

## PRIMER ESTUDIO DE MUESTRAS PALINOLÓGICAS AÉREAS Y DE SEDIMENTOS CON APLICACIÓN EN CIENCIAS FORENSES, EN EL SUDOESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

R. David Rodríguez Rendas<sup>1,2</sup> , M. Gabriela Murray<sup>1,2</sup>  & Guillermina A. Fagúndez<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Laboratorio de Diversidad de Plantas Vasculares, Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina; [mgmurray@criba.edu.ar](mailto:mgmurray@criba.edu.ar) (autora corresponsal)

<sup>2</sup> Grupo de Estudios en Aerobiología del Sur, Instituto de Ciencias Biológicas y Biomédicas del Sur, Universidad Nacional del Sur - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Laboratorio de Actuopalinología, Centro de Investigación Científica y Transferencia Tecnológica a la Producción, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Gobierno de la Provincia de Entre Ríos, Universidad Autónoma de Entre Ríos, España 149, 3105 Diamante, Entre Ríos, Argentina.

**Abstract.** Rodríguez Rendas, R. D.; M. G. Murray & G. A. Fagúndez. 2024. First study of aerial and sediment palynological samples with application in forensic sciences, in the Southwest of the Province of Buenos Aires, Argentina. *Darwiniana*, nueva serie 12(2): 295-307.

This study focused on analyzing and comparing aerial and sediment palynological samples from two sites around the city of Bahía Blanca in order to relate the pollen spectra of the samples with the environments of origin and their possible use in a future forensic scenario. Pollen grains collected in three matrices were examined: surface sediment, sediment collected from footwear, and pollen grains retained on fabrics. The palynological information revealed a great similarity in composition between the different collection matrices at each site, and a significant difference between the different collection sites. The dominant pollen types varied according to the sampling environment and were associated with the vegetation of influence at each one. The results suggest that anemophilous pollinated species predominated at both sites, the pollen representation reflected the proximity of the emitting sources and was related to the local floristic composition. In addition, allochthonous pollen types were found, indicating regional and extra-regional influences on the pollen spectra. The present study indicates that pollen spectra are capable of establishing geographical associations between samples, clearly differentiating the study sites, and at the same time highlighting the usefulness of this discipline to link objects or individuals to forensic scenarios.

**Keywords.** Bahía Blanca; botany; criminology; pollen; Salitral de la Vidriera.

**Resumen.** Rodríguez Rendas, R. D.; M. G. Murray & G. A. Fagúndez. 2024. Primer estudio de muestras palinológicas aéreas y de sedimentos con aplicación en ciencias forenses, en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Darwiniana*, nueva serie 12(2): 295-307.

Este estudio se enfocó en analizar y comparar muestras palinológicas aéreas y de sedimentos de dos sitios en los alrededores de la ciudad de Bahía Blanca con el fin de asociar los espectros polínicos de las muestras con los ambientes de procedencia y su posible utilización en un futuro escenario forense. Se examinaron los granos de polen recolectados en tres matrices: sedimento superficial, sedimento recolectado del calzado y granos de polen retenidos en telas. La información palinológica reveló una gran similitud en la composición entre las diferentes matrices de recolección en cada sitio, y una diferencia significativa entre los distintos sitios de recolección. Los tipos polínicos dominantes variaron según el ambiente de muestreo y se vincularon con la vegetación de influencia en cada uno. Los resultados sugieren que las especies de polinización anemófila predominaron en ambos sitios, la representación polínica reflejó la cercanía de las fuentes emisoras y se relacionó con la composición florística local. Además, se encontraron tipos polínicos alóctonos, lo que indica influencias regionales

y extra-regionales en los espectros polínicos. El presente estudio indica que los espectros polínicos son capaces de establecer asociaciones geográficas entre las muestras, diferenciando claramente los sitios de estudio, y a su vez poniendo de manifiesto la utilidad de esta disciplina para vincular objetos o individuos con escenarios forenses.

**Palabras clave.** Bahía Blanca; botánica; criminalística; polen; Salitral de la Vidriera.

## INTRODUCCIÓN

La Palinología, es una subdisciplina de la botánica que involucra el estudio de los granos de polen y las esporas, conocidos colectivamente como palinomorfos (Walsh & Horrocks, 2008). En particular, los granos de polen poseen una pared conformada por dos capas, de las cuales, la externa denominada exina, presenta un componente químico fundamental que es la esporopolenina. Este compuesto es el que ha permitido que los granos de polen se preservaran a través del tiempo y en la escala geológica, con los detalles y caracteres morfológicos originales, los cuales a su vez suelen ser distintivos del grupo taxonómico al que pertenecen (Saxena, 1993).

