & Hall, London, 233 pp.
- Kobayashi, T. 1954. Fossil estherians and allied fossils. *Journal of the Faculty of Science, Tokyo University*, 9(2): 1-192.

- Kokogian, D.A., Fernández Seveso, F. y Legarreta, L. 1987. Cuenca Ischigualasto-Villa Unión: Análisis estratigráfico y caracterización paleoambiental. Y.P.F. (inédito). Buenos Aires.
- Kokogian, D.A., Spalletti, L.A., Morel, E.M., Artabe, A.E., Martínez, R.N., Alcober, O.A. Milana, J.P. y Zavattieri, A.M., 2001. Estratigrafía del Triásico argentino. En: Artabe, A.E., Morel, E.M. y Zamuner, A.B. (eds.), *El Sistema Triásico en la Argentina*. Fundación Museo de La Plata "Francisco Pascasio Moreno", La Plata. 23-54.
- Lanés, S. 1996. Tafonomía y caracterización de los depósitos bioclásticos de la Formación Puesto Araya (Pliensbachiano), sudeste de Mendoza. *Actas VI Reunión Argentina de Sedimentología*. 211- 216.
- Lanés, S. 1998. Tafofacies de una plataforma dominada por tormentas, Formación Puesto Araya, Mendoza. *VII Reunión Argentina de Sedimentología*. 154- 157.
- Lanés, S. 2002. Depósitos condensados de la Formación Puesto Ayala (Pliesbachiano), Cuenca Neuquina-Mendoza. *VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas 94.
- Lawrence, D.R. 1968. Taphonomy and information losses in fossil communities. *Geological society of America Bulletin* 79: 1315- 1330.
- Lazo, D.G. 2004. [Análisis de concentraciones fósiles del Cretácico Inferior de cuenca Neuquina. Tesis doctoral (inédita), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 337 pp.]
- Lee Lyman, R. 1994. *Vertebrate taphonomy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Llorens, M y Cladera, G. 2002. Esporas perisporadas como evidencia tafonómica. *VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas 73.
- Lockley, M.G. 1990. How volcanism affects the biostratigraphic record. En: Lockley, M.G. y Rice, A. (eds.), *Volcanism and Fossil Biotas*. Geological Society of America Special Paper 244: 1-12.
- Lockley, M.G. y Rice, A. 1990. *Volcanism and Fossil Biotas*. Geological Society of America Special Paper 244, 125p.
- López Gamundi, O.R., Alvarez, L., Andreis, R., Bossi, G., Espejo, I., Fernandez-Seveso, F., Legarreta, L., Kokogian, D., Limarino, O. y Sesarego, H. 1989.

- Cuencas Intermontanas. En: Chebli, G. y Spalletti, L. (eds.), *Cuencas Sedimentarias Argentinas*, pp 123-167. Serie Correlación Geológica N6, Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán.
- Mancuso, A.C. 1999. [Análisis tafonómico de una asociación fósil continental del Triásico Medio de la Cuenca de Ischigualasto-Villa Unión (Provincia de La Rioja). Tesis de Licenciatura (Inédita) Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina].
- Mancuso, A.C. 2002. Vertebrate taphonomy in a Triassic lake: tetrapods of the Los Rastros Formation (Ischigualasto-Villa Unión Basin, central-western Argentina). *VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas 35.
- Mancuso, A.C. 2003. Continental fish taphonomy: a case study in the Triassic of Argentina. *Journal of South American of Earth Science* 16 (4): 275-286.
- Mancuso, A.C. y Gallego O.F. 2000. Primer análisis tafonómico de una asociación fósil de conchóstracos e insectos del triásico medio (Fm Los Rastros) de la Argentina. *Actas I International Meeting on Palearthropodology*, San Pablo, Brasil.
- Mancuso, A.C., Caselli, A.T., Barredo, S. y Marsicano, C. 2004. Análisis de facies de la sección inferior de la Formación Ischichuca (Triásico Medio) en el Cerro Bola, provincia de La Rioja, Argentina. *X Reunión Argentina de Sedimentología*, San Luis, Argentina.
- Mángano, M.G. y Buatois, L.A. 1992. Análisis genético de concentraciones fósiles en una secuencia volcanoclástica de plataforma, Formación Suri (Ordovícico del Sistema del Famatina). *Ameghiniana* 29(2): 135- 151.
- Marsicano, C. y Arcucci, A.B. 2002. Anexo 8: Vertebrados. En: Stipanovic, P.N. y Marsicano, C.A. (eds.). *Léxico Estratigráfico de la Argentina, Vol. VIII: TRIÁSICO*. Asociación Geológica Argentina, Serie "B" (Didáctica y Complementaria), Buenos Aires.
- Marsicano, C.A., Arcucci, A., Mancuso, A.C. y Caselli, A. 2004. Early-Middle Triassic tetrapod footprints of southern South America: a phylogenetic approach. *Ameghiniana*, 41 (2):171-184.

- Martin, R.E., 1999. *Taphonomy: A Process Approach*. Cambridge University Press.
- Martin, R.E., Patterson, R.T., Goldstein, S.T. y Kumar, A. (ed.) 1999. Taphonomy as a tool in paleoenvironmental reconstruction and environmental assessment. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149(1-4).
- Martinell, J. y Martinez-Delclos, X. 1990. Observaciones de laboratorio sobre la flotabilidad de los insectos. *Reunion de Tafonomía y Fossilización*, 201-209, Madrid.
- Martins-Neto, R.G. y Gallego, O. 1997. Resultados mpreliminares sobre el estudio de la fauna de insectos triásicos de la Argentina. *III Reunion del Triásico del Cono Sur*. Universidad Nacional de La Rioja, Actas. La Rioja.
- Martins-Neto, R.G. y Gallego, O. 1998. La paleofauna triásica de Argentina. II Blasttopyrts y Coleoptera. *VII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Bahia Blanca), Resúmenes, p 47. Bahia Blanca.
- Martins-Neto, R.G. y Gallego, O. 1999. The palaeontomofauna from Argentina. I Auchenorrhyncha, Miomoptera and Ensifera. *Revista Española de Paleontología* 14(2): 27- 38. Madrid.
- Martins Neto, R.G. y Gallego, O.F. 2001. The Triassic insect fauna from Argentina. IV. Glosselytrodea and complements on Auchenorrhyncha. *Acta Geologica Leopoldensia*, 52: 74-83. São Leopoldo.
- Martins-Neto, R.G., Mancuso, A.C. y Gallego, O. (en prensa). Los Rastros Formation paleontomofauna (Ischigualasto-Villa Unión Basin, Triassic, Argentina). Part I – Geological Setting and Blattoptera. *Ameghiniana*.
- Martins-Neto, R.G., Gallego, O. y Mancuso, A.C. (en prensa). The Triassic insect fauna from Argentina: III Coleoptera from Los Rastros Formation (Bermejo Basin) La Rioja province". *Ameghiniana*.
- Massal, L. 1954. Deuxième note sur le milieu e la croissance des esthérias. *Bulletin de la Societé des Sciences Naturelles de Tunisie* 7:163-181.
- Mathews, C.P. y Kawaczewski, A. 1969. Disappearance of leaf litter and its contribution to production in the River Thames. *Journal of Ecology* 57:543-552.
- McGrew, P.O. 1975. Taphonomy of Eocene fish from fossil Basin, Wyoming. *Fieldiana Geology*, 33, 257-270.

- Mckenzie, K.G. 1981. Palaeobiogeography of some salt lake faunas. *Hidrobiologia*, 82: 407-418.
- Melchor, R. 1998. Icnología de los depositos fluviales y lacustres de la Fm. Ischichuca (Triásico), Cuenca de Ischigualasto –Villa Unión, Quebrada de Ischichuca Chica, La Rioja, Argentina. *Resúmenes 3° Reunión Argentina de Icnología y 1° Reunión de Icnología del Mercosur*, 19-20.
- Melchor, R.N. 2004. Trace fossil distribution in lacustrine deltas: example from the Triassic rift lake of the Ischigualasto-Villa Unión basin, Argentina. *The application of ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*, Geological Society, London, Special Publications, 228: 335-354.
- Milana, J.P. y Alcober, O. 1994. Modelo tectosedimentario de la cuenca triásica de Ischigualasto (San Juan, Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49 (3-4), 217-235.
- Milana, J.P. 1999. Anatomía de parasecuencias en un lago de rift y su relación con la generación de hidrocarburos, cuenca triásica de Ischigualasto, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53 (3): 365-387.
- Montalvo, C. 2000. Tafonomía de la asociación faunística Huayqueriense (Mioceno Tardío) recuperada en Telén, provincia de La Pampa. *Ameghiniana* 37 (4): 29R.
- Mozetic, A. 1974. [El Triásico de los alrededores al valle del río Bermejo. Provincia de La Rioja y San Juan. Tesis Doctoral, Fac. Cs. Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 147p].
- Newbold, J.D., Elwood, J.W., Schulze, M.S., Stark, R.W., y Barmeier, J.C. 1983. Continuous ammonium enrichment of a woodland stream: Uptake kinetics, leaf decomposition, and nitrification. *Freshwater Biology* 13:193-204.
- Novas, F. 1987. Un probable teropodo (Saurischia) de la Formación Ischigualasto (Triásico Superior), San Juan, Argentina. *IV Congreso Argentino de paleontología y Bioestratigrafía* (Mendoza, 1986), Actas 2: 1-6. Mendoza.
- Olsen, P.E. 1984. *Comparative paleolimnology of the Newark Supergroup: a study of ecosystem evolution*. Yale University, New Haven, Connecticut, 726p.
- Olsen, P.E. 1990. Tectonic, climatic, and biotic modulation of lacustrine ecosystems-Examples from Newark Supergroup of Eastern North America.

