

2024, Volumen 9, Número 2: 177-211

---

## Técnicas para la recolección, preparación y estudio de icnofósiles continentales

José H. Laza

División Icnología, Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Argentina. [acostacaro@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:acostacaro@fcnym.unlp.edu.ar)



## Técnicas para la recolección, preparación y estudio de icnofósiles continentales

José H. Laza

División Icnología, Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Argentina. acostacaro@fcnym.unlp.edu.ar

**RESUMEN.** En la presente contribución se abordan el siguiente ítem: técnicas para la recolección, preparación y estudio de icnofósiles continentales del Cenozoico de la región Pampeana. Breve introducción histórica del desarrollo de las técnicas y su aplicación en Argentina. Enumeración de equipos y herramientas de campo, su empleo en las distintas técnicas y la mención de los aditivos utilizados en la protección de los materiales icnológicos. El laboratorio, distintas áreas de trabajo y su equipamiento. Técnicas de laboratorio, el empleo de las distintas herramientas y equipos. Asociados a icnofósiles suelen hallarse restos fósiles en distintos niveles (mayormente paleosuelos). Se indican los procedimientos técnicos para recuperar dichos materiales.

**Palabras clave:** *Técnicas de campo; Herramientas y elementos; Técnicas de laboratorio*

**ABSTRACT.** **Techniques for the collection, preparation and study of continental ichnofossils.** The present contribution deals with techniques for the collection, preparation, and study of continental ichnofossils from the Cenozoic of the Pampean region. Brief historical introduction to the development of techniques and their application in Argentina. Enumeration of field equipment and tools, their use as part of different techniques, and the additives used in the protection of ichnological materials. The laboratory, different work areas and their equipment. Laboratory techniques, use of different tools and equipment. Fossil remains are usually found at different levels (mostly paleosols) associated with ichnofossils; techniques used to recover said materials are indicated.

**Keywords:** *Field techniques; Tools and elements; Laboratory techniques*

**RESUMO.** **Técnicas de coleta, preparação e estudo de icnofósseis continentais.** Na presente contribuição é abordado o seguinte item: técnicas de coleta, preparação e estudo de icnofósseis continentais do Cenozóico da região Pampeana. Breve introdução histórica do desenvolvimento de técnicas e sua aplicação na Argentina. Enumeração dos equipamentos e ferramentas de campo, sua utilização nas diferentes técnicas e menção dos aditivos utilizados na proteção de materiais icnológicos. O laboratório, diferentes áreas de trabalho e seus equipamentos. Técnicas laboratoriais, utilização de diferentes ferramentas e equipamentos. Associados aos icnofósseis, os restos fósseis são geralmente encontrados em diferentes níveis (principalmente paleossolos). São indicados os procedimentos técnicos para recuperação dos referidos materiais.

**Palavras-chave:** *Técnicas de campo; Ferramentas e elementos; Técnicas laboratoriais*

## Índice de contenidos

### Introducción

#### Tareas de campo

- Equipos, herramientas y materiales
- Técnicas habituales de prospección y recolección
  - Materiales y estructuras simples
  - Materiales y estructuras complejas
  - Extracción de materiales tridimensionales
- Toma de calcos en el campo
- Otras técnicas de campo
- Embalaje y transporte
- Registro gráfico y fotográfico de campo

#### Tareas de laboratorio

- Diseño y equipamiento
- Desembalaje y fortalecimiento del material
- Herramientas y técnicas manuales
  - Microscopía
  - Micro disparadores de abrasivos
  - Cortes seriados
  - Técnicas químicas
  - Herramientas eléctricas y neumáticas
- Calcos en laboratorio
- Reconstrucción de trazas y generación de modelos
- Reconstrucción de trazas y generación de modelos
- Otras técnicas no invasivas
- Radiografía con rayos X
- Tomografía Computarizada (TC)
- Láser
- Fotografía de laboratorio
- Técnica de blanqueo
- Fotografía infrarroja
- Fotografía ultravioleta

#### Los paleosuelos

- Orígenes del estudio de los paleosuelos en Argentina
- Reconocimiento y muestreo de paleosuelos
- Técnicas de laboratorio para estudiar paleosuelos
- Recolección y procesamiento de fósiles corpóreos hallados en paleosuelos
  - Fitolitos
  - Semillas (carpología)
  - Polen (palinología)
  - Restos de insectos
    - Procedimiento I
    - Procedimiento II

#### Agradecimientos

#### Bibliografía

## Introducción

Ejercer la profesión de paleontólogo lleva a desarrollar tareas donde el individuo debe sobrellevar esfuerzos y hasta algún riesgo, todo condimentado con el afán y la emoción del descubrimiento. El paleontólogo no busca prestigiarse con el descubrimiento de los restos de un organismo ya desaparecido, sino que todo su esfuerzo está orientado a la posibilidad de interpretar la vida de ese organismo; de hecho, se hace cargo de las palabras de la poesía popular: "Nada sé de la muerte, me interesa la vida". A la primera etapa de tareas al aire libre, exploración y obtención de los restos fósiles, mediante arduas tareas de extracción, le sigue una segunda etapa de laboratorio, más sosegada, de observación, estudio y reflexión. La principal recompensa del paleontólogo es la satisfacción, el privilegio de trabajar en algo excitante, la paz interna del logro, el raro placer de saber que su vida ha sido diferente. Preparar, que es la segunda tarea, en la jerga paleontológica es limpiar y exponer los ejemplares fósiles de la roca; es excitante descubrir estos objetos escondidos. Revelar con infinita paciencia una estructura viviente del pasado, es una emoción incomparable. La aplicación de métodos científicos-tecnológicos en el campo de la icnología continental es de origen muy reciente. Ellos brindan oportunidad al químico, físico y artesano de la aplicación de sus conocimientos especializados al estudio de los problemas que surgen en el examen científico y conservación de los materiales antiguos. Para ello, se interesan en desarrollar métodos depurados, así como la aplicación de nuevos materiales de preservación. En este fascinante campo de actividades es donde se aplican los más modernos materiales y técnicas que se adoptan para conservar y estudiar las piezas fósiles recuperadas durante los trabajos de prospección. El concepto de resolución de los problemas técnicos está hoy muy bien establecido en los grandes museos y centros de investigación y el espíritu de cooperación campea entre científico y técnico, desarrollados en mutuo provecho. El paleontólogo aprende más acerca de los aspectos técnicos de su material y asegura que los hallazgos serán preservados por los mejores medios posibles, a la vez que el campo de su interés se extiende más allá de su laboratorio, al ver que sus estudios se inscriben en el gran libro del conocimiento de la humanidad.

El principal objetivo de este trabajo es mencionar las técnicas generales, herramientas, materiales y equipos de trabajo en icnología. Además, se describen los distintos tipos de icnofósiles y los procedimientos apropiados para su recuperación, preservación y estudio, haciendo foco en las prácticas de campo recomendadas para la Región Pampeana. A este mundo críptico y misterioso de antiguos suelos, nidos fósiles de insectos y huellas de animales y hombres desaparecidos, nos acercaremos tratando de desarrollar las ideas y recomendaciones técnicas, con el fin de salvar para la investigación esas delicadas estructuras.

## Tareas de campo

La primera mención en Argentina sobre tareas de recuperación de materiales icnológicos referidos a insectos corresponde a Florentino Gervais & Ameghino (1880). Enterado éste de los hallazgos efectuados por Bravard (1858), sobre celdillas de gusanos de moscas que rodeaban en forma profusa algunos esqueletos fósiles articulados que había encontrado, decidió corroborar estas observaciones. Después de extraer varios esqueletos articulados sin hallar evidencia de las celdillas, durante el mes de enero de 1878, sobre la margen izquierda del Arroyo Balta, tributario del río Luján (provincia de Buenos Aires), halló un esqueleto articulado de *Pseudolestodon*. Y relata:

*"Empezamos la exhumación del esqueleto por la extracción de la cabeza. Esta se encontraba intacta y con las mandíbulas abiertas. Encima del cráneo aún se habían conservado los huesecillos que formaban la caparaza [sic rudimentaria en su posición natural, formando una capa separada del cráneo por unos dos o tres dedos de distancia, espacio ocupado por la tierra verdosa, en la que vimos las celdillas cilíndricas en cuestión en número verdaderamente sorprendente"]*.

*"Sometime entonces la tierra a un examen escrupuloso y pudimos cerciorarnos de que las cavidades cilíndricas tenían apenas algo más de un centímetro de largo y de dos a tres milímetros de diámetro. El*

*diámetro mayor correspondía a la mitad del largo total. Esas larvas de dípteros; y aunque no observamos rastros de las cáscaras, no dudamos que ese fuera su verdadero origen. Recogimos muestras de ese terreno y comparando esas cavidades con las impresiones de vegetales que habíamos encontrado en la Villa de Luján, repetimos el mismo experimento de rellenar las celdas con azufre derretido, obteniendo así moldes de larvas de moscas tan fáciles de reconocer como lo son los moldes de vegetales obtenidos por el mismo procedimiento”* (Gervais & Ameghino, 1880).

A principios de 1874 Juan Ameghino halló en la Villa de Luján los primeros fragmentos de “tierras cocidas” en niveles pleistocenos de lo que denominó “formación pampeana” (Ver Tonni, 2011 para un mayor detalle) y tiempo después los hallazgos de esos materiales se multiplicaron. Años después, Frenguelli (1938a, 1938b) descubrió y coleccionó ejemplares de nidos fósiles de coleópteros e himenópteros en Santa Fe y Patagonia, mientras que, en Uruguay, Roselli (1939) coleccionaba diversos nidos de insectos en el Paleógeno de ese país. No quedó establecida la forma en que se llevaron a cabo estas colecciones ni los métodos empleados (Frenguelli, 1939).

### **Equipos, herramientas y materiales.**

En la enumeración de los equipos y herramientas de campo, tomaremos el número ideal de cuatro personas en la integración del equipo de trabajo; dos de ellas realizarán las tareas concernientes a la observación y muestreo de los paleosuelos (utilizando los equipos y herramientas que mencionaremos en su momento), las restantes deberán encargarse de la recuperación de los materiales icnológicos. La enumeración de equipos, herramientas y materiales para estas tareas pueden parecer exagerados y hasta tediosos, pero el desarrollo de tareas de campo durante varios días, a partir de un campamento base, lleva a considerar la resolución de todo tipo de requerimientos técnicos y de supervivencia. Mencionaremos varios rubros a tratar:

**1** - Herramientas y repuestos para los vehículos que transportan al grupo de trabajo.

**2** - Elementos de campamento: carpas, bolsas de dormir, etc. Elementos de alumbrado, de cocina y vajilla. Elementos de limpieza. Botiquín, adecuado a resolver requerimientos de primeros auxilios, dotado de medicamentos apropiados a la zona en que se desarrollan las tareas de campo.

**3** - Herramientas y materiales para el trabajo de campo.

3.a) - Herramientas.

1 pico grande.

2 palas grandes, una de punta y otra ancha.

2 martillos grandes.

2 martillos pequeños.

2 piquetas pequeñas.

2 buriles grandes (ancho del filo 2 cm, largo 45 cm).

4 buriles medianos (ancho del filo 1,5 cm, largo 35 cm).

4 buriles pequeños (ancho del filo 0,75 cm, largo 30 cm).

Varios portaherramientas con mandril para trabajo manual y una dotación de herramientas de distinto tipo para los mismos.

Portaagujas y una cantidad adecuada de repuestos.

2 bisturíes de hoja fija (tipo Collins).

2 cuchillos con hoja en punta para tareas de desbaste.

2 pinzas de disección

2 pinceles de cerda de 3 cm de ancho.

2 pinceles de cerda de 1 cm de ancho.

4 pinceles de cerda N° 2.

4 pinceles de cerda N° 4.

2 recipientes plásticos con pico vertedor de 250 centímetros cúbicos.

2 botellas plásticas de un litro c/u para transportar líquidos fortalecedores.

- 1 vaso plástico graduado de un litro.
- 1 embudo plástico pequeño.
- Varios bidones plásticos de 5 litros para preparación de líquido fortalecedor.
- 1 tijera de 15 cm de hoja.
- 1 taza de goma para preparar yeso (20 cm diámetro), espátula y cuchara de preparación.
- 2 lupas de mano.
- 1 lupa de pie, con dispositivo de sujeción a una mesa (óptica 3 x).
- 1 soplete a gas con cartuchos.
- 1 posicionador satelital (GPS).
- 1 cinta métrica de 5 m.
- Mochilas (una por persona).
- Antiparras (una por persona).
- 1 carretilla desarmable para transportar bultos pesados.
- 1 máquina cortadora de disco de diamante (40 cm de diámetro) con baterías.
- 1 rociador de líquidos (manual o accionado por aire comprimido).

### 3.b- Materiales.

#### 3.b-1 - Materiales para embalaje.

- Papel de diarios para envolver.
- Algodón industrial.
- Rollos de hilo de cáñamo.
- Rollos de cinta de enmascarar de varios tamaños.
- Rollos de papel higiénico.
- Bolsas de tela de distintos tamaños, con cierre de atar y etiqueta adherida.
- Bolsas de polietileno de distintos tamaños, de espesor reforzado.
- Cajas plásticas o de cartón, con tapa, de varias medidas.
- Envases de plástico translúcidos de boca ancha, con tapa.
- Rollos de papel de aluminio.
- Rollos de polietileno adhesivo.
- Vendas de arpillera.
- Trozos de gasa industrial.
- Yeso tipo París, en bolsas de 5 kg, de polietileno reforzado.

#### 3.b-2 Materiales fortalecedores y adhesivos (ver detalle debajo).

- Acetato de polivinilo
- Polibutímetacrilato
- Polimetilmetacrilato
- Polivinilo
- Poliuretanos
- Polietilenglicol
- Resinas epoxi
- Lacas nitrocelulósicas y butil-polivinilicas
- Poliuretanos
- Cianocrilatos
- Cyclododecano

Como herencia de otras ramas de la paleontología, la icnología cuenta con los materiales utilizados en el pasado en la conservación; éstos eran generalmente de origen natural, como colas, cera de abejas y resinas naturales. Consecuentemente las técnicas eran el resultado empírico empleado por los restauradores, constreñidos por las propiedades de los materiales disponibles en ese momento.

Los progresos efectuados en años recientes en química de los polímeros, ha resultado en la producción de una variada gama de materiales sintéticos con propiedades físico químicas inexistentes en materiales de origen natural. En el campo de la paleontología fueron empleados como adhesivos, fortalecedores y material de molde en el desarrollo de métodos eficientes para la conservación de objetos fósiles. Mencionaremos los mismos siguiendo su orden de aparición en el mercado (Rixon, 1976):

**Acetato de celulosa:** Utilizado desde los años 40', disuelve en acetona y tiene propiedades de adherencia. Se utiliza muy diluido como fortalecedor y viscoso como adhesivo.

**Acetato de polivinilo:** El producto conocido comercialmente como "Butvard" se ofrece en distintos tipos, para propósitos de fortalecimiento y como adherente, se disuelve. Es relativamente resistente e impermeable al agua. La serie de la industria *Rhodopas*, marca registrada de Brasil, abarca varios productos, entre ellos algunos de dispersión en agua, que aumenta la viscosidad de la cola y disminuye el tiempo de secado, siendo buenos adhesivos y fortalecedores para trabajos de conservación. Las sustancias de la marca *Mowilith* son resinas sintéticas a base de acetato de polivinilo y se pueden encontrar en sólido: granulado o polvo; en dispersión acuosa y en solución. Se usan principalmente como adhesivos de uso general para diversos sustratos y como fortalecedores.

En el grupo de polímeros llamados acrílicos o compuestos poliacrílicos y polimetacrilatos encontramos diversos compuestos. Los polimetacrilatos, junto a los acetatos de polivinilo, son los dos grupos de sustancias termoplásticas que se consideran en general más aptas para su uso en restauración como adhesivos y fortalecedores. Los polimetacrilatos pueden disolverse en hidrocarburos aromáticos y forman películas muy transparentes.

**Polibutylmetacrilato:** Usado como fortalecedor, se disuelve en tolueno o acetona, siendo muy efectivo como protector de los fósiles sometidos a tratamiento de ácidos. Se mencionan los productos comerciales *Paraloid* (utilizado como adhesivo y fortalecedor) y la serie de *Bedacryl*, que tienen buena resistencia al agua, álcalis y ácidos.

**Polimetilmetacrilato:** Adhesivo de rápido secado, se diluye en acetona o cloroformo. Usado frecuentemente en la preparación de especímenes con ácido, protegiendo las zonas libres del fósil; requiere de uso cuidadoso pues puede provocar accidentes al personal que los utiliza.

**Polivinilo:** Como solución viscosa se utiliza como adhesivo de pequeñas juntas. Se ofrece como polvo fino, soluble en agua.

**Polietilenglicol:** Materiales de apariencia cerosa-líquido-viscosas hasta sólidas, son solubles en agua y solventes orgánicos y se utilizan como soporte de objetos delicados y en la consolidación de objetos impregnados de agua (Rixon, 1965).

**Resinas epoxi:** Son excelentes adhesivos y fortalecedores, aunque muestran la desventaja de su proceso de curado irreversible. Utilizado como adhesivo en piezas de gran tamaño. Asimismo, fueron sometidos a numerosos experimentos, cuidando que las resinas empleadas no se contrajeran en exceso, distorsionando los objetos frágiles. Experimentos que comprobaron que las resinas de tipo "epoxi" –con catalizador y acelerador– muestran mínima contracción, se solidifican a temperatura ambiente, brindando grandes ventajas en su utilización, presentándose en pasta o líquido viscoso.

**Lacas nitrocelulósicas y butil-polivinilicas:** Suelen presentarse en forma de granos o polvo que se disuelve según la concentración deseada en acetona, alcohol o solvente. Son productos muy buenos como fortalecedores y para adherencia de pequeñas piezas.

**Poliuretanos:** El término poliuretano, cubre una gran variedad de productos de muy distintas propiedades, pero en general, tienen en común una excelente resistencia química, a la tracción, al desgarramiento y a la abrasión. Algunas aplicaciones de las espumas de poliuretano son la confección de moldes, protección de piezas arqueológicas y paleontológicas degradadas, embalaje y protección (Carreck & Adams, 1969).

**Cianocrilatos:** Monómero de polimerización casi instantánea. Es soluble en acetona. Ha sido utilizado con gran éxito en paleontología para consolidar arenas húmedas o arcillas que rodean el fósil y que forman parte del

soporte cuando el espécimen es colectado, así como también en la preservación de impresiones en arena húmeda o suelos.