Existe una gran diversidad de tipos polínicos en el reino vegetal y la determinación de los rasgos morfológicos dentro de un mismo taxón convirtió a la Palinología en una fuente de caracteres utilizables en la Botánica Sistemática (Sáenz, 1978). Las características morfológicas inalterables de los granos de polen permiten la determinación de su procedencia, incluso cuando se hallan en el aire, sedimentos fósiles, artefactos arqueológicos, víveres o productos vegetales. Este enlace ha trascendido hacia otros campos, como la Criminalística (Mildenhall et al., 2006).

La Palinología Forense es la ciencia de obtener evidencia legal a partir de los palinomorfos (Mildenhall, 1990). Su principal aplicación forense es proporcionar evidencia asociativa, es decir, ayudar a probar o refutar un vínculo entre personas y objetos con lugares o con otras personas. Por ejemplo, el calzado de un sospechoso puede analizarse en busca de polen y compararse con muestras de suelo de control de la escena del crimen (Walsh & Horrocks, 2008). Es posible, considerando el principio de intercambio de Edmond Locard (“cada contacto deja un rastro”), que los palinomorfos sean indicadores indirectos de un lugar y que los mismos pueden adherirse en telas, pequeños intersticios en calzados y otros objetos, y no desprenderse fácilmente (Wiltshire, 2006). Por lo tanto, la Palinología podría ser empleada para relacionar a un sospechoso con el escenario forense, ya sea el lugar de un crimen o el lugar de descubrimiento del cadáver, la demostración de coartadas, lograr disminuir una lista de sospechosos, determinar la historia de viaje de drogas (Stanley, 1992), ubicar

tumbas clandestinas o determinar el tiempo que llevan enterrados ciertos restos humanos (Wiltshire & Black, 2006). A través del tiempo, la Palinología Forense ha acumulado una serie de éxitos. Sus orígenes se encuentran en trabajos realizados en los años 60, con algunos casos que activaron el interés público por su novedad e implicaciones criminalísticas (Martínez-Sánchez et al., 2008). Algunos de los casos más notorios en causas penales han incluido el estudio de diversos palinomorfos obtenidos de las fosas nasales de cadáveres, que han proporcionado pruebas valiosas sobre las causas de la muerte del individuo (Wiltshire & Black, 2006).

El valor de la Palinología se revela en su capacidad de recuperar palinomorfos de diversas fuentes en el ámbito forense, debido a los atributos de estos últimos: son microscópicos, producidos en grandes cantidades, altamente resistentes y, a su vez se pueden asociar a un taxón vegetal (Milne et al., 2005). Su implementación ha sido validada en juicios penales de diversas naciones (Mildenhall et al., 2006). A pesar de algunos avances en la Palinología Forense en Argentina (Povilauskas, 2017, 2018, 2022; Bordi et al., 2018, 2019; Castiglioni et al., 2018; Trujillo et al., 2019; Vilá & Fagúndez, 2019; Povilauskas & Tranchida, 2023), aún son escasas las publicaciones específicas en esta disciplina a nivel regional o local.

La ciudad de Bahía Blanca abarca una superficie urbana y periurbana de 150 km<sup>2</sup> en su conjunto, y posee aproximadamente 335.190 habitantes según el censo de 2022. Considerando que esta ciudad es uno de los conglomerados más grandes del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, resulta de gran importancia el desarrollo de estudios palinológicos específicos de la vegetación de influencia en la misma: natural halófila y xerófila asociada a componentes de vegetación urbana, los cuales servirán de base en futuras investigaciones forenses en la región. El objetivo del presente estudio es contribuir al conocimiento sobre la dinámica de los granos de polen en diferentes matrices y ambientes de la región, y verificar su potencial uso como herramienta forense.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Caracterización botánica de las zonas de estudio