- En: Katz, B.J. (ed.), *Lacustrine basin exploration. Case studies and modern analogues. American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 50: 209-224.
- Olson, E.C. 1952. The evolution of a Permian vertebrate chronofauna. *Evolution* 6: 181-197.
- Olson, E.C. 1958. Fauna of the Vale and Choza: 14. Summary, review, and integration of the geology and the fauna. *Fieldiana Geology*. 10: 397-448.
- Ortiz, A. 1968. Los denominados Estratos de Ischichuca como sección media de la Formación Los Rastros. *III Jornadas Geológicas Argentinas (Comodoro Rivadavia)*, 1: 333-341. Buenos Aires.
- Ottone, E.G., Mancuso, A.C. y Resano, M. (en prensa). Miospores and Chlorococcales from the Los Rastros Formation, Middle Triassic of central-western Argentina. *Ameghiniana*.
- Palma, R.M., Espona, M.J. y Lanés, S. 1998. Pelecypods taphofacies of the Chachao Formation (Valanginian) in Malargue area, Neuquen Basin, Argentina. *XV International Sedimentological Congress*, 1: 596-597.
- Palma, R.M. y Lanés, S. 1998. Análisis tafonómico-comparativo de las concentraciones esqueléticas de la Formación Chachao, Mendoza, Argentina. *VI Reunión Argentina de Sedimentología*. 160-163.
- Parras, A. y Casadío, S. 2002 a. Importancia de las concentraciones de ostras en el análisis estratigráfico secuencial de la Formación San Julián, Paleógeno de Patagonia, Argentina. *IX Reunión Argentina de Sedimentología (Córdoba)*, Actas p. 58.
- Parras, A. y Casadío, S. 2002 b. Concentraciones de la ostra *Crassostrea? Hatcheri* (Ortmann) en la Formación San Julián, Paleógeno de Patagonia, Argentina. Análisis tafonómico y paleoambiental. *IX Reunión Argentina de Sedimentología (Córdoba)*, Actas p. 69.
- Plotnick, R.E. 1986. Taphonomy of a Modern Shrimp: Implications for the Arthropod Fossil Record. *Palaios*, 1: 286-293.
- Poiré, D.G., Morel, E. y Pérez, L. 2000. Orientación de briznas vegetales en depósitos actuales y antiguos: un análisis comparativo. *II Congreso*

- Latinoamericano de Sedimentología, VIII Reunión Argentina de Sedimentología* (Mar del Plata, Argentina), Actas p. 145.
- Prosser, S. 1993. Rift-related linked depositional systems and their seismic expression. En: Williams, G.D. y Dobb, A. (eds.), *Tectonics and Seismic Sequences Stratigraphy*. Geology Society Special Publication 71: 35-66.
- Reading, H.G. y Levell, B.K. 1996. Controls on the sedimentary rock record. En: Reading, H.G. (ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy* 5- 36. Blackwell Science.
- Reig, O.A. 1959. Primeros datos descriptivos sobre nuevos reptiles arcosaurios del Triásico de Ischigualasto (San Juan, Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 13 (3-4): 257- 270 (1958).
- Reig, O.A. 1961. Acerca de la posición sistemática de la familia Rauisuchidae y del género *Saurosuchus* (Reptilia, Thecodontia). *Museo municipal de Ciencias Naturales y Tradición*. 1 (3): 73- 114. Mar del Plata.
- Reig, O.A. 1963. La presencia de dinosaurios saurisquios en los "Estratos de Ischigualasto" (Mesotriásico Superior) de las Provincias de San Juan y La Rioja (República Argentina). *Ameghiniana*, 3 (1): 3-20.
- Reineck, H.E. y Singh, I.B. 1980. *Depositional Sedimentary Environments, with referece to terrigenous clastics*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 579 p.
- Rogers, R.R. 1990. Taphonomy of Three Dinosaur Bone Bed in the Upper Cretaceous Tow Medicine Formation of Northwestern Montana: Evidence for Drought-Related Mortality. *Palaios* 5, 394-413.
- Rogers, R.R. 1994. Collecting taphonomic data from vertebrate localities. En: Leigi, P. y May, P. (eds.), *Vertebrate paleontological techniques*, pp 47-58. Cambridge University Press.
- Rogers, R.R., Arcucci, A.B., Forster, C.A., Abdala, F.y Sereno, P.C. 1994. Stratigraphic context and taphonomy of the Middle Triassic Los Chañares fauna, La Rioja Province, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 14 supplement 3: 43.
- Rogers, R.R., Arcucci, A.B., Abdala, F., Sereno, P.C., Forster, C.A. y May, C.L. 2001. Paleoenvironment and Taphonomy of the Chañares Formation Tetrapod

- Assemblage (Middle Triassic), Northwestern Argentina: Spectacular Preservation in Volcanogenic Concretions. *Palaios* 16, 461-481.
- Rogers, R., Swischer III, C., Sereno, P., Monetta, A., Forster, C. y Martinez, R. 1993. The Ischigualasto tetrapod Assemblage (Late Triassic, Argentina) and K/40 Ar/39 dating of dinosaur origins. *Science* 260, 794-797.
- Romer, A.S. 1966. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. I. Introduction. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 247. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. 1967. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. III. Two new gomphodonts, *Massetognathus pascuali* and *M. teruggii*. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 264: 1- 25. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. 1969. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. V. A new chiniquodontid cynodont, *Probelesodon lewisi* Cynodont ancestry. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 333: 1- 24. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. 1971 a. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. VII. A fragmentary skull of a large thecodont, *Luperosuchus fractus*. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 373: 1- 8. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. 1971 b. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. X. Two new but incompletely known long-limbed Pseudosuchians. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 378: 1- 10. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. 1971 c. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. XI. Two long snouted thecononts, *Chanaresuchus* and *Gualosuchus*. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 379: 1- 22. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. 1972 a. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. XIII. An early ornithosuchid pseudosuchian, *Gracilisuchus stipanicorum*. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 389: 1- 24. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. 1972 b. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. XIV. *Lewisuchus admixtus*, a further thecodont from Chañares beds. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 390: 1- 13. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. 1972 c. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. XVII. The Chañares gomphodonts. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 396: 1- 9. Cambridge, Mass.

- Romer, A.S. 1973 a. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. XVIII. *Probelesodom minor*, a new species of carnivorous cynodonts, Family Probainognatidae. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 401: 1- 4. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. 1973 b. The Chañares (Argentina) Triassic Reptile fauna. XX. Summary. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 413: 1- 4. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. y Jensen, J.A. 1966. The Chañares (Argentina) triassic reptile fauna. II Sketch of the geology of the Rio Chañares-Rio Gualo region. *Breviora*, Museum of Comparative Zoology, Harvard, 252. Cambridge, Mass.
- Romer, A.S. y Lewis, A.D. 1973. The Chañares (Argentina) triassic reptile fauna. XIX Postcranial materials of the cynodonts *Probelesodon* and *Probainognathus*. *Breviora* Museum of Comparative Zoology, Harvard, 407. Cambridge, Mass.
- Rougier, G., de la Fuente, M. y Arcucci, A.B. 1995. Late triassic turtles from South America. *Science*, 268: 855- 858.
- Saunders, J.J. y Dawson, B.K. 1998. Bone damage patterns produced by extinct hyena, *Pachycrocuta brevirostris* (Mammalia:Carnivora), at the Haro River Quarry, northwestern Pakistan. En: Tomida, Y., Flynn, L.J. y Jacobs, L.L. (eds.), *Nacional Science Museum Monographs*, 14 :215-243 Nacional Science Museum, Tokio.
- Schäfer, w. 1972. *Ecology and Paleocology of Marine Environments*. University of Chicago Press, Chicago, 568pp.
- Seilacher, A. 1970. Begriff und Bedeutung der Fossilagerstätten. *Neues Jahrbuch Geologie Paläontologie Abh.*1970: 34-39.
- Seilacher, A. 1976. Allgemeiner Überblick, Bericht 1970-1975 des Sonderforschungsberichts 53 Palökologie. *Zentralblatt fur Geologie und Paläontologie, Teil 2*: 206-210.
- Seilacher, D., Reif, W.E. y Westphal, F. 1985. Sedimentological, ecological and temporal patterns of fossil Lagerstätten. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. B 317: 5-23.
- Sereno, P.C. y Arcucci, A.B. 1993. Dinosaurian precursors from the Middle Trassic of Argentina: *Lagerpeton chanarensis*. *Journal of Vertebrate Paleontology*,

- 13: 385- 399.
- Sereno, P.C. y Arcucci, A.B. 1994. Dinosaurian precursors from the Middle Trassic of Argentina: *Marasuchus lilloensis*, gen. nov. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14: 53- 73.
- Sereno, P.C. y Novas, F.E. 1993. The skull and neck of *Hererasaurus ischigualastensis*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 13: 451- 476.
- Sereno, P.C., Forster, C., Rogers, R.R. y Monetta, A.M. 1993. Primitive dinosaur skeleton from Argentina and the early evolution of Dinosauria. *Nature*, 361: 64- 66.
- Shanley, K.W. y Mc Cabe, P.J. 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 78: 544-568.
- Sill, W.D. 1967. *Proterochampsia barrionuevoi* and the early evolution of the Crocodylia. *Bulletin, Museum of Comparative Zoology*. 135 (8): 415- 446. Cambridge, Mass.
- Sill, W.D. 1971. *Scaphonyx sanjuanensis* nuevo rincosaurio (Reptilia) de la Formación Ischigualasto, Triásico de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 7 (4): 341- 354.
- Smith, R.M. 1993. Vertebrate taphonomy of Late Permian floodplain deposits in the southwestern Karoo Basin of South Africa. *Palaios* 8: 45-67.
- Smith, R.M., Stearley, R.F. y Badgley, C.E. 1988. Taphonomic Bias in Fish Diversity from Cenozoic Floodplain Environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 63: 263-273.
- Spalletti, L.A. 1980. *Paleoambientes sedimentarios en secuencias silicoclasticas*. Serie "B", Didáctica y Complementaria N° 8, Asociación Geológica Argentina, 175 p.
- Spicer, R.A. 1991. Plant taphonomic processes. En: Allison P.A. y Briggs D.E.G. (eds.), *Taphonomy: Releasing the data locked in the fossil record* 72-113. New York: Plenum.
- Spicer, R.A. y Wolfe, J.A. 1987. Plant taphonomy of late Holocene deposits in Trinity (Clair Engle) Lake, northern California. *Paleobiology* 13: 227- 245.

