



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN GEOLOGÍA

“Distinguiendo entre ambientes estuarinos y lacustres mediante el uso de trazas fósiles: un ejemplo del Carbonífero Tardío de la Cuenca de San Rafael, Argentina”

Maria de los Angeles PAREDES.

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2007

Prefacio:

"Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciado en Geología, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la Cátedra de Sedimentología, dependiente del Departamento de Ciencias Naturales, durante el período comprendido entre el 16 de Diciembre de 2005 y el 23 de Julio 2007, bajo la dirección del Dr. Ricardo Néstor Melchor.

Agradecimientos: a mi director Ricardo Melchor, a la Universidad Nacional de la Pampa, a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, a mi familia, a los docentes, amigos, compañeros y demás personas que de una u otra forma hicieron posible la elaboración de esta Tesina.

23/07/2007

Paredes Maria de los Angeles

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES

“FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES”

“UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA”. -

Resumen

En esta contribución se dan a conocer los resultados del estudio, clasificación e interpretación icnológica de las trazas fósiles de invertebrados y vertebrados de la Cuenca de San Rafael (Paleozoico Superior), presentes en la Formación Agua Escondida (Carbonífero Tardío) aflorantes en el sureste de la provincia de Mendoza y en el noroeste de la provincia de La Pampa. Dicha información ayudó, junto con el estudio de los datos sedimentológicos, a la reconstrucción paleoambiental. Se realizó un análisis de facies, se describieron las facies portadoras, los procesos actuantes y se interpretó el ambiente depositacional. Se reconocieron dos asociaciones de facies, las que fueron interpretadas como barras mareales arenosas y depósitos finos de costa afuera retrabajados por oleaje, respectivamente. La formación muestra una asociación de trazas fósiles de relativamente alta icnodiversidad (25 icnotaxones), con predominio de trazas de locomoción de invertebrados (*Cruziana*, *Diplichnites*, *Protovirgularia*, *Monomorphichnus*, *Umfolozia*), presencia de pistas superficiales de pastoreo (*Gordia*, *Helminthoidichnites*, *Helminthopsis*), trazas de alimentación (*Treptichnus*), trazas de descanso (*Gluckstadtella*, *Rusophycus*) y pistas de peces (*Undichna*). La asociación de trazas fósiles es semejante a aquella característica de depositación subácuea en un cuerpo de agua dulce y se puede asignar a la icnofacies de *Mermia*. La integración de la información icnológica junto con los datos sedimentológicos, que sugieren sedimentación marina somera, permitió inferir que la depositación habría ocurrido en un ambiente estuarino.

Abstract

This contribution contains the results of the ichnotaxonomic treatment of the invertebrate and vertebrate trace fossil assemblage and sedimentologic analysis of the Agua Escondida Formation (Late Carboniferous), from the Late Paleozoic San Rafael basin. The lithostratigraphic unit crop out in the southeastern of the Mendoza province and in the northwest of the La Pampa province. The combined analysis of the ichnologic and sedimentologic information is used for the paleoenvironmental reconstruction of the unit. Two facies associations were recognised, which suggest deposition in tidal sand bars and offshore settling of fines from suspension influenced by wave currents. The trace fossil assemblage displays relatively high ichnodiversity (25 ichnotaxa), dominance of locomotion traces (*Cruziana*, *Diplichnites*, *Monomorphichnus*, *Protovirgularia*, *Umfolozia*), presence of simple surface grazing trails (*Gordia*, *Helminthoidichnites*, *Helminthopsis*), feeding traces (*Treptichnus*), resting traces (*Gluckstadtella*, *Rusophycus*) and fish trails (*Undichna*). The trace fossil assemblage is comparable with the *Mermia* ichnofacies, typical of permanently subaqueous lacustrine deposition and transitional fluvio-estuarine systems. The integration of the ichnologic and sedimentologic data allow to infer a possible deposition in an estuarine environment.

Índice

Introducción.....	5
Objetivos del trabajo.....	6
Materiales y métodos.....	6
Ubicación del área de trabajo.....	7
Marco geológico.....	8
Antecedentes geológicos.....	9
Análisis de facies.....	10
Iconología sistemática.....	18
Discusión.....	50
Conclusiones.....	51
Bibliografía.....	52

Introducción

La importancia de la icnología en su interacción con otras disciplinas como la paleontología, la estratigrafía y la sedimentología deriva esencialmente de determinadas características de las trazas fósiles, especialmente aquellas producidas por invertebrados. Algunas de éstas son: 1) el gran rango temporal que poseen, debido a que las mismas trazas pueden ser producidas por el comportamiento de distintos grupos de organismos a través del tiempo geológico; 2) parámetros ambientales restringidos, lo que implica que una asociación en particular de icnofósiles es el reflejo de determinados ambientes de sedimentación; 3) las trazas fósiles se preservan normalmente *in situ*, por lo que no presentan el riesgo de ser transportadas, como ocurre con los cuerpos fósiles, 4) en muchos casos las trazas fósiles se encuentran en rocas carentes de fósiles, lo que se vincula a distintas características preservacionales de ambos grupos de fósiles; 5) otro rasgo sobresaliente es que las trazas fósiles registran el comportamiento de organismos, esto es especialmente relevante en el caso de las faunas de cuerpo blando, las cuales tienen bajo potencial de fosilización (Buatois *et al.*, 2002).

Una herramienta icnológica particularmente útil en la diagnosis paleoambiental es la aplicación de modelos icnofaciales, los cuales establecen una distribución recurrente en tiempo y espacio de asociaciones de trazas fósiles en litofacies o sustratos definidos. Parámetros ambientales tales como: tipo de sustrato, energía, contenido de nutrientes, oxigenación, salinidad, tasas de sedimentación y batimetría; influyen en la distribución de las trazas y por ende, en las asociaciones de trazas fósiles (e.g. Buatois *et al.*, 2002).

Parte de la sucesión de la Formación Agua Escondida (Carbonífero Tardío, sureste de Mendoza) presenta un predominio de pelitas negras laminadas con abundantes trazas fósiles, sugiriendo depositación en un ambiente subácueo de baja energía. La evidencia sedimentológica y los restos de plantas hallados no permiten caracterizar la salinidad de las aguas donde esta sucesión se depositó. Por esta razón, el estudio de las trazas fósiles puede brindar importantes evidencias paleoambientales y paleoecológicas para ayudar a definir el ambiente depositacional. La asignación preliminar del conjunto de trazas fósiles colectadas sugiere una comparación con la icnofacies de *Mermia* (la cual refleja condiciones lacustres permanentemente subácueas), aunque un conjunto de trazas semejantes se han descrito en ambientes con fluctuaciones de salinidad como estuarios y fiordos (Buatois *et al.*, 2002).

Objetivos del trabajo

Los objetivos de este trabajo de tesina fueron los siguientes:

- 1) El estudio icnotaxonómico detallado de la asociación de trazas fósiles de la Formación Agua Escondida y su comparación con asociaciones de trazas fósiles similares. De esta manera se pretende refinar su asignación icnofacial y contribuir a la diagnosis paleoambiental de la sucesión.
- 2) Análisis de facies de la sucesión portadora y su posterior comparación con ejemplos similares de la literatura. En particular, se intentará discernir si la depositación ocurrió en ambientes lacustres permanentemente sumergidos, en ambientes marinos o en transicionales como estuarios o fiordos.

Materiales y métodos

Metodología de campo

Se efectuó un viaje de reconocimiento a la zona de estudio, durante el cual se revisaron las localidades involucradas y se realizó una colección de trazas fósiles parcial. Sin embargo, los perfiles sedimentológicos utilizados y la mayor parte de la colección de trazas fósiles fueron realizados en años previos por el Dr. Ricardo Melchor y la Lic. María Alejandra Fernández. Las trazas fósiles colectadas no habían sido objeto de estudio detallado con anterioridad. Del mismo modo, tampoco se cuenta con un análisis de facies detallado que tenga en cuenta las localidades portadoras de trazas fósiles.

Metodología y técnicas de laboratorio

El trabajo iconológico en esta etapa comprendió la preparación del material, el análisis de su morfología y el fotografiado de ejemplares de trazas fósiles seleccionados.

Metodología de gabinete

Se describió, clasificó e interpretó el material iconológico y se analizaron los datos sedimentológicos, usando la bibliografía pertinente y comparaciones con material publicado. Se clasificó el material siguiendo las sugerencias de Bertling *et al.*, (2006), en el caso particular de las trazas de locomoción de artrópodos se utilizó la terminología propuesta por Trewin (1994), para la descripción y diagnosis de las mismas.

A esta primera asignación tentativa se la contrastó con datos bibliográficos de los supuestos productores y se concluyó sobre el grado de certidumbre de la atribución. En los casos en que las trazas no pudieron ser asignadas, se estableció si mediante su presencia en

otras formaciones con condiciones paleoambientales conocidas podían extraerse inferencias paleoambientales acerca de los depósitos bajo estudio.

Se realizó un análisis de facies y se describió las facies portadoras, los procesos actuantes y se interpretó el marco ambiental general. El respectivo análisis de facies se llevó a cabo mediante perfiles realizados con anterioridad por Melchor (datos inéditos) en Mina Santa Cruz y Lomas Piedras de Afilar y Fernández (1996) en Puesto Yantén. A su vez, la interpretación de los datos sedimentológicos ayudó a reconstruir el marco paleoambiental de las trazas, lo cual proporcionó otra posibilidad de contrastar las hipótesis planteadas.

Ubicación del área de trabajo

Los afloramientos de la Formación Agua Escondida (Carbonífero Tardío) abarcan la región sudeste de la provincia de Mendoza (Departamento Malargüe) y la región noroeste de la provincia de La Pampa (Departamento Chical-Có). Las localidades de donde proceden las trazas fósiles estudiadas (Fig. 1) corresponden a la Mina Santa Cruz, ubicada a 15 km al oeste del poblado de Agua Escondida ($36^{\circ}05' S$; $68^{\circ}30' O$); Puesto Yantén ($36^{\circ}00' S$; $68^{\circ}30' O$) en la Provincia de Mendoza y Loma Piedras de Afilar ($68^{\circ}16' S$; $36^{\circ}11' O$) en la Provincia de La Pampa. Esta área se corresponde con el sector norte de la Hoja Geológica 3769-II Agua Escondida (Narciso *et al.*, 2001).

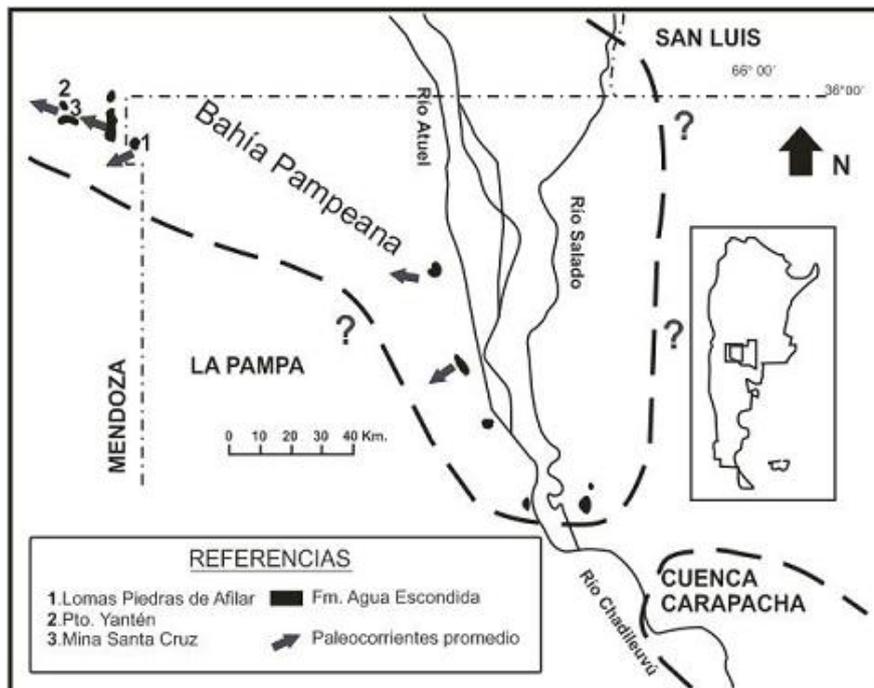


Fig. 1. Afloramientos de la Fm. Agua Escondida. Las líneas punteadas reflejan la extensión meridional de la Cuenca San Rafael y la posible prolongación septentrional de la Cuenca Carapacha, Pérmico (modificado de Melchor, 1996).

Marco geológico

Los granitos de la Formación Piedras de Afilas (González Díaz, 1972b) constituyen el basamento cristalino de la comarca, siendo la unidad más antigua reconocida en el área, cuya edad carbonífera temprana fue asignada usando datos radimétricos (Linares *et al.*, 1978). Estos afloramientos aparecen en forma saltuaria y con poca extensión en el área de trabajo (área de Lomas Piedras de Afilas; Fig. 2). Sobre esta unidad, se apoyan en relación de “onlap” (Melchor, 1996) las sedimentitas marinas de la Formación Agua Escondida, del Carbonífero Tardío (González Díaz y García, 1968).

Estas sedimentitas están compuestas por areniscas finas a medianas con estructuras entrecruzadas, en menor medida por vaques y pelitas con trazas fósiles y escasos restos vegetales (González Díaz y García, 1968; Linares *et al.*, 1980; Melchor, 1996). Durante el Permo-Triásico e intruyendo a las mismas aparecen los derrames lávicos y las intrusiones hipabisales de las volcanitas mesosilíceas, representados por las formaciones Agua de los Burros (González Díaz, 1964) y Choique Mahuida (Linares *et al.*, 1978) y las intrusiones graníticas del Grupo El Portillo (González Díaz, 1972a), estas unidades ígneas son equivalentes del Grupo Choiyoi (Narciso *et al.*, 2001; Fig. 2). Delpino (1997) propuso un nuevo esquema litoestratigráfico para este magmatismo permo-triásico. Dicho autor propuso el Grupo Los Corrales (asignado al Pérmico Tardío), que comprende las formaciones Puesto Cortés (riolitas y dacitas ignimbríticas, brechas y diques) y Cuchillas Coloradas (diques riolíticos y stocks graníticos).

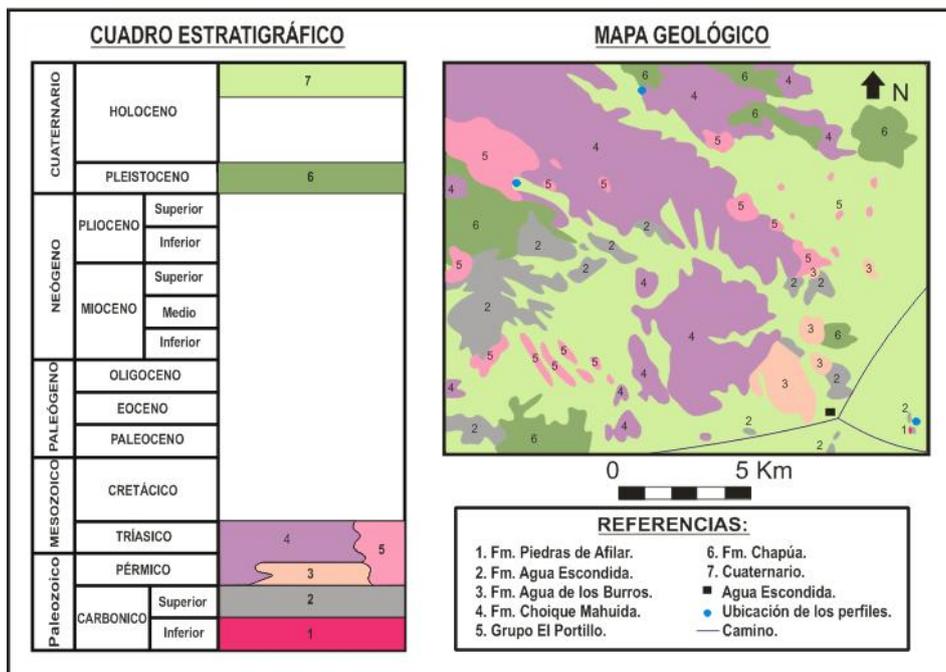


Fig. 2 Mapa geológico y cuadro estratigráfico de la Hoja Agua Escondida (Modificado de Narciso *et al.*, 2001).

Una gran actividad magmática de retroarco tuvo lugar durante el Cenozoico. Para el lapso Pleistoceno - Holoceno se desarrolla el aparato volcánico del Payún Matrú, sus depósitos ignimbríticos, Fm. El Portezuelo (Groeber, 1937; Sobral, 1942, González Díaz, 1972a) se intercalan con derrames lávicos basálticos pertenecientes a dos ciclos eruptivos: Chapualitense y Puentelitense, con la Fm. Chapua (Stipanovic, 1965; Bermúdez, *et al.*, 1993) y la Fm. El Puente (Stipanovic, 1965 y González Díaz, 1972a). El cuadro estratigráfico se completa con los depósitos aluviales, médanos, campos de arena y ramblones con evaporitas del Cuaternario (Narciso *et al.*, 2001) Fig. 2.

Antecedentes geológicos

Wichmann (1928) realizó un bosquejo geológico de los departamentos de Chical C6 y Puelén de la provincia de La Pampa. Sobral (1942) se dedicó a estudiar y explorar la zona sudeste de Mendoza y noroeste de La Pampa, realizando una revisión geológica regional (Narciso *et al.*, 2001). Dessanti (1945), aportó datos sobre el Carbonífero de la cuenca San Rafael al descubrir restos de invertebrados marinos (braqui6podos y gaster6podos). En el año 1956, el mismo autor asignó el rango de unidades a las sucesiones neopaleozoicas (Fernández, 1996).