Cyclododecano: Es una sustancia de tipo ceroso que pasa de estado sólido a líquido a temperatura ambiente. Se utiliza de diversas maneras: a) separador, aplicando como fina capa; b) relleno, previendo la penetración de siliconas en vacíos pequeños; c) fortalecedor temporario en matrices porosas; d) como dique de contención para las siliconas o aislar áreas para moldeo.

Como soporte temporario para micro preparaciones, el espécimen puede ser parcialmente embebido en el producto disuelto en una bandeja. Cuando enfría vuelve al estado sólido; la sublimación de la sustancia permite que el espécimen no corra riesgo físico. Las propiedades de solubilidad también limitan la necesaria interacción con los fortalecedores comúnmente usados. Cuando se necesita una pequeña película puede aplicarse una solución saturada en un solvente apropiado. Siguiendo las indicaciones de manipulación, como todos los químicos, no es particularmente tóxico (Stein *et al.*, 2000, Brown, 2004, Muros & Hirx, 2004).

### **Técnicas habituales de prospección y recolección**

A fin de tipificar las estructuras de actividad biológica de vegetales y animales (vertebrados e invertebrados, en particular insectos) hallados en paleosuelos de las diversas formaciones geológicas de la región Pampeana, podemos mencionar dos tipos básicos en cuanto a su conformación: a) materiales y estructuras simples: rizolitos poco desarrollados, coprolitos, gastrolitos, regurgitaciones, tubos lisos y meniscados, cuevas fósiles de pequeño tamaño, nidos de insectos (capullos y cámaras aisladas), en general objetos de tamaño reducido; b) materiales y estructuras complejas: rizoconcreciones extendidas, cangrejales, crotovinas de mayor tamaño y huellas de tetrápodos. Un rubro importante son las construcciones de insectos sociales (himenópteros e isópteros) que pueden llegar a tamaños considerables y se presentan como cuerpos tridimensionales o moldes de dichas estructuras. Cada uno de estos tipos requiere de distintos enfoques y técnicas en cuanto a tareas de fortalecimiento y recuperación: 1) extracción de materiales tridimensionales; 2) toma de calcos en el campo. La roca hospedante en todas las formaciones de la región Pampeana corresponde a sedimentos poco consolidados.

**Materiales y estructuras simples.** Todos los restos icnológicos deben ser ubicados a partir de la inspección de los afloramientos que realiza el paleontólogo, siendo la persona responsable de la remoción del espécimen desde el campo hasta su llegada al laboratorio. Los estadios de su labor son: remoción, empaquetamiento y transporte. Las técnicas de consolidación y estabilización en el campo fueron utilizadas por los paleontólogos durante casi un siglo y medio, procedimientos que cambiaron poco durante ese tiempo, aun cuando fueron incorporados nuevos avances tecnológicos, productos químicos y nuevos compuestos, brindando alternativas provechosas. Antes de la remoción del material en el campo, es necesario emplear cierto tiempo en tomar las notas y fotografías necesarias. Además se ubicará la posición geográfica del afloramiento mediante el uso del GPS. Es conveniente tener en cuenta que los tratamientos realizados "*in situ*", no serán normalmente definitivos, sino que tendrán una función preventiva momentánea y deberán poder eliminarse en el momento deseado con toda facilidad.

El material y el sedimento hospedante deben estar secos, en caso contrario, debe dejarse orear o bien acelerar el proceso con ayuda de un soplete a gas, sin detenerse demasiado en las superficies, pues la pérdida brusca de humedad puede provocar tensiones en el interior del material hasta llegar a desintegrarlo. Una vez secos el material y su entorno, y si el primero aparenta un grado de fortaleza aceptable se lo debe despojar del sedimento suelto que lo cubre en parte, procediendo a la limpieza superficial del mismo. Para ello utilizaremos fundamentalmente, pinceles y cepillos y podremos retirar pequeños fragmentos de sedimento suelto con ayuda de puntas enmangadas y pinzas, ayudándonos para soplar con perillas manuales de goma o un soplador a pedal. Con la limpieza superficial lograremos una mejor idea sobre el material a recuperar, tamaño y características. Además, adhesivos y fortalecedores actuarán eficazmente sobre las superficies limpias. Completado este

procedimiento se aconseja observar detenidamente el espécimen con ayuda de una lupa manual a fin de detectar rajaduras o fragmentos sueltos.

Las soluciones preparadas con anterioridad y transportadas al campo en bidones, se trasladan a botellas irrompibles con pico vertedor, que utilizarán individualmente los miembros del equipo. Luego se procederá a fortalecer el fósil; los fragmentos sueltos que se detecten deben pegarse con el mismo producto fortalecedor, mientras que las rajaduras deberán rociarse en toda su extensión utilizando el recipiente vertedor con lacas nitrocelulósicas o butil polivinilo. Otros fragmentos sueltos deben ser cuidadosamente empaquetados separadamente en sucesivas hojas de papel higiénico o de aluminio. Con el fin de manipular cualquiera de estos productos con prolijidad, se recomienda la utilización de las botellas mencionadas que permiten ubicar los líquidos en el sitio preciso, evitando derrames innecesarios. Deberá tenerse en cuenta que un fortalecedor actúa como un adhesivo tridimensional, impregnando el objeto y reforzándolo en profundidad. En la elección del fortalecedor se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- penetración (que se logra variando la viscosidad).
- reversibilidad.
- color y brillo.

El producto elegido deberá ser compatible con el objeto, no provocando alteraciones estructurales ni cambios de color y sobre todo será reversible, logrando el grado de penetración requerido para extraerlo sin problemas. En ocasiones es conveniente aplicar más de una vez el producto reforzador. Algunos ejemplares, una vez secos, pueden resistir su extracción y transporte proporcionándoles tan solo una protección externa adecuada y un embalaje correcto. Aquí, las piezas –acompañadas de una ficha de campo– pueden ser envueltas con papeles suaves y sujetadas con cinta adhesiva de papel.

Los reforzadores más utilizados son nitratos de celulosa, acetato de polivinilo y lacas nitrocelulósicas. Los cianocrilatos son adhesivos que requieren superficies limpias y que permiten una aproximación mayor de los fragmentos, pero su buen funcionamiento no siempre es posible. En caso de observar que el espécimen puede desbaratarse, se deberá saturar el mismo con laca o Butvar (procedimiento que puede repetirse), evitando todo tipo de movimiento y una vez seco, rellenar oquedades y rajaduras con acetato de vinilo dando nuevamente al espécimen tiempo para su secado. Este es buen momento para anotar algún tipo de observación sobre la pieza hallada a la vez que confeccionar la tarjeta individual que acompañará al espécimen. Una vez secas las sucesivas aplicaciones del fortalecedor elegido, se podrá accionar para despejar y extraer el material fósil. Con el fin de precisar el tamaño real del fósil, así como alguna posible extensión hacia el interior de los sedimentos portadores, deberá despejarse el sedimento que rodea al mismo, sea éste en su vista lateral como superior. En esta tarea se emplearán, según el criterio, el cuchillo para excavar, el mandril enmangado con las distintas puntas de acero, los bisturíes y porta agujas histológicas, manteniendo siempre despejado, con ayuda de algún pincel y/o boquilla sopladora, el sedimento suelto del área de trabajo. Si la excavación es algo mayor, debe emplearse el martillo con los buriles apropiados, cuidando siempre de aplicar la fuerza de las herramientas en dirección a la periferia del ejemplar. En oportunidades, y con el fin de detectar posibles estructuras asociadas, a medida que avanza la excavación, la zona puede humedecerse con un rociador de agua, brindando la posibilidad de observar el alcance de la pieza y alguna otra estructura o cuerpo fósil asociado. Posteriormente se proseguirá con la excavación hasta desprender de la roca hospedante el objeto fósil. Cuando los materiales excavados deban estar expuestos a los agentes atmosféricos más de un día, deberán ser protegidos por una cobertura plástica.

**Materiales y estructuras complejas.** Enumeramos los siguientes ejemplos: 1) crotovinas con sistemas de galerías ramificadas; 2) nidos de insectos sociales como hormigas y termitas (estructuras más fácilmente identificables en los cortes de terreno que en planta); 3) huellas de tetrápodos.

1) Las crotovinas de menor tamaño suelen estar elaboradas por reptiles, aves y más asiduamente por mamíferos. Frecuentemente rellenas con sedimentos del entorno, menos compacto que la roca de caja, característica que permite estudios exhaustivos en el campo. Para ello se procede a despejar el interior de dichas

madrigueras, siempre que no estén consolidadas, utilizando las herramientas manuales mencionadas anteriormente. Es frecuente que junto al relleno se encuentren restos óseos de sus antiguos habitantes o sus presas, así como coprolitos. Retirados los materiales de relleno, se procederá a limpiar las paredes de la madriguera, tarea que se extenderá según se estime necesario para dilucidar algunos aspectos de la construcción, como ramificaciones o huellas de los constructores de la excavación. El sedimento desbastado se quita con pinceles y perillas sopladoras y en algunos casos es conveniente recolectar los sedimentos de relleno, pues pueden ser portadores de diversos restos microscópicos que se detectarán en laboratorio. Los sectores a fotografiar deberán ser convenientemente rociados con algún fortalecedor muy diluido, permitirán destacar detalles en las imágenes y facilitar mediciones y observaciones.

2) Los nidos de insectos sociales suelen hallarse en niveles de paleosuelos de los cortes de terreno, mostrando su extensión en el perfil en dos direcciones: horizontal y vertical, facilitando al coleccionista planificar la tarea de recuperación. Las cámaras y conductos que integran estas construcciones suelen aparecer cortados sagitalmente, destacándose en bajorrelieve sobre el perfil. En casos más limitados pueden mostrarse como cuerpos, rellenos de sedimentos de la matriz hospedante o en algún caso, completamente reemplazadas por carbonatos "tosca".

3) Las huellas de tetrápodos halladas en la región Pampeana parecen en epirelieve negativo, impresas en sedimentos altamente deleznable que normalmente no permiten su recuperación directa. Estos ejemplos plantean dos técnicas diferentes de recuperación o documentación: extracción de materiales tridimensionales; toma de calcos, o más recientemente, fotogrametría, generación de modelos 3D virtuales con posibilidad de imprimirlos tridimensionalmente. En esta contribución, sin embargo, se hará referencia a las técnicas más convencionales.

**Extracción de materiales tridimensionales.** Estabilizado el espécimen, requiere en ocasiones de la construcción de un soporte para su traslado; el método conocido y más ampliamente difundido entre los paleontólogos es el de la cobertura de yeso. Conveniente para fósiles hallados en sedimentos poco consolidados, tal el caso de los sedimentos del "Pampeano". Converse (1989) describe tres variantes del procedimiento y la utilización de los materiales más ventajosos:

a) Vendas de arpillera saturadas en yeso París, es el procedimiento convencional más antiguo. Los inconvenientes de dicha técnica son: el transporte de los elementos integrantes, la reacción exotérmica de la cobertura, la humedad del objeto, la transmisión de golpes y la posibilidad de fractura.

b) Vendas médicas impregnadas en yeso. Método muy conveniente en el transporte de los elementos al campo y de simple aplicación. Las vendas, sumergidas en agua, en 5-10 segundos inician su reacción de curado.

c) Vendas de fibra de vidrio impregnadas en poliuretano, material utilizado en medicina, que adquiere rigidez a los 6' de aplicado. Converse (*op. cit.*) recomienda el uso de este material para trabajos de campo en condiciones adversas. Carreck & Adams (1969) proponen como alternativa el uso de poliuretano expandido.

**Cobertura de yeso.** Se remueven cuidadosamente los fragmentos de sedimento suelto, excavando el fósil en toda su extensión sin exponerlo demasiado. Cuando el espécimen esté totalmente seco se deberá estabilizar su superficie con la aplicación de polivinilo. Tomar nota de la orientación del fósil. Prosiguiendo, se cava una trinchera en derredor de la pieza, dejando una capa segura de sedimento alrededor del espécimen y mostrando al mismo en un pedestal. Se continúa la operación por debajo y alrededor del fósil dando al mismo la forma de hongo. Dicha tarea facilitará la colocación del vendaje, brindando máxima seguridad a la elaboración del soporte. Luego se cubre el espécimen con hojas de papel y se humedecen con un rociador, tarea que permite a dicha capa absorbente adaptarse sobre todas las superficies y depresiones, sirviendo de protección al fósil y previendo que el yeso no alcance el mismo. Se cortan las bandas de arpillera, calculando su longitud sobre el fósil y se sumergen en agua.

Un recipiente plástico de boca ancha se llena de agua hasta la mitad, se esparce sobre la misma en forma de lluvia el yeso París, y se revuelve hasta lograr una mezcla cremosa. Se aconseja utilizar yeso de fraguado lento, dando tiempo a una labor prolifera. Se sumergen las vendas en el yeso, asegurando que empapen bien y

despojándolas de excesos. Se coloca una venda saturada a lo largo del espécimen y las siguientes paralelas a la misma, apenas solapadas a la anterior, continuando hasta cubrir toda la pieza. Los extremos de las vendas deben introducirse hacia abajo, siguiendo la forma del hongo. Luego de 24 horas, tiempo requerido para su fraguado, se aplica una segunda capa de vendas en ángulo recto a las primeras. Los especímenes de gran tamaño y peso, requieren un soporte adicional. Pueden incorporarse varillas de alambre a la superficie del soporte disponiéndolas como refuerzo y sirviendo de base del espécimen; la misma prevendrá el desprendimiento y caída de material cuando este sea dado vuelta. El espesor de la cubierta de yeso depende del tamaño de la pieza, variando desde 5 mm hasta varios centímetros. Permitir que el material fragüe con un intervalo de 24 horas. Excavar la base para remover el espécimen; tarea que se realiza cuidadosamente con martillo y cinceles, colocando material acolchado debajo del bulto hacia el lugar donde se volcará. Una vez suelto y rotado el bulto, remover el exceso de sedimento y aplicar el vendaje tal como anteriormente. Una vez seco transportar. La cobertura deberá llevar alguna referencia sobre la posición del fósil en el interior del bulto, así como un número o señal referente a la colección.

**Poliestireno expandido.** El advenimiento de estos productos en envases rociadores brinda una cómoda alternativa; (Converse, 1989) recomienda: Cubrir el espécimen con una hoja de plástico comercial y envolver siguiendo el contorno del espécimen. Rociar con el producto sobre y en derredor del espécimen ayudándose en extenderlo con espátula y las manos cubiertas. Luego de unos 45', la espuma plástica formará una protección fuerte y liviana.

**Poliuretano expandido.** El poliuretano es un elastómero compuesto de dos partes: resina termoplástica (isocianato) y el agente endurecedor. Gran variedad de resinas poliuretánicas se utilizan en la toma de calcos. Cura en tiempo relativamente corto. Mezclar completamente los componentes por partes iguales con ayuda de una espátula grande evitando la exposición a los gases tóxicos emanados; hasta que la mezcla tome color claro; luego volcar inmediatamente pues su curado es inmediato. Carreck & Adams (1969) recomiendan en el campo:

- Exponer el material fósil cuanto sea posible dejando la base en un pedestal y removiendo la matriz restante.

- Cubrir el espécimen estrechamente con un papel de aluminio ayudando de un pincel blando.

- Construir una pared de contención alrededor del fósil con madera, cartón o material semejante, dejando espacio suficiente alrededor y por encima. Llenar el hueco, tarea que puede realizarse en varias etapas y atender posibles fugas de material.

- El poliuretano fragua 20' después de vertido y los excesos pueden eliminarse con un cortante o cuchillo caliente (cuidando del humo tóxico).

- Finalmente se corta el pedestal por debajo y se repite el procedimiento igual que en la cobertura de yeso.

El producto cumple su cometido utilizado en especímenes secos.

### **Toma de calcos en el campo**

En ocasiones, no existe forma de que algunos especímenes (*e.g.* molduras, grandes trazas *in situ*) puedan ser llevados al laboratorio. Siguiendo a las fotografías, fotogrametría y el moldeado y calcado pueden ser una única opción para recuperar una reproducción tridimensional del fósil. Las técnicas fueron tratadas en principio por Linsley (1965) y descriptas posteriormente por numerosos paleontólogos de campo: en pisadas de vertebrados (*e.g.*, Maceo & Riskind, 1989; Obata *et al.*, 1989) y restos de pequeños invertebrados (*e.g.*, Parsley, 1989).

Los afloramientos muestran ocasionalmente cámaras y conductos de crotovinas y nidos de insectos cortados sagitalmente, donde parte o la totalidad del relleno ha desaparecido por la erosión, mostrando figuras en bajo-relieve. Este tipo de ejemplo solo puede ser rescatado mediante la toma de calcos, totales o parciales, según la extensión de la estructura. Antes de iniciar las obras de recuperación deben fijarse los límites de la estructura, proceder a limpiar la misma de sedimentos con herramientas pequeñas y pinceles y fortalecer la totalidad de la superficie elegida para calcar, mediante la aplicación con rociador, de una o varias manos de laca o Butvar. En ocasiones, superficies de crotovinas expuestas durante largo tiempo, son cubiertas por algas y líquenes. Con el

fin de eliminar estos, se debe rociar los mismos con hipoclorito de sodio, que luego de unos minutos permitirá retirar los mismos con un pincel duro (Buckley & Mc Crea, 2009). En el desarrollo de moldes se utilizan diversos agentes separadores tales como ceras y pastas asociadas, aceites de siliconas en aerosol y ciclododecano. Las técnicas empleadas, con ciertas variantes y según los materiales utilizados, pueden enumerarse:

**Yeso.** Huecos expuestos en paredes verticales puede rellenarse con yeso, cuidando de sujetar el relleno durante breves instantes hasta que comience a endurecer. El yeso se prepara en una taza de goma, se aplica con espátula y se sujeta con una hoja de plástico o cartón convenientemente adecuada al tamaño del hueco a rellenar. Huecos situados en superficies horizontales, puede rellenarse con yeso o bien con resina plástica, delimitando la extensión del calco con una pequeña pared de arcilla o plastilina que evitará el derrame. Curados los materiales de relleno, se procede a etiquetar y embalar el material de la forma descrita anteriormente. Deberá tomarse nota de la orientación del calco.

**Látex.** La técnica utiliza el material natural pre-vulcanizado mezclado con agua, logrando la consistencia de un aceite liviano. La mezcla blanca, puede colorearse utilizando tinta china o polvo de grafito. Parsley (1989) indica el siguiente procedimiento:

- Limpieza y secado de la superficie a calcar.
- Pintar el molde y dejar secar. Lavar el pincel con una solución de amoníaco.
- Aplicar sucesivas capas finas de látex hasta oscurecer los detalles.
- Posteriormente aplicar una capa de látex más viscosa, momento en que el molde debe reforzarse adicionando una tela de liencillo. Luego aplicar capas adicionales haciendo sólido el conjunto.
- Cuando la capa final seca, se desprende cuidadosamente el molde, comenzando desde el exterior hacia el centro. Como regla, es esencial aplicar mayor cantidad de capas a especímenes mayores.