- Stipanovic, P.N. 1957. El Sistema Triásico en la Argentina. *20º Congreso Geológico Internacional (México)*, Sección II: *El Mesozoico en el Hemisferio Occidental y sus correlaciones mundiales* 77- 112. México.
- Stipanovic, P.N. 1969. El avance en los conocimientos del Jurásico argentino a partir del esquema de Groeber. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 224 (4): 367- 388. 1 cuadro. Buenos Aires.
- Stipanovic, P.N. 1983. The Triassic of Argentina and Chile. En: Moullade, M y Nairn, A.E.M. (eds.), *The Phanerozoic geology of the World II. The Mesozoic, B* Elsevier, pp. 181- 199. Amsterdam.
- Stipanovic, P.N. 2002. Introducción. En: Stipanovic, P.N. y Marsicano, C. (eds.), *Léxico Estratigráfico de la Argentina: TRIÁSICO*. Asociación Geológica Argentina.
- Stipanovic, P.N. y Bonaparte, J. 1972. Cuenca triásica de Ischigualasto-Villa Unión (Provincia de La Rioja y San Juan). En: Leanza, A.F. (ed.), *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 507- 536.
- Stipanovic, P.N. y Bonaparte, J. 1979. Cuenca triásica de Ischigualasto-Villa Unión (Provincia de La Rioja y San Juan). En: *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, I, 523- 575.
- Stipanovic, P.N. y Marsicano, C. 2002. *Léxico Estratigráfico de la Argentina: TRIÁSICO*. Asociación Geológica Argentina, 370pp.
- Strecker, U., Steidtmann, J.R. y Smithson, S.B. 1999. A conceptual tectonostratigraphic model for seismic facies migrations in a fluvial-lacustrine extensional basin. *AAPG Bulletin* 83(1): 43-61.
- Talbot, M.R. y Allen, P.A. 1996. Lakes. En: Reading, H.G. (ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, pp 5-36. Blackwell Science.
- Tasch, P. 1969. Branchiopoda. En: Moore, R.C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Geological Society of America and University of Kansas, Part R., Arthropoda 4(1): R128-R191.
- Uliana, M.A. y Biddle, K. 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociências* 18, 172-190.

- Van Dijk, D.E., Hobday, D.K. y Tankard, A.J. 1978. Permo-Triassic lacustrine deposits in the Eastern Karoo Basin, Natal, South Africa. *Special. Publication, International Association of Sedimentologists*, 2: 225-239.
- Voorhies, M. 1969. Taphonomy and population dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska. *Contribution of Geology*, special paper N°1 University of Wyoming, Laramie.
- Voorhies, M. 1975. Vertebrate burrows. En: Frey, R.W. (ed.), *The study of trace fossils*. Springer-Verlag, Berlin.
- Voorhies, M. 1981. Ancient skyfall creates Pompeii of prehistoric animals. *National Geographic Research* 159: 66-75.
- Warren, J.K. 1986. Shallow-water evaporitic environments and their source rock potential. *Journal of Sedimentary Petrology* 56: 442-454.
- Walther, J. 1904. Die Fauna der Solnhofener Plattenkalk, bionomisch betrachtet. *Jenaische Denkschriften* 11: 133-214.
- Webb, J.A. 1979. A reappraisal of the palaeoecology of conchostracans (crustacean: Branchiopoda). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 158(2):259-275.
- Weigelt, J. 1927. *Resente Wirbeltierleichen und ihre Paläobiologische Bedeutung*. Verlag von Max Weg, Leipzig
- Weigelt, J. 1989. Recent vertebrate carcasses and their paleobiological implications [translated by J. Schaefer]. University of Chicago Press, Chicago, 188p.
- Wilson, M.V.H. 1980. Eocene lake environments: depth and distance-from-shore variation in fish, insect, and plant assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 32: 21-44.
- Wilson, M.V.H. 1982. Early Cenozoic Insects: Paleoenvironmental biases and evolution of the North American Insect Fauna. *Third North American Paleontological Convention, Proceeding* 2: 585-588.
- Wilson, M.V.H. 1988. Reconstruction of ancient lake environments using both autochthonous and allochthonous fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 62: 609-623.
- Wilson, M.V.H. 1993. Calibration of Eocene varves at Horsefly, British Columbia, Canada, and temporal distribution of specimens of the Eocene fish *Amyzon*

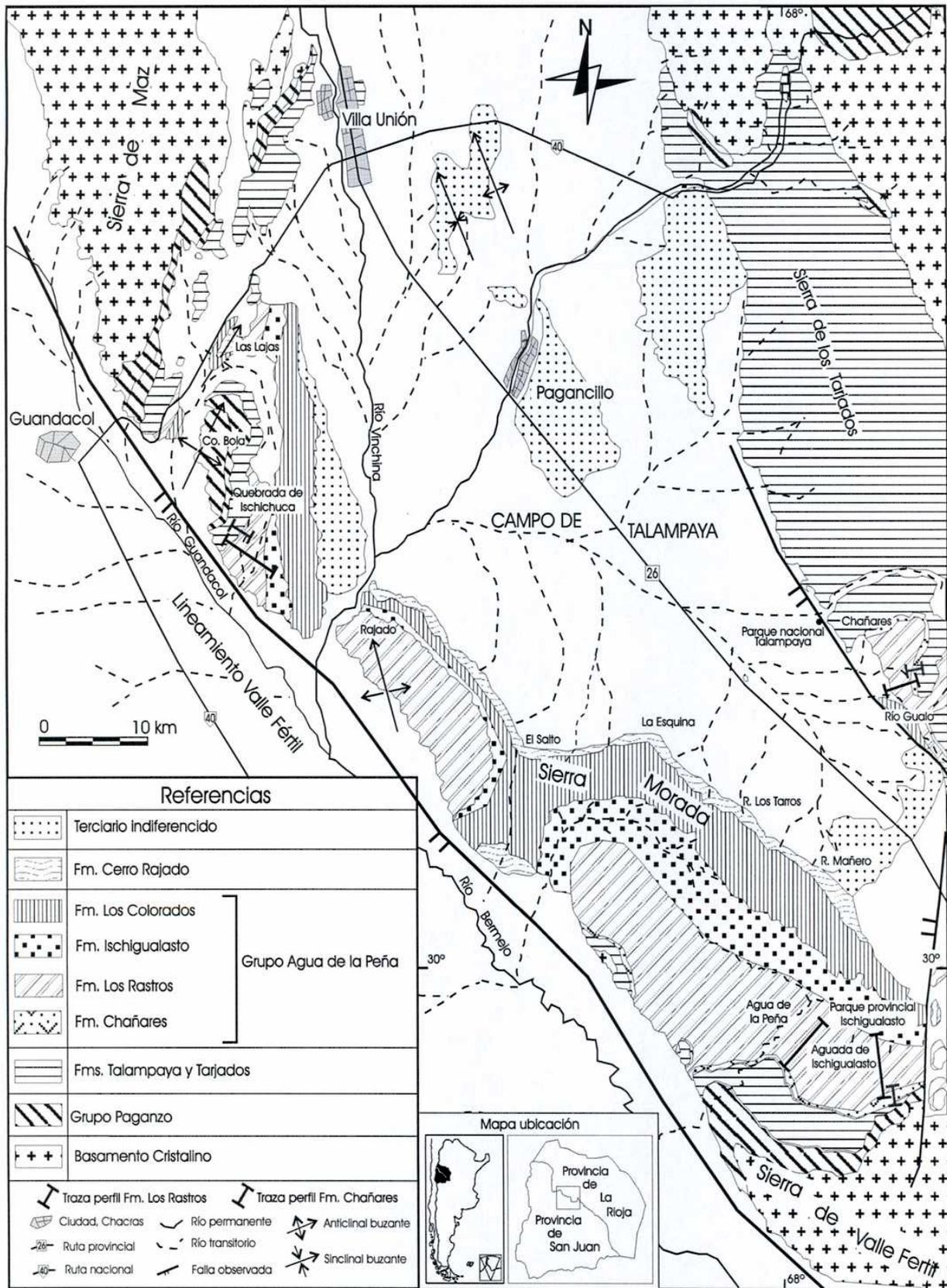
- aggregatus*. *Kaupia*. *Darmstadter Beitrage zur Naturgeschichte* 2, 27-38.
- Wilson, M.V.H. 1996. Taphonomy of a mass- death layer of fishes in the Paleocene Paskapoo Formation at Joffre Bridge, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 33: 1487- 1498.
- Wilson, M.V.H. y Barton, D.G. 1996. Seven centuries of taphonomic variation in Eocene freshwater fishes preserved in varves: paleoenvironments and temporal averaging. *Paleobiology* 22(4), 535-542.
- Yrigoyen, M.R. y Stover, L.E. 1970. La palinología como elemento de correlación del Triásico en la Cuenca Cuyana. *4º Jornadas Geológicas Argentinas*, (Mendoza), *Actas* 2: 427-447.
- Zamuner, A.B., Zavattieri, A.M., Artabe, A.E. y Morel, E.M. 2001. Paleobotánica. En: Artabe, A.E., Morel, E.M. y Zamuner, A.B. (eds.), *El Sistema Triásico en la Argentina*, Fundación Museo de La Plata "Francisco Pascasio Moreno", La Plata, pp. 143-184.
- Zarate, M., Kemp, R. y Blasi, A. 2000. Sedimentación, formación de suelos y tafonomía de restos de vertebrados del Pleistoceno: la localidad Gorina (Partido de La Plata, Buenos Aires) como caso de estudio. *Ameghiniana* 37 (4): 36R.
- Zavattieri, A.M. y Batten, D.J. 1996. Miospores from Argentinian Triassic deposits and their potential for inter continental correlation. En: Jansonius, J. y Mc Gregor, D.C. (eds.), *Palynology: principles and applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 2: 767-778.
- Zavattieri, A.M. y Melchor, R.N. 1999. Estudio palinológico preliminar de la Formación Ischichuca (Triásico), en su localidad tipo (quebrada de Ischichuca Chica), provincia de La Rioja, Argentina. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial* 6: 33-38.
- Zavattieri, A.M. y Milana, J.P. 2000. Zonación palinológica informal para la Formación Ischigualasto (Neotriásico) en la provincia de San Juan, Argentina. *XI Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología*, Resúmenes, p. 119. San Miguel de Tucumán.