Se seleccionaron dos sitios en el sudoeste

bonaerense para el estudio, cada uno con una composición florística diferente (Fig. 1 y 2). El primer sitio, Salitral de la Vidriera ( $38^{\circ}44'51,3''$  S  $62^{\circ}33'10,3''$  O), a 31 km de la ciudad de Bahía Blanca, presenta la vegetación halófila típica de la ecorregión Espinal (Burkart et al., 1999). La vegetación en este sitio se presenta en parches que mayormente están representados por asociaciones de plantas halófilas y xerófilas de composición florística bien definida (Benedetti et al., 2010). La vegetación en esta área es una estepa halófila arbustiva baja dominada por Amaranthaceae (géneros *Allenrolfea* Kuntze, *Atriplex* L., *Heterostachys* Ung.-Sternb., *Sarcocornia* A. J. Scott y *Suaeda* Forssk. ex J. F. Gmel.) y Poaceae (géneros *Bothriochloa* Kuntze, *Bromus* L., *Distichlis* Raf., *Eragrostis* Wolf, *Hordeum* L., *Pappophorum* Schreb., *Poa* L., *Setaria* P. Beauv. y *Leptochloa* P. Beauv.) como también las especies leñosas de las familias Rhamnaceae (*Condalia microphylla* Cav.), Fabaceae (*Neltuma* spp. y *Prosopidastrum globosum* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart), Asteraceae (*Cyclolepis genistoides* Gillies ex D. Don y *Chuquiraga erinacea* D. Don), Solanaceae (*Lycium* spp.), y Cactaceae (*Opuntia* spp., *Trichocereus candicans* (Gillies ex Salm-Dyck) Britton & Rose y *Echinopsis leucantha* (Gillies ex Salm-Dyck) Walp.). Existen zonas modificadas, aledañas al salitral, con presencia de especies exóticas. Los taxones arbóreos más cultivados corresponden a los géneros *Cupressus* L., *Eucalyptus* L'Hér., *Pinus* L. y *Populus* L. (Murray et al., 2008).

El segundo sitio de estudio es una zona periurbana a la localidad de Bahía Blanca, ubicada en el kilómetro 1,5 de la Ruta Nacional N°33

( $38^{\circ}41'58,4''$  S  $62^{\circ}19'52,7''$  O). Desde el punto de vista florístico, se encuentran representantes de tres ecorregiones: Pampa, Monte de Llanuras y Mesetas y Espinal (Burkart et al., 1999). En la ecorregión Pampa predomina la estepa de gramíneas con especies de los géneros *Festuca* L., *Melica* L., *Nassella* (Trin.) É. Desv., *Piptochaetium* J. Presl., *Poa*, entre otras. En la ecorregión del Monte de Llanuras y Mesetas la vegetación típica es la estepa arbustiva xerófila, psamófila o halófila. Se caracteriza por la presencia, casi constante, de especies arbustivas de los géneros *Larrea* Cav. y *Neltuma* Raf. Abundan en suelos salobres especies de Amaranthaceae de los géneros *Allenrolfea*, *Atriplex*, *Heterostachys* y *Suaeda*. En la ecorregión Espinal, el tipo de vegetación característico es el bosque xerófilo, estepas gramíneas y matorrales de arbustos. La comunidad clímax es el bosque de caldén (*Neltuma caldenia* (Burkart) C. E. Hughes & G. P. Lewis), algarrobo (*Neltuma flexuosa* (DC.) C. E. Hughes & G. P. Lewis), chañar (*Geoffrea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart) y molle (*Schinus* spp.). Entre los arbustos predomina el piquillín (*Condalia microphylla*), y en el estrato herbáceo predominan los pastos duros (*Nassella*, *Poa*, etc.).

#### Caracterización climática

El clima en el área de estudio es templado y seco, con temperatura media anual cercana a los  $15^{\circ}\text{C}$  y estaciones bien diferenciadas. Las precipitaciones anuales oscilan comúnmente entre 400 y 500 mm, rangos considerados de ambientes secos. La evapotranspiración potencial media anual calculada por el método de Thornwaite, es de 747 mm, mientras que, la evapotranspiración