Otra variante de la técnica fue mencionada por Shorer (1964) que recomienda la aplicación del látex en varias capas, mediante pistola pulverizadora, reforzando las últimas con una trama metálica. Existen equipos manuales de pulverización que accionan con un inflador a pedal y pesan 1,5 kg (Heaton, 1980). Esta técnica tiene diversas ventajas: 1) las capas secan rápidamente y pueden ser retiradas en corto tiempo; 2) no aparecen burbujas de aire cuando el látex es aplicado a presión; 3) no quedan restos de pinceles en el molde.

**Caucho de siliconas RTV.** Las siliconas son polímeros semi orgánicos. Agentes vulcanizadores y carga se mezclan con esta silicona para producir el caucho de siliconas para moldeo, a la que se agrega el catalizador que produce el curado. Algunas siliconas poseen tendencia a desgarrarse, siendo preciso reforzarlas con telas de nylon, fibra de vidrio o gasa.

Los pioneros en la aplicación de este producto en paleontología de vertebrados fueron Waters & Savage (1971). Una de las ventajas del producto es su fortaleza, otra es la flexibilidad con la que reproduce detalles ínfimos del espécimen y otra, es que torna innecesario usar separadores (Garner, 1953; Parsley, 1989; Benton & Walker, 1981). El producto fue utilizado en yacimientos con pisadas de dinosaurios y mencionados por Maceo & Riskind (1989) y Obata *et al.* (1989); el método explicitado fue el siguiente:

-Limpiar la superficie de la roca de material suelto y reforzar la superficie a calcar con una capa de polivinilo. Los sectores de icnitas rotos o destruidos pueden cubrirse con papel de aluminio o bien rellenarse cuidadosamente con plastilina o arcilla (Obata *et al. op. cit.*). Bordesear las huellas con cartón, plastilina o arcilla, evitando el derrame del caucho.

-Mezclar la goma con el catalizador, desgasificar y volcar en el molde, asegurando que llena todas las cavidades. Alisar la goma con un cuchillo o espátula de madera en toda su superficie. Moldes pequeños pueden ser calcados aplicando goma pre-activada en cartuchos con una pistola, método que resulta excelente por el fácil transporte de los materiales al campo.

-En ocasiones, la primera capa de goma puede aplicarse utilizando pinceles duros, lo que evitará la formación de burbujas, adicionando posteriormente el resto del material con pulverizador.

-Para el reforzamiento adicional puede utilizarse fibra de vidrio o gasa, aplicados antes del curado de la goma que insume alrededor de 24 horas. El exceso de goma puede retirarse con un cuchillo y el molde desprendido de la superficie.

-Los moldes grandes pueden arrollarse para ser transportados, pero en los laboratorios o depósitos deberán ser desplegadas sobre soportes para evitar que se deformen.

Diversas huellas fósiles de vertebrados procedentes de la zona de Pehuén-Co en el sur de la provincia de Buenos Aires, (Pleistoceno superior) fueron calcadas utilizando técnicas semejantes, materiales coleccionados en la División Arqueología del Museo de La Plata.

Resinas epoxi. La utilización de resinas epoxi sobre superficies previamente consolidadas, requiere que la humedad de la pieza sea inferior al 30% (Sawada, 1981). La aplicación se refuerza con bandas de tejido sintético, que una vez seca se puede desprender y trasladar. Las resinas reforzadas son muy resistentes, pero presentan inconvenientes tales como su tamaño considerable y su manipulación posterior, difícil por su extrema rigidez.

Una variante de estas técnicas está dada por la utilización de materiales de impresión dental en la elaboración de calcos de tamaño reducido (Quilty & Williams, 1975). Dichos productos permiten obtener moldes en 1 a 3 minutos y su posterior reemplazo por vinil-polisiloxanos. Se ofrecen en dos formas: como masilla blanda y en forma acuosa de baja viscosidad, cuyas ventajas son la rápida y fácil utilización. Dicha utilización implica primero la aplicación sobre el espécimen de Butvar como separador y dejar secar, luego amasar parte de la masilla, cubrir el espécimen con el medio acuoso y presionar cuidadosamente la masilla sobre el espécimen. En tres minutos la capa estará lista para el molde. En muchos casos puede utilizarse la masilla solamente y los moldes fabricarse en yeso o epoxi sin necesidad de utilizar separadores (Leiggi, 1989). Otra variante esta mencionada en la combinación de resinas epoxi y caucho RTV (Purnell, 2003).

Película de laca (*peel*). La técnica consiste en la toma de *peels* sobre los afloramientos portadores de icnofósiles. Fue descrita por Voigt (1936, 1972) y consiste en aplicar una película de laca a superficies horizontales o verticales reproduciendo estratificaciones y estructuras delicadas. El equipo prevé la utilización de laca nitrocelulósica disuelta en acetona; vendas de gasa o liencillo de 10 y 20 cm de ancho; clavos y cordeles, pala, azada, paleta de albañil, pulverizador, pincel chato de 4-5 cm de ancho, tijeras y recipiente para preparar la laca.

El perfil no deberá mostrar oquedades, piedras o raíces de árboles. El área seleccionada se alisa prolijamente hasta lograr una inclinación de 10° a 15°. La superficie preparada se rocía con laca diluida en  $\frac{3}{4}$  partes de acetona. La aplicación recomienda que el sedimento no esté demasiado húmedo ni seco y la impregnación necesaria de 1 a 2 litros por metro cuadrado (Hähnel, 1962). La laca deberá aplicarse más de una vez. Bouma (1969) menciona la construcción de *peels* de 30 cm x 30 cm. Sobre el perímetro laqueado se colocan clavos o grapas en U y se unen con un cordel en ángulo recto. Una vez rociadas sucesivas manos de laca se aplica el liencillo embebido en la misma, presionando sobre la superficie. Los bordes irán cubiertos por vendas de 10 cm y se dejará espacios de 1 cm aplicándose luego aquellas de 20 cm. Una vez seco el laqueado se recorta el borde con un cuchillo y se retiran los clavos del perímetro, excepto el borde superior. Luego se desprende desde abajo, arrollando la superficie con sedimentos hacia fuera.

Se necesita un secado adicional cuidando de no exponer el ejemplar a solarización excesiva. Para su transporte, el *peel* puede arrollarse sobre un cilindro sólido, dejando la superficie con sedimentos hacia fuera y cubriendo luego con papel o tela y amarrados. La película de laca puede pegarse a una plancha de madera con una solución de acetato de vinilo, convirtiéndose en un buen ejemplo para clases o exhibición.

Otro material utilizado en la toma de *peels* son las resinas poliéster, que permiten su empleo tanto en superficies verticales como horizontales. La técnica utiliza la resina diluida con monómero de estireno y rociada. Es un método más rápido que el laqueado y evita riesgos posteriores. Otro procedimiento técnico consiste en la utilización de resina epoxi para la toma de *peels* en relieve. El método, originalmente utilizado en laboratorio, fue luego empleado en el campo. Este método es más rápido y obtiene obvias ventajas, pudiendo tomarse varios *peels* en corto tiempo. Una variante a esta técnica esta mencionada por Stidham & Mason

(2009). La misma consiste en la aplicación sobre la superficie a recuperar de acrílico Butvar y luego reforzarlo con acetato de celulosa, dejar orear y levantar.

### Otras técnicas de campo

El método de prospección Georradar (GPR) es actualmente el sistema más versátil de aplicación a estudios relativamente superficiales requeridos por la Geociencia (menos de 50 m) cuyas características principales son:

-Método no destructivo. Se basa en la propagación por el suelo de un pulso de onda electromagnética. Su frecuencia varía entre 1 MHz y 5000 MHz. Se originó como ecosonda para prospectar espesores de hielo y glaciares y en los años 70' comienza a utilizarse para detectar espesores de suelos congelados. Actualmente se lo emplea en la ingeniería civil, medio ambiente, geotecnia, arqueología, geofísica, geología y minería.

El sistema se basa en un impulso a determinada frecuencia (T), generado en la antena emisora, que se refleja en lugares del subsuelo donde se producen cambios en la impedancia eléctrica. Las impedancias reflejan el cambio de materiales. La antena receptora registra arribo por el aire (A), por medio (M) y por distintas reflexiones que constituyen una traza. Las antenas se desplazan a lo largo de una línea de barrido, obteniendo una traza en cada posición. Los registros son capturados por un conversor analógico digital de alta velocidad y enviados en forma digital a una computadora, que utiliza un programa que permite almacenar las trazas digitales y graficarlas de manera ordenada en la pantalla o por medio de una imagen conocida como radar grama. En Geotecnia se utilizan frecuencias de entre 25 y 500 MHz. Al aumentar la frecuencia de la antena emisora de impulsos electromagnéticos, se aumenta la capacidad de detección de elementos de pequeñas dimensiones, perdiendo capacidad de penetración. Todos los métodos geofísicos eléctricos y electromagnéticos dependen de la conductividad de los suelos, siendo mejor los arcillosos y limos saturados.

Se ofrecen diversos tipos de antenas y programas computacionales que permiten adecuar las imágenes y detectar estructuras de un tamaño apreciable en torno a decímetros (Davis & Aman, 1989; Rinaldi, *et al.*, 1997; Rinaldi & Francisca, 2000; Rinaldi, 2002; Tabbagh *et al.*, 2000; Weinzettel *et al.*, 2009).

En las salidas al campo, el geólogo encargado de las observaciones y muestreos de los paleosuelos deberá llevar un equipo de herramientas necesario para esa función. Tal equipo debe contar con un martillo de geólogo, para acceder a cortes de roca fresca para la observación, así como para extraer ejemplares para estudios de laboratorio. En ocasiones, y para llevar a buen término su cometido deberá contar con pico, pala, cuchara de albañil, cuchillo para excavar, escalpelo y tijera de podar.

El equipo de registro incluye cámara fotográfica y lentes apropiadas. Lápices, lapiceras y libreta de notas de campo de tapas duras con hojas cuadriculadas, que brindan escala gráfica para el desarrollo de esquemas y dibujos. Los marcadores de fibra indeleble se utilizan para rotular los especímenes procedentes de diferentes niveles del paleosuelo. También debe formar parte del equipo la tabla decolores de suelo de Munsell (1975) y un pequeño envase plástico con pico de goteo para ácido clorhídrico al 10%, utilizado para comprobar la existencia de carbonatos en la composición de las muestras. Es necesario subrayar que los especímenes deben ser marcados en su parte superior con el fin de poder orientarlos cuando se someten a cortes petrográficos. El equipo de medición incluye cinta métrica y regla milimetrada. La brújula puede utilizarse para la medición de marcas e inclinaciones de las superficies y la orientación de los rasgos especiales. Es conveniente disponer de una lupa de mano para observar las características sutiles de los suelos analizados. De igual modo, se requieren materiales para el embalaje de muestras de horizontes y estructuras del suelo. Se recomienda papel de diario, hojas de aluminio y cintas adhesivas para el envoltorio de dichos especímenes. Los ejemplares más delicados deberán ser embalados en cajas de cartón, madera o metal y envueltos en algodón para preservarlos de la fragmentación. Es conveniente adjuntar a la libreta de campo un juego de diagramas y tablas para consulta, convenientemente plastificados (ilustraciones).

Los ejemplares de suelos y paleosuelos no muy indurados, que en otras ocasiones es imposible usarlas se coleccionan normalmente con cajas metálicas denominadas "cajas de Kubiena (Kubiena, 1953). Estas tienen tapa y fondo y se fabrican de aluminio, cinc o acero. Se recomienda dos tipos de cajas de Kubiena, una pequeña para estudios micro morfológicos y una grande para micro morfometría de poros y grandes componentes, cuyas

medidas son: 7,5 de largo x 6,5 de ancho x 4 cm de profundidad construidas en metal de 1 mm de espesor. Generalmente, las cajas de Kubiena son muy fáciles de utilizar causando mínimas perturbaciones al espécimen. Mencionaremos los dos tipos de paleosuelos que más frecuentemente aparecen en los perfiles cenozoicos de la región Pampeana.

1) Materiales muy coherentes o cementados, pueden ser muestreados como bloques de dimensiones apropiadas, cortados con la utilización del cuchillo o martillo de geólogo (el martillo solo podrá ser utilizado en última instancia por la posibilidad de producir daños estructurales en la muestra). Los ejemplares de dichos paleosuelos deberán ser envueltos en bolsas de polietileno y guardados con todos los datos particulares (número de código de la colección de campo, profundidad de la muestra y su orientación).

2) Materiales pobremente consolidados. Previamente los sedimentos deben ser consolidados con acetato de celulosa y luego extraída la muestra con una caja de Kubiena, cavando con una piqueta para extraer la muestra.

En ocasiones, los materiales deberán impregnarse con yeso París o resina poliéster, procedimientos explicitados en Murphy (1986).

Los suelos predominantes en el sudoeste pampeano son argiudoles típicos y en ellos se ha descrito la presencia de bio mineralizaciones fúngicas de oxalato de calcio (whewellita y weddellita). La producción de bio mineralizaciones cálcicas, fúngicas y vegetales, sumado a su mayor susceptibilidad a la alteración respecto de los distintos minerales de origen inorgánico que conforman la matriz del suelo, resulta un importante aporte de calcio al suelo y por consiguiente, al ciclo biogeoquímico del calcio (Borrelli *et al.*, 2007). Una de las contribuciones más importantes a la geología en los últimos años ha sido el reconocimiento de la influencia de los factores biológicos en los ambientes sedimentarios.

Las bio mineralizaciones generadas por acción de los organismos son resultado de su funcionamiento metabólico y están presentes en todos los niveles de la biósfera. Organismos unicelulares y multicelulares bio mineralizan variadas estructuras con diferentes composiciones siendo las más comunes los carbonatos y oxalatos de calcio, sílice amorfa, sulfuros de hierro, oxi hidróxidos de hierro, de magnesio y de manganeso. Las bio mineralizaciones son buenos indicadores de niveles pedogénicos actuales y fósiles. Las bio mineralizaciones de calcio (frecuentes en secuencias continentales) presentan variada morfología, relacionadas mayormente con actividad fúngica y en menor proporción con hongos actinomicetos, algas y bacterias. Muchos, asociados a rizoconcreciones, a estructuras vegetales calcificadas y silicificadas en los niveles petrocálcicos de paleosuelos aluviales. Estas bio mineralizaciones son depósitos inactivos susceptibles de cambios producidos por alteraciones ambientales. Las bio mineralizaciones han permitido avanzar sustancialmente en las interpretaciones paleo ambientales (Osterrieth & Borrelli, 2007).

### **Embalaje y transporte**

Llega así el momento de envolver y embalar los especímenes recolectados para su viaje al laboratorio. Trataremos los dos tipos de estructuras.

a) Materiales y estructuras simples: Normalmente las piezas de este tipo suelen ser de tamaño relativamente pequeño. Si el espécimen muestra señales de fragilidad se debe envolver con una capa de algodón. Se procederá luego a envolver el espécimen en sucesivas capas de papel higiénico que finalmente se fijarán mediante cintas adhesivas de enmascarar, entrecruzadas debidamente.

Otro método muy difundido es el de protección de los fósiles mediante la utilización de hojas de papel de aluminio (Hager, 1975); método referido fundamentalmente a la preservación de piezas pequeñas. Se trata de forrar estrechamente el espécimen con una o varias capas de hojas de aluminio, luego de haber aislado de la matriz el mismo, según el método clásico. Las hojas de aluminio pueden aplicarse con un pincel, dependiendo el número de capas, el tamaño del espécimen, su estado de preservación y la naturaleza de la matriz.

b) Materiales y estructuras complejas: Algunas piezas, a pesar de haber sido suficientemente consolidadas, no tienen la resistencia mecánica suficiente para soportar su propio peso, o debido a su forma, dimensiones o volumen, necesitan un soporte adicional, tal el caso de colocar una capa de gasa embebida en el mismo fortalecedor utilizado para fortalecer el fósil. Al evaporarse el solvente, la gasa permanece adherida y brinda

rigidez suficiente para permitir embalar o depositar la pieza en un envase. El método es útil para piezas pequeñas y como soporte previo. El fortalecedor aconsejado es acetato de polivinilo disuelto en acetona.

Los objetos de mayor peso y tamaño necesitan de un lecho rígido, repartiendo su peso en forma uniforme, evitando fracturas o disgregaciones. Es necesario asignar números a cada espécimen coleccionado en el campo (número anotado en la libreta y en una ficha que acompaña al espécimen). Los datos que acompañan cada espécimen son: procedencia geográfica, procedencia geológica (una sigla identifica el yacimiento), fecha de colección, nombre del colector, número de fotografía eventual.

Las piezas relativamente pequeñas suelen agruparse en bolsas de género con cierre de atar y una ficha de identificación sujeta en uno de sus bordes. El agrupamiento de las distintas piezas se hace siguiendo algún criterio, como ser: pertenencia a una misma unidad litoestratigráfica, asociación icnológica, etc. Finalmente, estos materiales se deben depositar en cajas o cajones resistentes, a fin de proteger los materiales colectados de cualquier posible injuria.

### **Registro gráfico y fotográfico de campo**

La fotografía de las trazas fósiles requiere de un estilo ligeramente diferente a aquel adoptado con los cuerpos fósiles. Las excavaciones pueden acentuarse mediante la humectación de la superficie de la roca o por entintar éste. En otro caso, las trazas pueden tener delicadas marcas de arañazos u otros detalles que deberán ser aclarados mediante fuerte luz rasante y luego fotografiadas. Algunas trazas fósiles podrán dibujarse esquemáticamente con un lápiz de fibra con el fin de delimitarlas. Ante la imposibilidad de fotografiar convenientemente un espécimen en el campo, deberá tomarse un molde de látex del área crítica, por ejemplo, una excavación, rellena de *pellets* fecales, fotografiada luego en el laboratorio.

## **Tareas de laboratorio**

### **Diseño y equipamiento**

El laboratorio de preparación del centro de investigación deberá contar con amplios accesos de los especímenes a su interior. Los ambientes deben ser amplios, bien iluminados con luz natural a la vez que contarán con buenos sistemas de iluminación artificial, aire y temperatura ambientales regulados. La instalación estará dotada de gas, agua (con un destilador), electricidad, aire comprimido (previendo que la localización del compresor de aire debe ser exterior). Situado convenientemente, un pizarrón con informes de los distintos trabajos que se realizan, así como sus realizadores.