APÉNDICE I

Atributos de los elementos conservados			
Ubicación (geo, estrati)	in situ	ex sito	Obs
Determinación anatomía			
Paleoicnología	Biogénica	Bioturbación	Obs
Taxa			
Tafonomía, (modo preserv.)			
Paleoecología	Edad	Modo de vida	Habito de vida
Composición	Química	Mineralógica	Petrología
Morfología	tamaño	forma	Obs
Biodegradación			
Carbonificación			
Encrostramiento			
Relleno sedimentario	Comp. Distrib	Dist. Cavidad s/	Relación relleno/matriz
Mineralización	Comp. Distrib	Cementación	Neomorfismo Reemplazamiento
Abrasón	Facetas	Rodamiento, pulido	Esfericidad, redondez
Bioerosión	Tipo y dist.	Paleoecología	Amb. Edad
Disolución	Superficies	Componentes	Amb. Edad
Maceración			
Distorción mecánica	Deform. discont.	Deform. cont	Colapso
	Compresión litostática	Molde compuesto	Deform. tecto
	Descomp. litostática	Deform. Sinsed.	Amb, edad
Orientación	Posición respec. sustr.	Azimut	Inclinación
	Disposición relativa de partes		
Desarticulación	Estado	Patrón	Amb. Edad
Dispersión	Integridad	Proporción	Estado, Patrón
Reagrupamiento	Patrón de dist.	Patrón de agrup.	Geometría de agrup.
Remoción	Estado mecánico		Autoctonía/aloclonía
Estructura temporal	Carácter démico-adémico		
Orden de sucesión de transformaciones			
Tendencia de transformaciones			
Patron de desarrollo por taxon			

Atributos de la asociación conservada			
# de elem ident			
Tamaño asociación			
Div. anatómica	Asociación	Taxón	Original Taxón
Div taxonómica	# elem/taxon	# min ind./taxon	Div. relat. de taxon/elem
Ind/taxon	Div. relat. de taxon/ind	Taxon dominante	Elem/taxon
Div. tafonómica	Div y Frec. Tipo fosil	° de remoción	Div y frec Est mecanico
° de herencia tafo	° de condensación tafo	° de autoctonía	
Div. morfología	Div. morf , frec clases	selección	Dif. c/ morf. original
Div. y equit. paleoecológica	Estadios de desar./tax	Espectro edad /tax	Ind joven/ adulto/ tax
Dimorfismo sexual / tax	Homog. paleoeco	Coheren paleoeco	° de ademia
Div. Q M y P	Química	Mineralógica	Petrología
Distrib. espacial	Area (ubic,exten,geom)	Patron distribución	
Abundancia	Densidad	Concentración	
Proximidad empaqueta.	Densidad empaqueta.	Area por taxon(ub,ext,geo)	
Extencin relativa ppor tafon	Abundancia por taxon	Densidad por taxon	
Estado agregado por tafon			
Gradiente Tafonómico			
Clinos Tafonómicos			
Estructura temporal de la asociación	Similitud entre ambitos	Orden de sucesión	
Ciclos Tafonómicos			

APÉNDICE II



Mapa Geológico con la ubicación de los perfiles. Modificado de Caselli 1998.

Referencias

Litología

	Arcilitas
	Pelitas y areniscas finas carbonosas
	Limolitas
	Areniscas
	Tobas y tufitas
	Conglomerados

Estructuras Sedimentarias

	Laminación horizontal
	Estratificación entrecruzada en artesa
	Estratificación entrecruzada tabular planar
	Laminación ondulítica
	Niveles ferruginosos
	Niveles de carbón
	Clastos
	Grano/Estrato decreciente

Fósiles

Plantas

	Troncos
	Fructificaciones
	Restos vegetales identificables
	Briznas

Invertebrados

Insectos

	Élitros de coleópteros
	Abdomen de coleópteros
	Alas de blattarios

Crustaceos

	Conchostracos
---	---------------

Vertebrados

Peces

	Escamas y restos parcialmente articulados
	Restos articulados

Tetrápodos

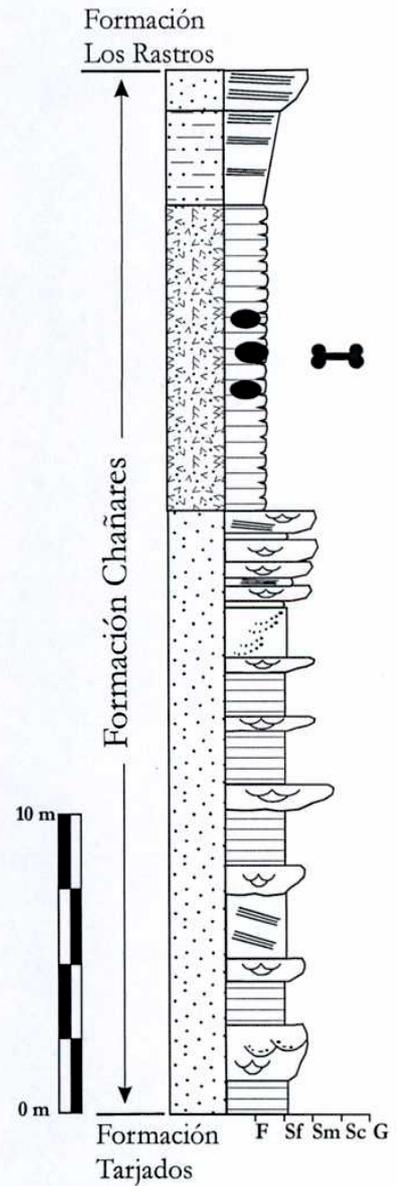
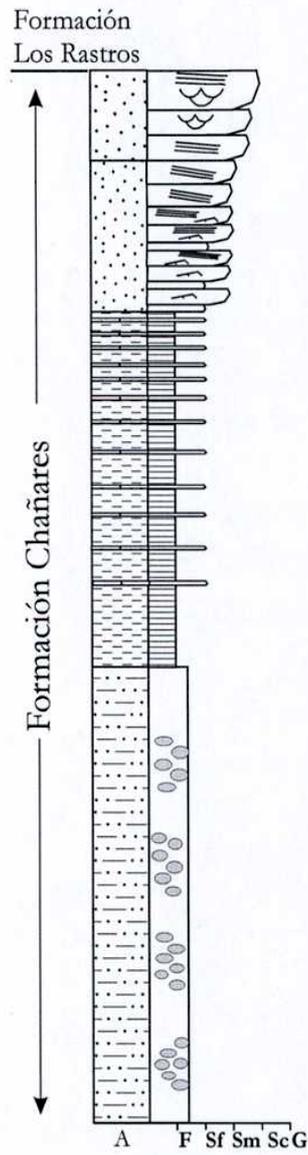
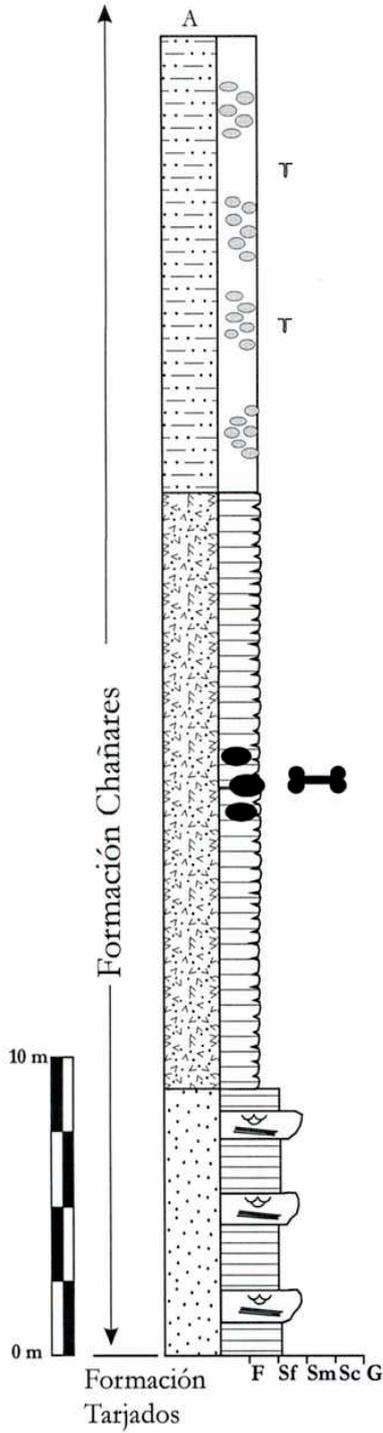
	Anfibio temnospondilo articulados
	Terápsidos no mamalianos y arcosaurios

Icnofósiles

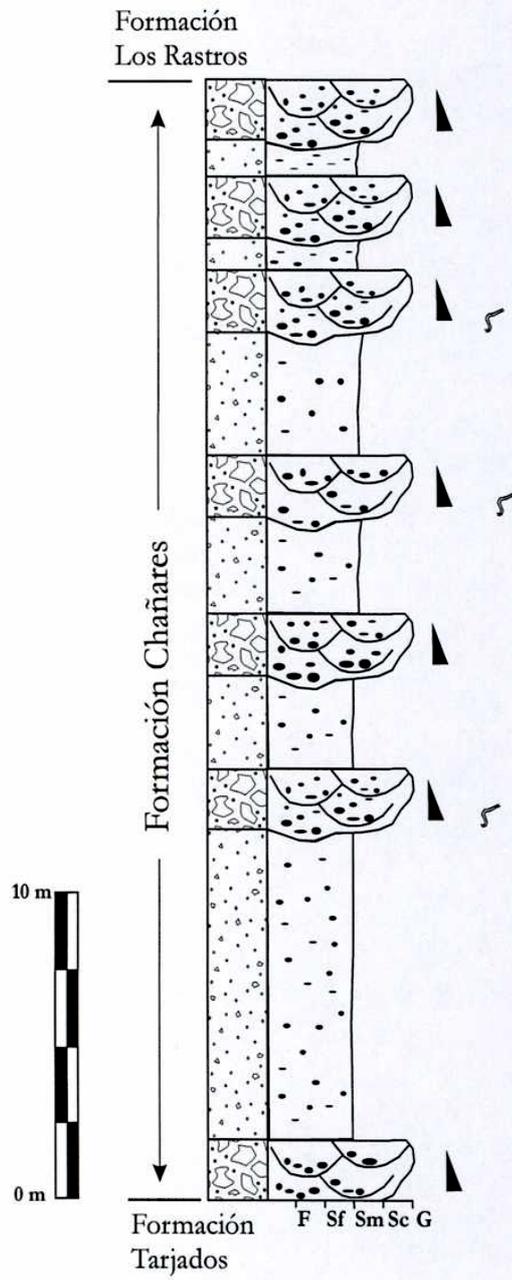
	Trazas de invertebrados
	Huellas de tetrápodos