González Díaz y García (1968) definieron la Fm. Agua Escondida agrupando bajo este nombre a las sedimentitas silicoclásticas con restos de plantas aflorantes en los alrededores de la localidad de Agua Escondida.

En el ámbito regional se han realizado varias hojas geológicas que comprenden parte del área de estudio, entre las que se encuentran: 30e, Agua Escondida (González Díaz, 1972b), 31e, Chical-Co (Núñez, 1976), 30d, Payún Matrú (González Díaz, 1972a), 31d, La Matancilla (González Díaz, 1979) y 3769-II Agua Escondida (Narciso *et al.*, 2001). Las tres primeras hojas geológicas fueron relevadas a escala 1:200.000 y la última a escala 1:250.000.

Melchor *et al.*, (1993) dieron a conocer un análisis preliminar acerca de las trazas fósiles presentes en las pelitas de la Formación Agua Escondida. En este trabajo, los autores sugieren una depositación en un ambiente lacustre abierto debido a las características depositacionales de la secuencia, con respecto a la asociación de trazas fósiles mencionan la relativamente alta icnodiversidad, la preponderante presencia de trazas de locomoción asociadas a trazas de pastoreo o alimentación, excavaciones milimétricas y ocasionales traza de reposo. Todos estos elementos son comparables a

asociaciones presentes en lagos carboníferos del noroeste argentino, algunas de las cuales fueron utilizadas para proponer la ichnofacies de *Mermia* (Buatois y Mángano, 1995).

Fernández (1996) analizó la sedimentología de la Fm. Agua Escondida en las cercanías de Puesto Yantén en su trabajo final de geología de campo, mediante análisis petrográfico, de facies y paleocorrientes, llegando a la conclusión que se trataban de depósitos marinos.

Melchor (1996) realizó un análisis sedimentológico-estratigráfico de la prolongación sureste de la cuenca de San Rafael en la provincia de La Pampa y la zona aledaña de Mendoza, denominada Bahía Pampeana por Polanski (1970). Este autor consideró que el área del Limay Mahuida (donde afloran calizas ordovícicas de la Fm. San Jorge) habría funcionado como un alto estructural que separó la cuenca San Rafael de la cuenca de Carapacha.

Cardonatto y Melchor (1998) realizaron un análisis del rango estratigráfico, paleoambientes y mecanismos de propulsión de *Undichna* (traza fósil atribuida a natación de peces), dando a conocer en el mismo cuatro nuevas localidades de Argentina portadoras de las pistas de peces, llegando a la conclusión que el rango estratigráfico varía entre el Carbonífero – Reciente y la distribución ambiental es variada. Melchor y Cardonatto (1998) dieron a conocer un análisis biomecánico de *Undichna* y sus posibles consecuencias tafonómicas, principalmente se centraron en las icnoespecies *U. insolentia* y *U. britannica* colectadas en la Fm. Agua Escondida.

Análisis de facies

En el presente trabajo se analizaron tres perfiles, ubicados en Mina Santa Cruz, Puesto Yantén y Loma Piedras de Afilar (Fig.1).

Se han distinguido siete facies sedimentarias, las que se han denominado con una letra mayúscula para la litología y con una letra minúscula para designar a las principales estructuras sedimentarias presentes.

Facies Pp Pelita con laminación paralela

Descripción: Limolita y arcilita color gris oscuro con laminación paralela, en algunos sectores posee deformación convoluta, así como también óndulas simétricas. Poseen la mayor parte de las trazas fósiles analizadas. Los espesores varían entre 0,50 y 6,20 m. Esta facies está presente en los tres perfiles analizados, en Mina Santa Cruz conforma casi la totalidad del mismo (Fig. 3), en Lomas Piedras de Afilar se encuentra en la parte superior

del mismo (Fig. 5) y en Puesto Yantén se observa en la parte media, con escaso espesor (Fig. 4).

Interpretación: La laminación paralela es generada por la fluctuación en la tasa de sedimentación producida a partir de decantación de material fino en suspensión, en un ambiente subácueo de baja energía (e.g. Reading y Collinson, 1996). Las óndulas simétricas indican tracción por movimiento oscilatorio generado por olas. La deformación sinsedimentaria se atribuye a deslizamiento que podría vincularse a diversos mecanismos de gatillo, incluyendo tormentas, sismos, etc. La presencia de bioturbación, indica fondos con suficiente oxigenación para la vida de organismos. El color oscuro de esta facies sugiere un moderado a alto contenido de materia orgánica, cuya preservación se ve favorecida por una deficiente oxigenación de las aguas del fondo.

Facies Am. Arenisca mediana a fina masiva

Descripción: Arenisca mediana a fina masiva, en algunos sectores presenta intraclastos. Los contactos son netos e irregulares o erosivos con clastos tamaño sábulo en la base, no presenta bioturbación. La potencia varía entre 0,18 y 5,80 m, aunque generalmente es inferior a 1,00 m. Esta facies se encuentra presente en los perfiles Puesto Yantén y Lomas Piedras de Afilar.

Interpretación: La falta de estructuras puede deberse a varias causas. Entre ellas podemos mencionar la falta de sedimentos finos que dificultan la identificación de planos de estratificación, una rápida depositación a partir de una suspensión por la desaceleración de un fluido con alta carga sedimentaria y condiciones postdeposicionales que producen la destrucción de la laminación original. Entre las causas que pueden destruir la laminación se encuentra un intenso retrabajo por parte de organismos, la destrucción física debida a licuefacción, la expulsión de agua durante la compactación temprana o la intensa producción de burbujas producto de la descomposición de materia orgánica (e.g. Reading y Collinson, 1996; Fernández, 1996).

Facies Apb Arenisca mediana a fina con laminación paralela o laminación entrecruzada de bajo ángulo

Descripción: Arenisca mediana a fina con laminación paralela que pasa a laminación entrecruzada de bajo ángulo, carente de trazas fósiles. Los contactos son netos, la geometría es tabular, cuneiforme o lenticular (en el último caso, especialmente cuando la laminación es entrecruzada de bajo ángulo). La potencia de los sets varía entre 0,20 y 1 m.

Esta facies se encuentra en la parte inferior del perfil Lomas Piedras de Afilar (Fig. 5) y en todo el perfil Puesto Yantén (Fig. 4).

Interpretación: Depósito debido a la desaceleración de un flujo con alta carga sedimentaria. La laminación paralela incipiente sería producto de una forma de fondo plano, en cambio la laminación entrecruzada de bajo ángulo se generaría por acreción de material en una superficie suavemente inclinada (Fernández, 1996).

Facies Ap. Arenita cuarzosa mediana a fina con estratificación entrecruzada planar

Descripción: Arenita cuarzosa mediana a fina con estratificación entrecruzada planar formando cosets, la que carece de trazas fósiles. Los contactos son netos en general, aunque pueden observarse algunos erosivos. Los cuerpos presentan geometrías externas tabulares mayoritariamente en la zona de Puesto Yantén (Fig. 4) y cuneiformes o lenticulares en la zona de Lomas Piedras de Afilar (Fig. 5). El espesor de los sets varía entre 0,40 y 1 m, siendo la potencia media de 0,70 m. Esta facies, si bien se encuentra presente en la localidad de Lomas Piedras de Afilar, es más potente en el perfil de Puesto Yantén y está ausente en el perfil de Mina Santa Cruz.

Interpretación: Depósito producido por migración de dunas subácueas de crestas paralelas, producida por un flujo unidireccional de bajo régimen. La generación de las capas frontales planares se debe a avalanchas de granos en la cara de sotavento, la que se vincula a un incremento de la carga en suspensión o variación de la velocidad del flujo (e.g. Fernández, 1996).

Facies Aat. Arenita cuarzosa mediana a fina con estratificación entrecruzada en artesa y tangencial

Descripción: Arenita cuarzosa mediana a fina con estratificación entrecruzada en artesa, en algunos sectores tangencial con contactos netos. No posee bioturbación. La potencia varía de 0,25 a 0,80 m. En el perfil Lomas Piedra de Afilar hay un cuerpo lenticular con laminación entrecruzada en artesa (Fig. 5) pero en general son sets tabulares, aunque también se observan algunos cosets del mismo tipo. Esta facies está presente en los tres perfiles.

Interpretación: Depósito producido por migración de dunas subácueas de cresta sinuosa que migró bajo un flujo unidireccional de bajo régimen. La estratificación entrecruzada tangencial refleja un incremento relativo de la velocidad del flujo.

Facies Ag. Arenisca gruesa a Conglomerado fino masivo

Descripción: Arenisca gruesa a conglomerado fino masivo con una incipiente laminación paralela que presenta clastos en la base. No se han observado trazas fósiles. Los contactos son erosivos. La geometría de las capas es tabular. Los intervalos de esta facies poseen una potencia que varía entre 0,15 y 0,7 m. Esta facies está presente solamente en la parte superior del perfil Lomas Piedra de Afilas (Fig. 5).

Interpretación: El tamaño de grano y las estructuras presentes sugieren transporte y depositación en condiciones de alto régimen de flujo, posiblemente en fase de fondo plano en un medio con poca profundidad de agua.

Facies Bsh. Brecha con laminación subhorizontal

Descripción: Brecha fina con estructura subhorizontal, el pasaje es gradual desde un regolito granítico, hasta una arena gruesa que posee bloques de granitoide subangulares de 0,40 a 0,30 m. Hay una transición gradual entre el granitoide fresco (Fm. Piedra de Afilas), el regolito y la brecha, en muchos casos el regolito es difícil de distinguir del granito fresco. Esta facies varía de espesor lateralmente, lo que sugiere un relieve predeposicional marcado. Con una potencia de 4,3 m, esta facies se encuentra presente sólo en la base del perfil Lomas Piedra de Afilas (Fig. 5).

Interpretación: La laminación subhorizontal podría ser una planaridad heredada del granitoide o producto de remoción en masa de material del regolito granítico. La angulosidad de los sedimentos sugiere que habrían tenido un transporte local, por lo cual pueden ser considerados como depósitos coluviales.

Asociaciones de facies

Se han reconocido dos asociaciones de facies, las que se describen e interpretan a continuación y se indican en los perfiles sedimentarios (Figs. 3, 4 y 5).

Asociación de facies 1

Descripción: Predominio de arenita cuarzosa mediana a fina con estratificación entrecruzada planar (facies Ap), en menor proporción se observan arenisca mediana a fina con estratificación entrecruzada en artesa a tangencial (facies Aat) y arenisca mediana a fina con laminación paralela a laminación entrecruzada de bajo ángulo (facies Apb). En el perfil de Puesto Yantén esta asociación de facies se repite dos veces con una potencia total aproximada de 75 m. Los cuerpos sedimentarios son tabulares con contactos generalmente

netos, en algunos casos poseen geometría cuneiforme o una forma externa plano-cóncava, los contactos erosivos son raros. En el perfil de Lomas Piedras de Afilas esta asociación se repite dos veces con una potencia de 45,5 m encontrándose en la parte inferior y media del perfil, donde posee una mayor participación de las arenitas mediana a fina masiva. La forma externa de los cuerpos es plano-convexa o cuneiforme, los contactos son netos. Esta asociación de facies en el perfil de Mina Santa Cruz se observa una sola vez con una potencia de 5 m.

Interpretación: El predominio de arenita mediana a fina con estratificación entrecruzada planar, en menor proporción estratificación entrecruzada en artesa y tangencial, así como también laminación paralela a entrecruzada de bajo ángulo, la composición esencialmente cuarzosa de los sedimentos, sumado a la ausencia de bioturbación son características de depósitos producidos por migración de dunas compuestas en un medio con alta energía (Mángano y Buatois, 2004), en un ambiente marino posiblemente submareal formando barras arenosas.

Asociación de facies 2

Descripción: Limolita y arcilita con laminación paralela (facies Pp) que presenta bioturbación, en algunos sectores posee laminación convoluta, en menor proporción arenisca fina masiva (facies Am), arenisca mediana a fina con laminación paralela que pasa a una laminación entrecruzada de bajo ángulo (facies Apb). Solamente en el perfil de Lomas Piedras de Afilas, aparecen intercalaciones de arenisca gruesa a conglomerado fino masivo con una incipiente laminación paralela (facies Ag) y una brecha fina con estructura subhorizontal (facies Bsh), hasta una arena gruesa. En Puesto Yantén esta asociación de facies se observa una vez en la parte media del perfil con una potencia total de alrededor de 17 m, formada por una pelita con laminación paralela que pasa a una arenisca mediana a fina masiva (facies Am), en algunos sectores posee laminación convoluta. En el perfil de Lomas Piedras de Afilas esta asociación se repite dos veces con una potencia de 25 m, encontrándose en la parte superior del perfil y en la base. La misma está compuesta por limolita y arcillita con laminación paralela, con intercalaciones de arenisca mediana a fina la cual presenta laminación paralela que pasa a una laminación entrecruzada de bajo ángulo (facies Apb) y en la parte superior del mismo bancos de arenisca gruesa a conglomerado fino masivo con una incipiente laminación paralela que presenta clastos, en la base del perfil se encuentra la brecha con un pasaje gradual desde el regolito granítico hasta una arena gruesa. Esta asociación de facies representa más de setenta por ciento

(70%) del espesor medido en el perfil Mina Santa Cruz, donde alcanza una potencia de 17 m, estando solamente compuesta por limolita y arcillita con laminación paralela.

Interpretación: Esta asociación de facies con presencia de pelitas con laminación paralela y deformación convoluta, arenisca fina masiva, nos lleva a inferir depositación por suspensión un medio con poca energía, en un ambiente alejado de la costa, donde podrían desarrollarse episodios de alta tasa de sedimentación que favorecerían la deformación de sedimentos con alta saturación en agua. Los bancos arenosos del perfil Lomas Piedras Afilar indicarían sedimentación en un ambiente más próximo a la línea de costa. Las pelitas laminadas se habrían depositado a profundidades máximas mayores al tren de olas de buen tiempo, aunque la mayor parte de la sucesión sugiere influencia de oleaje. La brecha con laminación subhorizontal correspondería a depósitos coluviales asociados a una paleosuperficie sobre la que se depositó la Formación Agua Escondida. A partir del análisis de facies únicamente, no es posible discernir la salinidad de las aguas, aunque la vinculación con la asociación de facies 1 sugiere un emplazamiento marino.

Interpretación Paleoambiental

Perfil Mina Santa Cruz.

El análisis de las características de este perfil que presenta una asociación netamente pelítica con laminación paralela en la base, intercalaciones de lentes arenosos, en la parte media se observa un cuerpo arenoso con estratificación entrecruzada de bajo ángulo y en el techo se repite la asociación pelítica con laminación paralela (Fig. 3). Las arenitas cuarzosas han sido interpretadas como barras arenosas mareales, en tanto que, las arcillitas laminadas sugieren depositación en sectores más alejados de la costa en un ambiente de plataforma o en sectores protegidos de un ambiente estuarino.

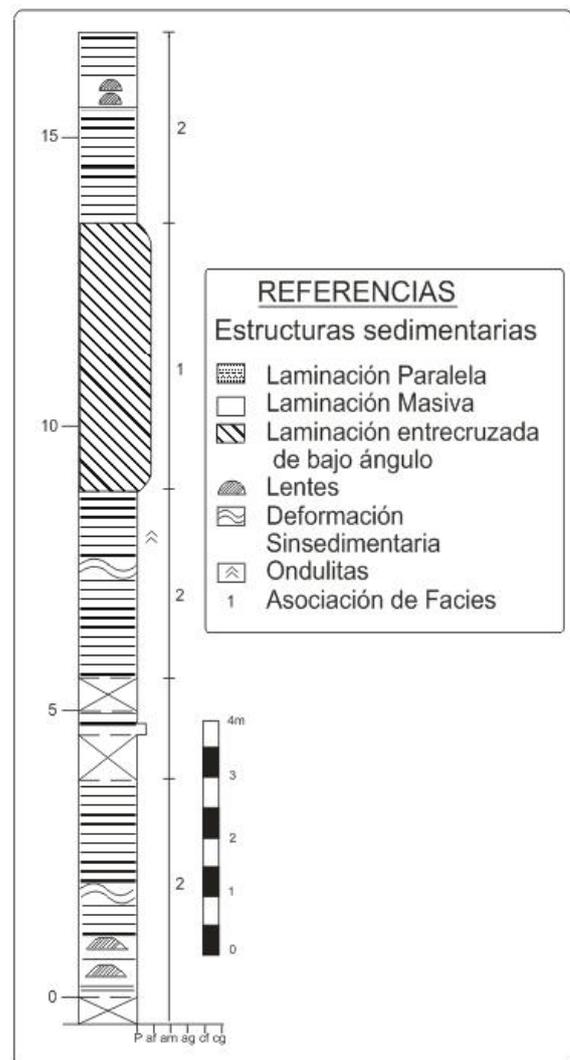


Fig. 3 Perfil Mina Santa Cruz.

Puesto Yantén

El perfil de puesto Yantén comienza con una secuencia de arenita mediana que presenta estratificación entrecruzada planar, con delgadas intercalaciones de arenisca mediana a fina, con laminación paralela o entrecruzada de bajo ángulo. En la parte media de perfil se puede apreciar areniscas medianas a fina masivas con deformación convoluta que pasan a limolitas con laminación paralela, en la parte superior presenta una intercalación de cuerpos de arenitas con laminación planar, paralela, entrecruzada en artesa y tangencial (Fig. 4). Todo lo antes dicho indicaría depositación en un ambiente marino costero con barras mareales, a mayor profundidad mar afuera. Por su parte, los sedimentos pelíticos corresponden a sedimentación en ambientes más profundos y/o más alejados de la costa, posiblemente en ambientes estuarinos.