Determinados tipos de equipos y herramientas deberán ocupar lugares aislados, debido a los desechos sedimentarios que producen y alejados de microscopios y computadoras. Un sector de la instalación deberá contar con los muebles para el almacenamiento de los especímenes a preparar, junto a otros para los materiales preparados. También deberá preverse de lugares especiales para el acopio de elementos químicos y materiales de uso en preparación.

Cada técnico desarrollará las tareas en su propio banco o mesada de trabajo, de superficies lisas y claras, de unos 3 m de largo x 0,70 m de ancho. Frente a los mismos, sobre la pared, deben estar las bocas de luz, así como las terminales de aire comprimido y gas; un sector de la mesada estará cubierto por una campana, para la extracción de gases de productos químicos y sedimento en suspensión. Un sector del laboratorio constará, a continuación de un banco de trabajo, de una piletta de acero inoxidable con agua fría y caliente, con drenaje plástico resistente a productos químicos.

Las instalaciones deberán estar dotadas de mesadas destinadas a la manipulación de colecciones, desembalaje y reforzamiento del material, con cajas-cama de arena para pegar ejemplares. Sobre una mesada de trabajo se instalará una bomba de vacío y sobre una pared contigua un panel portaherramientas. El laboratorio

deberá estar equipado con un refrigerador para almacenar resinas plásticas, aceleradores, catalizadores y otras sustancias.

Un área del laboratorio estará destinada a tareas de mantenimiento y preparación de herramientas, tales como afilar, templar y soldar. El mismo estará equipado con amoladora doble de banco, equipada con distintos tipos de piedras de amolar según los metales a desbastar o afilar y equipo de soldadura con tubos de oxiacetileno.

Otro cuarto especial estará destinado al tratamiento con ácidos y elaboración de calcos; equipado con dos piletas contiguas, de drenaje ífero y desagotes de plástico a tanque externo de sedimentación. El local contará con sistemas de ventilación y campanas de extracción sobre las piletas, que estarán cerradas con vidrios.

Gabinete para micro preparación. Deberá estar dotado del confort necesario para largas horas de trabajo con microscopio o lupa binocular, así como la elección de equipamiento para el eficiente control de la preparación en escala de delicadeza. Es muy importante el revestimiento adecuado de pisos y mesada de trabajo que asegurará la recuperación de fragmentos pequeños en el evento de una ruptura accidental, así como el fortalecimiento de los fragmentos más pequeños, que se depositarán en bandejas especiales. La iluminación deberá brindar una visión detallada de los objetos de trabajo. Este lugar, de especial importancia deberá estar dotado de todas las herramientas necesarias, independiente de los restantes lugares de trabajo.

Medidas de seguridad

-Antiparras.

-Guantes.

-Protección contra sonidos agresivos (maquinaria). Howie (1987) recomienda un máximo de cuatro horas diarias de trabajo con herramientas vibratorias manuales.

-Barbijos o máscaras de filtros intercambiables cuando se produce polvo por el accionar de herramientas de desbastamiento.

-Delantales protectores en el uso de elementos químicos.

-El personal estable del laboratorio deberá estar instruido en la manipulación de elementos contra incendios.

-Los pisos deberán contar con sendas antideslizantes a lo largo de las mesadas y sitios de trabajo.

-El establecimiento deberá contar con un botiquín de primeros auxilios y sus habitantes estarán instruidos en su utilización.

### **Desembalaje y fortalecimiento del material**

Los fósiles que llegan al laboratorio están empaquetados con materiales protectores livianos o bien con el cobertor de yeso o plástico. En general, los materiales icnológicos no son de gran tamaño; así gran parte de las piezas estarán envueltas en papel. Una tijera bastará para desembarazar de su embalaje al espécimen, el que deberá ser colocado en un envase junto a la tarjeta con la información de campo.

Sin embargo, no dejan de arribar al laboratorio algunos materiales de gran tamaño con su cubierta protectora. Es conveniente colocar las piezas sobre una cama de goma espuma u otro tipo de material muelle para amortiguar las vibraciones que comuniquemos al objeto durante el proceso de desembalaje, fortalecimiento y posterior limpieza. Será necesario entonces abrir esa cobertura para acceder al fósil. Un serrucho de hoja corta, con filo de dientes grandes o una sierra rotatoria eléctrica manual son las herramientas necesarias para abrir el bulto. El corte, normalmente se efectúa a lo largo del espécimen, separándose la mitad superior de la cubierta, ya señalada en el campo con pintura.

Separada la cubierta superior, se deberán retirar los refuerzos aplicados en el campo; en los objetos muy frágiles, podremos eliminarlos gradualmente, consolidando el área despejada. Papeles o gasas aplicados como refuerzo se humedecerán con solvente y se limpiará la superficie. La superficie libre se examina cuidadosamente despejando el material suelto (polvo y pequeños fragmentos) con pinceles y un soplador de aire suave. Si la pieza fue rociada con fortalecedores por estar fragmentada, deberá limpiarse superficialmente antes de eliminar el mismo con solvente y limpiar las rajaduras hasta separar los fragmentos; luego limpiar cuidadosamente las

superficies de contacto y procederá a unir definitivamente los fragmentos, utilizando adhesivos de poco cuerpo como acetato de vinilo o cianocrilatos.

Comenzará luego la tarea de fortalecimiento general, tarea en la que se emplean variadas técnicas en el caso de materiales friables. La técnica básica es la impregnación, la cual implica el uso de algún tipo de cola o epoxi, donde el espécimen es sumergido o recibe la misma por aspersión, a fin de fortalecerlo suficientemente para excavarlo o cortarlo (Conway, 1982). Debe tenerse particular cuidado en asegurar que la superficie expuesta esté seca y totalmente libre de desechos sueltos antes de la aplicación de los fortalecedores y adhesivos.

Las pequeñas grietas en la superficie o fragmentos sueltos deben adherirse utilizando lacas, polivinil acetato o bien cianocrilatos. Los fortalecedores pueden aplicarse por goteo, cubriendo la totalidad de la superficie del espécimen. Debe tenerse en cuenta que un líquido fortalecedor diluido penetra profundamente más que una preparación viscosa y que las superficies porosas requieren sucesivas aplicaciones con pipeta.

La preparación de los materiales icnológicos requiere de técnicas de observación minuciosas, pues la apreciación de estructuras en tres dimensiones permite la correcta identificación de ellas (Farrow, 1975). Como gran parte de estos materiales suelen ser de contextura terrosa, es conveniente entre paso y paso permitir que la pieza pierda humedad evitando así que algún sector se deshaga. Finalmente, la pieza entera puede ser fortalecida con fortalecedor aplicado por goteo o aspersión (Tucker, 1988).

Existen casos en que elementos coleccionados quedan impregnados de sales, que deben ser posteriormente eliminadas. Se procede a ubicar las piezas en bandejas con una cama de arena seca, luego se aplica a la superficie una pasta fabricada con papel humedecido. La humedad penetra en la pieza, migrando las sales hacia la superficie durante la evaporación y trasladándose a la pasta de papel. Posteriormente se procede al secado del material en estufa y finalmente a la aplicación del fortalecedor muy diluido por goteo.

Otra forma de fortalecer los materiales consiste en que una vez secos, sean sumergidos en una solución diluida de laca nitrocelulósica, hasta que esta ocupa poros y espacios libres; fenómeno que se advierte por la cantidad de burbujas de aire que migran hacia la superficie. Numerosos ejemplares de nidos de insectos que forman parte de las colecciones de la División Icnología del Museo Nacional de Ciencias Naturales fueron así fortalecidos. Los especímenes pequeños hacen más efectivo y rápido el proceso. En especímenes de gran tamaño, se pueden emplear colas muy diluidas, en sucesivas aplicaciones por goteo.

Cuando las circunstancias así lo requieren, las piezas podrán ser sometidas a una cámara de vacío. Para ello, el objeto, inmerso en el baño reforzador, se introduce en la campana de vidrio para extraer el aire del interior, permitiendo así que penetre el líquido fortalecedor. Es el método más efectivo para lograr una impregnación en profundidad. Es conveniente utilizar materiales fortalecedores fluidos que curen en horas; siendo los más utilizados epoxi, acetato y resinas poliéster.

### **Herramientas y técnicas manuales**

Las herramientas manuales utilizadas en micro preparación consisten generalmente en una gran variedad de punzones y leznas, además de pinzas, distintos pinceles, porta agujas y porta herramientas intercambiables. Los portaagujas provienen de diversos oficios y *hobbys* (joyería, reparación de elementos electrónicos); poseen mangos de distinto grosor y longitud y llevan en uno de sus extremos un cabezal ajustable donde se introduce y sujeta la herramienta elegida. Tales herramientas consisten en finas varillas de acero dotadas de formatos y filos diversos, o bien la adaptación de agujas de sastrería de distinto grosor y longitud. La adecuación de la zona de trabajo de dichas herramientas se confecciona mediante la utilización de amoladoras eléctricas de banco. El afilado, así como el ángulo de corte de dichas herramientas, se elabora según las necesidades técnicas y características del fósil y del sedimento que lo envuelve. En ocasiones se utilizan herramientas de acero especial (Widia), que requieren de un tratamiento especial con piedras amoladoras de carburo de silicio. También suelen utilizarse varillas de "acero plata", calentadas con mechero Bunsen y luego formateadas sobre un yunque, afiladas y templadas (tarea de expertos).

Las herramientas manuales de odontología brindan una gran variedad de formas posibles de adaptarse a las tareas de desmonte y limpieza de fósiles. Las pinzas utilizadas en estas tareas provienen del campo médico, joyerías, etc. y están representadas por una enorme variedad de formas y tamaños. A su vez, los pinceles también provienen de diversos oficios y del mundo artístico, y brindan una variada cantidad de formas y tamaños, siendo utilizados como herramientas de limpieza –robusta o delicada– y en otros casos para la aplicación de sustancias adhesivas o de fortalecimiento.

La eliminación del sedimento –generalmente terroso– que cubre los nidos de insectos fósiles es usualmente disgregable por métodos manuales y en pocas ocasiones aparecen cubiertos por costras de carbonatos. A su vez, la mayor parte de las piezas posee tamaño pequeño (generalmente menos de 10 cm). Es así, que las herramientas utilizadas son delicadas agujas (en ocasiones extremadamente delgadas). Las piezas están sostenidas manualmente por el preparador que se apoya sobre una base de goma pluma, evitando vibraciones y esfuerzos desmedidos.

Cuando es visible solo un fragmento del fósil, se aplica fortalecedor sobre esa superficie (que puede ser laca poliuretánica diluida) y se procede a desbastar la pieza desde otras direcciones. En ocasiones en que la pieza es muy pequeña o su estado de fragilidad es notorio, es conveniente aplicar una fina capa de cera politilenglicol en la superficie libre y pegar la pieza con la misma cera a una base de cartón grueso o madera para poder manipularla debidamente. Cuando finaliza la preparación, la cera aplicada como protección y soporte se retira apoyando la pieza sobre una superficie metálica que inclinada y calentada permitirá el goteo de la cera derretida que posteriormente puede ser utilizada nuevamente.

Es momento de mencionar la utilización del soplador de aire comprimido. Con el fin de mantener el campo de trabajo despejado de residuos se aconseja adicionar a la herramienta de mano un pequeño tubo de goma o plástico que sopla aire comprimido con el accionar de un pedal, similar al que utilizan los odontólogos, técnica aplicada por primera vez en el *American Museum of Natural History* (AMNH). Una de las tareas más antiguas en la preparación de fósiles, consiste en desmontar el sedimento mediante el uso de martillo y cinceles. Aun cuando gran parte de esta labor está solucionada hoy día mediante la utilización de herramientas neumáticas y eléctricas, el empleo de esta técnica es un valioso recurso en manos del preparador avezado, quién puede regular la intensidad y frecuencia del accionar de la herramienta golpe a golpe. Durante el desarrollo de esta técnica es conveniente que el espécimen descansa sobre una cama de arena o de goma-pluma, sostenido con bolsas de arena, para evitar movimientos no deseados del material.

El tipo de materiales a tratar en este caso hace, que tanto martillos como cinceles sean livianos y de pequeño tamaño. Las varillas utilizadas –generalmente de acero plata son de 3 a 8 mm de diámetro–. En casos especiales, se suelda a un extremo de la varilla un trozo de acero rápido de igual diámetro, que luego recibirá –calentado a mechero– la clásica forma de doble filo terminado en una amoladora eléctrica apropiada.

Otras herramientas manuales de uso en el laboratorio: serrucho de costilla, sierra de arco flexible, martillo de vidriero, espátulas de madera para arcilla, bisturíes o escalpelos de hoja fija o recambiable.

### **Microscopía.**

La limpieza de sedimentos de los materiales anteriormente mencionados debe efectuarse con la ayuda de algún dispositivo que magnifique la imagen, tal el tamaño y la delicadeza de los detalles que suelen poseer. Tales dispositivos pueden ser de varios tipos: a) lentes de aumento fijo, frecuentemente acoplados a lámparas de iluminación; b) lupas binoculares de aumento variable y c) microscopios. El dispositivo más limitado es el de las lupas, por la corta distancia de foco que poseen y la dificultad de mantener el mismo; las lentes de aumento de gran superficie devienen de gran utilidad cuando se preparan materiales con herramientas de fuerza (e.g., tornos, martillos neumáticos, etc.) debido a que brindan un área y un poder de observación muy amplio e importante.

La microscopía constituye una de las más importantes técnicas para indagar científicamente; aplicada a la preparación del material fósil, la distancia focal de trabajo es de unos 10 cm. Así, la herramienta preferida es la lupa binocular estereoscópica equipada con amplificador de imagen, montada a una base que permita un amplio

lugar de trabajo y con un sistema de iluminación adecuado, permitiendo al preparador desarrollar sus virtudes. Tal sistema es un recurso de luz fría independiente de la lupa. Se trata de las fibras ópticas, que utilizadas en par permiten dirigir una continua iluminación desde distintos ángulos sobre el objeto en observación. La ventaja del recurso favorece la manipulación del espécimen y el manejo de las herramientas de preparación.

El área de preparación microscópica deberá estar aislada de otras áreas de trabajo. El ambiente de preparación de paleontología es hostil a los estereomicroscopios, de allí que es conveniente la limpieza periódica de los mismos, utilizando cepillos blandos y un soplador de aire. Se aconseja no utilizar aire comprimido, pues las partículas acarreadas agreden lentes y mecanismos. La limpieza de las lentes puede realizarse con papel higiénico empapado en alcohol. Cuando el equipo no es utilizado es conveniente una cobertura plástica.

### **Herramientas eléctricas y neumáticas.**

Si bien gran parte de los materiales icnológicos de la región Pampeana son relativamente friables, en ocasiones su preparación suele necesitar de la utilización de herramientas de fuerza, eléctricas y neumáticas. En tales ocasiones es preciso desbastar los bloques de sedimento que llegan al laboratorio portando algún tipo de fósil y que en oportunidades encierran capas o concreciones más o menos importantes de "tosca", elemento por demás tenaz, difícil de eliminar mediante herramientas manuales.

Las herramientas eléctricas utilizadas, son tornos manuales industriales de 1/5 Hp. Con velocidades de 14 a 15.000 rpm, regulador de velocidad a pedal y tornos de odontología. Ambos tipos suelen poseer portaherramientas de mano de dos tipos: rotatorio o de percusión. Dichas piezas pueden utilizarse con una amplia variedad de discos de diamante (de 1 a 3 mm de corte y diámetros de 8 a 15 mm –fijos y desmontables–), diferentes tamaños de muelas de abrasión y fresas de acero común, Widia o diamantadas. Ambos tipos de tornos utilizan diversos tipos de cepillos montados, de distinta dureza y forma. Los discos cortantes pueden utilizarse para efectuar acanaladuras en el sedimento que luego son completadas con herramientas neumáticas u otro tipo de percusión. Mencionamos algunas de estas herramientas acopladas a tornos empleadas a lo largo del tiempo. Adosado a algunos tornos manuales, el martillo de Stensio transforma la rotación original del aparato en percusión. Fue fabricado especialmente para paleontólogos y lleva el nombre del inventor; funciona con agujas de gramófono y fue sustituido por aparatos más robustos. Durante 25 años aproximadamente el Vibrotool de Burges Industrial fue uno de los implementos más utilizados en la preparación de fósiles de todo tipo (Rixon, 1976). Están equipados con puntas de acero adaptadas y el uso industrial lo emplea en el grabado de metales y vidrios. En paleontología suele utilizarse con diversos tipos de puntas, algunas empleadas en trabajos delicados, donde solo se necesita aplicar suave presión.

El uso de herramientas neumáticas en paleontología fue mencionado primero por Jones en 1969. Permiten remover con rapidez cantidades apreciables de sedimento. La utilización de tales herramientas obliga a la instalación de un compresor de aire con líneas de transmisión, así como llaves, filtros, sistemas de lubricación y adaptadores de las distintas herramientas. El compresor deberá instalarse en ámbito aparte. Estos martillos neumáticos del tamaño de un lápiz llevan puntas o cinceles de acero al tungsteno. Dos modelos en particular han sido usados extensamente en paleontología: De Soutter VP2 X y Airscribe de Chicago Pneumatica Co. En los dos ejemplos el aire remanente al movimiento de la herramienta es expelido por su extremo, permitiendo limpiar los sedimentos sueltos del fósil. El modelo mencionado en segundo lugar posee la ventaja de poder regular sus golpes mediante un control en el mango del martillo. Los pequeños martillos "Air-Scribe", brindaron y brindan desde su advenimiento en los años 50' importantes servicios a las tareas del preparador de fósiles. Dicha herramienta fue mejorada en su accionar mediante la aplicación de una cobertura que reduce el fuerte sonido producido, a la vez que las puntas originales fueron modificadas en tamaño y forma con el fin de lograr mayor efectividad en algunas tareas específicas. Arnold D. Lewis, a la sazón encargado del laboratorio de preparación de fósiles del *Harvard Museum of Comparative Zoology*; fue quien introdujo las modificaciones para uso paleontológico de dicha herramienta (Lewis, 1977; Lewis & Mc Crady, 1978).

### **Micro disparadores de abrasivos.**

Los objetivos de la paleontología, con el necesario conocimiento de los detalles de las formas fósiles, continúan profundizándose y nuevas herramientas y técnicas se ponen en práctica constantemente. Durante la década de los años 60', un micro disparador de abrasivos (Air-Dent), fue originalmente adoptado en el *Harvard Museum of comparative Zoology* y sometido a uso intensivo en el *American Museum of Natural History*. El método fue descrito originalmente por Stucker (1961) y las variantes y aplicaciones comentadas –entre otros– por Spreng (1961); también fue utilizado con éxito sobre variados materiales etnológicos e histórico-arqueológicos (Gibson, 1969).