Perfil CH-G

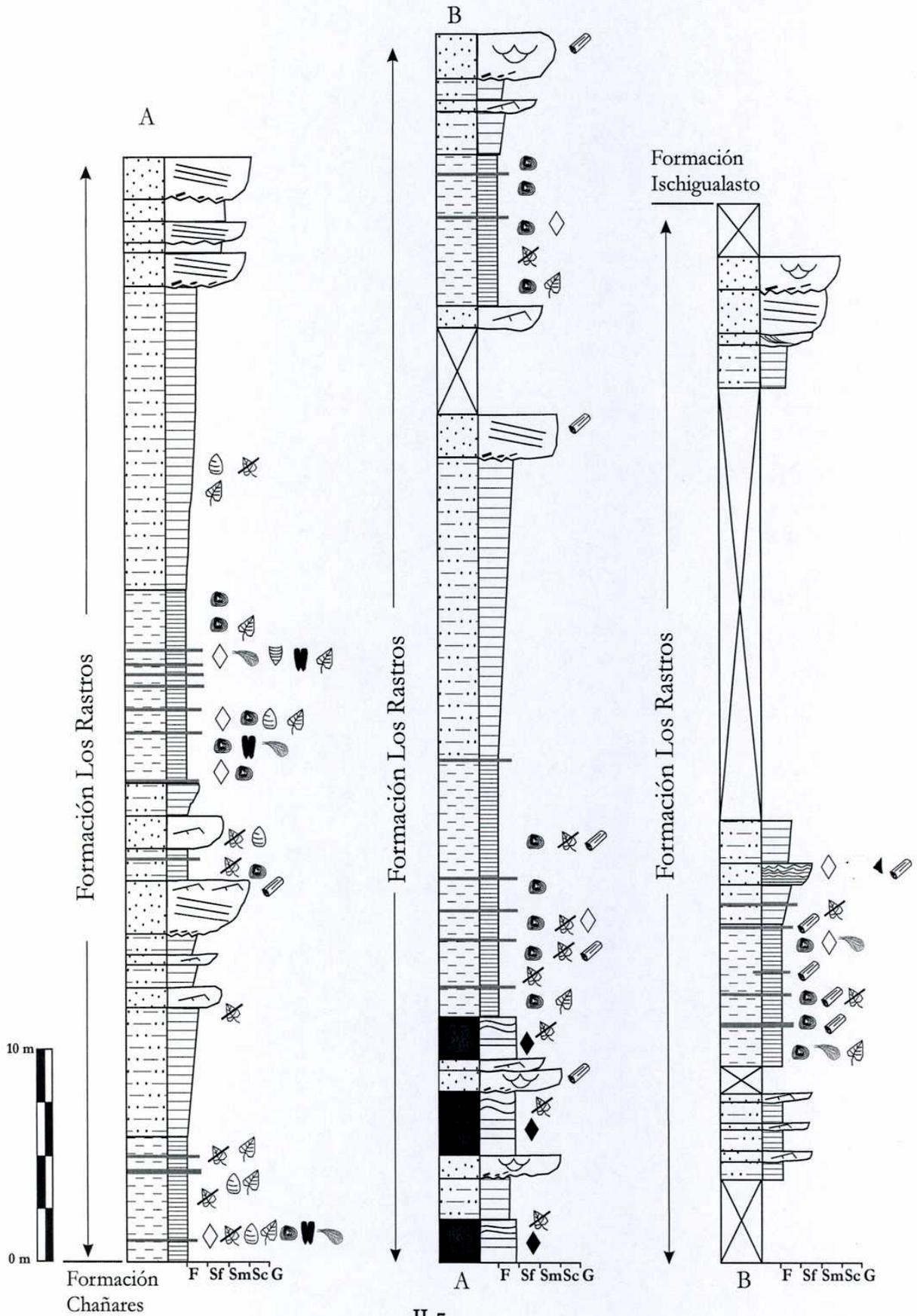
Perfil CH-P



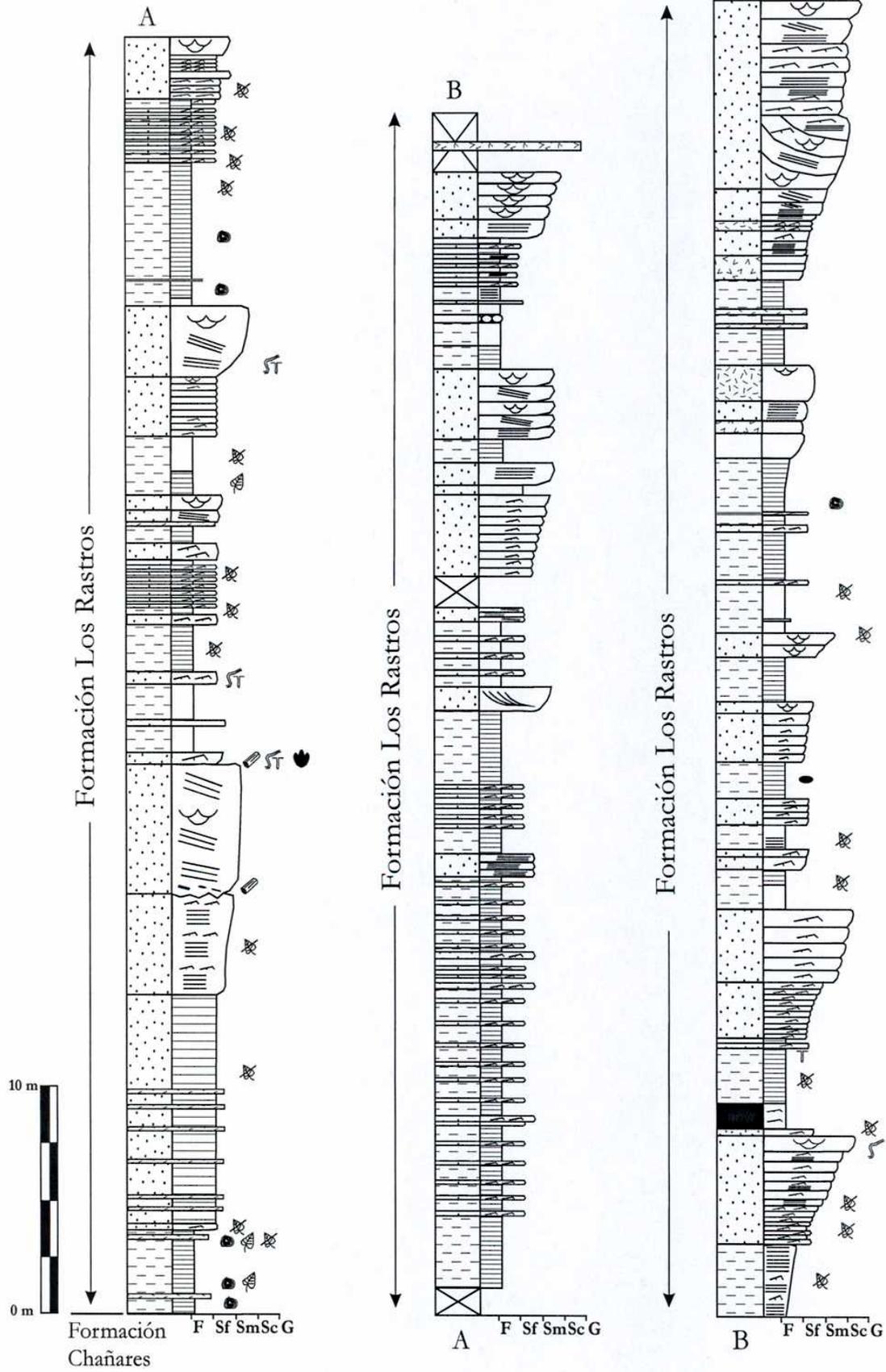
Perfil CH-I



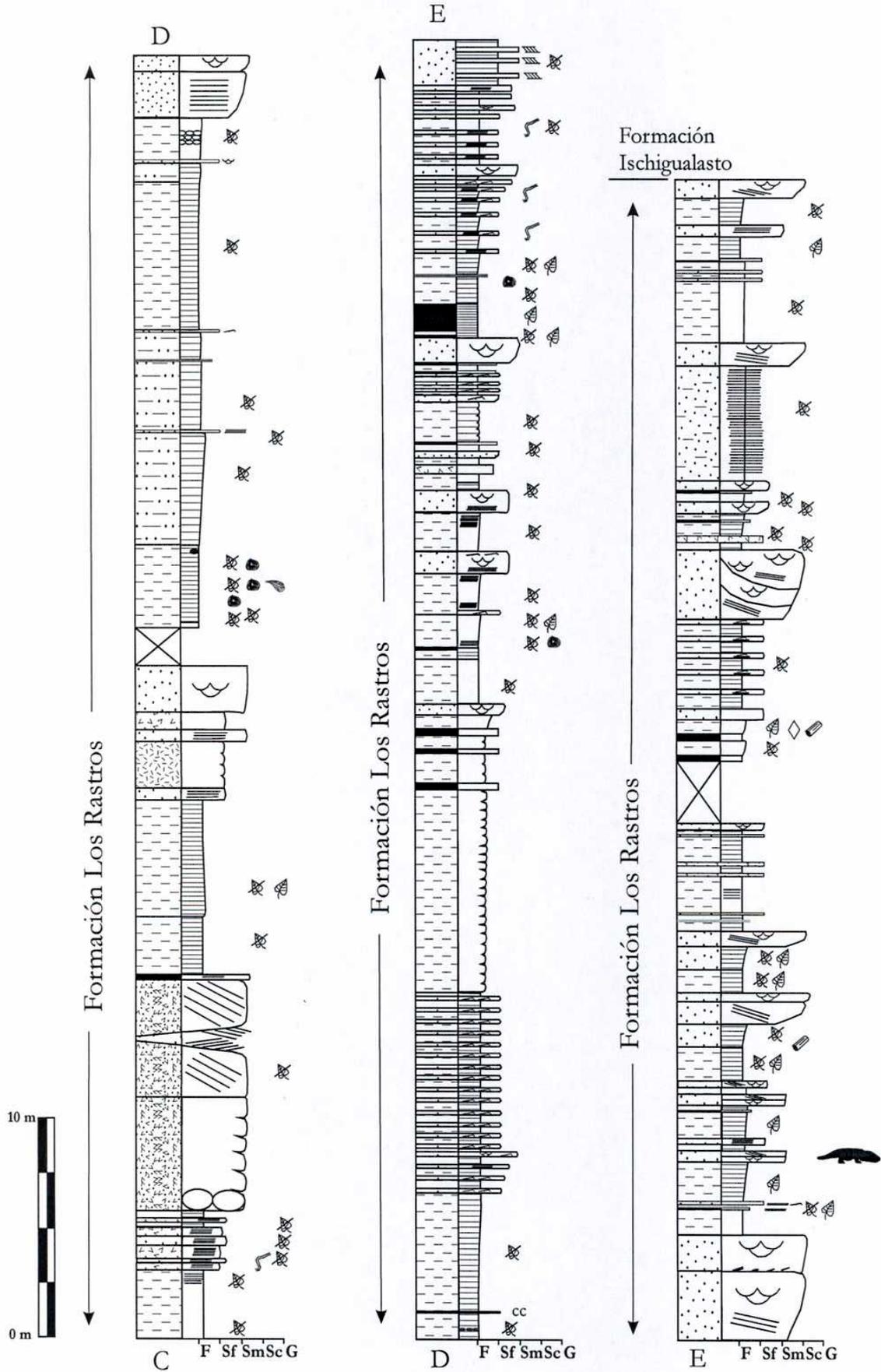
Perfil LR-G



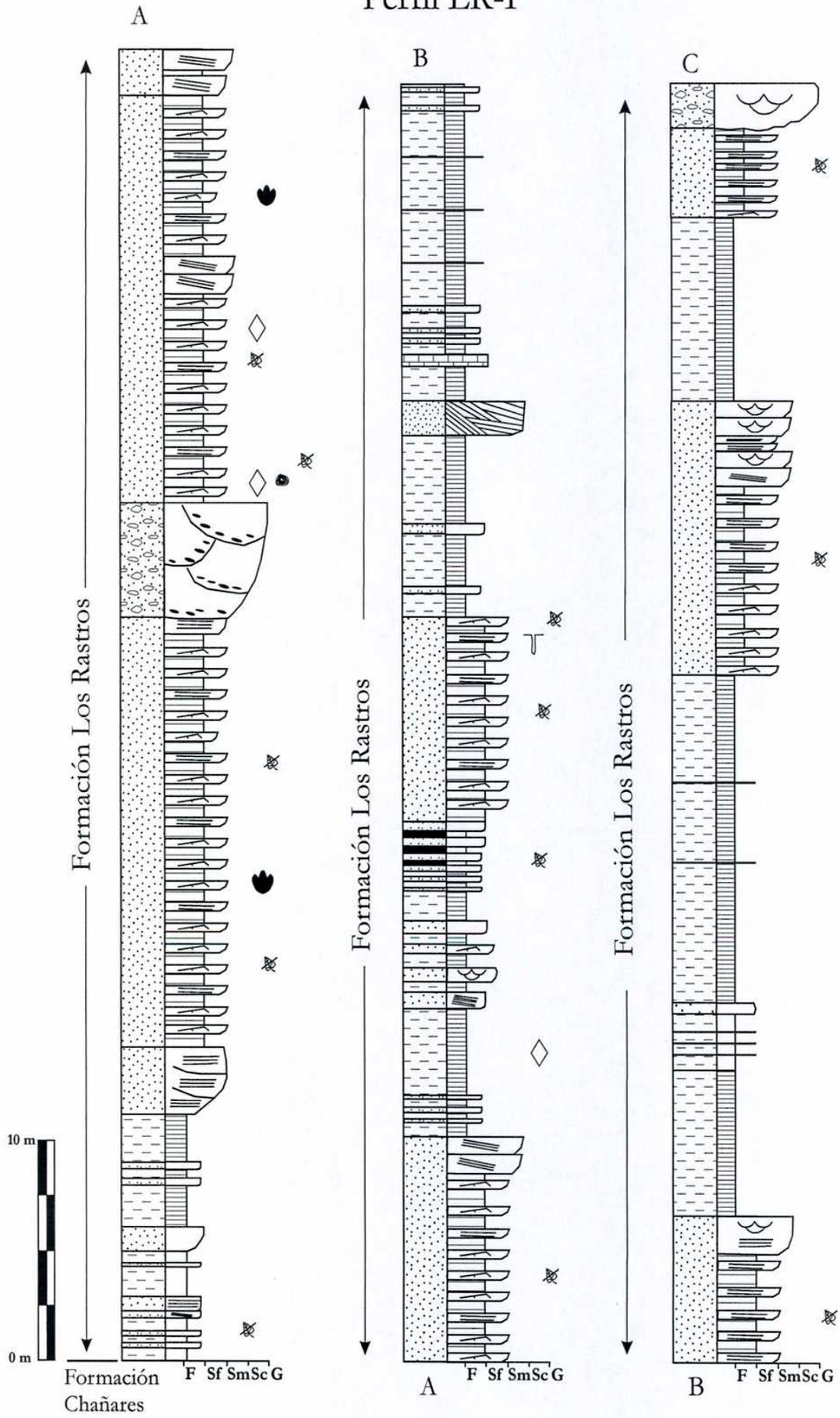
Perfil LR-P



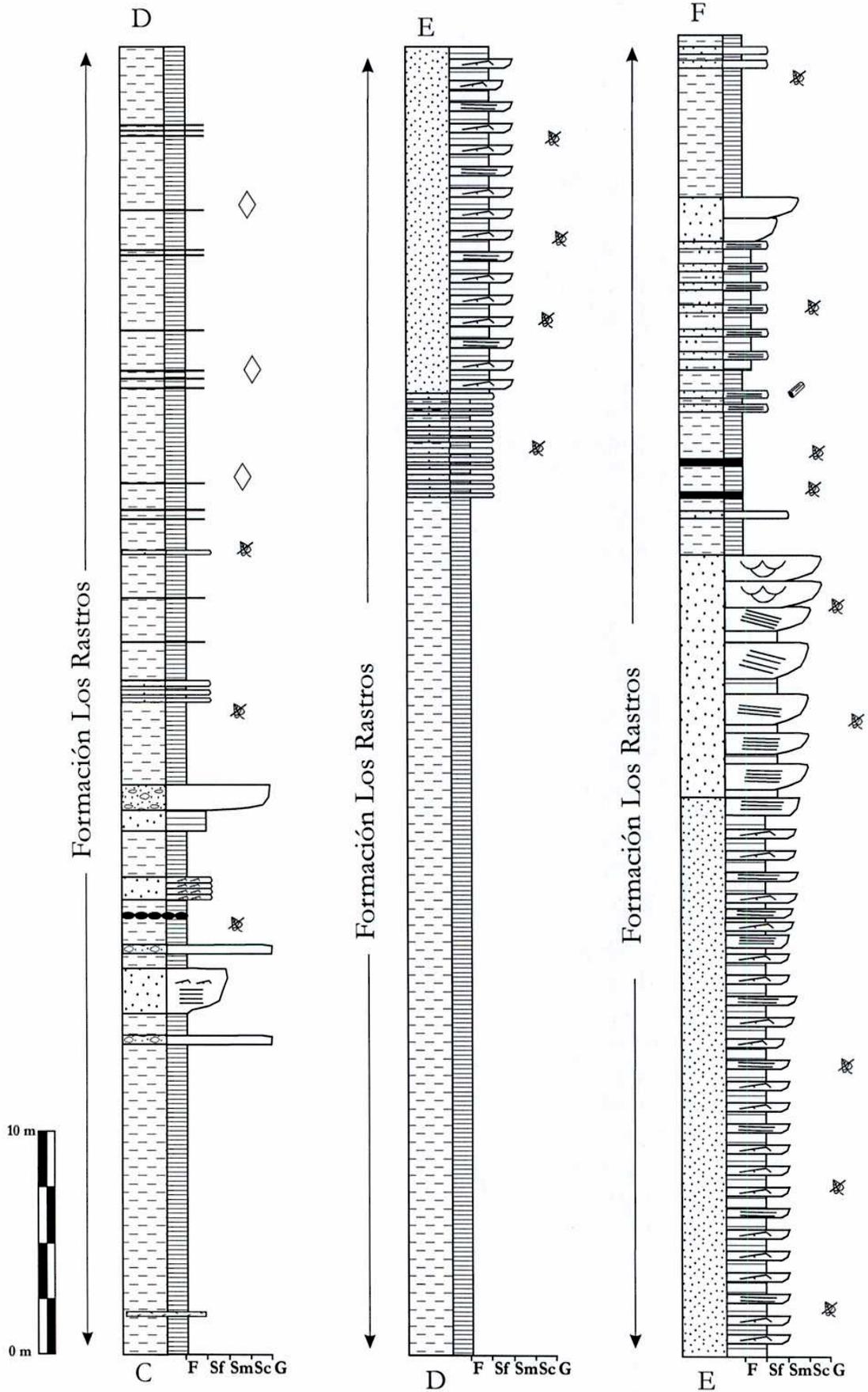
Perfil LR-P



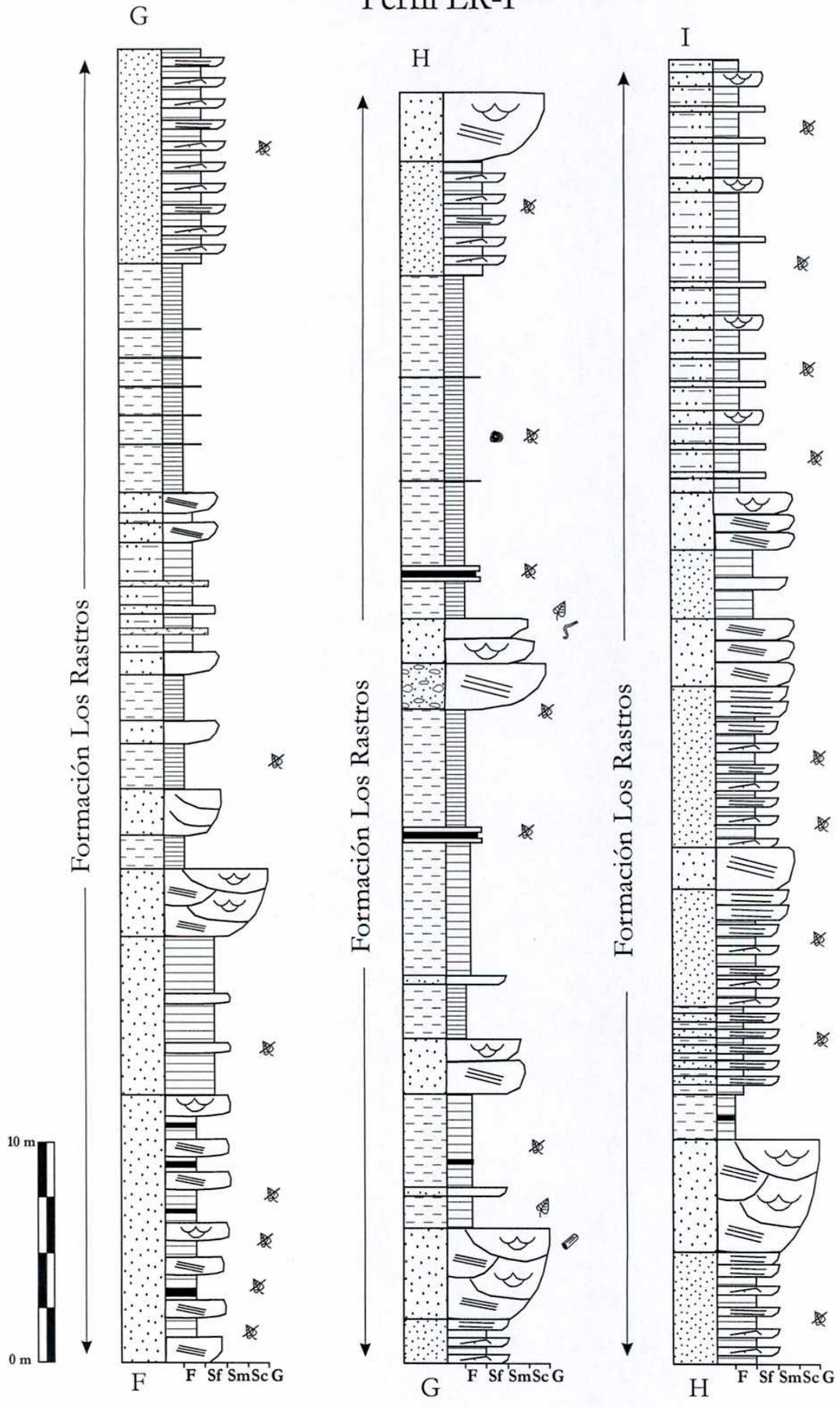
Perfil LR-I



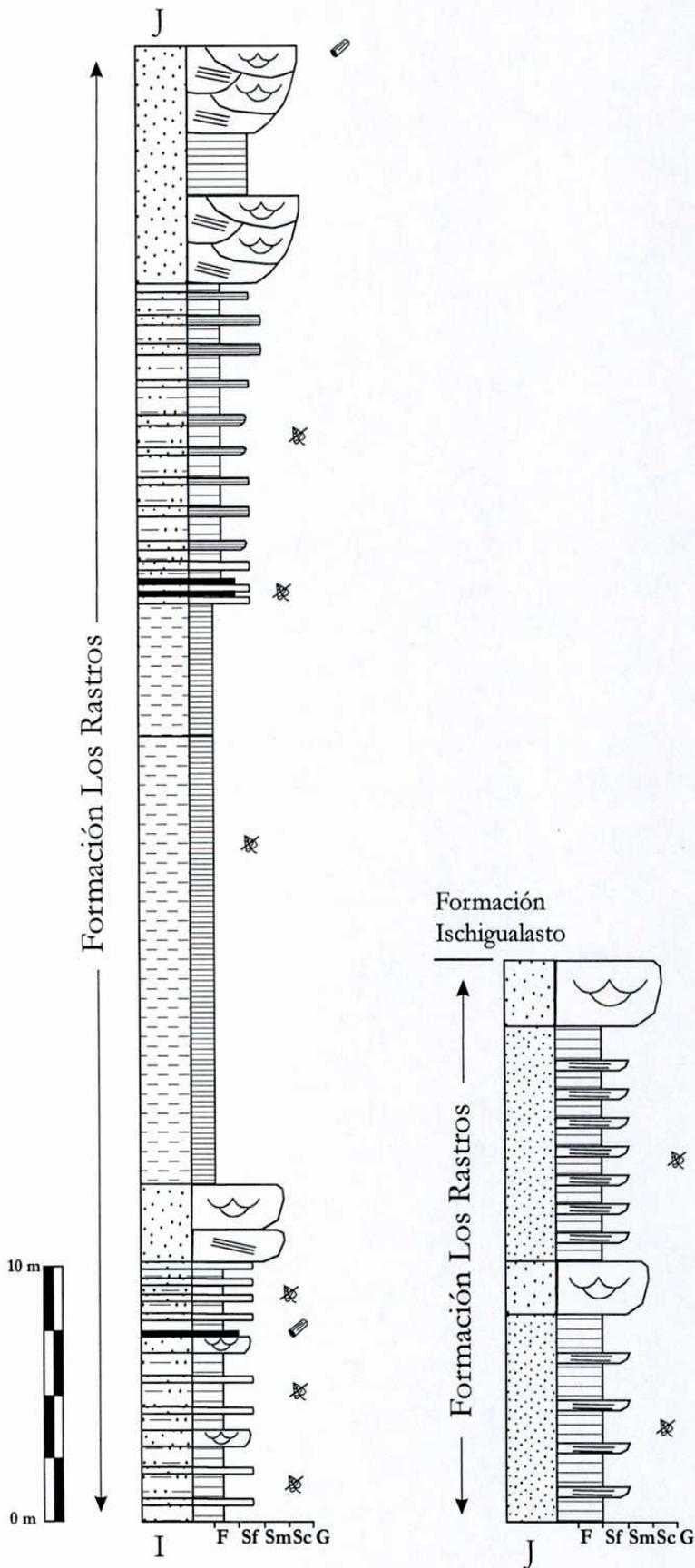
Perfil LR-I



Perfil LR-I



Perfil LR-I



APÉNDICE III

Tabla de atributos tafonómicos analizados para el material de la Formación Chañares

Ejemplar	PULR 063	MCZ 9319
Taxones	<i>Tarjadia ruthae</i>	<i>Tarjadia ruthae</i>
Nº individuos	1	1
Elementos	Seis osteodermos dorsales casi completos y fragmentos de otros tres, seis centros vertebrales, arcos neurales y espinas neurales	un fragmento de techo craneano (frontal, parietal y post-frontal), un fragmento de la región occipital (supraoccipital y exoccipital-opistotico), un fragmento del área prearticular de la hemi-mandíbula derecha, y un fragmento de un osteodermo dorsal
Modo de preservación	Partes duras	Partes duras
Paleoecología	Individuo juvenil	-
Relleno	Igual a la roca portadora	Igual a la roca portadora
Modificaciones post-mortem	Abrasión como facetas de desgaste, un leve rodamiento y un leve rasgo de esfericidad y redondez	Abrasión como facetas de desgaste, rodamiento y rasgo de leve esfericidad y redondez
Bioerosión	NO	NO