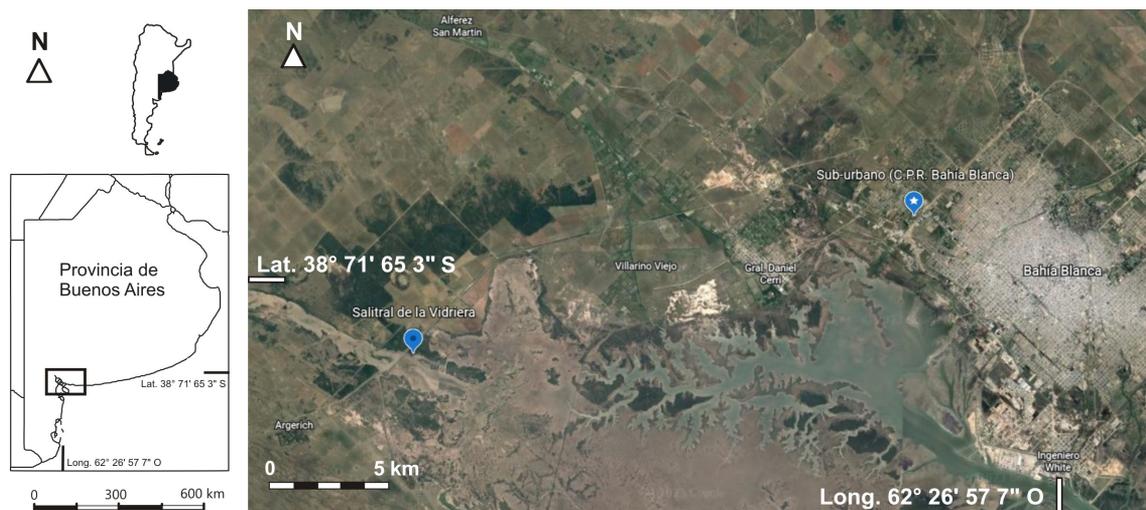


Fig. 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio (Salitral de la Vidriera y Suburbano Bahía Blanca).

real media anual es de 566,2 mm (Bonorino, 1970). Los vientos son persistentes durante todo el año y son comunes los vientos fuertes que superan los 43 km/h. (Capelli de Steffens & Campo de Ferreras, 2004). La zona presenta micro-relieves, con elevaciones del terreno por la acumulación de sedimentos, y hondonadas formadas por el escurrimiento del agua de lluvia (Melo et al., 2003; Benedetti et al., 2010).

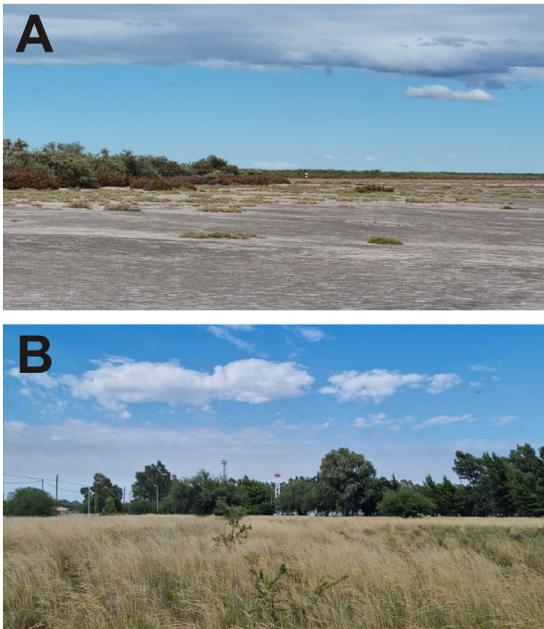
### Recolección de las muestras

Para llevar a cabo esta investigación, se seleccionó el periodo de máxima diversidad y abundancia de granos de polen en la atmósfera, a fin de facilitar la interpretación y vinculación de su registro en las muestras analizadas, con la fenología de las especies de la región de estudio, ya que se trata de la primera experiencia en esta disciplina en la región. De acuerdo con Murray et al. (2008), en el Salitral de la Vidriera, los meses de octubre y noviembre son reconocidos por exhibir estas condiciones óptimas. En consecuencia, los muestreos para el presente estudio se llevaron a cabo los días 27 y 28 de octubre de 2022. En el primer sitio, Salitral de la Vidriera, se realizaron dos levantamientos en días consecutivos en dos áreas distintas: una correspondiente a la vegetación arbustiva (Vegetación Alta) y otra a la vegetación herbácea cercana a la línea de marea (Vegetación