La máquina, un instrumento de precisión, que opera a través de la impulsión de abrasivos con aire comprimido; fue fabricado por S.S. White Industrial para varios usos, como el grabado sobre plásticos duros, acero, vidrio y el modelado de cristales. El aparato produce la suspensión de partículas abrasivas en una tolva que luego impulsa a través de un tubo elástico hasta la boquilla final. La potente corriente de aire de 330 m/seg impacta sobre un punto dado, con suficiente fuerza (5 a 6 kg/cm<sup>2</sup>) como para erosionar materiales duros, aunque es ineficaz contra materiales blandos, ya que absorben el impacto. Los abrasivos, que pueden seleccionarse son: óxido de aluminio de 27 micrones, el más activo; polvo de dolomita, que se emplea como un ligero retoque sobre los últimos vestigios de sedimento o delgadas partículas de ganga y pequeñas esferas de vidrio, también diseñadas para limpieza suave. Toda la actividad se controla a través de un gabinete con llaves selectoras. La boquilla impulsora puede estar dotada de dos tipos de picos, uno para hacer agujeros de 0,45 mm de calibre, y otro de abertura rectangular, de 0,15 mm x 1,51 mm para cortar. Los picos van montados sobre una articulación esférica, permitiendo distintos tipos de movimientos de orientación. La tarea de desbaste se efectúa con movimiento de vaivén y la boquilla ladeada. Debido a la acción erosiva intensa, conviene accionar primero sobre la periferia del objeto, cuidando de no actuar sobre un solo lugar.

Frecuentemente el trabajo debe efectuarse bajo lupa binocular; así el operador debe permanecer protegido del fino polvo que sobrevuela. Para ello, el personal del *American Museum of Natural History* desarrolló una cámara estanca, cubierta de una tapa de vidrio corrediza, a través de la cual se accede al interior, depositando el espécimen a preparar. El acceso manual para operar es a través de agujeros frontales con bandas elásticas. El fondo del compartimento lleva un motor aspirador que transporta los residuos a un receptáculo. Todo el sistema se acciona mediante un pedal (Stucker, 1961). Las matrices más aptas para su eliminación corresponden a rocas de masa compacta, sin grano, pues las rocas arenosas pueden desviar el accionar del sedimento ocasionando infiltraciones intersticiales que deterioran el fósil antes de su aparición. Las lajas carbonáticas o las piezas entoscadas son ideales para ser trabajadas con este aparato. Debe recordarse que la intensidad del accionar del abrasivo puede regularse, así como la presión del gas impulsor. La utilización del sistema lleva al operador a tener ciertos cuidados durante su uso como la utilización de barbijos de cirugía y guantes de goma cuando la pieza se sostiene manualmente, trabajando lo más cerca posible del tubo succionador.

### **Cortes seriados.**

Como alternativa a las tomografías computadas y microtomografías, los cortes seriados de los materiales icnológicos permiten investigar las estructuras internas en tres dimensiones. En este trabajo se recopilan las técnicas empleadas históricamente, por lo cual no se desarrollará el tema referente a las tomografías computadas, de uso frecuente en la actualidad.

La técnica consiste en pulir el espécimen sobre una superficie abrasiva (polvo abrasivo sobre un plato de acero rotatorio o sobre un disco rotatorio diamantado en un torno o cortado por una hoja de sierra (Ager, 1965). El instrumento más usual en las secciones petrográficas no es el micrótopo sino algún tipo de sierra; las más utilizadas varían en 300 a 500 rpm a las que se incorporan micrómetros para medir el espesor de la sección. El tamaño de estas sierras circulares es de 3 a 5 pulgadas a las que también se adiciona un dispositivo de lubricación. Cada corte puede ser registrado en fotografía y las secciones seriadas ser digitalizadas y reconstruidas en tres dimensiones, utilizando técnicas de computación. Dichas secciones seriadas brindan

información sobre el desarrollo de estructuras internas, necesarias a la descripción anatómica y la identificación. Por superposición de las secciones obtenidas, un espécimen puede reconstruirse en forma tridimensional.

Se realizan dos tipos de secciones, unas pequeñas, montadas sobre portaobjetos de vidrio y luego pulidas hasta hacerlas transparentes. Otro tipo, más vastas, permiten el corte de nidos de insectos con el fin de acceder a los detalles interiores. El método más simple, usado hasta el momento, es el de pulido del espécimen sobre un plato de acero o vidrio utilizando polvo abrasivo u hojas de papel abrasivo fino. Este método no requiere control cuidadoso de los especímenes entre sucesivos desgastamientos o asegurar que el espécimen no esté mantenido estrictamente orientado. Otras secciones seriadas pueden obtenerse mediante la utilización de una sierra circular (Joysey & Cutbill, 1970). Los platos para pulir son de acero y los abrasivos son óxido de aluminio, carburo de silicio y alúmina de zircón. Un fragmento del material a examinar, fortalecido, se monta con cianocrilato a un vidrio portaobjetos. Si el material es quebradizo o muy poroso necesita de la infiltración de metilmetacrilato, que provee de soporte interno; proceso que se realiza con bomba de vacío.

A modo de ejemplo describiremos la técnica desarrollada en el estudio de *Coprinisphaera* (nidos de Scarabaeinae). Se procede a pegar los ejemplares fracturados. Luego, varios de ellos se colocan en una cubeta, cubriéndose con laca nitrocelulósica diluida durante una hora, para que penetre profundamente en el material. Retirados de la cubeta, los ejemplares se depositaron sobre una malla de alambre fina para su secado. Posteriormente y con ayuda de una lupa binocular se procedió a despejar de sedimentos la superficie externa de cada pieza y se realizaron los cortes. Para ello se montó una sierra para metales de dientes pequeños en una morsa de banco con la región de corte hacia arriba; se tomó luego cada pieza fósil con ambas manos y se accionó sobre el filo de la sierra. El corte producido seccionó cada nido en dos mitades y cada mitad seccionada se pulió sobre una hoja de papel abrasivo fino.

Conocer las estructuras internas de las trazas es imprescindible para una adecuada identificación icnotaxonómica. La técnica de montaje de las secciones seriadas, para la reconstrucción tridimensional, fue posible desarrollarla durante la década de los años 80' merced a la utilización de una PC XT (Chapman, 1989).

La bibliografía recoge la utilización de tres tinturas empleadas en el estudio de estructuras sedimentarias: Hamblin (1962) utilizó alizarina roja; West (1965) utilizó la mezcla de tinta de la India con polvo de "Carborundum TM" durante el proceso de pulido y Goldring & Crichton (1966) se sirvieron de azul de metileno. En rocas muy densas el resultado es pobre, aunque algunas calizas pueden ser teñidas con éxito, destacando *pellets* y paredes de perforaciones. Los sedimentos poco consolidados y secos son fáciles de teñir con azul de metileno (Pantin, 1960).

### **Técnicas químicas.**

La dureza de algunas rocas ha llevado a la imposición del uso de técnicas químicas para la limpieza de restos fósiles. Los productos químicos utilizados en la preparación de dichos restos son seleccionados por su capacidad para disgregar o disolver las matrices rocosas, pero la utilización de estos elementos, deben vigilarse, pues también causan los mismos efectos en los fósiles. El agua, combinada con detergente produce el desprendimiento de limos y la utilización de detergentes ayuda en el proceso de reducir la tensión superficial durante la interface agua arcilla. Similar efecto disruptivo ocurre con la presencia del peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). La solución de agua oxigenada es inestable y se deteriora dejando escapar oxígeno. El proceso se acelera en presencia de álcalis, superficies rugosas y metales. En matrices rocosas las burbujas de oxígeno se instalan en los poros, rompiendo el sedimento y debilitando la matriz. La reacción compromete la oxidación de materia orgánica, la cual también puede ser acompañada por otros agentes oxidantes como el hipoclorito de sodio ( $NaClO$ ) (Whybrow & Lindsay, 1990).

Si bien no existen antecedentes sobre el uso de ácidos en la preparación de materiales icnológicos, en el futuro, algunos provenientes de los pisos cenozoicos de la llanura Pampeana podrían ser tratados mediante ácido acético y fórmico, con el fin de eliminar capas e incrustaciones de carbonato de calcio y magnesio (Grant, 1989).

Las técnicas basadas en tratamientos químicos son relativamente abundantes las trazas, como los nidos fósiles de insectos y los rizolitos, que necesitan de un baño ácido para dejar al descubierto detalles de su morfología. Exponemos aquí los lineamientos de una técnica general para tales propósitos.

1) Se sugiere la máxima remoción de sedimento del ejemplar antes del tratamiento ácido.

2) Se pegan todos los fragmentos y se aplica minuciosamente una capa protectora de plástico sobre las superficies libres de incrustaciones. La aplicación puede realizarse con pipeta o pinceles finos. Las soluciones protectoras pueden ser Gliptal, fortalecedores acrílicos o cianocrilato por su poder de penetración en rajaduras y zonas porosas.

3) Es conveniente preparar la solución en cubetas de plástico o acero inoxidable. Se recomiendan soluciones de ácido fórmico y acético al 5% en un primer ataque, y del 3 al 4% en un segundo.

4) Con el fin de evitar accidentes debe vigilarse el espécimen inmerso en el medio ácido, el cual deberá ser colocado sobre una rejilla plástica con el fin de exponer totalmente el espécimen a su acción.

5) Remover el espécimen con mucho cuidado y pasar un pincel cuidadosamente con el fin de quitar el sedimento suelto.

6) Colocar el espécimen sobre la rejilla en la cubeta, inclinar ligeramente ésta dentro de una pileta y verter agua a través de una manguera, sin que esta corriente incida sobre el espécimen.

7) Retirar el espécimen del agua sobre la rejilla e inclinarla con una bolsita de arena para apurar el drenaje.

8) El espécimen debe colocarse a secar al aire.

9) Recubrir con solución protectora las zonas descubiertas y proseguir pasos anteriormente descritos hasta que se concluya la tarea.

Los materiales icnológicos, que han sido expuestos a procesos durante prolongados períodos de tiempo, pueden aparecer cubiertos por líquenes y musgos, deben ser eliminados. La técnica describe el uso de hipoclorito de sodio (NaClO) para remover líquenes y musgos de las superficies de huellas de vertebrados antes de la toma de calcos (Buckley & Mc Crea, 2009). El hipoclorito de sodio se aplica con pinceles o rociadores y luego retirado con pinceles duros o espátulas pequeñas. Semejante técnica fue aplicada sobre numerosos ejemplares de nidos fósiles de insectos por el autor.

Desagregación química de areniscas: El dimetilsulfóxido (DMSO) permite la desagregación de areniscas, disolviendo los minerales de caolinita que rodean los granos de cuarzo, separándolos. Se aplica con gotero o pincel y utilizado con cuidado no es tóxico. Las zonas libres del fósil deben cubrirse con Butvar o cianocrilato. La aplicación facilita la limpieza mecánica de piezas delicadas (Triplehorn, 2006).

### **Calcos en laboratorio.**

Especímenes de todo tipo y tamaño pueden ser moldeados a temperatura ambiente con caucho de siliconas RTV. Este procedimiento difiere poco del uso de látex o poliuretano. La diferencia más importante reside en que el caucho de siliconas no necesita del uso de separadores. La flexibilidad del caucho RTV se reduce en vertidos espesos, haciéndose dificultosa la colocación en lugares profundos. Si se requieren detalles microscópicos, el caucho RTV puede producir los mejores detalles sin separadores, mientras que cuando estos se utilizan, la superficie que se reproduce ya no es la misma.

Procedimiento de premoldeado: Se procede a consolidar el espécimen, particularmente la superficie que será motivo del moldeo, con un fortalecedor que no interactúe con el producto a emplear, como el acetato de polivinilo disuelto en acetona. Los agujeros profundos deberán ser bloqueados para que no penetre el caucho RTV en el interior del espécimen, produciendo daños en el momento del desmolde. El mismo procedimiento debe realizarse con fisuras, y el material recomendado para el bloqueo es el algodón, recubierto de una pequeña película de cera.

Procedimiento de moldeo: De los tres procedimientos posibles de aplicación de caucho RTV para la toma de calcos (a pincel, con aire comprimido y por vertido) solo mencionaremos el último. Este procedimiento puede ser aplicado en especímenes de cierto tamaño, montados sobre una plataforma de arcilla rodeada de pequeñas paredes o diques que forman un recipiente donde el componente moldeable será vertido ocupando

todas las depresiones. Cuidar durante el mismo que las burbujas que contiene sean anuladas. Producido el vertido, dejar que el molde cure.

**Molde de una pieza:** El procedimiento se utiliza en especímenes tridimensionales con marcado relieve que pueden ser realizados en una pieza, por ejemplo: marcas de mordidas, coronas de dientes o la mayoría de los invertebrados. Para ello se construye una pared de contención de arcilla alrededor del espécimen, que se ubica sobre una plataforma de arcilla de forma semejante al del espécimen, pero un poco más grande. Sobre la superficie interior de la base puede grabarse con una aguja, la identificación y el número de colección del ejemplar. Luego se construyen las paredes contenedoras de arcilla en derredor de la plataforma calculando que superen la altura del espécimen a calcar. Vertido el caucho en el recipiente, atender que cubra toda el área a calcar.

### **Reconstrucción de trazas y generación de modelos.**

La técnica, basada en el empleo computarizado en 3D en obras de arquitectura, ingeniería y otras disciplinas fue usada escasamente en icnología animal (Kretzschmar & Ariés, 1990). Genise & Hazeldine (1997) la utilizaron con gran éxito en los modelos simplificados a partir de un ejemplar incompleto del icnofósil *Ellipsoideichnus meyeri*. Utilizaron para el mismo el programa AutoCad r.12 de Autodesk. Para la reconstrucción de una estructura compleja como *E. meyeri* fue necesario inicialmente, aislar los componentes geométricos más simples y recombinarlos paso a paso. La reconstrucción brindó importantes datos sobre la morfología de la traza y el comportamiento del organismo que la produjo, postulado por los autores como una abeja solitaria.

### **Profilometría.**

Otro procedimiento en el estudio de trazas minúsculas de actividad animal sobre sustratos débiles como huesos atacados por derméstidos y termitas es la técnica denominada en inglés como *confocal laser scanning microscopy* (CLSM) (Kaiser & Katterwe, 2001). Para ello se utilizó un instrumento para efectuar perfiles ópticos en 3D (profilómetro), que no contacta con el material para el estudio de las modificaciones de la superficie del sustrato. La ventaja del escaneo óptico láser brinda protección extra en el estudio de los materiales frágiles o superficies pobremente preservadas y su uso es una alternativa al microscopio electrónico. La técnica consiste en la obtención de secciones ópticas únicas o seriadas para especímenes microscópicos (del orden de 100  $\mu\text{m}$ ), con múltiples longitudes de onda, imágenes y reconstrucciones tridimensionales. Cada imagen provee la medida de longitud, superficie y volumen del objeto.

### **Otras técnicas no invasivas.**

El 8 de diciembre de 1895 el periódico de Viena *Die Presse* publicó en primera plana "el profesor W. Rotgen descubrió un nuevo tipo de rayos que penetran materiales y permiten observar dentro del organismo humano", a los que denominó rayos X. Nueve meses después se tomaron las primeras radiografías de fósiles, como fruto de la estrecha colaboración entre distintas ramas de la ciencia. La técnica brindó sorprendentes conocimientos a la Paleontología. Posteriormente, a principios de los años 30' el físico W. Lehmann abordó el asunto, realizando radiografías perfectas de materiales paleontológicos. Estos trabajos abrieron definitivamente las puertas de las técnicas no invasivas a la Paleontología, intensificando su aplicación. Hasta el presente dos son las técnicas que utilizan los rayos X para mostrar las estructuras internas de los fósiles.

**Radiografía con rayos X.** La primera técnica es esencialmente un método fotográfico. Se obtiene cuando la matrix que encierra el fósil –consiste en material de bajo peso atómico en comparación al fósil– y el espesor del espécimen permite que los rayos X penetren totalmente en el ejemplar y queden impresos en la película fotográfica. La figura emerge, fantasmal (comparable a un negativo fotográfico) en el que el fósil aparece más iluminado que el fondo (Zangerl & Schultze, 1989). La depuración de la técnica radiográfica –reducción del enfoque de los tubos de rayos X y materiales más sensibles en el campo de la fotografía– permitieron aumentar el poder de resolución, captando detalles inferiores a 0,01mm. Los rayos X blandos (generados con voltajes

inferiores a 50 Kv) logran visualizar diferencias sutiles en los materiales. Una de las aplicaciones radiográficas más frecuentes, consiste en reconocer, ya antes de la preparación del fósil, su posición, dimensiones y detalles, con el fin de evitar deterioros en los trabajos de puesta al descubierto. Las radiografías han permitido una serie de descubrimientos, imposibles con preparación mecánica. Las técnicas fueron aplicadas a diversas rocas sedimentarias –marinas y continentales– que contenían diversos restos, tanto de invertebrados como de vertebrados, mediante la radiografía estereoscópica, obteniendo una visión considerablemente más clara de la estructura de estos fósiles. Para ello se realizan dos radiografías bajo distintos ángulos de inclinación y se montan luego formando una pareja estereoscópica. Otros métodos radiológicos más modernos permiten mejorar la calidad de la imagen reduciendo los contrastes con la ayuda de filtros adecuados. El equipamiento, los accesorios y procedimientos de esta técnica están explicitados en Zangerl & Schultze (1989).

**Tomografía Computarizada (TC).** La tomografía axial computarizada (CAT) es una técnica radiológica definida por Hounsfield (1979) y posteriormente desarrollada por Ledley *et al.* (1974). Aunque actualmente se usan microtomografías, en lugar de RX, este método tradicional no invasivo de seccionamientos es comparable al método de secciones seriadas de Sollas (1903), donde las reconstrucciones tridimensionales en parafina o plástico muestran a especímenes embriológicos y paleontológicos (Jarvik, 1980). La diferencia entre una y otra técnica reside en que la fotografía de rayos X necesita de un ojo entrenado para la interpretación, distinguiendo estructuras superpuestas. En contraste, la tomografía computarizada produce una serie de secciones, cortes precisos que pueden registrarse en una imagen digital tridimensional. El espécimen no necesita un rebajamiento de su superficie. Las imágenes del aparato de TC están absolutamente adecuadas para las mediciones angulares, lineales, areales y volumétricas. Los programas computados pueden disectar los especímenes en diferentes planos y las obstrucciones ocupadas por sedimentos se convierten en transparentes, mientras las imágenes se expresan en la escala de grises. Las regiones de interés pueden ser definidas y expandidas. Las imágenes pueden sucederse en décimas de milímetro y almacenadas en formato digital. Así fueron examinados cráneos de mamíferos fósiles (Conroy & Venier, 1984, 1985; Zhexi Lou & Ketten, 1991); el ave primitiva *Archaeopteryx* (Haubitz *et al.*, 1988) y elementos paleobotánicos (Pika-Biolzi *et al.*, 2000). La descripción de la técnica paso a paso está explicitada en Zangerl & Schultze (1989). Más recientemente Steiger *et al.* (1997) reportaron la aplicación en paleontología de la tomografía nuclear-magnética de resonancia (NT) la que fue explicitada y comparada con TC por Schwarz (2005). La comparación, de ciertos aspectos de ambas técnicas, son factibles de combinarse. Las diferencias de información de las imágenes resultan de la atenuación de propiedades y detección técnica de rayos X y neutrones. Adicionalmente la calidad y el contraste entre ambas técnicas dependen fuertemente de la calibración de los instrumentos, y su resolución y los contrastes de densidad entre la estructura de interés y la roca hospedante.