Disolución	Insipiente	Insipiente
Distorsión Mecánica	Importante, fracturas	Importante, fracturas
Arreglo espacial	Concordante	-
Orientación	-	-
Articulación	Completamente articulados	Desarticulados y algunos fragmentados
Dispersión	5%	5%
Patrón distribución	-	-
Estado mecánico	-	-
Mezcla temporal	NO	NO
Densidad	-	-
Empaque	-	-
Selección	Moderada	Moderada

Tabla de atributos tafonómicos analizados para el material de la Formación Chañares

Ejemplar	PVL 5682	PVL5683
Taxones	Massetognathus, Arcosaurio Indeterminado	Massetognathus
Nº individuos	3+	1
Elementos	Dos cráneos, numerosos huesos largos, varios fragmentos de columna articulada, abundantes costillas, cinturas y huesos del pie articulados	Un cráneo, la columna articulada, huesos del miembro posterior, mandíbula, cintura pélvica articulada con la columna, cintura pectoral
Modo de preservación	Partes duras	Partes duras
Paleoecología		
Relleno	Igual a la matriz de la concreción portadora	Igual a la matriz de la concreción portadora
Modificaciones post-mortem	Fracturas, facetas recientes	Fracturas fresca, facetas recientes
Bioerosión	NO	NO
Disolución	NO	NO
Distorsión Mecánica	Fracturas, leve deformación continua	Huesos fracturados y levemente desplazados
Arreglo espacial	Concordante	Concordante y discordante
Orientación	Concordante con eje longitudinal	Concordante con eje longitudinal
Articulación	Parcial	Parcial