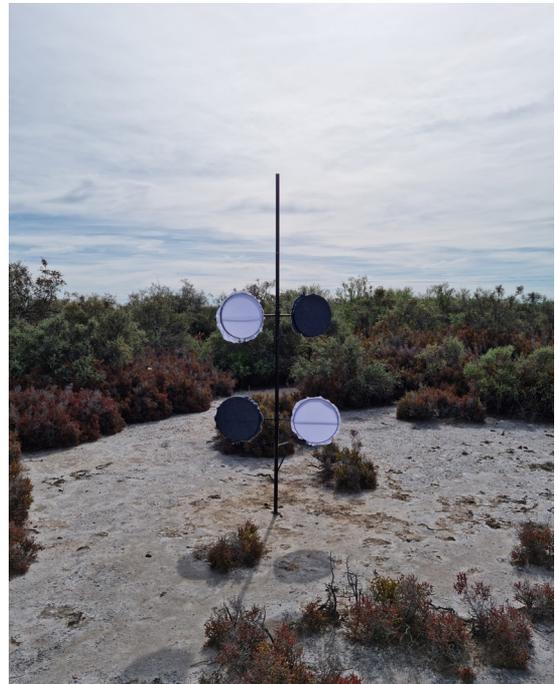
Baja). En el segundo sitio, sector Periurbano, el muestreo tuvo lugar el 30 de octubre de 2022.

En cada sitio, se realizaron tres tipos de recolección de muestras: una de granos de polen captados por las telas, otra de sedimento retenido en la suela del calzado (ambas simulando indumentaria de un potencial sospechoso) y una tercera de sedimento superficial, la cual constituye la muestra control (Milne et al., 2005). Los muestreos en telas y en calzado fueron elegidos ya que son elementos factibles de recuperar como evidencia en un caso pericial.

Para el muestreo en tela se utilizó la técnica de Zavada et al. (2007) modificada. Consiste en utilizar un soporte metálico vertical (Fig. 3), de dos metros de altura con dos ejes transversales al mismo a diferentes alturas (130 cm y 60 cm), los cuales poseen cada uno dos soportes circulares para las respectivas telas (jean y algodón). Las telas fueron extraídas de los soportes respectivos, luego de 24 horas de exposición al medio y recolectadas en bolsas tipo Ziploc®. Estas bolsas se sellaron herméticamente y de esta forma fueron remitidas al laboratorio, junto a las muestras de sedimento para su posterior procesamiento. Las muestras fueron conservadas en freezer para evitar la proliferación de hongos y procesadas al día siguiente. Para la elección de las telas a emplear (jean y algodón), el criterio utilizado



**Fig. 2.** Sitios de muestreo: (A) Salitral de Vidriera (puede apreciarse la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea cercana a la línea de marea), (B) Suburbano Bahía Blanca.



**Fig. 3.** Soporte metálico para recolectar granos de polen en tela a diferentes alturas.

fue que representasen materiales ampliamente frecuentes en las prendas de los habitantes en la región.

Para el muestreo en suela de calzado se utilizó un par de calzado limpio (Fig. 4) con los que se recorrió ida y vuelta una misma transecta de aproximadamente 3,5 m, en el área de estudio. Posteriormente se procedió a levantar el material adherido desde el fondo de la suela, usando una espátula que previamente fue lavada con agua destilada para evitar la contaminación y el material recolectado fue depositado en bolsas tipo Ziploc®. La cantidad de sedimento recolectado por muestra fue aproximadamente de 1-3 cm<sup>3</sup>. Este muestreo se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Horrocks et al. (1999).

Para el levantamiento de la muestra control, se empleó el “método de la pizca” (Adams & Mehringer, 1975), tomando 12 sub-muestras de sedimento de 1 cm<sup>3</sup> aproximadamente en un área de unos 1000 m<sup>2</sup>, mezclando las sub-muestras para evitar sesgos polínicos de sobrerepresentación.

#### Procesamiento y análisis de las muestras

Para la extracción y procesamiento del material retenido por las telas, se empleó la técnica de Zavada et al. (2007). Se lavaron las telas con agua destilada y Tween 80 sumergiendo cada una en recipientes individuales; una vez retirada la tela, la solución obtenida se centrifugó y decantó para obtener el residuo concentrado. Luego, se realizó

la acetólisis de la muestra según la técnica de Erdtman (1960). Finalmente, se crearon preparados microscópicos con el residuo resultante, montando una pequeña alícuota en una mezcla de glicerina-gelatina-fucsina básica (Erdtman, 1954).