Como ejemplos del estudio de elementos icnológicos, mencionamos que el control de insectos considerados como plaga de ciertos cultivos, llevó al estudio de testigos de suelos con rayos X para monitorear el comportamiento de diversos insectos (Villani & Gould, 1986). A tales estudios se sumó luego la aplicación de la tomografía computarizada (TC) (Tollner *et al.*, 1987). Paralelamente, la icnología marina desarrolló técnicas similares en el estudio de estructuras biogénicas en sedimentos no consolidados (Shaoping Fu *et al.*, 1994). Estudios que brindaron las siguientes ventajas: a) Los testigos pueden ser escaneados sin que su estructura original sea distorsionada, sirviendo de documento para estudios posteriores; b) La grabación de estas estructuras y sus tamaños permiten compararlas a otras durante la investigación, facilitando su identificación y taxonomía (por ejemplo: la relación entre *Zoophycos* y *Diplocraterion*, Shaoping Fu *et al. op. cit.*). La aplicación de la técnica de TC en nidos de insectos fósiles fue realizada en 1994 (Laza *et al.*, 1994) y explicitada por Genise & Cladera (1995). Estos estudios permitieron la observación interior de los nidos sin necesidad de aplicar técnicas invasivas. La misma fue aplicada a especímenes de *Coprinisphaera* (nidos de Scarabaeinae) donde se observó la actividad de algún parásito, *Syntermesichnus fontanae* (termitero) y *Uruguay rivasi* (nido de abejas). La imagen de los nidos de himenópteros demostró, como método importante para reconocer paredes y revestimientos –secretados o construidos por los insectos– el número de celdillas que los integran, tamaño y relativa densidad de las partes integrantes. Todos los materiales mencionados provienen de distintos paleosuelos

del Cenozoico de Uruguay y Argentina. El equipamiento utilizado fue un tomógrafo General Electric 9000 y los cortes tomográficos efectuados (de 2 mm) se registraron con una cámara General Electric con película 3M CRT 7 Blue Base. La aplicación permitió cuantificar densidades de diferentes sectores de los especímenes.

**Láser.** En 1960 los físicos Charles Townes y Arthur Schawlow concretaron una idea que Albert Einstein había postulado en 1917: emitir un rayo de luz por estimulación. Nació así el láser, sigla en inglés para *Light Amplification by Stimulate Emission of Radiation* (amplificación de luz por emisión estimulada de radiación). En un *abstract* publicado en el *Journal of Vertebrate Paleontology*, Campbell *et al.*, (1999), del Livermore National Laboratory (USA) comentaron la utilización del Láser en la preparación de fósiles de vertebrados. La técnica descrita, denominada *Scanning Femtosecond Laser Ultraprobing*, consiste en el escaneo, de duración extremadamente corta por pulsos de láser muy intensos sobre el ejemplar. La fluorescencia del plasma, con cada impulso expulsa material, después de que el espectrómetro analizó los materiales en tiempo real determinando el material de ablación. El direccionamiento del rayo de escaneo es dirigido por computación hacia los materiales ablativos evitando el material removido. La potencia para remover matriz es de 1  $\mu\text{m}$  de profundidad en áreas entre 0,00001 y 0,1  $\text{cm}^2$  por evento ablativo, sin perturbar el espécimen. Fueron mostrados algunos resultados de este tipo de preparación. Se anticipa que la herramienta CASFLU puede ser aplicado a la remoción de matriz sobre especímenes, brindando especial riqueza de detalles.

**Fotografía de laboratorio.** Las fotografías de laboratorio o gabinete son esenciales en la difusión de información científica, entre otros, de paleontología. El esfuerzo empleado en la adecuada limpieza y preparación de especímenes debe reflejar información morfológica adecuada para ser transmitida a otros a través de la fotografía. La obtención de fotografías de alta calidad requiere de tres elementos básicos de equipamiento: cámara, un soporte adecuado para la misma y un equipo de iluminación conveniente. Generalmente conviene disponer el espécimen sobre una superficie horizontal y adecuar la cámara directamente en posición vertical sobre el mismo. Así ubicada, la orientación del espécimen es simple, facilitando también la disposición de la iluminación necesaria. La plataforma horizontal, sobre la cual se alza una columna vertical, permite que la cámara se mueva perpendicularmente con respecto al espécimen. El tercer elemento esencial es el juego de luces. Se recomiendan las luminarias circulares que no generan sombras y dan luz pareja más alguna luz puntual que resalta el relieve necesario. Si eso no fuera posible, se podrá emplear un juego integrado por cinco o seis luminarias, montadas de tal manera que permitan su desplazamiento, horizontal y vertical. Las mismas suelen disponerse dos a cada lado del espécimen para proveer de iluminación general sobre la superficie total de la plataforma. Debido a que la totalidad de los detalles del espécimen corresponden a su relieve, es esencial que las sombras se desarrollen convenientemente. Convencionalmente, las sombras de detalle se proyectan desde el ángulo superior izquierdo del espécimen. Tradicionalmente, las vistas estándar están orientadas con la cámara perpendicular a la superficie dorsal, ventral o lateral del espécimen. En la actualidad se ha instaurado el uso de luminarias circulares que no generan sombras e iluminan de manera homogénea.

**Técnica de blanqueo.** Debido a que la calidad de tonalidad de la superficie de los fósiles es el resultado de procesos sedimentarios no relacionados con su morfología, se considera generalmente que la fotografía de superficies no tratadas tiende a producir fotografías poco informativas. Por esta razón, muchos objetos paleontológicos son artificialmente blanqueados antes de someterlos a la fotografía. Una simple y no destructiva técnica de blanqueo de los fósiles es la aplicación del sublimado de clorato de amonio sobre la superficie del espécimen. Esta cobertura produce una capa blancuzca no lustrosa que realza los detalles y puede ser removida sin daño del espécimen. El equipo básico requerido para la aplicación de la técnica involucra un tubo de vidrio térmico con clorato de amonio seco, un tapón de goma con un tubo de vidrio de 5 mm inserto y unos 8 cm de largo conectado a una manguera y una perilla de goma manual, para impulsar el aire a través del tubo, que se coloca sobre el Bunsen para provocar el sublimado del clorato, el cual es impulsado sobre la superficie del fósil, sin necesidad de moverlo.

**Fotografía infrarroja.** La verdadera falta de estructuras en las capas sedimentarias es una rareza. La mayoría de éstas revela internamente algún grado de formas, cuando es sometida a radiografías o fotografía infrarroja (Carver, 1971). Estas observaciones son especialmente importantes para los especialistas pues la

actividad animal tiende a modificar o destruir sus propias excavaciones, produciendo la mezcla de sedimentos, que la diagénesis hace aparecer como homogéneos. Las perforaciones no son visibles cuando el espesor del corte excede los 7 cm y se hace muy claro cuando se reduce a 1 cm (Bouma, 1969).

La radiación infrarroja difiere por su sensibilidad de la materia orgánica, así, el equipamiento necesario para el trabajo (toma de fotografías infrarrojas) requiere de películas y filtros especiales, mientras que las cámaras digitales permiten hacerlo sin necesidad de películas. Una técnica relacionada es la denominada IVM (*Infrared Video Microscopy*) mencionada por Melchin & Anderson (1998), quienes explicitan que la misma brinda imágenes tridimensionales opacas de la estructura interna de los especímenes. Para su desarrollo se monta una cámara de video infrarroja en un microscopio biológico o petrográfico de luz transmitida con la adición de un monitor e impresora de imágenes que pueden verse e imprimirse en el momento, además de archivar para estudios e impresión posterior. El método elimina la necesidad de aclarar los materiales químicamente para su estudio en luz visible, con el peligro de dañar las superficies del ejemplar. IVM es potencialmente aplicable al estudio de cualquier fósil con paredes y al estudio petrográfico de materia orgánica sedimentaria.

**Fotografía ultravioleta.** Para cierto tipo de litologías, la fotografía ultravioleta puede ser utilizada con gran ventaja en el estudio de trazas fósiles que aparecen oscuras o inadvertidas. Los mejores resultados fueron obtenidos en carbonatos relativamente puros, conteniendo baja cantidad de hierro.

## Los paleosuelos

La investigación sobre paleosuelos ha devenido, en época moderna, en un estudio de múltiples facetas. El análisis mineralógico de sus componentes y la estructura física de sus horizontes dan prueba de los fenómenos ambientales que influyeron en su desarrollo. A su vez, dichos paleosuelos fueron asiento de la actividad de distintos tipos de vegetación, identificables a través de sus restos (polen, esporas, fitolitos, raíces y en algunos casos restos de troncos y hojas). Asimismo, la fauna que habitó sobre ellos –representada por restos óseos, huellas, cuevas fósiles, coprolitos, regurgitaciones y gastrolitos– así como el conjunto de habitantes de esos antiguos suelos, formado por la rica presencia de numerosos grupos de invertebrados que dejaron en ellos las huellas de sus actividades vitales.

### Orígenes del estudio de los paleosuelos en Argentina

El estudio de los paleosuelos en Argentina, si bien comienzan formalmente en los años 70' del siglo pasado, tiene antecedentes observacionales efectuados con anterioridad. Ameghino (1908) y Frenguelli (1921) mencionaron las numerosas cuevas de vertebrados de la Formación Chapadmalal (Plioceno superior) de la provincia de Buenos Aires, aunque sin profundizar en su estudio. Sin embargo, es este último autor quién más se acerca al tema en cantidad de observaciones y la utilización de criterios que definen un suelo. Por ejemplo, publicó un artículo sobre las relaciones de las concreciones de carbonato de calcio y las raíces vegetales, denominándolas “rizoconcreciones” (Frenguelli, 1926). También este autor describe la alteración de los distintos niveles por acción meteórica y la infiltración de la sílice rellenando cavidades de raíces y celdas de véspidos solitarios (Frenguelli, 1930) y posteriormente describe por primera vez nidos de escarabajos e himenópteros del Cenozoico de Patagonia, atribuyendo a “viejos suelos” los niveles donde se hallaron dichos nidos (Frenguelli, 1938a, 1938b, 1939). Posteriormente, L. Kraglievich (1952) reconoce elementos edáficos en distintas formaciones de la costa atlántica bonaerense, como raicillas y reitera la presencia de cuevas de roedores y dasipódidos.

En 1970 se realizó en Ámsterdam, el primer Simposio Internacional de Ciencias del Suelo (UNESCO e INQUA), a partir del cual comienza a hablarse formalmente de paleosuelos. Las conclusiones y sugerencias para su reconocimiento fueron publicadas en nuestro país por Teruggi (1971). Luego, Teruggi & Andreis (1971) brindan pautas para el estudio macro y microscópico de los paleosuelos. Andreis (1972) utilizando las pautas mencionadas, describe un paleosuelo del Eoceno superior de Chubut, que contiene nidos de escarabajos,

oquedades producidas por vermes y canalículos de raíces. A partir de esa década se mencionan y caracterizan numerosos paleosuelos de la región pampeana en Fidalgo *et al.* (1973a y b), Teruggi *et al.* (1974), Imbellone & Camilión (1984), Riggi *et al.* (1986), Zárate (1986), Imbellone & Teruggi (1986, 1987, 1988), Teruggi & Imbellone (1987).

### Reconocimiento y muestreo de paleosuelos

Un paleosuelo es un suelo formado sobre un paisaje del pasado (Ruhe, 1965). Puede revelar evidencias de ambientes pasados como clima, fauna, cobertura de vegetación y geomorfología. En muchos niveles las relaciones estratigráficas de los paleosuelos pueden ser muy complejas cuando se superponen. La mayoría de los paleosuelos se encuentran en antiguas secuencias aluviales, a veces superpuestos en gran cantidad, tal el caso de la Formación Willwood de Wyoming en Estados Unidos (Eoceno) que contiene entre 500 y 1200 paleosuelos (Kraus, 1986). Un caso similar en Argentina es la Formación Sarmiento (Eoceno-Mioceno) de Patagonia.

La identificación de un paleosuelo pasa por dos etapas esenciales, su hallazgo durante las tareas de campo y la confirmación e identificación taxonómica mediante el estudio en laboratorio de sus rasgos microscópicos, sus elementos y caracteres constitutivos. Los paleosuelos pueden reconocerse a través de diversas características. Retallack (1988) menciona tres atributos: trazas de raíces, distinción de horizontes y sus estructuras, a los que se agregan los mencionados por Andreis (1981), tales como estructura en media caña y precisamente nidos de insectos y excavaciones. Las trazas de raíces son evidencia de que el sustrato estuvo expuesto a las condiciones atmosféricas y fue colonizada por vegetales, definiendo así un suelo. Dichas trazas reciben el nombre de rizolitos y se definen como estructuras órgano-sedimentarias producidas por raíces. Fueron reconocidas por Northrop (1890), quién las denominó "*rizomorph*". La distinción entre trazas de raíces y excavaciones no es siempre fácil, las primeras se afinan hacia un extremo que se ramifica y desciende mientras que los segundos no suelen ramificarse demasiado y guardan diámetros constantes, desembocando muchas veces en cámaras. Un buen número de insectos y otros animales cavan alrededor y dentro de las raíces para alimentarse, comportamiento que es tan antiguo como desde el Triásico (Retallack, 1976). Klappa (1980) señala que las observaciones de campo y petrográficas indican que las raíces de plantas superiores son total o parcialmente responsables de numerosas formas características de concreciones: los citados rizolitos ya mencionados en nuestro país por Frenguelli (1926) y la formación de glébulas alargadas (concentraciones de minerales específicos *sensu* Brewer, 1976). Si la agregación de minerales es difusa, irregular o débilmente mineralizada recibe la denominación de moteados. Nódulos y moteados se categorizan según su visibilidad y abundancia. En ocasiones es necesario documentar la presencia de sistemas de raíces en un paleosuelo (Schurmann & Goedewaagen, 1955). El segundo atributo de un paleosuelo es el de los horizontes. El horizonte superior suele aparecer truncado por una superficie erosiva. Por debajo, los límites entre diferentes horizontes y el material parental subyacente, es frecuentemente gradual. La distinción entre contactos claros y difusos pueden ser hechos en afloramientos de apenas algunas decenas de centímetros de extensión (Retallack, 1988).

En ocasiones, un horizonte de suelo puede ser tan llamativo que se lo puede denominar especialmente. La caracterización de los horizontes de un paleosuelo puede ser hecha por el tamaño del grano, color, reacción al ácido y tipo de límites. Los horizontes son, además, la base de la mayoría de las clasificaciones de suelos.

Las estructuras de un paleosuelo son rasgos importantes en el campo para su interpretación, especialmente su drenaje y desarrollo químico (Retallack, 1988). La apariencia rugosa de la estructura de muchos suelos es causada por el retículo de planos irregulares ("cutanes" en la terminología técnica) rodeando los agregados más estables del material de dicho suelo que reciben el nombre de "*pedes*" o agregados de suelo y delimitados por espacios abiertos. Los "*pedes*" se clasifican según su tamaño y forma.

Otro criterio para la identificación de paleosuelos es el observado sobre una excavación paralela a los sedimentos o "media caña" que se ha observado en depósitos del Cenozoico de Argentina (Andreis *et al.*, 1975; Teruggi *et al.*, 1974). Su formación resulta de la menor resistencia de los paleosuelos a la acción de diversos agentes erosivos como deflación y lavado en vertientes. El reconocimiento de trazas de raíces, horizontes y estructuras de suelos suelen ser bastante complejas y aparecen como complicaciones adicionales que deben

considerarse durante el examen de campo de los paleosuelos. Retallack (1993), señala la necesaria comparación de los suelos antiguos con los actuales como forma de aclarar diversas interpretaciones ambientales de los depósitos.

Los conjuntos de paleosuelos incluyen discontinuidades de todo tipo, desde grandes diastemas erosivos hasta diferencias menores entre estratos de sedimentos aluviales. Las muestras para analizar se coleccionan conforme a la observación de campo y los datos de laboratorio pueden confirmar dichas observaciones. La paleopedología es fundamentalmente una ciencia de campo, de allí el cuidado de las observaciones. Según Mack *et al.* (1993), tres factores pueden complicar la clasificación de los paleosuelos: 1) sedimentación y pedogénesis concomitantes resultan en un suelo de acumulación; 2) los perfiles poligénicos producidos entre ambos niveles de suelos, desarrollados sobre una capa fina de material dentro de un suelo enterrado (se denominan suelos unidos y son indicadores de cambios de clima producidos durante el desarrollo del suelo); 3) truncamiento de la parte superior del perfil de suelo con anterioridad al sepultamiento. Los dos procesos de acumulación (suelos de acumulación y suelos poligénicos) complican el reconocimiento de los horizontes de suelos por superposición de nuevas formas pedogénicas sobre el perfil original. La influencia de los tres procesos puede ser determinada por un cuidadoso análisis mineralógico y las características morfológicas del paleosuelo, a través de las relaciones laterales del mismo, en sitios donde los procesos mencionados no ocurren.

### **Técnicas de laboratorio para estudiar paleosuelos**

La necesidad básica en micro morfología y micro morfometría en el examen de los suelos o sedimentos debe ser una entidad no disturbada y orientada tal como ocurre en la naturaleza. El estudio de los suelos en secciones delgadas o bloques impregnados es frecuentemente un complemento técnico adicional en investigaciones pedológicas o sedimentológicas.

La impregnación en resina y subsecuente preparación de secciones delgadas de suelos no consolidados, tales como turba, sedimentos blandos y rocas meteorizadas, son actualmente técnicas de importancia en ciencias del suelo y disciplinas relacionadas (Murphy, 1986).