Lomas Piedras de Afilas

Este perfil comienza con una brecha con laminación horizontal que se habría depositado en relación de “onlap” sobre el basamento, continúa con una sucesión arenosa fina masiva y hacia la parte media se observan intercalaciones de arenita con estratificación entrecruzada planar y paralela, con

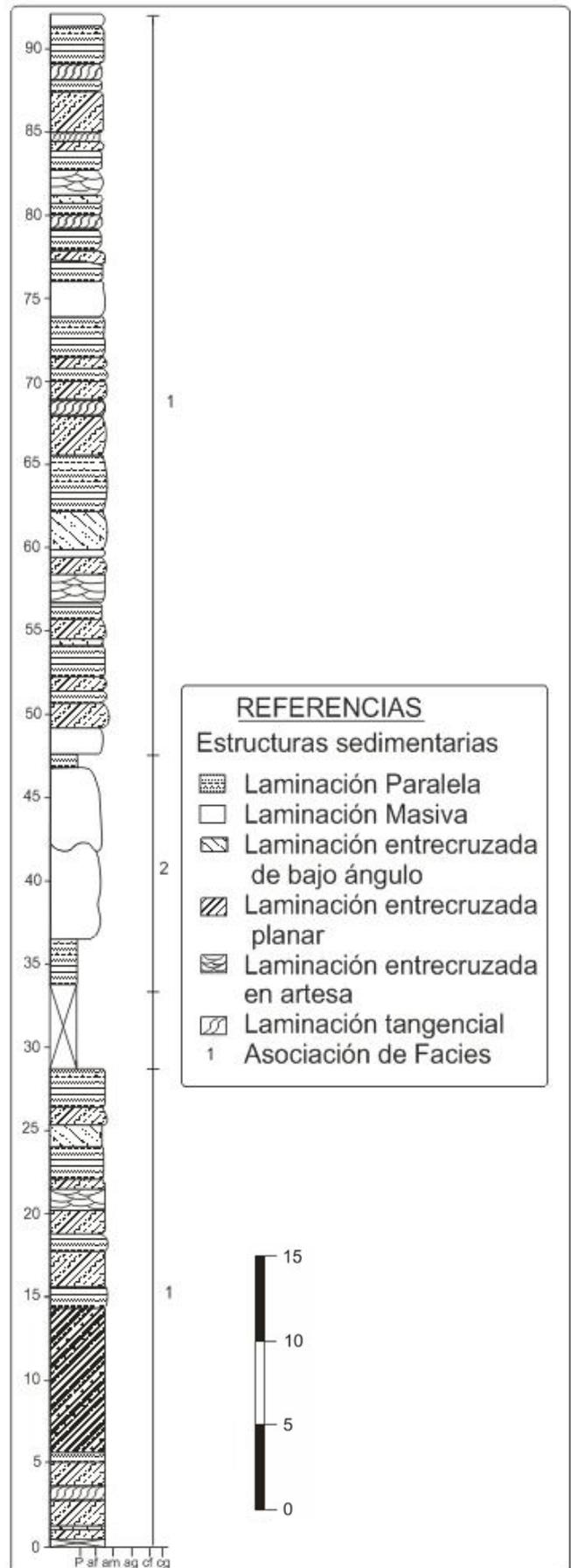


Fig. 4 Perfil Puesto Yantén.

cuerpos que poseen estratificación entrecruzada en artesa. La parte media del perfil presenta cuerpos de arenisca mediana a gruesa masiva, en la parte superior del mismo se observan limolitas con laminación paralela bioturbadas, con algunas intercalaciones de arena gruesa masiva (Fig. 5). La depositación se podría haber llevado a cabo en ambiente marino costero influenciado por mareas sobre un basamento granítico alterado que localmente muestra sectores más someros donde se habrían depositado los sedimentos más gruesos en una bahía restringida.

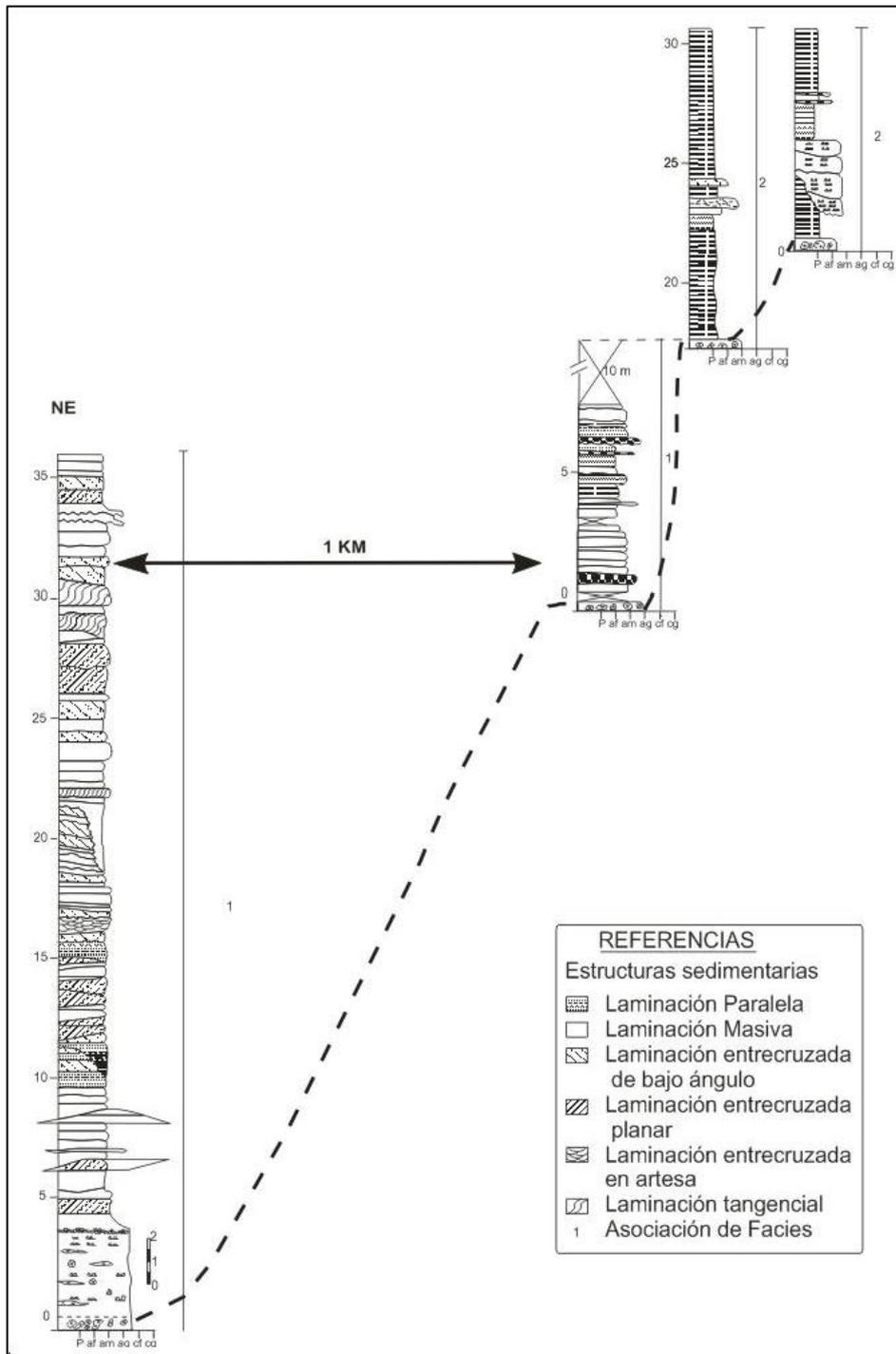


Fig. 5. Perfil Loma Piedras de Afilas. La línea punteada indica la relación “onlap” sobre el granito.

Icnología sistemática

Los icnotaxones identificados se ordenaron alfabéticamente, de acuerdo a la práctica corriente en las descripciones icnotaxonómicas, seguidos por las formas dejadas en nomenclatura abierta. Se citan las diagnósis en idioma original (inglés), para evitar potenciales problemas que pudieran surgir de su traducción al castellano.

La mayoría de los especímenes nombrados en este trabajo se encuentran alojados en la colección paleontológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, los cuales han sido referenciados bajo la sigla GHUNLPam, los demás nombrados bajo la sigla MCNAM PI corresponden a la colección del Museo de Ciencias Naturales y Antropológicas "Juan Cornelio Moyano", de la ciudad de Mendoza.

Icnogénero *Cruziana* d'Orbigny, 1842

Icnoespecie tipo: *Cruziana rugosa* d'Orbigny, 1842.

Diagnosis: Elongate (length: with ratio \exists 2:1), typically ribbon-like, bilobate (rarely unilobate) interface burrows or trails preserved as furrows with median ridges when preserved in concave epirelief (or bilobate trails with median groove when preserved in counterpart convex hyporelief), or paired furrows that are in close proximity (less than the width of a furrow apart). Furrows covered by herring-bone-shape or transverse striations, with or without smooth or longitudinally striate zones peripheral to the inner striations, with or without outer lateral ridges and/or wisplike markings if preserved on bedding soles (según Fillion y Pickerill, 1990).

Icnoespecie *Cruziana problematica* Schindewolf, 1921

Figs. 6 y 7

Diagnosis: Typically narrow bilobate *Cruziana*, presenting distinct or indistinct, typically closely spaced and fine striations that are typically transverse to the straight path of the trail/burrow or potentially oblique at tighter curves. Longitudinally oriented grooves or ridge external of the bilobate structure are absent (según Fillion y Pickerill, 1990; Keighley y Pickerill, 1996).

Procedencia y Material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3400, 3401, 3402, 3404, 3411, 3412, 3417, 3424, 3425, 3430, 3433, 3437, 3439, 3452, 3453, 3454, 3458, 3459, 3467,

3468, 3472, 3473, 3474, 3476, 3477, 3481, 12145, 12149, 12150, 12160, 12161, 12162, 12167, 12171, 12180, 12181, 12187, 12193, 12252, MCNAM PI 24279), Puesto Yantén (GHUNLPam 3493).

Descripción: Excavaciones bilobuladas, con estriaciones transversales al eje de la traza, separadas por una cresta, carentes de cresta o surco externo a los mismos según la preservación. Los lóbulos se encuentran simétricamente distribuidos con respecto al eje de la pista y las estriaciones igualmente espaciadas. Las excavaciones poseen una trayectoria recta a ligeramente curva, con un ancho externo de la misma que varía de 1 a 5 mm y el largo de 5 a 115 mm. La preservación es mayormente como hiporelieve negativo aunque también se da en epirelieve positivo. En una misma laja se identificaron varios ejemplares asociados.

Discusión: *Cruziana* se diferencia de *Dydimaulichnus* en que poseen marcas transversales en los lóbulos (Fillion y Pickerill, 1990). En depósitos marinos paleozoicos son producidas por trilobites, en ambientes continentales los productores pueden ser artrópodos o crustáceos (Mángano *et al.*, 2002). *Cruziana* es una forma típica de ambientes marinos someros y de agua dulce (Fillion y Pickerill, 1990). Por lo general los especímenes aparecen asociados a *Gordia*, *Helminthoidichnites*, *Monomorphichnus*, *Rusophycus* con los cuales en algunos casos forma trazas compuestas, también asociados a *Treptichnus* y *Undichna*. Con respecto a la preservación, ésta suele ser deficiente pudiéndose observar ejemplares con interrupciones en su trayectoria. Esta icnoespecie se encuentra mayoritariamente en la zona del perfil Mina Santa Cruz, con un solo ejemplar presente en Puesto Yantén.

***Cruziana* ? isp.**

Fig. 8

Procedencia y material: Lomas Piedras de Afilar (GHUNLPam 3420, 12110, 12124, 12128, 12131), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3405, 3413, 3414, 3415, 3416, 3417, 3418, 3419, 3421, 3425, 3429, 3430, 3431, 3435, 3437, 3442, 3443, 3445, 3449, 3450, 3452, 3453, 3454, 3457, 3463, 3465, 3467, 3468, 3469, 3473, 3475, 3477, 3479, 3480, 12088, 12090, 12103, 12104, 12107, 12109, 12112, 12126, 12136, 12143, 12145, 12151, 12152, 12153, 12155, 12156, 12159, 12160, 12171, 12174, 12175, 12182, 12183, 12184, 12185, 12190, 12193, 12194, 12195, 12196, 12197, 12203, 12205, 12213, 12222, 12223, 12239,

12240, 12241, 12249, 12251, 12254, MCNAM PI. 24285, 24289), Puesto Yantén (GHUNLPam 3488, 3490, 3495, MCNAM PI. 24277).

Descripción: Excavaciones o pistas, bilobuladas o unilobuladas, cubiertas de crestas laterales tanto transversales como oblicuas al eje de la pista, separadas por una cresta o surco. Los lóbulos se encuentran simétricamente distribuidos con respecto al eje de la pista y algunos ejemplares poseen un surco o cresta externa a los mismos. La trayectoria de las trazas es mayormente recta. El ancho externo varía de 0,5 a 4 mm y el largo entre 6 - 105 mm. Se preservan mayormente en hiporelieve negativo, pero también lo hacen en epirelieve positivo.

Discusión: Se incluyó aquí el material que debido a su pobre o variable preservación sólo podía ser asignado a nivel de icnogénero, con dudas. En algunos casos la asignación icnoespecífica se vio imposibilitada debido a la superposición de los ejemplares o porque los mismos cuentan con un registro incompleto o las crestas presentes en los lóbulos no poseían una definición lo suficientemente clara como para determinar su disposición en los mismos. Este último carácter es de importancia en el esquema icnotaxonómico vigente. Estos ejemplares aparecen asociados a *Gluckstadtella*, *Gordia*, *Helminthoidichnites*, *Helminthopsis*, *Monomorphichnus*, *Protovirgularia*, *Treptichnus*, *Rusophycus* y *Undichna*.

Cruziana ?

Fig. 9

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 12183).

Descripción: Excavación bilobulada separada por un surco central de poca profundidad. Cada lóbulo posee finas marcas de scratch igualmente espaciadas que forman un ángulo en V, en uno de los lóbulos las marcas de scratch se vuelven paralelas al eje de la traza. En este ejemplar se observa una cresta externa a los lóbulos, con marcas longitudinales en uno de los laterales. El ancho externo de la excavación es de 11 mm y el largo de 26 mm. La preservación en el epirelieve positivo es buena.

Discusión: Traza que aparece asociada a *Rusophycus* y a una excavación en la misma laja. Este ejemplar posee un final abrupto contra el borde de la muestra lo cual dificulta su asignación, para la cual se usó el criterio de Keighley y Pickerill (1996) que sugieren como regla, que la longitud debe poseer una relación de 2:1 o mayor con respecto al ancho para ser considerado *Cruziana*. Si bien se trata de una excavación bilobulada que posee un surco central la preservación no es lo suficiente buena, por este motivo se procedió a una

asignación posible a esta icnoespecie, se diferencia de *Cruziana* ? isp en el tamaño y en la disposición de las marcas laterales.

Ichnogénero *Diplichnites* Dawson, 1873

Ichnoespecie tipo: *Diplichnites aenigma* Dawson, 1873.

Diagnosis: Simple trackways consisting of two parallel series of similar tracks, blunt to elongate, closely and regularly spaced and roughly normal to the trace axis (según Fillion y Pickerill, 1990).

Ichnoespecie *Diplichnites gouldi* Gevers *et al.* 1971

Fig. 10

Diagnosis: Paired parallel rows, 22-34 mm apart, of small, closely spaced foot prints. There is no median "tail" drag marks (Gevers *et al.*, 1971).

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3404, 3434, 3438, 3444, 3452, 3458, 3461, 3485, 12091, 12175, 12220, 12243, 12251 y 12252), Puesto Yantén (GHUNLPam 3486, 3494).

Descripción: Series de impresiones de forma elongada (Trewin, 1994), de simetría opuesta, oblicuas al eje de la traza. Con un ancho externo de 5 a 7,3 mm. y un ancho interno 2,5 a 4 mm. Los ejemplares poseen una trayectoria recta o curvada y se preservan como hiporelieve positivo y epirelieve negativo.

Discusión: Estos ejemplares se clasificaron como *Diplichnites gouldi*, aunque el ancho externo es menor al propuesto por Gevers (en Gevers *et al.*, 1971) en la diagnosis icnoespecifica. Sin embargo, el consenso actual entre icnotaxónomos sugiere que el tamaño no debería ser usado como icnotaxobase. *Diplichnites* se diferencia de *Umfolozia* en que ésta última está compuesta por series de cuatro pares de apéndices que se repiten (Savage 1971). *Diplichnites gouldi* es difícil de diferenciar de *Diplopodichnus*, pero se diferencian en que *D. gouldi* no forma surcos bilobulados (Buatois *et al.*, 1998). En la actualidad algunos autores evitan el uso de *Diplichnites* dado que el status icnotaxonómico del mismo es incierto (Jensen, 1997) y es un ichnogénero que requiere una revisión. *Diplichnites* es comúnmente interpretado como una traza de locomoción producida por artrópodos, este ichnogénero fue inicialmente descrito en ambientes deltaicos y se

consideraba como posibles productores a anélidos, crustáceos o miriápodos; luego Seilacher propuso como posibles productores a trilobites (Mángano *et al.*, 2002). Los ejemplares aquí descritos aparecen asociados a *Cruziana*, *Monomorphichnus*, *Rusophycus*, *Treptichnus* y *Undichna*. La calidad de preservación de los especímenes analizados es buena, en algunos ejemplares se preserva la contraparte, también se observan impresiones que son cortadas por otras trazas de locomoción como *Cruziana* y *Diplichnites?* o por pistas de peces (*Undichna*).