El tratamiento del sedimento del suelo y del sedimento recuperado del calzado se realizó mediante la metodología de Horrocks (2004) con modificaciones. Se rompieron partículas grandes con un mortero y se tamizó el material con mallas de 125 µm. Luego, se realizó la digestión con KOH al 10%, seguida de tratamientos con pirofosfato sódico y oxidación con una solución de clorato de potasio, ácido acético y ácido sulfúrico. Finalmente, se llevó a cabo la acetólisis y el montaje de preparados microscópicos, del mismo modo que lo realizado para el tratamiento de los residuos recuperados de las telas. Se generaron entre uno y cuatro preparados a partir de cada muestra de sedimento, con el propósito de visualizar y contar al menos 200 granos de polen (Milne et al., 2005). Para el conteo, se recorrieron transectas horizontales a lo largo del eje mayor del preparado, utilizando un objetivo de 40x.

#### Identificación de los granos de polen

Los tipos polínicos fueron determinados bajo microscopio óptico Carl Zeiss e ilustrados con fotografías tomadas con cámara digital AxioCamERc5s, con la ayuda de la colección de referencia PALTEC-UNS (Herbario BBB),

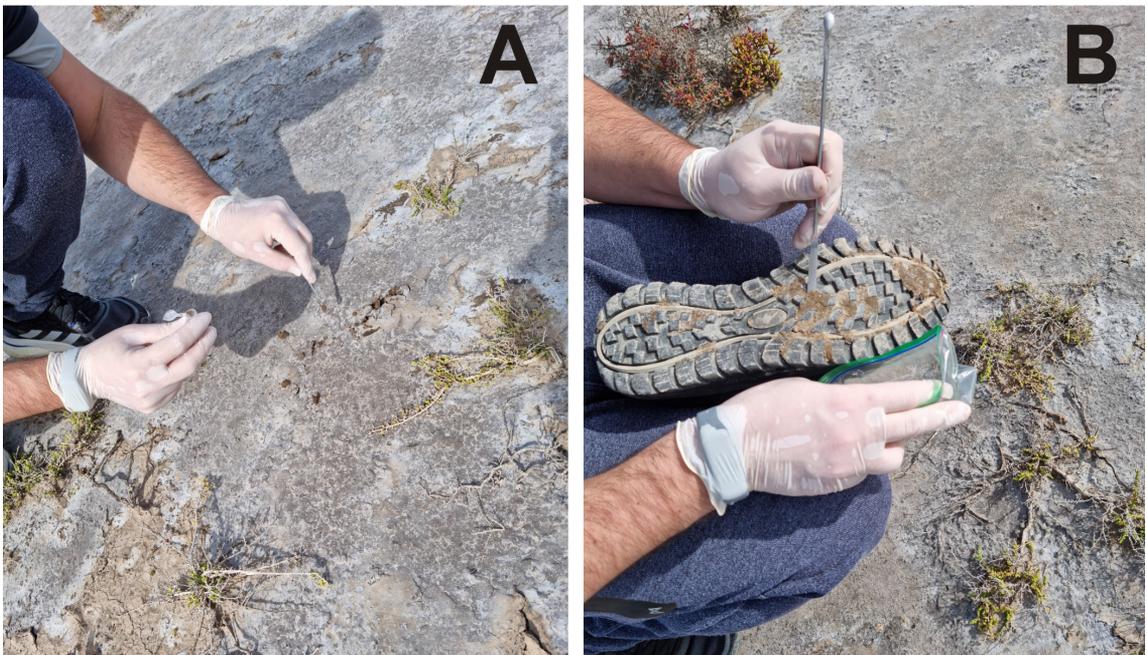


Fig. 4. Muestreo de sedimentos: (A) Sedimento de suelo, (B) Sedimento de suela del calzado.

así como con atlas polínicos de referencia (Heusser, 1971; Markgraf & D'Antoni, 1978; Pire et al., 1998, 2001). En el presente estudio se ha considerado tanto el hábito de las plantas como su mecanismo de polinización para el análisis de los espectros polínicos, debido a su influencia directa en la composición, dispersión y representatividad de los granos de polen en diferentes entornos. Esto permite obtener una visión más detallada y precisa del proceso de dispersión polínica, así como mejorar la interpretación de los espectros polínicos en un contexto forense. Se utilizaron referencias bibliográficas propias del sitio de estudio (Lamberto et al., 1982, 1997; Murray et al., 2002, 2007, 2008, 2010; Murray, 2006).