Las secciones delgadas de suelos y sedimentos se utilizan para evaluar procesos como iluviación de arcillas, meteorización, contracción –dilatación e hidromorfismo– (Murphy, *op. cit.*). La micromorfología del suelo ha sido extensamente utilizada en estudios sobre génesis y clasificación de suelos, particularmente en la identificación de horizontes argílicos. Se reconoce la alineación horizontal, necesaria en muchos estudios de micromorfometría de porosidad y las secciones orientadas verticalmente, necesarias en diversas investigaciones geológicas, particularmente los límites entre horizontes o capas que deben ser estudiadas. Las numerosas técnicas de impregnación, corte y pulido de muestras de suelos y sedimentos han sido extensamente descriptas por Murphy (1986).

### **Recolección y procesamiento de fósiles corpóreos hallados en paleosuelos**

Incluye materiales biológicos procedente de horizontes pedológicos y otros depósitos relacionados como el relleno de cuevas fósiles o inactivas, ya sea de origen vegetal (*e.g.*, fitolitos, semillas, polen), como animal (restos de invertebrados, particularmente insectos).

**Fitolitos.** Según Ehremberg (1854) un fitolito es un biolito de origen vegetal, de tamaño microscópico y naturaleza química preferentemente silíceo o cálcico. Dicho autor realizó la primera clasificación morfológica de fitolitos, estableciendo una serie de morfo géneros y morfo especies (Ehremberg, 1854), sistemática modificada posteriormente por Deflandre (1963). En 1834 Ehremberg determinó fitolitos procedentes de los fósiles colectados por Darwin en Monte Hermoso (provincia de Buenos Aires) así como en un molar de mastodonte de las barrancas del río Carcarañá en Santa Fe y otro ejemplar de Patagonia. Frenguelli (1930), llamó la atención sobre el valor del estudio de fitolitos y en su prédica tuvo contacto con la Dra. Bertoldi de Pomar, quién inició formalmente su estudio en la Argentina durante los años 70'. En forma coetánea surgieron varias clasificaciones de fitolitos, que se caracterizan por abarcar taxonómica y geográficamente grupos restringidos de vegetales

(Zucol, 1992; 1995). Bertoldi de Pomar (1971) determinó diversos caracteres biogenéticos, tales como plantas proveedoras, concentración de fitolitos en las plantas en sus distintas etapas fenológicas, tejidos y células que los originan, mecanismos de depositación, composición química y propiedades físicas para establecer luego los caracteres de cada tipo morfológico (Zucol *et al.*, 2005). Los fitolitos se encuentran en representantes de pteridófitas, gimnospermas y angiospermas, siendo ciertas familias de monocotiledóneas (como Poaceae, Cyperaceae, Aracaceae) las principales productoras.

Los fitolitos son cuerpos minerales tridimensionales que exhiben morfología regular e irregular. Los fitolitos regulares presentan cuerpos cónicos, prismáticos, cilíndricos, piramidales y esféricos y pueden interpretarse como cuerpos prismáticos (paralelepípedos). Zucol (1995, 1999), anunció una serie de propuestas que propenden a eliminar sinonimias existentes y la necesaria erección de una sistemática de fitolitos, que permita su claro tratamiento y denominación en un sistema universal.

El muestreo de campo en procura de fitolitos se realiza de la misma manera que para el estudio de los horizontes de suelo. Se obtienen las muestras utilizando tubos metálicos (a diferencia de las cajas de Kubiena) que penetran más profundamente en el sedimento y que extraen suficiente cantidad de sedimentos para proceder a su concentración y análisis de laboratorio. Para la concentración de fitolitos de las muestras sedimentarias se emplean las técnicas descriptas por Bertoldi de Pomar (1976) y Zucol & Osterrieth (2002). Las mismas abarcan el tratamiento preliminar con la eliminación de sales solubles, materia orgánica y carbonatos y la desagregación de arcillas con exametafosfato sódico. La posterior separación se realiza por distintos tamizados en húmedo. La concentración de la última fracción se realiza separando el material por sifonado de la muestra y se montan como los preparados microscópicos fijos (con bálsamo de Canadá) y en preparados microscópicos líquidos (con aceite de cedro).

**Semillas (carpología).** El muestreo de los sedimentos en el campo para la recuperación de este tipo de restos se debe realizar siempre despejando minuciosamente el sitio del estrato a muestrear. El material extraído debe depositarse en bolsas de polietileno. La recuperación y estudio de semillas (carpología) y otros restos botánicos presentes en sedimentos se realiza a través de la técnica de flotación.

**Polen (palinología).** Los objetivos principales en el trabajo de campo son: coleccionar muestras no contaminadas con restos actuales, de los depósitos para definir lo más exactamente posible las condiciones bajo las cuales fueron depositadas, así como determinar el tipo de sedimentos y explicar la estratigrafía; mientras que los principales problemas son la elección de la localidad para la toma de ejemplares y asegurar su pureza, totalmente libres de contaminación. En lo atinente a este punto es necesario gran cuidado cuando se manipulan los ejemplos fuera del depósito. Todos los instrumentos deberán ser limpiados cuidadosamente después de cada extracción. Los ejemplares pueden ser dañados por desecamiento y oxidación, siendo necesario envolverlos en hojas de aluminio, acompañados de un señalamiento sobre su posición en la columna estratigráfica y todo el conjunto se guarda en bolsas o cajas de plástico. La extracción de material polínico de las muestras de sedimentos se basa en la técnica físico-química de bromuro y ácido clorhídrico.

**Restos de insectos.** Es destacable la preservación del exoesqueleto de los insectos en sedimentos continentales. Dicho exoesqueleto está constituido por quitina, un polisacárido resistente a la disolución en agua, alcohol, ácidos diluidos y bases. Los restos de insectos no son deteriorados por las enzimas digestivas de los vertebrados, siendo la observación de los coprolitos motivo de hallazgos de sus restos (Elias & Halfpenny, 1991; Elias, 1994; Figuerero-Torres *et al.*, 1982). Los depósitos formados en el fondo de los cuerpos de agua lénticos, así como en los paleosuelos suelen contener restos de insectos. Los primeros son los lugares más propicios para su conservación, mientras que los procesos de formación de suelos pueden causar la degradación de dichos restos. Estos dos sitios físicos del paisaje continental son el asentamiento de organismos que producen con sus actividades la icnofacies de *Coprinisphaera* (paleosuelos y paleo superficies) y las icnofacies de *Mermia* (icnofósiles subácueos continentales). Restos de insectos suelen aparecer asociados a fósiles. Otro

ámbito donde se desarrollan y entremezclan elementos icnológicos con restos corpóreos de invertebrados y vertebrados es el de los refugios y cuevas de mamíferos, mayormente roedores (Elias, 1987).

Los sedimentos que rellenan estas cuevas encierran una variada muestra de elementos paleontológicos procedentes de los antiguos habitantes de esos sitios y de su entorno. Algunos ejemplos de ello son los paleosuelos con cuevas con *Actenom* de la Formación Chapadmalal (ver Genise, 1989), donde se recuperaron restos óseos (incluyendo esqueletos articulados), coprolitos con restos de insectos y nidos de insectos (pequeños cantoninos próximos al Scarabaeinae *Tetraechma* o asociados a depósitos de murcielaguina (*Ontophagus hirculus*) en Cueva Tixi (Laza, 1998). En niveles pleistocenos del hemisferio norte (sur de Estados Unidos), fueron descubiertos en aleros, entrantes rocosas o refugios excavados por roedores (*Neotoma* sp.) restos de insectos fósiles en sus estercoleros (*middens*). Dichos refugios acumulan una variedad de objetos que recogen los roedores: plantas comestibles, espinas de cactus, restos de vertebrados e insectos, pequeñas piedras y la acumulación de heces, todo esto aparece cementado por la orina de dichos roedores, constituyendo depósitos que se conservan fósiles. Los restos de insectos asociados, al igual que en los otros ejemplos, brindan valiosa información sobre los ambientes del momento. Muchos de estos insectos son inquilinos facultativos de dichos refugios (Elias, 1987).

Mencionaremos primero los procedimientos relacionados con la recuperación de restos de insectos en sedimentos sub ácuos continentales. Ashworth (1979) recomienda para los sedimentos extraídos de los depósitos mencionados el siguiente equipo: agua corriente, palanganas de plástico para lavar los sedimentos, tamices de malla de 300  $\mu$ m, querosene, detergente, etanol y lupa binocular.

#### Procedimiento I:

1- Lavar los sedimentos a través del tamiz. Dispersar las arcillas en una solución de 38 g de Colgon (hexametáfosfato de sodio + carbonato de sodio) y 8,5 g de carbonato de sodio en un litro de agua hirviendo. Las muestras de turba deberán hervirse durante 1 hora.

2- Trasladar el contenido del tamiz a un recipiente plástico sin agregar agua.

3- Cubrir con querosene y agitar suavemente durante 5'.

4- Retirar el querosene y llenar el recipiente con agua fría corriente.

5- Dejar asentar la mezcla durante 15' y decantar los restos flotantes dentro del tamiz.

Agregar detergente y lavar en agua tibia a caliente, removiendo el querosene de la superficie de los especímenes.

6- Empapar en etanol los materiales y transferir a cápsulas de vidrio.

7- Repetir los pasos 3 al 6 dos veces.

8- Clasificar los restos bajo lupa binocular.

9- Depositar los especímenes en etanol. Secar y montar sobre portaobjetos de micropaleontología utilizando cola vinílica soluble en agua.

Cuando en la remoción de este tipo de sedimentos se detecta la presencia de restos de insectos articulados el proceso de recuperación deberá salvar los mismos cubriendo el hallazgo con bálsamo de Canadá, después de empararlos con xilol y colocarlo finalmente sobre un cubreobjetos. Las piezas así recuperadas mantienen buena refringencia para la observación microscópica y la fotografía (Timon-David, 1943).

El significativo avance de la química en la producción de protectores de superficies y pinturas ha brindado productos superiores a los anteriormente utilizados. Así, Lepage & Basinger (1993) sometieron a examen una técnica que originalmente estuvo enfocada al salvataje de improntas vegetales y luego en compresiones de insectos fósiles. La misma consiste en la utilización de una cobertura protectora de los fósiles consistente en una mezcla por partes iguales de laca nitro celulósica transparente y acetona. La forma más conveniente de aplicar la solución es a través de una fina capa con pulverizador de mano. Esta solución fue sometida a rigurosas pruebas de campo y puede ser empleada en ambientes con temperaturas próximas a la congelación o por encima de los 20°C sobre especímenes húmedos. Seca en 5', luego la pieza puede ser envuelta en papel metálico y depositado en cajas de embalaje fuertes. El proceso de remoción de la capa de nitrocelulosa se logra colocando el

fragmento en un recipiente de boca ancha con xilol durante 1-2 minutos, agitando suavemente. Las partículas de arcilla adheridas pueden retirarse con movimientos suaves de un pincel blando. Luego se deja secar y se monta sobre vidrio con bálsamo de Canadá.

#### Procedimiento II:

La extensión areal y espesores de los depósitos terrígenos en la región Pampeana es significativa. Gran parte de estos depósitos forman parte de sucesiones importantes de paleosuelos y asociados a estos una significativa abundancia de cuevas y habitáculos construidos por vertebrados e invertebrados. El relleno de estas cuevas o entrantes rocosas muy bien pueden contener restos de sus antiguos habitantes. Un tratamiento adecuado de estos materiales de relleno puede llevar al hallazgo de dichos restos. Depositar cada muestra por separado en un recipiente plástico y cubrir con agua en la que se disolvió fosfato mono ácido de sodio al 20 %. Una vez disuelto el material y escurrido, agregar nuevamente agua, acompañando cada litro con la siguiente preparación: amoníaco comercial, 20 gotas por litro y una cucharadita de té de detergente. Luego de 24 horas, lavar en lienzo muy fino y dejar secar completamente antes de observar bajo lupa binocular.

### Agradecimientos

A mis compañeros del Museo de La Plata y del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", con quienes compartí a través de tantos años, las emociones del descubrimiento, camaradería en las tareas cotidianas y la amistad.

### Referencias

- Ager, D.V. (1965) "Serial grinding techniques" *Handbook of Paleontological Techniques*. Freeman y Co. San Francisco, USA, pp. 212-224.
- Ameghino, F. (1908) "Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapalmalá", *Anales del Museo Nacional de Historia Natural*, ser. 3(10), pp. 343-428.
- Andreis, R. (1972) "Paleosuelos de la Formación Musters (Eoceno Medio), Laguna del Mate, Provincia de Chubut, República Argentina", *Revista Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, vol. 3, pp. 91-97.
- Andreis, R., Mazzoni, M. & Spalletti, L. (1975) "Estudio estratigráfico y paleoambiental de las sedimentitas terciarias entre Pico Salamanca y Bahía Bustamante, provincia de Chubut, República Argentina", *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol. 30(1), pp. 85-103.
- Andreis, R. (1981) "Identificación e importancia geológica de los paleosuelos". Ed. Universidad UFRGS. Libro-Texto 2, 67 pp.
- Ashworth, (1979) "Quaternary Coleoptera studies in North America: past and present". **En:** Erwin, T., Ball, F. & Whitehand, D. (eds.) *Carabid beetles, their evolution, natural history and classification*, Junk, the Hague, pp. 395-406.
- Benton, M.J. & Walker, A.D. (1981) "The use of flexible synthetic rubber for casts of complex fossils from natural moulds", *Geological Magazine*, vol. 118(5), pp. 551-556.
- Bertoldi de Pomar, B. (1971) "Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos", *Ameghiniana*, vol. 8(3-4), pp. 317-328.
- Bertoldi de Pomar, B. (1976) "Métodos de preparación de sedimentos clásticos para su estudio microscópico. 1- Tratamientos previos", *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, vol. 7, pp. 1-55.
- Borrelli, N., Osterrieth, M., Oyarbide, F. & Marcovecchio, J. (2007) "Biom mineralizaciones cálcicas de origen fúngico y vegetal. Su rol en la biogeoquímica de argiudoles típicos del sudeste bonaerense", *Actas VI Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*, Mar del Plata, p. 73.
- Bouma, A.H. (1969) "Methods for the study of sedimentary structures". New York, Wiley-Interscience, 458 pp.
- Bravard, P.J.A. (1858) "Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná". pp. 107-107.
- Brewer, R. (1976) "Fabric and mineral analysis of soils". New York, USA, Ed. Krieger, 482 pp.
- Brown, G. (2004) "Cyclododecane: vanishing support for the preparation laboratory", *Journal of Vertebrate Paleontology*, vol. 24(3), p. 42A.
- Buckley, L. & Mc Crea, R. (2009) "The sodium hypochlorite solution for the removal of lichen from vertebrate track surface", *Ichnos*, vol. 16(3), pp. 230-234.

- Campbell, E., Perry, M., Stuart, B., Ishikawa, M. & Wood, L. (1999) "Automated, high-speed, high resolution specimen recovery from matrix with femtosecond laser pulse-trains", *Journal of Vertebrate Paleontology*, vol. 19(3), p. 35A.
- Carreck, J.N. & Adams, S. (1969) "Field extraction and laboratory preparation of fossil bones and teeth, using expanded polyurethane", *Proceedings of the Geologists Association*, vol. 80(1), pp. 81-89.
- Chapman, R.E. (1989) "Computer assembly of serial sections", *The Paleontological Society Special Publications*, vol. 4, pp. 157-164.
- Conroy, G. & Vennier, W. (1984) "Noninvasive three-dimensional computer imaging of matrix-filled skulls by high-resolution computed tomography", *Science*, vol. 226, pp. 456-458.
- Conroy, G. & Vennier, W. (1985) "Endocranial volume determination of matrix-filled fossil skulls by high-resolution computed tomography. **En:** Hominid Evolution: Past, Present and Future. Johannesburg, Sudáfrica", pp. 419-426.
- Converse, H.H. (1989) "Handbook of paleo-preparation techniques". (2<sup>a</sup> ed.) *Florida Paleontological Society*, Florida, USA, pp. 109.
- Conway, J.S. (1982) "A simplified method for impregnation of soils and similar clay-rich sediments", *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 52, pp. 650-651.
- Davis, L.L. & Annan, A.P. (1989) "Ground penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy", *Geophysical Prospecting*, vol. 37, pp. 531-551.
- Deflandre, G. (1963) "Les phytolithaires (Ehrenberg)", *Protoplasma*, vol. 57, pp. 234-259.
- Ehrenberg, C.G. (1854) "Mikrogeologie". Dos volúmenes, Leipzig, Alemania, Leopold Voss, pp. 374.
- Elias, S.A. (1987) "Paleoenvironmental significance of large Quaternary insect fossils from packrat middens in south-central New Mexico", *Southwestern Naturalist*, vol. 32, pp. 383-390.
- Elias, S.A. & Halfpenny, J.C. (1991) "Fox scat evidence of heavy predation on beetles on the alpine tundra, Fort Range, Colorado", *Coleopterist's Bulletin*, vol. 45, pp. 189-190.
- Elias, S.A. (1994) "Quaternary Insects and their environments", Smithsonian Institution Press, 282 pp.
- Farrow, G.E. (1975) "Techniques for the study of fossil and recent traces (537-554)". **En:** Frey, R. W. (ed) *The Study of trace fossils: A synthesis of principles, problems, and procedures in ichnology*. Springer-Verlag. New York, USA.
- Fidalgo, F., Colado, U. & De Francesco, F. (1973a) "Sobre las intrusiones marinas cuaternarias en los partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena (provincia de Buenos Aires)". V Congreso Geológico Argentino. Actas III, pp. 227-240.
- Fidalgo, F., De Francesco & Colado, U. (1973b) "Geología superficial de las Hojas Castelli, J.M. Cobos y Monasterio (provincia de Buenos Aires)". V Congreso Geológico Argentino. Actas IV, pp. 27-39.
- Figuerero-Torres, M., Laza, J., Bond, M. & Cicchino, A. (1982) "Los coprolitos como indicadores paleoambientales en arqueología". I Reunión Nacional de Ciencias del Hombre en Zonas Áridas. Mendoza, Argentina. Actas: 9 pp.
- Freguelli, J. (1921) "Los terrenos en la costa atlántica en los alrededores de Miramar (Provincia de Buenos Aires) y sus correlaciones", *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, vol. 24, pp. 325-485.
- Freguelli, J. (1926) "Sulle concrezioni calcaree intorno alle radici di vegetali viventi", *Bollettino della Società Geologica Italiana*, vol. 45(1), pp. 85-90.
- Freguelli, J. (1930) "Apuntes de geología uruguaya". *Boletín del Instituto de Geología y perforaciones* (Uruguay).
- Freguelli, J. (1938a) "Bolas de escarabeidos y nidos de véspidos fósiles", *Physis*, vol. XII, pp. 348-352.
- Freguelli, J. (1938b) "Nidi fossili di Scarabeidi e vespidi", *Bollettino della Società geologica Italiana*, vol. 57, pp. 77-96.
- Freguelli, J. (1939) "Nidos fósiles de insectos en el Terciario del Neuquén y Río Negro", *Notas del Museo de La Plata (Paleontología)*, vol. 4(18), pp. 379-402.
- Garner, M.A. (1953) "The preparation of latex cast of soil cavities for the study of tunnelling activities of animals", *Science*, vol. 118, pp. 380-381.
- Genise, J. (1989) "Las cuevas con *Actenomys* (Rodentia, Octodontidae) de la Formación Chapadmalal (Plioceno Superior) de Mar del Plata y Miramar (provincia de Buenos Aires)". *Ameghiniana*, vol. 26(1-2), p. 33-34.
- Genise, J. & Cladera, G. (1995) "Application of computerized tomography for studying insect traces", *Ichnos*, vol. 4, pp. 77-81.
- Genise, J. & Hazeldine, P. (1997) "3D reconstruction of insect trace fossils: *Ellipsoideichnus meyeri* Roselli", *Ichnos*, vol. 5, pp. 167-175.
- Gervais, H.F.P. & Ameghino, F. (1880) "Los mamíferos fósiles de la América del Sud". Libr. F. Savy.
- Gibson, B.M. (1969) "The use of the airbrasive process for cleaning ethnological materials", *Studies in Conservation*, vol. 14, pp. 155-164.
- Goldring, R. & Crichton, W. (1966) "Bioturbation structures in the Upper Chalk revealed by staining with Methylene Blue", Unpublished Report (Demonstration Mtg.), Palaeontological Association.
- Grant, R. (1989) "Extraction of fossils from carbonates by acid (237-243)". **En:** Feldman, Chapman y Anibal (ed.) *Paleotechniques*. Paleontological Society, Special Publication, vol. 4, pp. 237-243.