Diplichnites ? isp.

Fig. 11

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3404, 3412, 3413, 3418, 3432, 3446, 3450, 3464, 3477, 3478, 3485, 12129, 12166, 12197, 12220, 12224, 12230, 12232, 12251, MCNAM PI. 24268), Puesto Yantén (GHUNLPam 3486).

Descripción: Impresiones de huellas de simetría opuesta con forma elipsoidal, medialuna o acuminada externa (Trewin, 1994), oblicuas o perpendiculares al eje de la traza (Trewin, 1994). Con un ancho externo de 5 a 8,6 mm y un ancho interno 2,3 a 4 mm. Las trayectorias son rectas o levemente curvas y se preservan tanto en hiporelieve positivo como en epirelieve negativo.

Discusión: Estos ejemplares se clasificaron como comparables a este icnogénero ya que las impresiones no son elipsoidales o elongadas, como es característico de *Diplichnites*. Además la preservación de los ejemplares en algunos casos es deficiente como producto de la sobreimpresión de marcas individuales, lo que dificulta la determinación de la morfología de las mismas así como también la disposición de los apéndices con respecto al eje de la traza. En algunos ejemplares las impresiones están cortadas por otras trazas de locomoción como *Cruziana* y *Diplichnites* o por pistas de peces (*Undichna*). Aparecen asociados a excavaciones y a otras trazas como *Cruziana*, *Monomorphichnus*, *Rusophycus*, *Treptichnus* y *Undichna*.



Figura 6. Icnospecie *Cruziana problematica* GHUNLPam 3402, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 7. Icnospecie *Cruziana problematica* GHUNLPam 3404, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

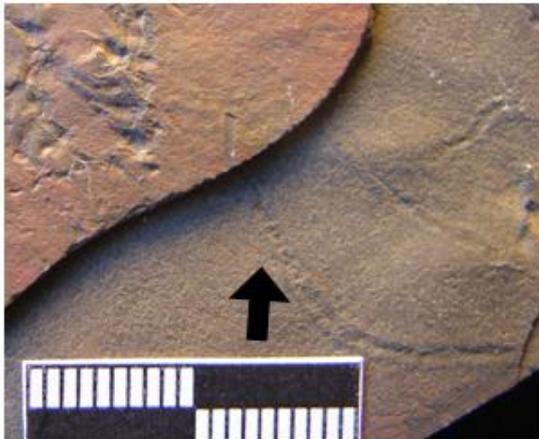


Figura 8. *Cruziana* ? isp. Indicada con flecha, GHUNLPam 3404, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 9. *Cruziana* ? GHUNLPam 3404, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

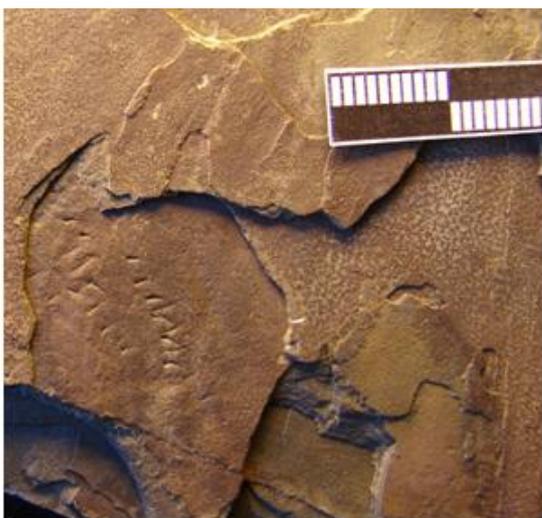


Figura 10. Icnospecie *Diplichnites gouldi* GHUNLPam 3461 Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

Ichnogénero *Gordia* Emmons, 1844

Ichnoespecie tipo: *Gordia marina* Emmons, 1844.

Diagnosis: Smooth, unbranched horizontal trails or burrows of uniform diameter throughout their length, winding but not meandering, with a marked tendency to level crossing. Burrow-fill massive (según Fillion y Pickerill, 1990).

Ichnoespecie *Gordia marina* Emmons, 1844

1993 *Gordia* isp., Melchor *et al.*, p 15.

Figs. 12 y 13

Diagnosis: *Gordia* in which level crossing is fully developed and meander are unguided (Fillion y Pickerill, 1990).

Procedencia y material: Lomas Piedras de Afilas (GHUNLPam 12111), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3428, 3453, 12098, 12108, 12115, 12123, 12129, 12202 12215, 12220,12234), Puesto Yantén (GHUNLPam 3488).

Descripción: Pistas horizontales onduladas no ramificadas de diámetro uniforme entre 1 y 3 mm que se cortan a sí mismas, algunas llegan a presentar dos o tres cruces en su desarrollo. Estas trazas forman elipses de entre 5-20 mm de diámetro. La preservación es buena como hiporelieve positivo.

Discusión: Este ichnogénero posee características similares a *Mermia*, aunque dicho ichnogénero presenta múltiples enrollamientos (Buatois y Mángano, 1993b). *Gordia* es generalmente considerada una pista de pastoreo (pascichnia) y, según Ksiazkiewicz (1977), es producida por anélidos poliquetos, en ambientes marinos. Los productores tentativos en ambientes continentales incluyen artrópodos y nematodos (Buatois y Mángano, 1993b). *Gordia marina* fue reportada en sedimentos lacustres, fluvio-lacustres y marinos (Buatois y Mángano, 1993b). Estas pistas se preservan asociadas a *Cruziana*, *Helminthoidichnites*, *Helminthopsi*, *Rusophycus* y *Treptichnus* aunque también aparecen en forma aislada.

Ichnogénero *Gluckstadtella* Savage, 1971

Ichnoespecie tipo: *Gluckstadtella cooperi* Savage, 1971.

Diagnosis: Arthropod resting impressions consisting of six pairs of appendage marks. The anterior two pairs are longest and directed forward. The remaining four pairs are relatively short, set close together, and directed postero-laterally. The lengths range from 8 to 22 mm.

Iconoespecie *Gluckstadtella cooperi* Savage, 1971

1993 *Gluckstadtella* isp., Melchor *et al.*, p 15.

Figs. 14, 15 y 16

Diagnosis: La misma que el icnogénero, dado que es monoespecífico.

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3429, 3431, 3456, 3478, 12237).

Descripción: Estos ejemplares presentan dos pares de marcas de apéndices con forma de media luna (Trewin, 1994), de 4 mm de longitud promedio orientados el primer par paralelos al eje de la traza y los segundos con un ángulo inferior a cuarenta y cinco grados (45°). Hacia el otro extremo se encuentran cuatro pares de marcas de apéndices posteriores con morfología circular, elipsoidal y elongada (Trewin, 1994) más agrupados, con una longitud promedio de 2 mm, orientados perpendicular o con un ángulo menor a ciento treinta y cinco grados (135°) con respecto al eje de la traza. El largo de las trazas en promedio es de 15 mm y el ancho de 10 mm. Se preservan como hiporelieve negativo y epirelieve positivo.

Discusión: Este icnogénero es interpretado como una traza de reposo de artrópodos que se diferencia de *Kingella* porque esta última es una traza de forma oval con marcas de antenas (Savage, 1971). La preservación de los ejemplares es buena ya que se pueden diferenciar bien las marcas de los apéndices, en algunos ejemplares se observa una perturbación del sedimento cerca de las impresiones de los apéndices. El icnogénero fue descrito en depósitos lacustres por Savage (1971). Estos ejemplares están asociados a marcas de apéndices, *Cruziana*, *Monomorphichnus*, *Protovirgularia* y *Rusophycus*, los cuales se encuentran en el perfil perteneciente a Mina Santa Cruz. El icnogénero *Gluckstadtella* es considerado una traza de reposo producida por artrópodos (Savage, 1971).



Figura 11. *Diplichnites* ? GHUNLPam 3404, indicada con flecha, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 12. Icnospecie *Gordia marina* GHUNLPam 12123 I, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

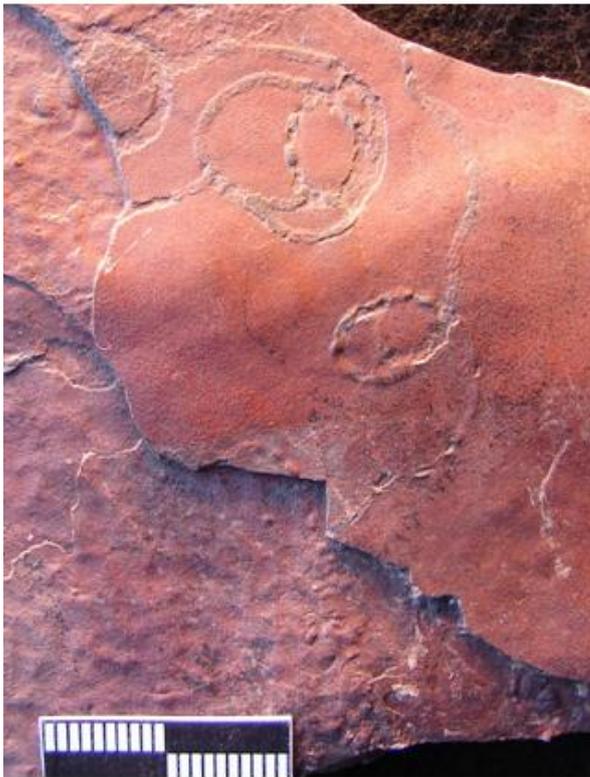


Figura 13. Icnospecie *Gordia marina* GHUNLPam 12115, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

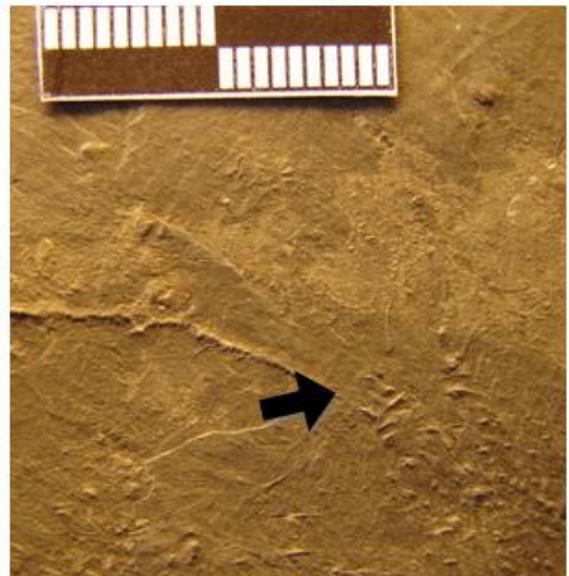


Figura 14. Icnospecie *Gluckstadtella cooperi* GHUNLPam 3429, indicada con flecha, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

Ichnogénero *Helminthoidichnites* Fitch, 1850

Ichnoespecie tipo: *Helminthoidichnites tenuis* Fitch, 1850.

Diagnosis: Simple, unbranched, small, straight to curved and slightly circular trails. Overcrossing between different specimens is common. Diameter ranges from 0.5 to 1 mm, more or less constant in individual specimens. Maximum, observed length is around 150 mm. Preserved as epichnial grooves or hypichnial ridge (según Buatois y Mángano, 1993b).

Ichnoespecie *Helminthoidichnites tenuis* Fitch, 1850

Fig. 17, 18 y 19

Diagnosis: La misma que el ichnogénero, dado que es monoespecífico (según Buatois y Mángano, 1993b).

Procedencia y material: Lomas Piedra de Afilar (GHUNLPam 12101, 12111, 12124), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3404, 3419, 3428, 3451, 3461, 3462, 3485, 3495, 12104, 12112, 12115, 12120, 12135, 12142, 12153, 12157, 12217, 12231, 12233, 12237, 12239, MCNAM PI. 24268, 24269, 24288, 24289), Puesto Yantén (GHUNLPam 3496).

Descripción: Crestas o surcos horizontales simples no ramificados, con una trayectoria recta, sinuosa o curva, es común que los ejemplares se entrecrucen, generalmente se observa gran densidad de ejemplares por laja. El diámetro es constante, varía entre 0,65 - 1 mm, el largo promedio es de 50 mm. Se preservan tanto en epirelieve negativo como en hiporelieve positivo.

Discusión: Se diferencian de *Helminthopsis* porque los ejemplares se entrecruzan o tocan entre sí y por la mayor densidad de trazas por laja (Jensen, 1997). Otro ichnogénero con el cual se puede comparar es *Gordia*, diferenciándose en que dicho ichnogénero está compuesto por una pista que muestra un patrón circular con cruzamientos (Buatois y Mángano, 1993b). Estos ejemplares aparecen asociados a *Cruziana*, *Gordia*, *Monomorphichnus*, *Protovirgularia*, *Rusophycus*, *Treptichnus* y *Undichna*, aunque la mayoría de los ejemplares se preservan como ichnoespecie única por muestra. Si bien se encuentran presentes en toda el área de estudio, son más abundantes en el perfil de Mina Santa Cruz. *Helminthoidichnites* es considerada una traza de pastoreo horizontal (pascichnia) probablemente producida por artrópodos (Buatois y Mángano, 1993b) o por larvas de insectos o nematomorfos (Buatois y Mángano, 2003).

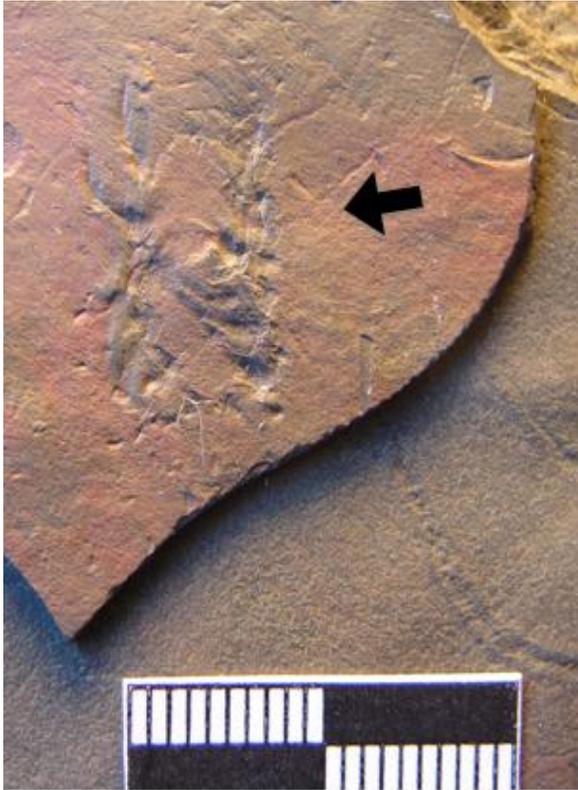


Figura 15. Icnospecie *Gluckstadtella cooperi* GHUNLPam 3478, indicada con flecha, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 16. Icnospecie *Gluckstadtella cooperi* GHUNLPam 3456, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

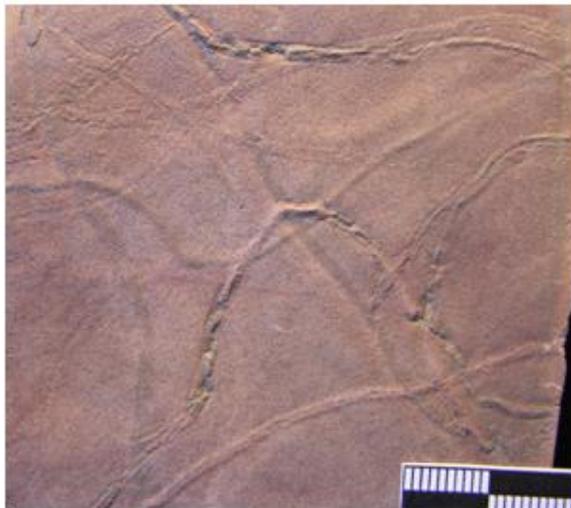


Figura 17. Icnospecie *Helminthoidichnites tenuis* GHUNLPam 12212, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

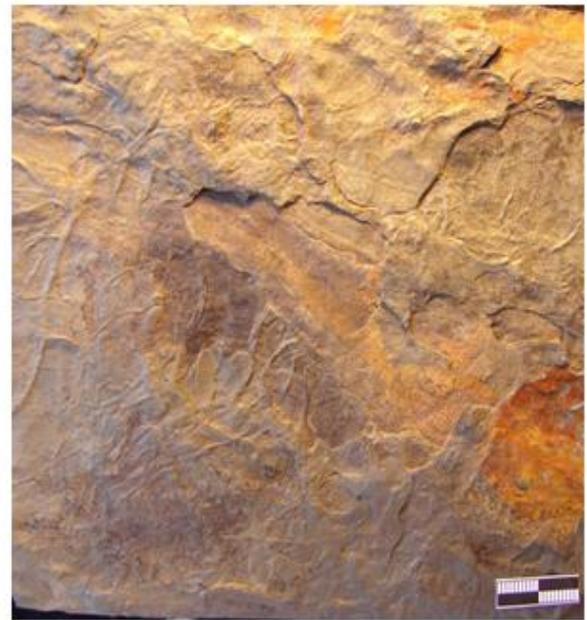


Figura 18. Icnospecie *Helminthoidichnites tenuis* GHUNLPam 3419, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

Ichnogénero *Helminthopsis* Heer, 1877

Ichnoespecie tipo: *Helminthopsis magma* Heer, 1877. Por subsecuente designación (Ulrich, 1904).

Diagnosis: Unbranched, irregularly winding or meandering, horizontal burrows or trails that do not touch or cross themselves. Only one order of meandering may be present. Burrow-fill massive (según Fillion y Pickerill, 1990).