Dispersión	M 90%, A 30%	60%
Patrón distribución	Agrupado	Agrupado
Estado mecánico	Acumulación, autóctona no reagrupado	Acumulación, autóctona no reagrupado
Mezcla temporal	NO	NO
Densidad	Alta	Moderada a alta
Empaque	Denso	Moderado a denso
Selección	Pobre	Pobre

Tabla de atributos tafonómicos analizados para el material de la Formación Chañares

Ejemplar	PVL5684	PVL5685
Taxones	Massetognathus	Massetognathus
Nº individuos	4	1
Elementos	Cuatro cráneos, numerosas costillas, vértebras y huesos de las cinturas	Cráneo, la mandíbula, algunas vértebras, costillas y la cintura pélvica
Modo de preservación.	Partes duras	Partes duras
Paleoecología		
Relleno	Igual a la matriz de la concreción portadora	Igual a la matriz de la concreción portadora
Modificaciones post-mortem	Fracturas fresca, facetas recientes	Fracturas en concreción reciente
Bioerosión	NO	NO
Disolución	NO	NO
Distorsión Mecánica	Leve deformación continua	Fracturas que presenta la concreción
Arreglo espacial	Concordante	Concordante
Orientación	Cráneos y costillas sub-paralelos	Sin orientación preferencial
Articulación	Parcial a desarticulado	Parcial
Dispersión	20%	35%
Patrón distribución	Agrupado	Agrupado, cadena y trans./ cadena
Estado mecánico	Acumulación autóctona no reagrupado	Acumulación autóctona
Mezcla temporal	NO	NO
Densidad	Alta	Alta
Empaque	Denso	Denso
Selección	Pobre	Pobre a moderado