- Hager, M.W. (1975) "Aluminium foil jacket for collecting fossils", *Society of Vertebrate Paleontology, Newsletter*, vol. 105, p. 45.
- Hähnel, W. (1962) "The lacquer-film method of preserving geological objects", *Curator: The Museum Journal*, vol. 5, pp. 353-368.
- Hamblin, W.K. (1962) "Staining and etching techniques for studying obscure structure in clastic rocks", *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 32, pp. 530-533.
- Haubitz, B., Prokop, M., Dohring, W., Ostrom, H. & Wellnhofer, T. (1988) "Computed tomography of *Archaeopteryx*", *Paleontology*, vol. 14(2), pp. 206-213.
- Heaton, J.J. (1980) "New advances in latex casting techniques", *Curator*, vol. 23(2), pp. 95-100.
- Hounsfield, G.N. (1979) "Computerized transverse axial scanning tomography", *British Journal of Radiology*, vol. 46, pp. 1016.
- Howie, F.M. (1987) "Safety considerations for the geological conservator" (379-401). **En:** Crowther y Collins (eds.) The conservation of geological material, *The Geological Curator*, vol. 4(7), pp. 375-474.
- Imbellone, P. & Camilión, F. (1984) "Aplicación de diferentes criterios para identificar discontinuidades litológicas. Partido de Carlos Tejedor. Provincia de Buenos Aires", *Ciencia del Suelo*, vol. 2, pp. 149-158.
- Imbellone, P. & Teruggi, M. (1986) "Morfología y micromorfología de toscas de algunos paleosuelos en el área de La Plata". *Ciencia del Suelo*, vol. 4, pp. 209-215.
- Imbellone, P. & Teruggi, M. (1987) "Discontinuous calcretes in loessic paleosols near La Plata, Argentina. **En:** Fedoroff, Breson y Courty (ed.) Soil Micromorphology. Proceedings of the VII International Working Meeting of Soil Micromorphology. Paris, pp. 600-630.
- Imbellone, P. & Teruggi, M. (1988) "Sedimentación crotovínica en secuencias cuaternarias bonaerenses. Reunión Argentina de Sedimentología", *Actas*, vol. 2, pp. 125-129.
- Jarvik, E. (1980) "Basic structure and evolution of vertebrates". Vol. 1. Academic Press, pp. 575.
- Jones, M.D. (1969) "A pneumatic power-tool for the paleontologists". *Museum Assistant Group, Newsletter*, March.
- Joysey, K.A. & Cutbill, J.L. (1970) "Serial sections of fossils prepared by the annular sawing technique". *Systematic Association, Special Volume*, vol. 3, pp. 89-95.
- Kaiser, T.M. & Katterwe, H. (2001) "The application of 3D-microprofilometry as a tool in the surface diagnosis of fossil and sub-fossil vertebrate hard tissue. An example from the Pliocene Upper Laetolil Beds, Tanzania", *International Journal of Osteoarchaeology*, vol. 11(5), pp. 350-356.
- Klappa, C. (1980) "Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis, and significance", *Sedimentology*, vol. 27, pp. 13-629.
- Kraglievich, J. (1952) "El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, provincia de Buenos Aires", *Revista Museo Municipal Ciencias Naturales y Tradicionales*, Mar del Plata, vol. 1(1), pp. 8-73.
- Kraus, M. (1986) "Paleosoils and time resolution in alluvial stratigraphy. Paleosoil: Their Recognition and Interpretation". Princeton University Press.
- Kretzschmar, A. & Ariés, F. (1990) "3D images of natural and experimental earthworm burrow system", *Revue d'Ecologie et de Biologie du sol*, vol. 27, pp. 407-414.
- Kubiena, W.L. (1953) "The soils of Europe". Thomas Murphy y Co. Londres, pp. 317.
- Laza, J. (1998) "Presencia de nidos de escarabajos en depósitos de la Cueva Tixi, partido de General Alvarado, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Significación paleoclimática y cronológica". Tercera Reunión Argentina de Icnología y Primera Reunión de Icnología del Mercosur. Mar del Plata. Resúmenes: p. 15.
- Laza, J.H., Genise, J. & Bown, T. (1994) "Arquitectura y origen de *Monesichnus ameghinoi* Roselli, revelada por tomografía computada". Reunión de Comunicaciones. Asociación Paleontológica Argentina, *Ameghiniana*, vol. 31(4), p. 397.
- Ledley, R.S., DiChiro, G., Luessenhop, J. & Twigg, H. (1974) "Computerized transaxial x-ray tomography of the human body", *Science*, vol. 186, pp. 207-212.
- Leiggi, P. (1989) "The use of vinyl-polyxiloanes and quick-setting epoxies in paleontology". *Journal of Paleontology*, vol. 63(2), p. 256.
- Lepage, B.A. & Basinger, F. (1993) "The use of lacquer (nitrocellulose) for the coating and preservation of fossil leaf impressions", *Journal of Paleontology*, vol. 67(1), pp. 128-134.
- Lewis, A. (1977) "Air-Scribe". Society of Vertebrate Paleontology, *News Bulletin*, vol. 110, pp. 41-42.
- Lewis, A. & Mc Crady, A. (1978) "Modification to the Air-Scribe", *The Chiseler*, vol. 1(1), pp. 9-10.
- Linsley, R.M. (1965) "Collecting molds of fossils". Handbook of Paleontological Techniques, pp. 189-91. W.H. Freeman and Co.
- Maceo, P.J. & Riskind, D.H. (1989) "Field and laboratory moldmaking and casting of dinosaur tracks. In International symposium on dinosaur tracks and traces". Vol. 1, pp. 419-420.
- Mack, G.H., James, C.W. & Monger, H.C. (1993) "Classification of paleosols", *Geological Society of America Bulletin*, vol. 105, pp. 129-136.
- Melchin, M.J. & Anderson, A.J. (1998) "Infrared video microscopy for the study of graptolites and other organic-walled fossils", *Journal of Paleontology*, vol. 72(2), pp. 397-400.

- Munsell (1975) "Standard soil color charts". Munsell Color Co, Baltimore, MD.
- Muros, V. & Hirx, J. (2004) "The use of cyclododecane as a temporary barrier for water-sensitive ink on archaeological ceramics during desalination", *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 43, pp. 75-89.
- Murphy, C.P. (1986) "Thin section preparation of soils and sediments". 149 pp. A.B. Academic Publishers.
- Northrop, J. I. (1890) "Notes on the geology of the Bahamas", *Transactions of the New York Academy of Sciences*, vol. 10, pp. 4-22.
- Obata, J., Marou, H., Terakado, H., Murakami, T., Tanak, T. & Matsukawa, M. (1989) "Replicas of dinosaur traces, using silicone rubber and fiberglass-reinforced plastics (313-415)". **En:** Gillette y Lockley (eds.) *Dinosaur track and traces*. 454 pp. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra.
- Osterrieth, M. & Borrelli, N. (2007) "Biomineralizaciones en niveles pedosedimentos y contextos arqueológicos del sudeste bonaerense". *Actas VI Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*, Mar del Plata, p. 80.
- Pantin, H.M. (1960) "Dye-staining technique for examination of sedimentary microstructures in cores", *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 30, pp. 314-316.
- Parsley, R.L. (1989) "Latex casting of macroinvertebrate fossils", *The Paleontological Society Special Publications*, vol. 4, pp. 275-281.
- Pika-Biolzi, M., Hochuli, P. & Flisch, A. (2000) "Industrial X-ray computed tomography applied to paleobotanical researchs", *Rivista italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, vol. 106(3), pp. 369-378.
- Purnell, M. (2003) "Casting, replication, and anaglyph stereo imaging of microscopic details in fossils. With examples from conodonts and others jawless vertebrates", *Palaeontologia Electronica*, vol. 6(2), p. 11.
- Quilty, P.G. & Williams, A.J. (1975) "The use of dental impression material for molding microfossils", *Journal of Paleontology*, vol. 49, p. 767.
- Retallack, G. (1976) "Triassic paleosols in the upper Narrabeen Group of New South Wales", *Geological Society of Australia Journal*, vol. 23, pp. 383-399.
- Retallack, G. (1988) "Field recognition of paleosols", *Geological Society of America, Special Paper*, vol. 216, p. 20.
- Retallack, G. (1993) "Classification of paleosols: Discussion and reply", *Geological Society of America Bulletin*, vol. 105, pp. 1635-1637.
- Riggi, J., Fidalgo, F., Martínez, O. & Porro, N. (1986) "Geología de los "Sedimentos Pampeanos" en el Partido de La Plata". *Revista Asociación Geológica Argentina*, vol. XLI, pp. 316-333.
- Rinaldi, V.A., Redolfi, E.R. & Santamarina, J.C. (1997) "Propiedades dieléctricas del loess y su influencia en las mediciones con georradar", *Encuentro de Geotécnicos argentinos*, GT 97.
- Rinaldi, V.A. & Francisca, F.M. (2000) "Dielectric permittivity of loess from the Central Area of Argentina. XI Panamerican Conference on soil mechanics and geotechnical engineering". Foz do Iguazu, Brasil, vol. 1, pp. 209-216.
- Rinaldi, V.A., (2002) "Límites y potenciales aplicaciones del georradar (Gpr) en limos loessicos colapsables". XXI Reunión Científica de la asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas, Rosario.
- Rixon, A.E. (1965) "The use of new materials as temporary supports in the development and examination of fossils", *Museums Journal*, vol. 65, pp. 54-58.
- Rixon, E. (1976) "Fossil animal remains: their preparation and conservation". The Athlone Press, Londres, Inglaterra, pp. 284.
- Roselli, L. (1939) "Apuntes de geología y paleontología uruguaya. Sobre insectos del Cretácico del Uruguay o descubrimiento de admirables instintos constructivos de esa época" *Boletín de la Sociedad Amigos de las Ciencias Naturales "Kraglievich-Fontana"*, vol. 1, pp. 72-102.
- Ruhe, R.V. (1965) "Quaternary paleopedology". **En:** Wrigth, H. y Frey, D. (eds.) *The Quaternary of the United States*, pp. 755-764.
- Sawada, M. (1981) "Método de preservación de estratigrafías arqueológicas". ICOM 6° Triennial Meeting, Ottawa, vol. IV.
- Schurmann, J.J. & Goedewaagen, M.A. (1955) "A new method for the simultaneous preservation of profiles and root systems", *Plant and soil*, vol. 6(4), pp. 373-381.
- Schwarz, D. (2005) "Neutron tomography of internal structures of vertebrate remains: a comparison with X-ray computed tomography", *Palaeontologia Electronica*, vol. 8, p.1.
- Shaoping Fu, Werner, F. & Brosmann, J. (1994) "Computed tomography: application in studying biogenic structures in sediment cores", *Palaos*, vol. 9, pp. 16-119.
- Shorer, P. H. (1964) "Soil-section transfers: a method for the transfer of an archaeological soil section on to a flexible rubber backing", *Studies in Conservation*, vol. 9, pp. 74-78.
- Sollas, W. (1903) "A method for the investigation of fossils by serial sections", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Ser. B*, vol. 196, pp. 259-263.
- Spreng, C. (1961) "Airbrasive cleaning tool", *Journal of Paleontology*, vol. 36(6), pp. 1391-1392.
- Steiger, T., Kirsch, K., Gross, D. & Lehmann, V. (1997) "Die Anwendung der Kernspintomographie in der Palaeontologia", *Geologische Blätter für Nordost-Bayern*, vol. 47(1-4), pp. 339-356.

- Stein, R., Kimmel, J., Marincola, M. & Klemm, F. (2000) "Observations on cyclododecane as a temporary consolidant for stone", *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 39(3), pp. 355-369.
- Stidham, R.A. & Mason, J. (2009) "A quick method for collecting modern small-scale ichnological and sedimentological structures", *Journal of Paleontological Techniques*, vol. 4, p. 4.
- Stucker, G. (1961) "Salvaging fossils by jet", *Curator*, vol. IV(4), pp. 332-340.
- Tabbagh, A., Dabas, M., Hesse, A. & Panissod, C. (2000) "Soil resistivity: a non-invasive tool to map soil structure horization", *Geoderma*, vol. 97, pp. 393-404.
- Teruggi, M. (1971) "Criterios para el reconocimiento y estudio de los paleosuelos", *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol. 26, pp. 485-490.
- Teruggi, M. & Andreis, R. (1971) "Microestructuras pedológicas: características, distribución en sedimentitas argentinas y posible aplicación en sedimentología", *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol. 26(4), pp. 491-502.
- Teruggi, M., Andreis, R., Mazzoni, M. Dalla Salda, L. & Spalletti, L. (1974) "Nuevos criterios para la estratigrafía del Cuaternario de las Barrancas de Mar del Plata", *LEMIT Anales. Serie II*, vol. 268, pp. 133-148.
- Teruggi, M. & Imbellone, P. (1987) "Paleosuelos loésicos superpuestos en el Pleistoceno Superior-Holoceno de la región de La Plata, Provincia de Buenos Aires", *Ciencias del Suelo*, vol. 5, pp. 175-188.
- Timon-David, J. (1943) "Un procede d'examen et de conservation des insectes fossiles. Extrait de C.R. des Travaux de la Faculté des Sciences de Marseille". Serie 1<sup>a</sup>, tomo 1, fascículo VIII, p.123.
- Tollner, E., Verma, P. & Cheshire, J. (1987) "Observing soil-tested interaction and soil organisms using computer tomography", *Transactions of the American Society of Agriculture Engineer*, vol. 30, pp. 1605-1610.
- Tonni, E.P. (2011) "Ameghino y la estratigrafía pampeana un siglo después", *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, vol. 12(1), pp. 69-79.
- Triplehorn, D. (2006) "An easy way to remove fossils from sandstones: DMSO disaggregation", *Journal of Paleontology*, vol. 76, pp. 394-395.
- Tucker, M. (1988) "Techniques in sedimentology". Blackwell, Oxford. Inglaterra. 394 pp.
- Villani, M. & Gould, F. (1986) "Use of radiographs for movement analysis of the corn wireworm, *Melanotus communis* (Col. Elateridae)", *Environmental Entomology*, vol. 15, pp. 462-464.
- Voigt, E. (1936) "Die lackfilmmethode, ihre Bedeutung und Anwendung in der Paläontologie, Sedimentpetrographie und Bodenkunde", *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, pp. 272-292.
- Voigt, E. (1972) "Application de la méthode des Lackfilm au prélèvement de profils géologiques ou pédologiques sur le terrain. Centre d'Études et de Recherches de Paléontologie biostratigraphique". *Notes et contributions*, vol. 2, pp. 1-24.
- Waters, B. & Savage, D. (1971) "Making duplicates of small vertebrate fossils for teaching and for research collections", *Curator*, vol. 14, pp. 123-132.
- Weinzettel, P., Dietrich, S. & Varni, M. (2009) "Utilización de tomografía eléctrica con distintas configuraciones y espaciamentos electrónicos para la caracterización de la zona no saturada". **En:** Silva Rojas, O. y Carrera Ramirez, J. (ed.) Jornadas de Investigación de la zona no saturada del suelo, vol. 9, pp. 253-260.
- West, I.M. (1965) "A new method of displaying microstructures in porous limestone". *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 35, pp. 250-251.
- Whybrow, P.J., & Lindsay, W. (1990) "Practical Techniques. Palaeobiology-A synthesis", *Blackwell Scientific Publications* (Oxford), pp. 499-502.
- Zangerl, R. & Schultze, H. (1989) "X radiographic techniques and applications". **En:** Feldmann, Chapman y Anibal eds. Paleotechniques. *The Paleontological Society, Special Publication*, vol. 4, pp. 165-177.
- Zárate, M. (1986) "Perfiles de calcreto, Tosca, y dinámica sedimentaria". **En:** *Reunión Argentina de Sedimentología* 1, pp. 85-88.
- Zhexi Lou & Ketten, D. (1991) "CT scanning and computerized reconstructions of the inner ear of multituberculate mammals", *Journal of Vertebrate Paleontology*, 11(2), pp. 220-228.
- Zucol, A. (1992) "Microfitolitos. I-Antecedentes y terminología". *Ameghiniana*, 29, pp. 353-362.
- Zucol, A. (1995) "Microfitolitos: II. Análisis de las clasificaciones". *Ameghiniana*, 32(3), pp. 243-248.
- Zucol, A. (1999) "Fitolitos. Hacia un sistema clasificatorio". *Ameghiniana*, 36, p. 43R.
- Zucol, A. y Osterrieth, M. (2002) "Técnicas de preparación de muestras sedimentarias para la extracción de fitolitos". *Ameghiniana*, vol. 39, pp. 379-382.
- Zucol, A., Brea, M. & Scopel, A. (2005) "First record of fossil wood and phytolith assemblages of the Late Pleistocene El Palmar National Park (Argentina)". *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 20, pp. 33-43.