Ichnoespecie *Helminthopsis tenuis* Książkiewicz, 1968

Fig. 20

Diagnosis: Thread-sized *Helminthopsis* up to 1.5 mm in diameter, irregularly meandering—some high and narrow, others low and broad (según Fillion y Pickerill, 1990).

Procedencia y material: Loma Piedras de Afilas (GHUNLPam 12099, 12122, 12128), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3436, 3445, 3450, 3466, 12089, 12106, 12134, 12159), Puesto Yantén (GHUNLPam 3488, 3496, MCNAM PI 24271).

Descripción: Pistas horizontales simples, meandriiformes, no ramificadas de 0,7 a 1,3 mm de diámetro constante que no se cortan a sí mismas, con longitudes de 10 a 30 mm, preservadas tanto como surcos epicniales o como crestas hipocniales.

Discusión: Este ichnogénero se diferencia de *Helminthoidichnites* en que los ejemplares no se tocan entre sí. *Helminthopsis* es una forma común en emplazamientos profundos (Fillion y Pickerill, 1990), también se encuentra en ambientes marinos someros y en secuencias continentales, incluyendo sedimentos lacustres (Buatois y Mángano, 1993b). *Helminthopsis* es una pista de pastoreo generalmente interpretada como producida por anélidos, en emplazamientos continentales los probables productores son artrópodos y nematodos (Buatois y Mángano, 1993b). Esta ichnoespecie aparece asociada a *Cruziana*, *Protovirgularia*, *Treptichnus* y *Rusophycus*.

Ichnogénero *Monomorphichnus* Crimes, 1970

Ichnoespecie tipo: *Monomorphichnus bilinearis* Crimes, 1970.

Diagnosis: A series of straight or slightly sigmoidal, parallel or intersecting striae, isolated or grouped in set, in places repeated laterally and typically preserved in convex hyporelief (según Fillion y Pickerill, 1990).

Iconoespecie *Monomorphichnus lineatus* Crimes *et al.*, 1977

Fig.: 21 y 22

Diagnosis: *Monomorphichnus* composed of parallel, isolated, straight to slightly sigmoid striate, which may be repeated laterally (Fillion y Pickerill, 1990).

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3431, 3462, 3471, 12162, 12175, 12252).

Descripción: Estrías paralelas curvadas o rectas de 3 a 7 mm de largo, el ancho individual varía entre 0,3 y 0,5 mm, con un espaciamiento entre ellas de 1 a 3 mm. Se encuentran en grupos de 3 a 6 estrías que se repiten lateralmente de dos a cuatro veces, el espaciamiento entre grupos de estrías es de 2 a 4 mm. La preservación se da en epirelieve negativo, siendo la misma buena.

Discusión: Este icnogénero se atribuye habitualmente a artrópodos. Osgood (1970, 1975) notó que, en lugar de representar un método de alimentación ineficiente, la traza podría haber sido producida por trilobites arrastrados por la corriente, que perdieron el control de sus movimientos (Fillion y Pickerill, 1990). Los ejemplares que se agrupan dentro de este icnogénero podrían ser confundidos con marcas de objetos, pero se observan marcas de apéndices adjudicables a artrópodos asociados a este iconoespecie, las que son de ancho semejante a aquellas de *Diplichnites*. Estos ejemplares se presentan asociados a *Cruziana*, *Helminthoidichnites*, *Protovirgularia* y *Undichna*.

Iconogénero *Protovirgularia* Mc Coy, 1850

Iconoespecie tipo: *Protovirgularia dichotoma* Mc Coy, 1850.

Diagnosis: Plaited, unbranched, kell-like trail, mostly straight or slightly curved, more rarely sinuous, consisting of a median line (ridge or furrow) with lateral chevron markings opening in the direction of movement of the producing organism (según Kim *et al.*, 2000).

Iconoespecie *Protovirgularia dichotoma* Mc Coy, 1850

Figs. 23 y 24

Diagnosis: Unbranched, keel-like trail, typically, but not universally, with a median ridge or furrow from where paired, lateral, wedge-shaped appendages, commonly only a few millimeters in length, and of even or variable spacing, originate. Lateral appendages may be normal or at an acute angle to the median ridge or furrow (según Han y Pickerill, 1994)

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3400, 3404, 3423, 3424, 3430, 3432, 3433, 3437, 3453, 3464, 3476, 3484, 12096, 12106, 12117, 12125, 12162, 12166, 12203, 12210, 12211, 12243, 12250, 12252, 12253).

Descripción: Trazas de trayectoria recta o levemente curvada, que poseen una línea media que puede ser una cresta o surco según la preservación y marcas laterales en forma de chevron de pocos milímetros de ancho y de longitud también milimétrica. El ángulo que forman con la línea media varía entre noventa grados (90°) y cuarenta y cinco grados (45°). La longitud de los ejemplares varía entre 10 y 153 mm, con un ancho de entre 1 y 4,4 mm. Se preservan como hiporelieve positivo o epirelieve negativo.

Discusión: Esta iconoespecie de *Protovirgularia* es poco profunda, pero es claramente simétrica al eje central. *Protovirgularia* puede distinguirse de *Scolicia* por la angularidad de las marcas de chevron, de *Cruziana* por la sección transversal y la ausencia de marcas de "scratches" (Seilacher y Seilacher, 1994). Según Han y Pickerill (1994) se pueden diferenciar este icnogénero de *Nereites*, ya que éste último es una excavación formada generalmente por una estría en la parte media flanqueada por lóbulos poco espaciados. *Protovirgularia dichotoma* se encuentra asociada a *Cruziana*, *Gordia*, *Helminthoidichnites*, *Rusophycus*, *Treptichnius* y *Undichna*. En algunos casos son cortadas por otras trazas de locomoción de artrópodo. *Protovirgularia* es considerada una traza de locomoción (repichnia) posiblemente producidas por bivalvos, artrópodos o anélidos (Mángano *et al.*, 2002). Este icnogénero fue descrito en ambientes marinos profundos, marinos someros abiertos, marino marginales (Mángano *et al.*, 2002) y más raramente en ambientes continentales (Kim *et al.*, 2000).



Figura 19. Icnospecie *Helminthoidichnites tenuis* MCNAM PI 24269, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

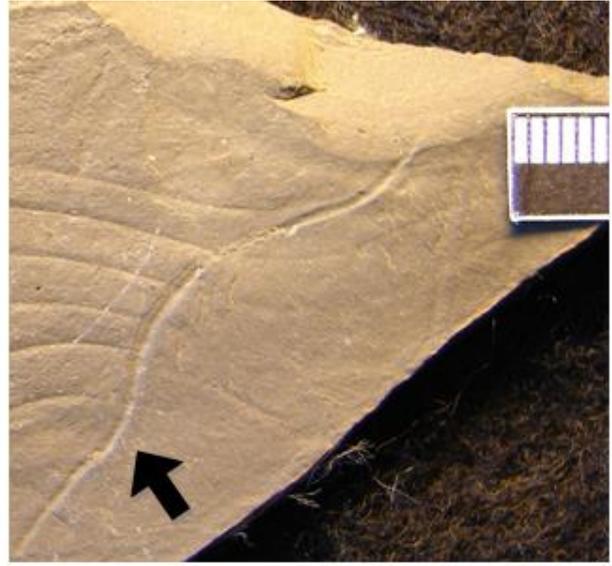


Figura 20. Icnospecie *Helminthoidichnites tenuis* GHUNLPam 3466, indicada con flecha, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

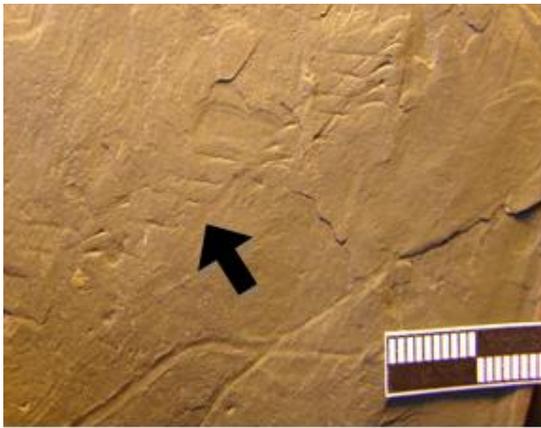


Figura 21. Icnospecie *Monomorphichnus lineatus* GHUNLPam 3466, indicada con flecha, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

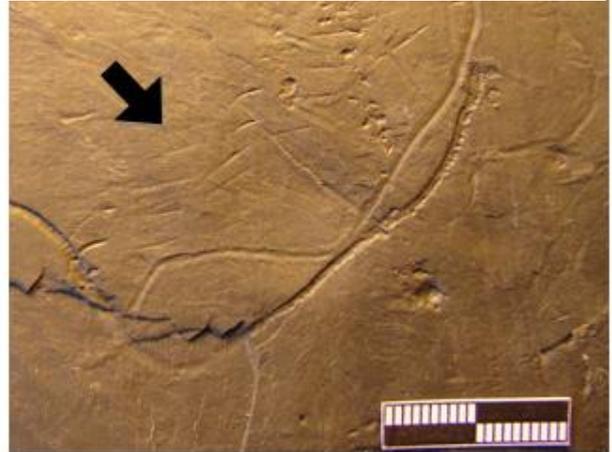


Figura 22. Icnospecie *Monomorphichnus lineatus* GHUNLPam 3431 I, indicada con flecha, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 23. Icnospecie *Protovirgularia dichotoma* GHUNLPam 12096, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 24. Icnospecie *Protovirgularia dichotoma* GHUNLPam 12106, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

Protovirgularia isp.

Fig. 25

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3434, 3437, 3438, 3444, 3447, 3449, 3453, 3454, 3459, 3467, 3475, 3478, 3480, 3483, 3484, 3485, 12089, 12096, 12105, 12145, 12147, 12153, 12157, 12163, 12165, 12166, 12175, 12203, 12206, 12221, 12229, 12230, 12233, 12238, 12240, 12247, 12250, 12253, MCNAM PI 24281), Puesto Yantén (GHUNLPam 3486).

Descripción: Pistas horizontales con una trayectoria recta o sinuosa que constan de una línea media y marcas laterales no siempre preservadas de forma clara. El largo varía entre 10 y 110 mm, con un ancho de entre 0,7 y 3 mm. El ángulo que forman las marcas laterales con la línea media varía entre noventa grados (90°) a cuarenta y cinco grados (45°). La preservación es deficiente y se puede encontrar tanto en hiporelieve positivo como en epirelieve negativo.

Discusión: Las trazas agrupadas como *Protovirgularia isp.* no reúnen las características suficientes como para ser asignadas a algunas de las icnoespecies conocidas debido a la pobre o parcial preservación, sobre todo de las marcas laterales. Han y Pickerill (1994), en su revisión del icnogénero, concluyen que *P. dichotoma* Mc Coy, 1850 es la única icnoespecie válida y que *P. harknessi* Lapworth, 1870, *P. nereitarum* Richter, 1853, *P. mongraeensis* Chiplonkar y Badve, 1970 deben ser consideradas sinónimos junior, porque fueron definidas en función de una variación en la morfología de *P. dichotoma*. Seilacher y Seilacher (1994) reconocen como icnoespecies válidas a *P. dichotoma* Mc Coy, 1850; *P. triangularis* Macsotay, 1967; *P. tuberculata* Williamson, 1887; *P. rugosa* Miller y Dyer, 1878 y *P. longespicata* de Stefani, 1885. Uchman (1998), además reconoce las icnoespecies *P. obliterated* (Książkiewicz, 1977), *P. vagans* (Książkiewicz, 1977), y *P. dzulynskii* (Książkiewicz, 1977) en su revisión de la colección de esta autora (Mángano *et al.*, 2002). Los ejemplares descriptos se encuentran asociados a *Cruziana*, *Gordia*, *Gluckastella*, *Helminthoidichnites*, *Helminthopsis*, *Rusophycus*, *Treptichnus* y *Undichna*, preservándose también como único icnogénero en algunas muestras. Es común encontrar ejemplares cortados por *Cruziana*, *Helminthopsis* y *Undichna*.

Ichnogénero *Rusophycus* Hall, 1952

Ichnoespecie tipo: *Rusophycus clavatus* Hall, 1952.

Diagnosis: Short (length to width ratio less than 2:1) interfacial bilobate burrow or surface mark resembling a coffee-bean, preserved in convex hyporelief (or potentially, concave epirelief). Ovate lobes parallel to slightly divergent and may be smooth or exhibit transverse to oblique scratch marks (según Keighley y Pickerill 1996).

Comentario: Para clasificar los ejemplares como *Rusophycus* se siguió el criterio propuesto por Keighley y Pickerill (1996), quienes sugieren que este ichnogénero debe tener una relación largo ancho igual o menor 2:1, a diferencia de *Cruziana*, que tiene una relación mayor.

Ichnoespecie *Rusophycus carbonarius* Dawson 1864

Figs. 26 y 27

Diagnosis: Small, coffee-bean-shaped form with transverse to oblique, generally fine striations that do not extend beyond the parallel to slightly gaping lobes (según Keighley y Pickerill, 1996)

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3402, 3421, 3435, 3469, 12138, 12171), Puesto Yantén (MCNAM PI 24274, 24275).

Descripción: Excavaciones horizontales semejantes a un grano de café, formadas por dos lóbulos paralelos y un surco central, en los lóbulos se observan estrías transversales a oblicuas al eje de la traza. La relación largo / ancho observada en los ejemplares es igual o inferior a 2:1, con valores que varían entre 3 - 11 mm de largo y 2 - 6 mm de ancho. Se preservan en hiporelieve positivo.

Discusión: *Rusophycus carbonarius* es considerada una traza de descanso horizontal producida por artrópodos. Los ejemplares descritos se encuentran bien preservados y asociados a *Cruziana*, *Diplichnites*, *Treptichnius* y *Undichna*; generalmente se encuentra más de un ejemplar por muestra. *Rusophycus* es común en ambientes marinos someros y profundos, pero también han sido reconocidos en ambientes continentales (Mángano *et al.*, 2002).

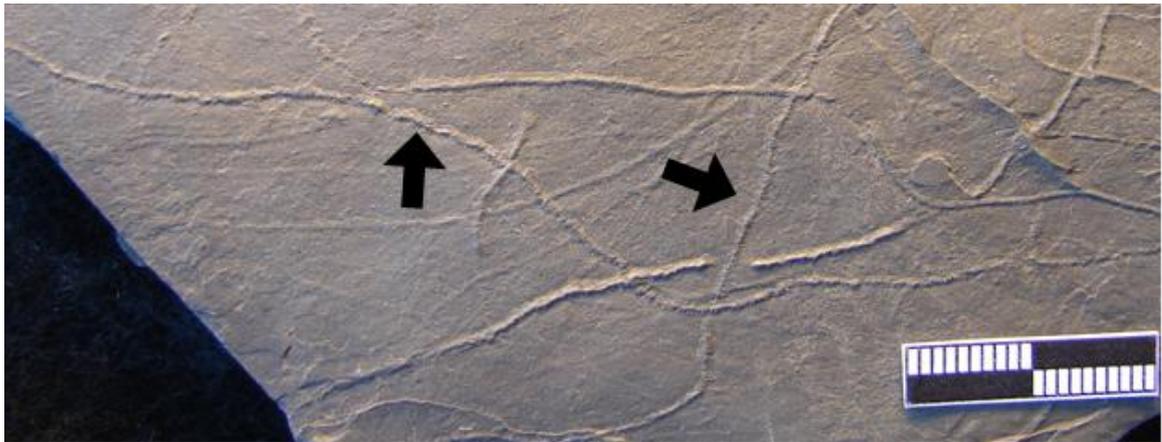


Figura 25. *Protovirgularia* isp MCNAM PI 24269, indicada con flechas, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

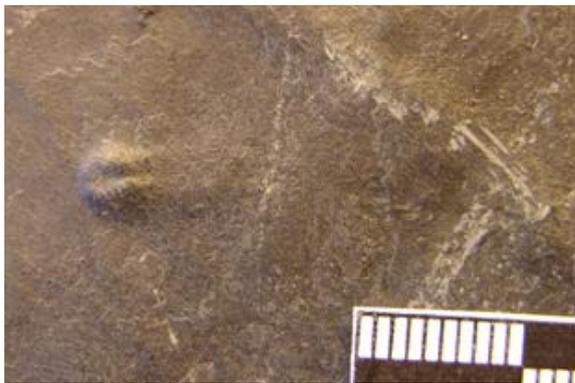


Figura 26. Icnospecie *Rusophycus carbonarius* GHUNLPam 12138, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

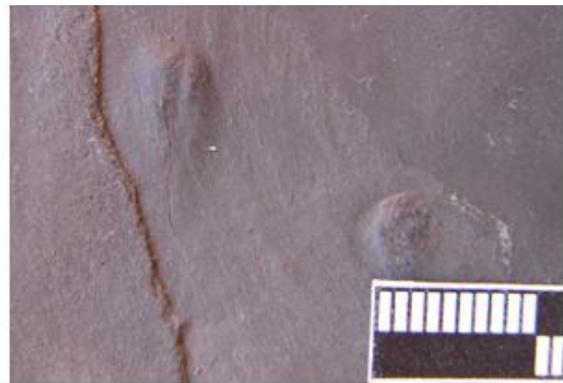


Figura 27. Icnospecie *Rusophycus carbonarius* GHUNLPam 12184 II, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

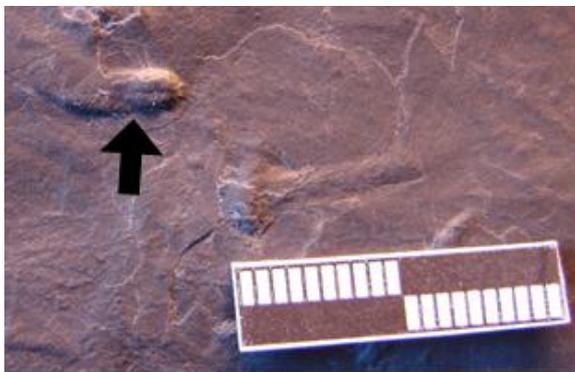


Figura 28. *Rusophycus* isp. GHUNLPam 3402, indicado con flecha, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

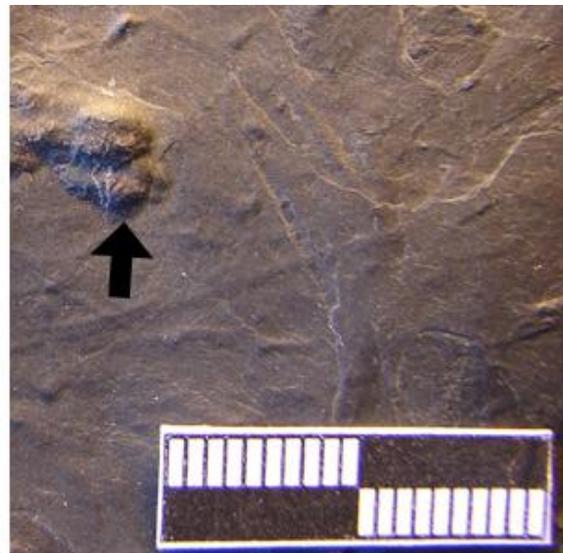


Figura 28. *Rusophycus* isp. GHUNLPam 3402, indicada con flecha, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

Rusophycus isp.