Tabla de atributos tafonómicos analizados para el material de la Formación Chañares

Ejemplar	PVL5686	PVL5687
Taxones	Dicinodonte indeterminado	Massetognathus
Nº individuos	1	2
Elementos	Costillas, fragmentos de huesos posiblemente pertenecientes a la cintura pectoral y una posible vértebra	Dos cráneos, cinturas, huesos largos, huesos carpales articulados, vértebras y costillas
Modo de preservación	Partes duras	Partes duras
Paleoecología	Herbívoro	
Relleno	Igual a la matriz de la concreción portadora	Igual a la matriz de la concreción portadora
Modificaciones post-mortem	Facetas, marcas	Fracturas, facetas recientes,
Bioerosión	Marcas	NO
Disolución	NO	NO
Distorsión Mecánica	Fracturas craquelado	Fractura colapso y compresión de los cráneos
Arreglo espacial	Concordante	Concordante
Orientación	Sin orientación preferencial	Sin orientación preferencial
Articulación	Desarticulados	Articulado/desarticulado
Dispersión	5%	45%/30%
Patrón distribución	Agrupado	Agrupado
Estado mecánico	Acumulación	Acumulación, autóctono no reagrupado
Mezcla temporal	NO	NO
Densidad	Moderada	Alta
Empaque	Moderado	Denso
Selección	Moderada	Pobre

Tabla de atributos tafonómicos analizados para el material de la Formación Chañares

Ejemplar	PVL5688	PVL5689
Taxones	Massetognathus, Arcosaurio indeterminado	Massetognathus
Nº individuos	3	2
Elementos	Dos cráneos, un miembro articulado, una columna completa articulada con la cintura pélvica, costillas y un fragmento de otra columna, un fragmento de mandíbula	Dos cráneos, una mandíbula, dientes, numerosas costillas, fragmentos de columna articulada, huesos de las cinturas y huesos largos
Modo de preservación	Partes duras	Partes duras
Paleoecología		
Relleno	Igual a la matriz de la concreción portadora	Igual a la matriz de la concreción portadora
Modificaciones post-mortem	Fracturas y facetas recientes	Fracturas, facetas, pulido
Bioerosión	NO	Puntuaciones y surcos
Disolución	NO	NO
Distorsión Mecánica	NO	Fracturas, leve deformación continua
Arreglo espacial	Concordante	Concordante, parcialmente discordantes
Orientación	Sin orientación preferencial	Sin orientación preferencial, huesos largos/costillas perpendiculares.
Articulación	Articulado/desarticulado	Desarticulado
Dispersión	M 80%/A 5%	30%
Patrón distribución	Agrupado	Agrupado
Estado mecánico	Acumulación autóctona no reagrupada	Acumulación alóctona no reagrupado
Mezcla temporal	NO	NO
Densidad	Moderada	Alta
Empaque	Moderado a disperso	Denso
Selección	Pobre	Leve

Tabla de atributos tafonómicos analizados para el material de la Formación Chañares

Ejemplar	PVL5690	PVL5691
Taxones	Massetognathus, Arcosaurio indeterminado	Massetognathus
Nº individuos	2	1
Elementos	Un cráneo, huesos del miembro, cintura pectoral (escápula, coracoides), húmero, un fragmento de columna articulada, cintura pélvica, un diente y falanges	Cráneo, mandíbula, costillas y huesos largos indeterminados
Modo de preservación	Partes duras	Partes duras
Paleoecología		
Relleno	Igual a la matriz de la concreción portadora	Igual a la matriz de la concreción portadora
Modificaciones post-mortem	Fracturas y facetas recientes	Fracturas recientes
Bioerosión	NO	NO
Disolución	NO	NO
Distorsión Mecánica	Fracturas, deformación continua	Fracturas
Arreglo espacial	Concordante	Concordante, parcialmente discordantes
Orientación	Sin orientación preferencial	Leve orientación en T
Articulación	Parcial	Desarticulado
Dispersión	M 50%/ A 5%	30%
Patrón distribución	?	Agrupado
Estado mecánico	?	Acumulación autóctona no reagrupado
Mezcla temporal	NO	NO
Densidad	?	Alta
Empaque	?	Denso
Selección	Pobre	Pobre

Tabla de atributos tafonómicos analizados para el material de la Formación Chañares

Ejemplar	PVL 5692	PVL5693
Taxones	Reptil terápsido cinodonte	Arcosaurio indeterminado
Nº individuos	1	1
Elementos	Hueso largo, costillas y vértebras	Un fragmento de columna articulada, costillas, huesos del miembro posterior articulados, cintura pélvica y huesos indeterminados
Modo de preservación	Partes duras	Partes duras
Paleoecología		
Relleno	Igual a la matriz de la concreción portadora	Igual a la matriz de la concreción portadora
Modificaciones post-mortem	Facetas recientes	NO
Bioerosión	NO	NO
Disolución	NO	NO
Distorsión Mecánica	No es apreciable	Leve deformación continua
Arreglo espacial	Concordante	Concordante
Orientación	Leve orientación imbricada	Orientación sub-paralela
Articulación	Desarticulados/asociados	Parcial
Dispersión	15%	30%
Patrón distribución	Agrupado	Agrupado
Estado mecánico	Acumulación	Acumulación autóctona no reagrupado
Mezcla temporal	NO	NO
Densidad	Alta	Alta
Empaque	Denso	Denso
Selección	Leve	Leve

Tabla de atributos tafonómicos analizados para el material de la Formación Chañares

Ejemplar	PVL_5694	PVL_5695
Taxones	Massetognathus	Massetognathus
Nº individuos	2	1
Elementos	dos cráneos, una mandíbula, una vértebra y huesos del miembro anterior	Cráneo, mandíbula, y vértebras articuladas
Modo de preservación	Partes duras	Partes duras
Paleoecología		
Relleno	Igual a la matriz de la concreción portadora	Igual a la matriz de la concreción portadora
Modificaciones post-mortem	Facetas, fracturas y craquelado reciente	Fracturas frescas
Bioerosión	NO	NO
Disolución	NO	NO
Distorsión Mecánica	Fracturas	Fracturas
Arreglo espacial	Concordante, en varios niveles	Concordante y discordantes
Orientación	Orientación sub-paralela	Sin orientación preferencial
Articulación	Parcial/desarticulado	Desarticulado y asociado/ articulado
Dispersión	Del 5 al 10%	10%
Patrón distribución	Agrupado	Agrupado
Estado mecánico	Acumulación probablemente reagrupado	Acumulación autóctona, no reagrupada
Mezcla temporal	NO	NO
Densidad	Media	Alta
Empaque	Moderado a denso	Denso
Selección	Pobre	Pobre

APÉNDICE IV

Contenido fosilífero de la facies de fondo de lago y sus respectivas tafofacies reconocido en la Formación Los Rastros.

Contenido Fosilífero		Tafofacies LR-										
		P1	P2	P3	P10	P11	I1	C1	C2	C3	V1	V2
Plantas	briznas	+	+	+								
	fructificación de <i>Dicroidium</i>	+										
	ovulos de afinidad incierta	+										
	semilla de <i>Cordaicarpus</i> sp	+										
	esfenofita <i>Neocalamites</i> sp	+	+	+	+							
	gingoal <i>Baiera</i> sp	+	+									
	coristopermal <i>Xilopteris</i> sp	+										
	coristopermal <i>X. confer densifolia</i>	+										
	coristopermal <i>Dicroidium</i> sp			+								
	pteridofita <i>Cladophebis</i> sp											
	cicadofita <i>Taeniopteris</i> sp											
	troncos		+			+						
Invertebrados	Insectos	Blattaria					+					
		Coleoptera					+					
		Homoptera					+					
	Crustáceos	Conchostáceos indet.						+	+	+		
		<i>Euestheria</i> sp						+		+		
		<i>Euestheria</i> sp2						+		+		
		<i>Euestheria</i> sp3						+				
<i>Euestheria forbesi</i>							+					
<i>Triasoglypta</i> sp							+					
Vertebrados	Escamas indet.										+	
	Actinopterigios basales											+
	Anfibio temnospóndilo											

Contenido fosilífero de las facies de delta y sus respectivas tafofacies reconocido en la Formación Los Rastros.

Contenido Fosilífero		Tafofacies LR-							
		P4	P5	P6	P7	P8	P9	V3	V4
Plantas	brizas	+	+		+	+	+		
	fructificación de <i>Dicroidium</i>	+							
	ovulos de afinidad incierta								
	semilla de <i>Cordaicarpus</i> sp								
	esfenofita <i>Neocalamites</i> sp		+		+	+			
	gingoal <i>Baiera</i> sp			+					
	coristopermal <i>Xilopteris</i> sp	+							
	coristopermal <i>X. confer densifolia</i>								
	coristopermal <i>Dicroidium</i> sp								
	pteridofita <i>Cladophebis</i> sp								
	cicadofita <i>Taeniopteris</i> sp	+							
	troncos					+			
Invertebrados	Insectos	Blattaria							
		Coleoptera							
		Homoptera							
	Crustáceos	Conchostáceos indet.							
		<i>Euestheria</i> sp							
		<i>Euestheria</i> sp2							
		<i>Euestheria</i> sp3							
		<i>Euestheria forbesi</i>							
<i>Triasoglypta</i> sp									
Vertebrados	Escamas indet.								
	Actinopterigios basales						+		
	Anfibio temnospóndilo							+	

Contenido fosilífero de las facies fluviales y sus respectivas tafofacies reconocido en la Formación Chañares.

Contenido Fosilífero	Tafofacies		
	CH-V1	CH-V2	CH-V3
Vertebrados			
Dicinodosnte indeterminados	+		+
Eucinodosnte indeterminados		+	
<i>Massetognathus</i>		+	+
Arcosaurios indeterminados		+	+
<i>Tarjadia ruthae</i>	+		