Figs. 28 y 29

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3402, 3405, 3415, 3421, 3422, 3424, 3425, 3428, 3431, 3436, 3453, 3463, 3469, 3476, 3478, 12090, 12092, 12135, 12144, 12145, 12146, 12147, 12151, 12155, 12160, 12161, 12164, 12167, 12176, 12179, 12182, 12183, 12184, 12185, 12192, 12194, 12196, MCNAM PI 24280, 24287), Puesto Yantén (MCNAM PI 24274, 24275, 24276).

Descripción: Excavaciones horizontales formadas por dos lóbulos elípticos paralelos, que poseen marcas transversales en algunos de los ejemplares, separados por un surco central. En estos ejemplares también se mantiene la relación largo ancho menor o igual a 2:1. Las trazas varían entre 0,7 - 13 mm de largo y entre 0,4 - 7 mm de ancho. Se preservan en hiporelieve positivo.

Discusión: Los ejemplares muestran la morfología general típica de *Rusophycus*, pero debido a la pobre preservación en especial de las marcas en los lóbulos, se hace difícil la asignación a una icnoespecie determinada. En los casos donde las marcas se muestran mejor preservadas los ejemplares son comparables con *Rusophycus carbonarius*. Estos ejemplares se preservan asociados a *Cruziana*, *Gordia*, *Gluckastella*, *Helminthoidichnites*, *Helminthopsis*, *Monomorphichnus*, *Protovirgularia*, *Treptichnus* y *Undichna*.

Ichnogénero *Treptichnus* Miller, 1889

Ichnoespecie tipo: *Treptichnus bifurcus* Miller, 1889.

Diagnosis: Simple or zigzag, straight or curved segments associated with vertical or oblique tubes comprising a three-dimensional burrow system. Joined points of segments exhibit small pits or short twiglike projections (según Buatois y Mángano, 1993a).

Treptichnus cf. pollardi Buatois y Mangano 1993

Fig. 30

Procedencia y material: Lomas Piedras de Afilas (GHUNLPam 3440, 3441), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3401, 3406, 3407, 3409, 12133, 12137, 12141, 12177, 12180, 12192, 12194, 12197, 12219), Puesto Yantén (MCNAM PI 24270, 24273).

Descripción: Sistema tridimensional de excavaciones simples rectas, observándose posibles hoyos circulares u ovals en las uniones de los segmentos unidos. El diámetro de los hoyos y segmentos es de 0,5 a 3 mm y los segmentos poseen una longitud de entre 4 y 10 mm. El ángulo entre los segmentos varía entre ciento cinco grados (105°) y ciento cuarenta grados (140°). Se preservan como crestas en epirelieve o como surcos en hiporelieve, con una disposición general en zig-zag o curvada.

Discusión: Estos ejemplares son comparables con *T. pollardi* debido a la posible presencia de hoyos en la unión de los segmentos, en algunos ejemplares no se observa la unión o la parte final de los segmentos, esto se podría deber a una deficiente preservación. *T. pollardi* se diferencia de *T. bifurcus* por la presencia de hoyos superficiales en las uniones de los segmentos, la ausencia de proyecciones, por el patrón más irregular y los pocos segmentos por sistema. (Buatois y Mángano 1993a). *T. pollardi* se distingue de *T. lublinensis* y *T. triplex* por la ausencia de proyecciones terminales en zig-zag, la presencia de hoyos asociados a los segmentos horizontales y por los segmentos de menor diámetro (Buatois y Mángano 1993a). *Treptichnus* es interpretado como una estructura de alimentación tridimensional, producida por larvas de insectos o vermiformes (Buatois y Mángano 1993a). Este icnogénero fue reportado en ambientes lacustres, marinos someros y abanicos submarinos (Buatois y Mángano 1993a). Los ejemplares descritos se preservan asociados a *Cruziana*, *Protovirgularia*, *Rusophycus* y *Undichna*.

***Treptichnus* isp.**

Fig. 31

Procedencia y material: Lomas Piedras de Afilar (GHUNLPam 12100, 12110, 12131), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3402, 3403, 3405, 3435, 3455, 3464, 3465, 12086, 12105, 12120, 12125, 12129, 12132, 12140, 12167, 12181, 12185, 12188, 12189, 12194, 12199, 12203, 12208, 12209, 12215, 12221, 12225), Puesto Yantén (MCNAM PI, 24271, 24277).

Descripción: Sistema de excavaciones simples rectas, que poseen una disposición recta, algunos ejemplares se encuentran unidos. El diámetro de los segmentos es de 0,7 a 3,5 mm y poseen una longitud de entre 4 y 27 mm. El ángulo entre los segmentos es variable. Se preservan deficientemente como crestas en epirelieve o como surcos en hiporelieve, con poco relieve.

Discusión: Estas trazas no pueden ser asignadas con seguridad a ninguna icnoespecie conocida de *Treptichnus* debido a su preservación deficiente con poco relieve, a la

superposición de ejemplares y su morfología, dado que en algunos ejemplares sólo se observaban los segmentos verticales sin hoyos lo que impide asignarlos a *T. pollardi*, tampoco poseen una disposición en zig-zag característica de *T. lublinensis* y *T. triplex* o las proyecciones como para asignarlos a *T. bifurcus* (Buatois y Mángano 1993a). Los ejemplares descritos se preservan asociados a *Cruziana*, *Protovirgularia*, *Rusophycus*, *Undichna* y a orificios con una disposición en zig-zag.

ICNOGÉNERO *Umfolozia* Savage, 1971

ICNOESPECIE TIPO: *Umfolozia sinuosa* Savage, 1971.

DIAGNOSIS: A biseral trail from 20 to 25 mm wide consisting of repetitions of the same 4 pairs of appendage tracks with a series of small oval marks following a regularly sinuous pattern between the tracks (Savage, 1971).

Umfolozia cf. *sinuosa* Savage, 1971

1993 *Umfolozia* cf. *sinuosa*, Melchor *et al.*, p 15.

Fig. 32

PROCEDENCIA Y MATERIAL: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 12097).

DESCRIPCIÓN: Se trata de una traza horizontal levemente curva, formada por la repetición de cuatro pares de apéndices ovales de 4 y 2 mm de ancho, estas marcas poseen mayor profundidad en la parte interna de la misma. El ancho externo de la traza es de 17 mm y el interno de 5 mm, con un largo preservado de 59 mm. El ejemplar se preserva como epirelieve positivo.

DISCUSIÓN: La preservación del ejemplar es buena pudiéndose diferenciar los apéndices, aunque en forma parcial lo que impide la asignación icnoespecífica precisa del ejemplar. Esta traza es cortada por dos pistas de artrópodos. Según Savage (1971), el productor de *Umfolozia* parecería avanzar entre caminando y nadando cerca del fondo. Este icnogénero se diferencia de *Diplichnites* por la repetición de los cuatro pares de apéndices (Savage, 1971) y de *Mirandaichniun* en que éste último presenta series de ocho pares de apéndices (Buatois *et al.*, 1998). Savage (1971) definió el icnogénero usando material procedente de un lago glacial del Carbonífero o Pérmico Temprano de Natal (Sudáfrica); Buatois y

Mángano (2003) lo mencionan en un ambiente de fiordos del Paleozoico Superior de San Juan, Argentina. Se la interpreta como una traza de locomoción de artrópodos (Savage, 1971).

Iconógeno *Undichna* Anderson, 1976

Iconoespecie tipo: *Undichna simplicitas* Anderson, 1976.

Diagnosis: The genus includes those trace fossils comprising a set of horizontal waves (incised grooves) with a common wavelength and alignment (según Higgs, 1988).

Discusión: El iconógeno *Undichna* muestra un patrón regular de pistas sinusoidales repetitivas y se ha asignado casi exclusivamente a peces nadando tan cerca del sustrato que sus espinas o apéndices dejan marcas en el mismo (Trewin, 2000). Este iconógeno ha sido descrito en ambientes marinos someros, planicies de inundación y lacustres bien desarrollados (Melchor y Cardonatto 1998). Buatois y Mángano (2003) lo mencionan en ambientes fluvio-estuarinos y en ambientes de fiordos. Anderson (1976) menciona al iconógeno *Undichna* asociado a trazas de artrópodos asignadas a *Umfolozia* en depósitos glaciares.

Iconoespecie *Undichna bina* Anderson, 1976

Fig. 33

Diagnosis: This trail consists of one pair of clear-cut lines a constant distance apart. These usually follow a sinusoidal or slightly asymmetrical sinusoidal course, but at times they may undulate in an irregular way, they are never altogether straight (según Anderson, 1976)

Procedencia y material: Lomas Piedras de Afilas (GHUNLPam 12099, 12100), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3406, 12177), Puesto Yantén (MCNAM PI 24277).

Descripción: Par de crestas sinuosas con forma de ondas paralelas en fase, la longitud de onda varía entre 30 a 72 mm y la amplitud de onda entre 6 y 13 mm. Las crestas están separadas una de otra entre 23 y 42 mm, poseen un ancho de 1 mm. Se encuentran bien preservadas en hiporelieve positivo.

Discusión: Esta iconoespecie fue definida por Anderson (1976) en un ambiente glacial lacustre del Pérmico de Sudáfrica. Según Trewin (2000), inclusive cuando las estrías de *U.*

bina están fuertemente marcadas en el sustrato, no se registran otras pistas asociadas, por lo tanto *U. bina* no puede ser considerada como un ejemplo pobremente preservado de otra icnoespecie de *Undichna*. Esta icnoespecie se diferencia de *U. simplicitas* en que posee sólo un par de ondas sinusoidales, y no posee las ondas no apareadas (Anderson, 1976). También se diferencia de *U. insolentia* en que esta última como morfología mínima característica posee dos o tres pares de ondas sinusoidales (Anderson, 1976). La otra icnoespecie afín es *U. quina*, de la cual se distinguen que no posee un par adicional de ondas fuera de fase (Trewin, 2000). Los ejemplares descritos se preservan asociados a *Cruziana*, *Helminthopsis* y *Treptichnus*.

***Undichna cf. britannica* Higgs, 1988**

1993 *Undichna cf. britannica*, Melchor *et al.*, p 15.

Figs. 34 y 35

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 12087, 12134).

Descripción: Pistas horizontales sinuosas formadas por un par de ondas fuera de fase, con distinta amplitud y/o longitud de onda que se cortan mutuamente. Estas pistas poseen un ancho de 2 a 3 mm. El ejemplar GHUNLPam 12087 está formado por dos ondas fuera de fase que se cortan, poseen distinta longitud de onda (32-38 mm) y una amplitud de 12-36 mm. En el ejemplar GHUNLPam 12134 se observan tres ondas: las dos superiores con una longitud de onda entre 220-134 mm y una amplitud de 26-33 mm, la tercera onda no se preserva de forma completa impidiendo la medición de sus parámetros. La preservación es pobre como hiporelieve positivo.

Discusión: *U. britannica* se caracteriza por ser dos ondas sinuosas que se entrecruzan. Si bien los ejemplares estudiados están compuestos por dos ondas sinuosas fuera de fase que se cortan (Higgs, 1988), la preservación del ejemplar GHUNLPam 12087 no es lo suficientemente clara y el ejemplar GHUNLPam 12134 presenta una preservación parcial, por lo tanto su asignación a la icnoespecie *U. britannica* no es segura. Estas trazas sólo se preservaron asociadas a excavaciones no identificadas y se observan únicamente en el perfil Mina Santa Cruz. *U. britannica* fue reportada en ambientes lacustres del Carbonífero de Argentina e Inglaterra, en ambientes estuarinos de España e Indiana, también en facies glaciolacustres de Sudáfrica (Buatois *et al.*, 1998).



Figura 30. *Treptichnus cf. pollardi* MCNAM PI 24270, Perfil Puesto Yanten. Escala = 2 cm.



Figura 31. *Treptichnus* isp GHUNLPam 3402, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 32. *Unfolozia cf. sinuosa* GHUNLPam 12097, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 33. Icoespecie *Undichna bina* GHUNLPam 12100, Perfil Loma Piedra de Afilar. Escala = 2 cm.

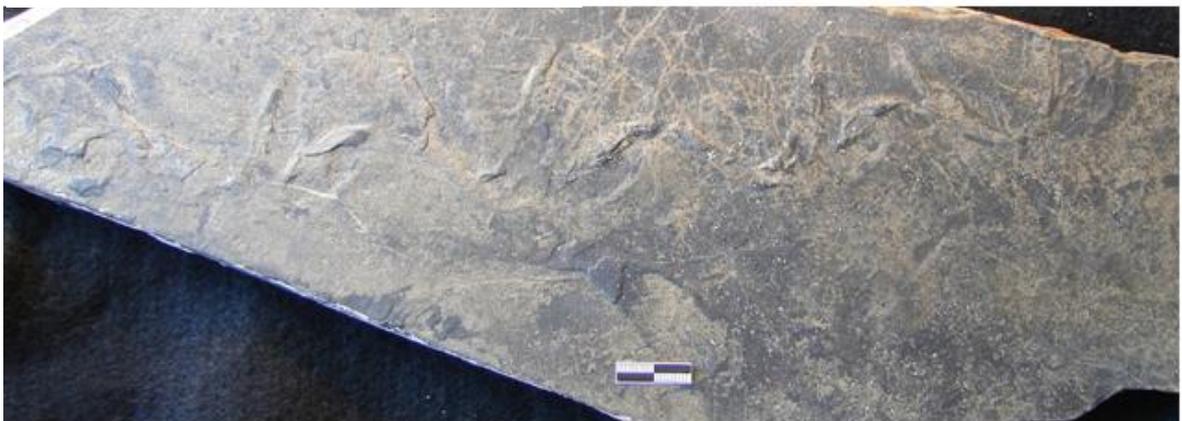


Figura 34. *Undichna cf. britanica* GHUNLPam 12087, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

Undichna cf. insolentia Anderson, 1976

1993 *Undichna cf. insolentia* Melchor *et al.*, p. 15.

Figs. 36, 37 y 38

Procedencia y material: Lomas Piedras de Afilas (GHUNLPam 12130), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3400, 3403, 3416, 3470, 12185, 12186, 12193, 12248, 12251).

Descripción: pistas formadas por crestas o estrías agrupadas en tres pares de ondas paralelas en fase con igual longitud de onda. Estas pistas poseen una longitud de onda que varía entre 28 y 88 mm, una amplitud de onda que varía entre 2 y 7 mm, el primer par de ondas poseen una separación entre 4 y 17 mm, el segundo par está separado entre 10 y 41 mm y el tercer par entre 20 - 66 mm, el ancho de las pistas varía entre 0,5 - 2 mm. La preservación es buena y se da tanto en epirelieve positivo como en hiporelieve negativo.

Discusión: Estos ejemplares son comparables con la icnoespecie *U. insolentia* ya que Anderson (1976) define la morfología mínima para este ejemplar como tres pares de ondas en lugar de un par sinusoidal como en las icnoespecies *U. bina* y *U. simplicitas*. Esta autora comenta que los tres pares de ondas poseen distinta longitud de onda y separación, lo cual difiere con lo observado en los ejemplares aquí citados. Dado que, si bien la separación entre los pares de ondas es distinta, los mismos se encuentran en fase y poseen similar longitud de onda. Los ejemplares se preservaron asociados a *Cruziana*, *Helminthopsis*, *Rusophycus* y *Treptichnus*.

Undichna ? isp.

Fig. 39

Procedencia y material: Lomas Piedras de Afilas (GHUNLPam 12121, 12122, 12128), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3401, 3402, 3407, 3408, 3410, 3425, 3434, 3450, 3466, 3485, 12086, 12125, 12138, 12139, 12146, 12147, 12158, 12173, 12174, 12175, 12176, 12178, 12186, 12187, 12188, 12189, 12196, 12198, 12225, 12226, 12227, 12249 MCNAM PI 24266, 24267, 24282), Puesto Yantén (MCNAM PI 24276).

Descripción: Pistas formadas por tres, cuatro, cinco o seis ondas sinusoidales, las mismas pueden ser paralelas y encontrarse en fase o no. La longitud de onda varía entre 15 a 74 mm, la amplitud entre 2 - 10 mm, la separación entre 2 - 64 mm y el espesor entre 1 - 3 mm. La calidad de la preservación es variable, los ejemplares se encuentran tanto en epirelieve positivo como en hiporelieve negativo.



Figura 35. *Undichna* cf. *británica* GHUNLPam 12134, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 36. *Undichna* cf. *insolentia* GHUNLPam 3470, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 37. *Undichna* cf. *insolentia* GHUNLPam 3466, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 38. *Undichna* cf. *insolentia* GHUNLPam 3404, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

Discusión: Estos ejemplares presentan una preservación pobre o deficiente, muchos de los cuales no se encuentran completos, impidiendo saber la cantidad de ondas total de cada uno. En otros especímenes, las ondas no se encuentran completas impidiendo medir los parámetros de la misma, por estos motivos no se los pudo asignar a ninguna de las icnoespecies conocidas. Estas trazas se encuentran asociadas a *Cruziana*, *Diplichnites*, *Helminthopsis*, *Monomorphichnus*, *Protovirgularia*, *Rusophycus* y *Treptichnus*. En muchos casos, los ejemplares son cortados por otras trazas de locomoción como *Cruziana*, *Diplichnites* y *Protovirgularia*.

Marca con forma de pincelada

Fig. 40

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (MCNAM PI 24283).

Descripción: Impresión aislada similar a una aleta. La misma posee una estría como límite exterior continuo con un ancho de 1,5 mm, dentro del mismo hay alrededor de 30 crestas de menor espesor que poseen un espaciamiento de alrededor de 2 mm y una pequeña curvatura. En la parte media de la impresión se puede observar una cresta de un espesor mayor.

Discusión: Trewin (2000) cita “brush-like imprints probably made by fins”, traza que es de morfología similar a la descrita, ya que se trata de crestas poco espaciadas con un cierto ángulo de curvatura, este autor las atribuye a las marcas formadas por contacto de una aleta con el fondo. Esta traza aparece asociada a *U. bina*, *U. insolentia* y *U. quina*, en el Pérmico de las Islas Malvinas. El ejemplar descrito en este trabajo puede ser interpretado de la misma forma ya que parece ser la impresión dejada por una aleta de un pez o dos impresiones sobrepuestas, formadas por el contacto de la misma con el fondo. No se conserva el resto de la impresión del cuerpo del animal aunque la laja portadora es suficientemente grande. Esta traza tampoco muestra una morfología similar a una marca producida por un objeto (“tool mark”).



Figura 39. *Undichna* ? isp. MCNAM PI 24282, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 40. Marca con forma de pincelada MCNAM PI 24283, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.



Figura 41. Trazas lobuladas asociadas a marcas de reostasis GHUNLPam 3466, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

Trazas lobuladas asociadas a marcas de reostasis

Figs. 41y 42

Procedencia y material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3412, 3418, 3426, 3448, 3456, 3470, 3482, 3485, 12118, 12143), Puesto Yantén (GHUNLPam 3489).

Descripción: Excavaciones horizontales semejantes a un grano de café, bilobuladas o unilobuladas, no se observa ornamentación en los lóbulos. Algunos ejemplares poseen una disposición al azar, aunque generalmente se disponen alineados o formando semicírculos, mostrando en el lateral más largo de las elipses una deformación del sedimento circundante. La traza posee un ancho de 1 a 4mm y un largo de 3 a 8 mm. Se observan varios ejemplares por laja llegando a ser 50. Se preservan en hiporelieve positivo.

Discusión: Las trazas uní o bilobuladas son comparables con *Rusophycus* por su morfología general y porque en algunas muestras se encontraron ejemplares asociados asignables a la icnoespecie *Rusophycus carbonarius* o a *Rusophycus* isp. La ausencia de ornamentación en los lóbulos se puede deber a una preservación deficiente. La disposición de los ejemplares parecería estar relacionada con la dirección de las paleocorrientes pero no existen indicadores de corrientes independientes. Estos ejemplares son interpretados como posibles trazas de alimentación asignadas al productor de *Rusophycus* que al intentar mantenerse en una posición favorable en relación a las corrientes (paralelo?) ajustaba periódicamente su posición en el sedimento del fondo

Marcas con disposición en zig-zag

Fig. 43

Procedencia y material: Lomas Piedras de Afilar (GHUNLPam 12111), Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3400, 3408, 3410, 3411, 3415, 3469, 12136, 12172, 12173, 12217, MCNAM PI 24284).

Descripción: Marcas circulares en menor proporción ovales, dispuestas en línea recta, curvada o en zig-zag. Con un diámetro que varía entre 0,8 a 3 mm., la separación entre los ejemplares no supera los 7 mm. Se preservan tanto como domos en epirelieve o como hoyos en hiporelieve.

Discusión: Estas trazas no pueden ser asignadas a ningún icnogénero, pero debido a su morfología y a que se preservan asociados a *Treptichnus*, podrían interpretarse como la

expresión vertical del sistema tridimensional de excavaciones que conforma este icnogénero (Buatois y Mángano 1993a). Por su morfología circular u ovalada también podría pensarse que son trazas de locomoción producidas por artrópodos, aunque algunos ejemplares no presentan una disposición simétrica o alternada con respecto al eje de la traza, como es característico de dicho tipo de traza fósil. Los ejemplares descritos se preservan asociados a *Cruziana*, *Protovirgularia*, *Rusophycus*, *Treptichnus* y *Undichna*.

Trazas de locomoción de artrópodos indeterminadas.

Fig. 44

Material: Mina Santa Cruz (GHUNLPam 3404, 3415, 3432, 3433, 3444, 3453, 3464, 3471, 3473, 3479, 3485, 12089, 12090, 12107, 12113, 12116, 12146, 12147, 12148, 12152, 12154, 12156, 12158, 12162, 12163, 12165, 12169, 12175, 12182, 12190, 12192, 12212, 12214, 12215, 12226, 12232, 12237, 12238, 12247, 12249, 12254, MCNAM PI. 24269, 24279), Puesto Yantén (GHUNLPam 3487).

Descripción: Impresiones de huellas de simetría generalmente opuesta, aunque algunos ejemplares presentan una simetría alternada o son asimétricos (Trewin, 1994). Las impresiones individuales presentan formas circulares, elipsoidales, en media luna o acuminada externa, oblicuas, perpendiculares o paralelas al eje de la traza (Trewin, 1994). Con un ancho externo de 4 a 9,2 mm y un ancho interno 2 a 4,5 mm. Algunos ejemplares presentan series de 2 a 7 impresiones, con un largo de serie que varía entre 4 y 30 mm. Las trayectorias son rectas o levemente curvas y se preservan tanto en el hyporelieve positivo como en el epirelieve negativo.

Discusión: Estos ejemplares se clasificaron como trazas de locomoción de artrópodos, ya que no pudieron ser asignados a *Cruziana*, *Diplichnites*, *Monomorphichnus*, *Rusophycus* o *Umfolozia*. Estas trazas de locomoción son comparables a *Diplichnites* isp. C Fillion y Pickerill (1990), icnotaxón propuesto para agrupar algunos ejemplares, que no podían ser asignados a ninguna icnoespecie conocida. La preservación en muchos casos deficientes o la sobreimpresión de los ejemplares sería la causa por la cual no se puede determinar su comparación con algún icnogénero. Aparecen asociados a excavaciones y a otras trazas como *Cruziana*, *Monomorphichnus*, *Rusophycus*, *Treptichnus* y *Undichna*.



Figura 42. Trazas lobuladas asociadas a marcas de reostasis GHUNLPam 3470, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

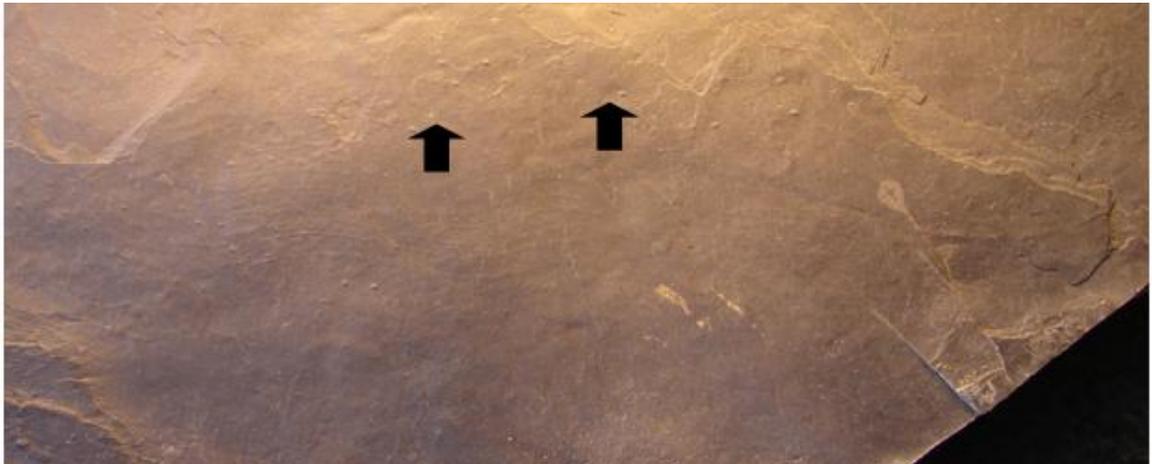


Figura 43. Marcas con disposición en zig-zag GHUNLPam 3400, indicada con flechas, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

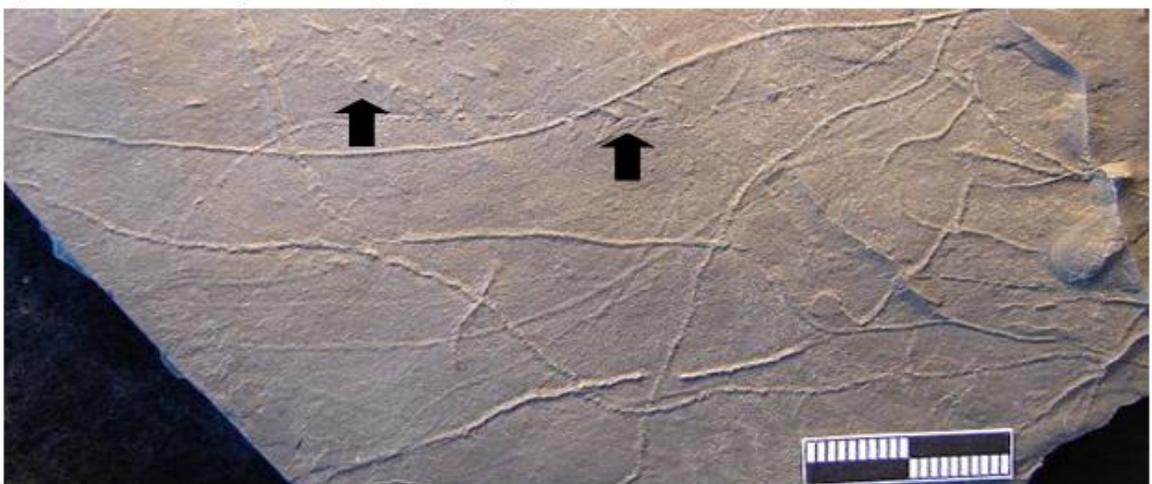


Figura 44. Trazas de locomoción de artrópodos indeterminadas MCNAM PI 24269, indicada con flechas, Perfil Mina Santa Cruz. Escala = 2 cm.

Distribución de trazas fósiles

Las trazas fósiles de la Fm. Agua Escondida se encuentran presentes en los planos de estratificación de las facies pelíticas (facies Pp), principalmente son: huellas de locomoción (*Cruziana problemática*, *Cruziana* ? isp, *Cruziana* ?, *Diplichnites gouldi*, *Diplichnites* ?, *Gluckstadtella cooperi*, *Monomorphichnus lineatus*, *Protovirgularia dichotoma*, *Protovirgularia* isp., *Umfolozia* cf. *sinuosa*, trazas de locomoción de artrópodos indeterminadas), pistas de pastoreo (*Gordia marina*, *Helminthoidichnites tenuis*, *Helminthopsis tenuis*), estructuras de alimentación (*Treptichnus* cf. *pollardi*, *Treptichnus* isp.), estructuras de descanso (*Rusophycus carbonarius*, *Rusophycus* isp., trazas lobuladas asociadas a marcas de reostasis), trazas de locomoción dejadas por peces (*Undichna bina*, *Undichna* cf. *britannica*, *U.* cf. *insolentia*, *Undichna* ? isp.) y otras marcas (marca con forma de pincelada, marcas con disposición en zig-zag).

En la zona del Perfil Mina Santa Cruz se encuentra presente toda la icnofauna antes nombrada, la cual posee una icnodiversidad alta (25 icnotaxones), dominio de trazas de locomoción, en menor proporción trazas de pastoreo con patrones poco especializados y de alimentación horizontales a subhorizontales producidas por una epifauna móvil en un ambiente subácueo. Mientras que en la zona del perfil Puesto Yantén la icnodiversidad se reduce (18 icnotaxa) siendo los icnogéneros presentes *Cruziana problemática*, *Cruziana* ? isp., *Diplichnites gouldi*, *Diplichnites* ? isp., *Gordia marina*, *Helminthoidichnites tenuis*, *Helminthopsis tenuis*, *Protovirgularia* isp., *Treptichnus* cf. *pollardi*, *Treptichnus* isp., *Rusophycus carbonarius*, *Rusophycus* isp., *U. bina*, *U.* cf. *insolentia*, *Undichna* ?, trazas lobuladas asociadas a marcas de reostasis, trazas de locomoción de artrópodos indeterminadas y marcas en zig-zag. En la zona de Lomas Piedras de Afilar la icnodiversidad es aun menor (6 icnotaxa), encontrándose presentes *Undichna* ?, *U. bina*, *Cruziana* ? isp., *Helminthopsis tenuis*, *Treptichnus* isp. y *Rusophycus* isp. Las trazas fueron originadas principalmente por artrópodos y en menor proporción por bivalvos, crustáceos o anélidos, siendo el icnogénero *Undichna* el único producido por vertebrados. En todos los casos se nota la ausencia de excavaciones de organismos infaunales que atraviesen más que pocos milímetros de las láminas, sin destruir la fábrica sedimentaria original.

El conjunto de trazas fósiles colectadas es comparable con la icnofacies de *Mermia* (pistas lacustres subácueas), o ambientes con fluctuaciones de salinidad (influencia de aguas dulces y marinas) como estuarios y fiordos.

Discusión

ICNOFACIES DE *Mermia*

Este icnofacies se caracteriza por el dominio de trazas de pastoreo y alimentación horizontales a subhorizontales producidas por detritivos móviles, la presencia subordinada de trazas de locomoción, icnodiversidad alta a moderada y patrones de pastoreo poco especializados (Buatois *et al.*, 2002). Este tipo de icnofacies se desarrolla en ambientes lacustres permanentemente subácueos y de baja energía. Los componentes típicos de esta icnofacies incluyen una variedad de trazas no especializadas de pastoreo (ej. *Mermia*, *Gordia*, *Helminthopsis*, *Helminthoidicichnites* y *Cochlichnus*), estructuras simples de alimentación (ej. *Treptichnus* y *Circulichnus*), trazas de locomoción (ej. *Maculichna*) y pistas de peces (ej. *Undichna*) (Buatois y Mángano, 2004).

AMBIENTES DE FLUCTUACIÓN DE SALINIDAD ESTUARIOS Y FIORDOS

La icnología ha probado ser una herramienta eficaz para distinguir entre ambientes con salinidad normal y ambientes de agua dulce, dado que la salinidad es un factor limitante de primer orden que controla la distribución de la fauna bentónica. (Buatois y Mángano, 2003). Esto trae aparejado la adaptación de los organismos a las condiciones ambientales, lo que se refleja en la distribución y tipo de estructuras generadas por los mismos (Buatois y Mángano, 2003). La diversidad de organismos es máxima en ambientes de salinidad normal decreciendo gradualmente, hasta alcanzar un mínimo en ambientes de aguas salobres (oligo a mesohalinos) y presentando un pico secundario de diversidad bajo condiciones de agua dulce (Buatois y Mángano, 2003).

Estudios en ambientes marinos marginales sugieren que las icnofaunas de ambientes salobres se caracterizan por: 1) baja icnodiversidad, 2) formas típicamente marinas, 3) dominio de estructuras de organismos infaunales, 4) estrategias oportunistas, 5) mezcla de trazas de las icnofacies de *Skolithos* con una icnofacies de *Cruziana* empobrecida, 6) grado de bioturbación variable, 7) suites monoespecíficas y 8) reducción de tamaño en algunas formas (Buatois y Mángano, 2003).

La icnofauna de ambientes de transición fluvio-estuarinos posee características que son semejantes a aquellas de agua dulce. Esta icnofauna se caracteriza por: 1) icnodiversidad moderada a alta, 2) formas típicamente presentes en ambientes continentales, 3) dominio de pistas superficiales y ausencia de excavaciones de organismos infaunales, 4) estructuras temporarias formadas por fauna detritívora móvil, 5) combinación de elementos de las icnofacies de *Mermia* y *Scoyenia*, 6) densidad moderada

de icnotaxones individuales, 7) ausencia de "suites" monoespecíficas (Buatois y Mángano, 2003).

Indicadores litofaciales e icnológicos en la Fm. Agua Escondida

Para las sedimentitas de la Fm. Agua Escondida algunos autores como González Díaz y García (1968), Fernández (1996), Melchor (1996) han propuesto modelos paleoambientales marinos. Analizando las asociaciones de trazas fósiles presentes, Melchor *et al.* (1993) proponen que la asociación de trazas fósiles es comparable con la de lagos carboníferos del noroeste argentino. Cabe mencionar que la icnofacies de *Mermia* fue propuesta en el año 1995 por Buatois y Mángano y el ejemplo del Carbonífero del noroeste de Argentina fue uno de los casos de estudio propuestos como típicos de esta icnofacies. El análisis de las asociaciones de trazas fósiles descritas sugiere que las mismas son comparables con la icnofacies de *Mermia*, típica de ambientes lacustres subácuos, aunque también se ha registrado en ambientes transicionales fluvio-estuarinos (e.g. Mángano y Buatois, 2004). Algunas de las asociaciones de facies presentes, especialmente las asociaciones de facies arenosas (asociación de facies 1), muestran una composición y atributos sedimentarios que sugieren depositación en un ambiente marino somero. Si bien las trazas fósiles descritas provienen exclusivamente de las facies pelíticas, éstas se encuentran estrechamente asociadas a las arenosas, lo que sugiere un emplazamiento ambiental común para ambas.

El análisis conjunto de la información sedimentológica e icnológica sugiere que el emplazamiento paleoambiental donde se depositó la Formación Agua Escondida en la zona de estudio corresponde a un ambiente estuarino. Las asociaciones de facies arenosas (asociación de facies 1) se habrían depositado en barras arenosas mareales de la boca del estuario, en tanto que la asociación de facies pelítica (asociación de facies 2) correspondería a la cuenca central del estuario.

Conclusiones

El estudio icnológico y sedimentológico de la Formación Agua Escondida en el sureste de la provincia de Mendoza y noroeste de La Pampa permite concluir que:

- 1) Es posible reconocer siete facies sedimentarias que se agrupan en dos asociaciones de facies, las que se han depositado en barras arenosas mareales

(asociación de facies 1) y en sectores costa afuera con predominio de depositación fina a partir de decantación (asociación de facies 2).

- 2) El análisis icnotaxonómico de las trazas fósiles colectadas ha permitido reconocer una icnofauna compuesta por veinticinco (25) icnotaxones, incluyendo: *Cruziana problemática*, *Cruziana ? isp.*, *Cruziana ?*, *Diplichnites gouldi*, *Diplichnites ? isp.*, *Gordia marina*, *Gluckstadtella cooperi*, *Helminthoidichnites tenuis*, *Helminthopsis tenuis*, *Monomorphichnus lineatus*, *Protovirgularia dichotoma*, *Protovirgularia isp.*, *Rusophycus carbonarius*, *Rusophycus isp.*, *Treptichnus cf pollardi*, *Treptichnus isp*, *Umfolozia cf. sinuosa*, *U. bina*, *U. cf. britannica*, *U. cf. insolentia*, *Undichna ? isp*, marca con forma de pincelada, trazas lobuladas asociadas a marcas de reostasis, trazas de locomoción de artrópodos indeterminadas y marcas en zig-zag.
- 3) La diversidad de la asociación de trazas fósiles es alta, con predominio de trazas de locomoción, en menor proporción trazas de pastoreo con patrones poco especializados y de alimentación horizontales a subhorizontales producidas por una epifauna móvil, lo que sugiere su comparación con la icnofacies de Mermia.
- 4) La integración de los datos sedimentológicos e icnológicos, permite inferir como posible paleoambiente de depositación a un emplazamiento estuarino, donde las facies gruesas corresponderían a barras mareales y las facies pelíticas con trazas fósiles a sectores protegidos del estuario.

Bibliografía

- Anderson, A. 1976. Fish trail from The Early Permian of South Africa. *Palaeontology*, 19: 397-409.
- Bermúdez, A., Delpino, D., Frey, F. y Saal, A. 1993. Basaltos de retroarco extraandinos. Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Relatorio 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza), p. 161 - 172. Mendoza.

- Bertling, M., Braddy, S., Bromley, R., Demathieu, G., Genise, J., Mikulás, R., Nielsen, J., Nielsen, K., Rindsberg, A., Schlirf, M., y Uchman, A. 2006. Names for trace fossil: a uniform approach. *Lethaia* 39:265–286.
- Buatois, L. y Mángano, M. G. 1993a. The ichnotaxonomic status of *Plangtichnus* and *Treptichnus*. *Ichnos*, 2: 217-224.
- Buatois, L. y Mángano, M. G. 1993b. Trace fossils from a Carboniferous turbiditic lake: Implications for the recognition of additional nonmarine ichnofacies. *Ichnos*, 2: 237-258.
- Buatois, L. y Mángano, M. G. 1995. The paleoenvironmental and paleoecological significance of the lacustrine *Mermia* ichnofacies: an archetypical subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. *Ichnos*, 4: 151-161.
- Buatois, L. y Mángano, G. 2003. Caracterización icnológica y paleoambiental de la localidad tipo de *Orchosteropus atavus* Frenguelli, Huerta de Huachi, provincia de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, 40: 53-70.
- Buatois, L. y Mángano, G. 2004. Animal-substrate interactions in freshwater environments: applications of ichnology in facies and sequence stratigraphic analysis of fluvio-lacustrine successions. En: McIlroy, D. (ed.), *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*. Geological Society, London, Special Publications, 228: 311-333.
- Buatois L A, Mángano M. G, Maples, C. G. y Lanier. W. P. 1998. Ichnology of an Upper Carboniferous fluvio-estuarine paleovalley: The Tonganoxie sandstone, Buildex Quarry, Eastern Kansas, USA. *Journal of Paleontology*, 72: 152 - 180.
- Buatois, L., Mángano, M. G. y Aceñolaza, F. 2002. Trazas fósiles: Señales de comportamiento en el registro estratigráfico. Edición Especial MEF N° 2 Museo Paleontológico Egidio Ferulio, 382 p.
- Cardonatto, M.C. y Melchor, R.N. 1998. Biomechanical analysis of fish traces fossils (*Undichna*): Implications for taphonomy. VI Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Resúmenes: 106. Bahía Blanca.
- Chiplonkar, G. W. y Badve, R. M. 1970. Trace Fossils from the Bagh Beds- Part II. *Journal of the Palaeontological Society of India*. 15:1-5.
- Crimes, T.P. 1970. Trilobite tracks and other trace fossil from the Upper Cambrian of North Wales. *Geological Journal*, 7: 47-68.

- Crimes, T. P., Legg, I., Marcos, A. y Arboleya, M. 1977. Late Cambrian –low Lower Cambrian trace fossils from Spain. En Crimes, T. P. And Harper, J. C. (eds). Trace fossils 2. Geological Journal Special Issue, 9: 91-138.
- d'Orbigny, A. 1842. Voyage dans l'Amérique méridionale (le Brésil, la République orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République de Chili, la République de Bolivia, la République du Péron) exécuté pendant les années 1826, 1827, 1829, 1830, 1831, 1832, et 1833. v 3 pt 4 (Paléontologie): 188 p.
- Dawson, J. W. 1873. Impressions and footprints of aquatic animals and imitative markings on Carboniferous rocks. American Journal of Science and Arts, 105: 16-24.
- Dawson, J. W. 1864. On the fossils of the genus *Rusophycus*. Canadian Naturalist and Geologist. 1:363-367.
- Delpino, D. H. 1997. Geología regional y petrología del Complejo Los Corrales (Paleozoico Superior-Triásico), provincia de Mendoza. Tesis doctoral inédita. Universidad Nacional de La Plata. 258 pp. La Plata.
- Dessanti, N. R. 1945. Sobre el hallazgo del carbónico marino en el arroyo El Imperial de la Sierra Pintada. Notas del Museo de La Plata, Geol., 10 (42):205-220.
- Dessanti, N. R. 1956. Descripción Geológica de la hoja 27 c, Cerro Diamante (Provincia de Mendoza). Dir. Nac. Min., Boletín 85:1- 79; Buenos Aires.
- Emmons, E. 1844. The Taconic System; based on observations in New York, Massachusetts, Maine, Vermont and Rhode Island. Carroll and Cook, Albany. 68 pp.
- Fernández, M. A. 1996. Sedimentología de la Formación Agua Escondida en las cercanías de Puesto Yantén, sureste de la provincia de Mendoza, Argentina Trabajo Final de Licenciatura, Universidad Nacional de la Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Naturales, 61 p. Santa Rosa.
- Fillion, D. y Pickerill, R., K. 1990. Ichnology of Upper Cambrian? to Lower Ordovician Bell Island and Wabana groups of eastern Newfoundland, Canada. Palaeontographica Canadiana 7:1-119.
- Fitch, A. 1850. A historical, topographical and agricultural survey of the County of Washington. Part 2-5. Transactions of the New York Agriculture Society. 9:753 – 944.

- Gevers, T.W., Frakes, L.A., Edwards, L.N. y Marzolf, J.E. 1971. Trace fossils in the Lower Beacon sediments (Devonian), Darwin Mountains, southern Victoria Land, Antarctica. *Journal of Paleontology* 45: 81-94.
- González Díaz, E. 1964. Rasgos geológicos y evolución geomorfológica de la Hoja 27d, San Rafael y zona occidental vecina (Provincia de Mendoza). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 19: 151-188.
- González Díaz, E. 1972a. Descripción geológica de la Hoja 30 d, “Payún Matru”, Provincia de Mendoza. Dirección Nacional de Geología y Minería. Bol. 130: 1 - 90. Buenos Aires.
- González Díaz, E. 1972b. Descripción geológica de la Hoja 30e, “Agua Escondida”, Provincia de Mendoza y La Pampa. Dirección Nacional de Geología y Minería. Bol. 135: 1 - 79. Buenos Aires.
- González Díaz, E. 1979. Descripción geológica de la Hoja 31 d, “La Matancilla”, Provincia de Mendoza. Dirección Nacional de Geología y Minería. Bol. 173: 1- 96. Buenos Aires.
- González Díaz, E. y García, H. H. 1968. El hallazgo del Neopaleozoico plantífero en el área de Agua Escondida (SE de Mendoza NO de La Pampa). III Jornadas Geológicas Argentinas (Comodoro Rivadavia, 1966) Actas I: 341-354, Buenos Aires.
- Groeber, P. 1937. Descripción de la Hoja 30 c “Puntilla del Huincán”. Dirección Nacional de Minería y Geología. (Texto inédito).
- Hall, J. 1952. *Paleontology of New York. Vol 2. Containing descriptions of the organics remains of the Lower Middle Division of the New York System (equivalent in part to the Middle Silurian rocks of Europe).* C. van Benthuyssen, State of New York, Albany, N.Y. 362 pp.
- Han, Y. y Pickerill, R. 1994. Taxonomic reassessment of *Protovirgularia* McCoy 1850 with new examples from the Palaeozoic of New Brunswick, eastern Canada. *Ichnos* 3: 203-212.
- Heer, O. 1877. *Flora fossilis Helvetiae. Die vorwelyliche Flora der Schweiz.* Verlag J. Wurster & Zürich. parts 3, 4: 91-182.
- Higgs, R. 1988. Fish trails in the Upper Carboniferous of South-West England. *Palaeontology*, 31: 225-272.
- Jensen, S. 1997. Trace fossils from the Lower Cambrian Mickwitzia sandstone, south-central Sweden. *Fossils & Strata* N° 42. 111

- Keighley, D. y Pickerill, R. 1996. Small *Cruziana*, *Rusophycus*, and related ichnotaxa from eastern Canada: the nomenclatural debate and systematic ichnology. *Ichnos* 4: 261-285.
- Kim, J., Kim, K. y Pickerill, R. 2000. Trace Fossil *Protovirgularia* McCoy, 1850 from the Nonmarine Cretaceous Jinju Formation of the Sacheon area, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 21: 95-702.
- Książkiewicz, M. 1968. O niektórych problematykach z fliszu Karpat Polskich (Cześć III). *Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Kraków Rocznik*, 38: 3-17.
- Książkiewicz, M. 1977. Trace fossils in the flysch of the Polish Carpathians: *Paleontologia Polonica*, 36: 1-200.
- Lapworth, C. 1870. On the Lower Silurian rocks in the neighbourhood of Galashiels. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 2:46-58.
- Linares, E., Llambias, E. J. y Latorre, C. O. 1978. Geología y Geocronología de las rocas eruptivas de la provincia de La Pampa, República Argentina. *Actas 7º Congreso Geológico Argentino* 1: 795 – 808. Neuquén.
- Linares, E., Llambias, E. J. y Latorre, C. O. 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35: 87 – 146.
- Macsotay, O. 1967. Huellas problemáticas y su valor ecológico en Venezuela. *Geos (Venezuela)*, 16: 7-79.
- Mángano, G., Buatois, L., West, R. y Maples, C. 2002. Ichnology of a Pennsylvanian equatorial tidal flat: The Stull Shale Member at Waverly, eastern Kansas. *Kansas Geological Survey Bulletin*, 245: 1-133.
- Mángano, M. G. y Buatois, L. 2004. Ichnology of Carboniferous tide-influenced environments and tidal flat variability in the North American Midcontinent. En: McIlroy, D. (ed.), *The application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*. Geological Society, London, Special Publications, 228: 157-178.
- Mc Coy, F. 1850. On some genera and species of Silurian Radiata in the collection of the University of Cambridge. - *Ann. Mag. Nature. Hist.*, 6: 270-290.
- Melchor, R. N., Bassan, J. A. y Fernández M. A. 1993. Asociación de trazas fósiles de la facies de la Formación Agua Escondida (Carbónico superior?), sureste de Mendoza, Argentina. *Primera Reunión Argentina de Icnología, Resúmenes*: 15, Santa Rosa

- Melchor, R. N. 1996. La Bahía Pampeana de la Cuenca de San Rafael. Reunión Anual del Grupo Argentino de Trabajo del Paleozoico Superior. Comunicación: 26-27; Buenos Aires.
- Melchor, R. N. y Cardonatto, M. C. 1998. Pistas de peces (*Undichna*): rango estratigráfico, paleoambientes y mecanismos de propulsión del productor. Tercera Reunión Argentina de Icnología y Primera Reunión de Icnología del MERCOSUR, Resúmenes: 20-21. Mar del Plata.
- Miller, S. A. y Dyer, C. B. 1878. Contributions to paleontology. Cincinnati Soc. Nat. Hist., J. I: 24-39.
- Miller, S. A. 1889. North American Geology and Paleontology for the use of Amateurs, Students and Scientist. Western Methodist Book Concern, Cincinnati, Ohio, 664 p.
- Narciso, V., Mallimacci, H., Santamarina, G., Sepúlveda, E. y Zanettini, J. M. 2001. Hoja Geológica 3769-II Agua Escondida. Provincias de Mendoza y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 300, 39 p. Buenos Aires.
- Núñez, E. 1976. Descripción geológica de la Hoja 31 e, Chical-Có, provincias de Mendoza y La Pampa. Servicio Nacional Geológico Minero, Informe inédito Pág. 92, Buenos Aires.
- Osgood, D. R. 1970. Trace fossils of the Cincinnati area. *Palaeontographica Americana*, 6: 277-444.
- Osgood, D. R. 1975. The paleontological significance of trace fossils. Chapter 6. in Frey, R. W. (ed.), *The study of trace fossils*. Springer-Verlag, New York, 87-108.
- Polanski, J. 1970. Carbónico y Pérmico de la Argentina. Eudeba. 216 p., Buenos Aires.
- Reading, H. G. y Collinson, J. D. 1996. Clastic coasts. En: Reading, H.G. (Ed.), *Sedimentary Environments: Processes, facies, stratigraphy*, Blackwell Science, Oxford, pp. 232-280.
- Richter, R. 1853. Thüringer Graptolithen. *Zeitschrift Deutsche Geologische Gesellschaft*, 5: 439-464.
- Savage, N. M. 1971. A varvite ichnocoenosis from the Dwyka Series of Natal. *Lethaia*, 4: 217-233.
- Schindewolf, O. H. 1921. Studien aus dem Marburger Buntasandstein. I II. *Senckenbergiana* 3: 33-49.

- Seilacher, A. y Seilacher, E. 1994. Bivalvian Trace Fossils: A Lesson from Actuopaleontology. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 169: 5-15.
- Sobral, J. M. 1942. Geología de la comarca del Territorio de La Pampa situada al occidente del Chadi-Leuvú. YPF SA. Informe inédito. 38 p. Buenos Aires.
- Stefani, C. de, 1885. Studi paleozoologici sulle creta superiore e media dell'Appennino settentrionale –Atti della Reale Accademia dea Lincei, Memorie, 1: 73-121.
- Stipanovic, P. N. 1965. El Jurásico en vega de la Veranada (Neuquén), el Oxfordense y el diastrofismo Divesiano (Agassiz-Yaila) en Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 20: 403-478.
- Trewin, N. 1994. A draft system of the identification and description of arthropod trackways. Palaeontology 37 part 4: 811-823.
- Trewin, N. 2000. The ichnogenus *Undichna*, with examples from the Permian of the Falkland Islands. Palaeontology, 43: 979-997.
- Uchman, A. 1998. Taxonomy and ethology of flysch trace fossil- Revision of the Marian Książkiewicz, collection and studies of complementary material.:Annals Societatis Geologorum Poloniae, 68: 105-218.
- Ulrich, E. O. 1904. Fossil and age of the Yakutat Formation. Description of collection made chiefly near Kadiak, Alaska. Harriman Alaska Expedition, 4 (Geology and Paleontology): 125-146.
- Wichmann, R. 1928. Contribución a la geología de los departamentos Chical-Có y Puelén de la parte occidental de La Pampa Central. Publicación de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología, 40: 1-33. Buenos Aires.
- Williamson, W. C. 1887. On some undescribed tracks of invertebrate animals from the Yoredale rocks, and on some inorganic phenomena, produced on tidal shores, simulating plant-remains. Manchester Literary and Philosophical Society, Memoirs and Proceedings, 10: 19-29.