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis de agrupamiento de las muestras, considerando como variables los taxones representados en los espectros polínicos y sus respectivas proporciones porcentuales. El programa utilizado fue PAST4®. Se utilizó la distancia euclídea y para la clasificación, el método del vecino más cercano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el sitio Salitral de la Vidriera en el sector denominado Vegetación Alta, se identificaron 13 tipos polínicos correspondientes a 12 familias botánicas en las tres matrices de recolección (Tabla 1; Fig. 5); la matriz sedimento superficial presentó un tipo polínico menos (*Pinus*). Los tipos polínicos más abundantes en los tres tipos de matrices fueron: Poaceae, *Schinus* (Fig. 5) y *Neltuma*. En el mismo sitio, pero en el sector Vegetación Baja, se observaron 15 tipos polínicos y 13 familias botánicas en el total de las matrices analizadas (Tabla 1; Fig. 5). Se observaron diferencias en la prevalencia de los tipos polínicos entre los distintos tipos de muestras. En la muestra superficial, se detectó mayor abundancia de los tipos *Neltuma*, Poaceae y Brassicaceae, mientras que en las muestras del calzado y telas, Poaceae, *Schinus* y *Neltuma* fueron las que tuvieron mayor abundancia.

Los tipos polínicos con menor representación en la matriz tela pueden ser explicados porque su periodo de floración ya había culminado y el polen captado posiblemente responda a polen resuspendido en la atmósfera (Trujillo et al., 2019). Esta situación en particular se observó para el tipo polínico *Casuarina cunninghamiana* (Fig. 5) cuya floración ocurre en los meses de marzo y abril. En el caso del tipo *Nothofagus* (Fig. 5), provenientes de los bosques subantárticos ubicados a aproximadamente 800 km al SO (Cabrera, 1994; Gassmann & Pérez, 2006), la floración ocurre principalmente de septiembre a diciembre y llega

a esta región gracias a su morfología, lo cual los hace aerodinámicos y fácilmente transportados a grandes distancias por los vientos provenientes de los cuadrantes sur y oeste (Gassmann & Pérez, 2006; Murray et al., 2010). En cambio, el sedimento se halla enriquecido de tipos polínicos con periodos de floración anteriores, cuyo polen luego de ser liberado y permanecer un tiempo suspendido precipita. Similares comportamientos han sido mencionados por otros autores (Fagúndez et al., 2015; Adams-Groom, 2015; Trujillo et al., 2019).

En el sitio "Suburbano Bahía Blanca", en las muestras de sedimento superficial, calzado y telas, se identificaron 12 tipos polínicos y 10 familias botánicas (Tabla 1; Fig. 5). En todas las matrices analizadas predominó ampliamente el tipo polínico Poaceae, seguido por tipo *Amaranthus*, y en menor proporción *Eucalyptus* (Fig. 5).

### Relación entre los espectros polínicos de las muestras y el sitio de procedencia

En el sitio Salitral de la Vidriera (Vegetación Alta), los resultados del análisis palinológico cualitativo y cuantitativo, guardan una estrecha relación con los taxones de la vegetación de la zona de estudio (Lamberto et al., 1997), facilitando de esta manera la interpretación botánica. En las muestras analizadas se han identificado un total de 13 tipos polínicos. El análisis de agrupamiento mostró que el sitio Vegetación Alta (VA) quedó conformado por un solo grupo homogéneo, indicando la gran similitud entre los tipos de muestras recolectadas (sedimento calzado, tela y sedimento superficial; Fig. 6). Sólo *Pinus* no fue registrado en el espectro polínico del sedimento superficial, esto no genera una diferencia sustancial por contribuir con valores bajos al espectro polínico.

Considerando la totalidad de los taxones coincidentes, tres pertenecen al hábito arbóreo, cuatro al hábito arbustivo y cinco al herbáceo (Tabla 1). Entre los géneros de plantas con hábito arbóreo-arbustivo, *Nothofagus*, *Casuarina cunninghamiana*, y *Pinus* (Fig. 5) presentan una clara polinización anemófila, *Schinus*, *Neltuma*, *Prosopidastrum* y *Condalia microphylla* poseen características entomófilas, mientras que *Salix* presenta un tipo de polinización mixta, también conocida como ambofilia (Bullock, 1994). Este último tipo de polinización se caracteriza por ser entomófila, pero producen mayor cantidad de polen, como una adaptación a la polinización anemófila (Pla Dalmau, 1961; Faegri & van der Pijl, 1979). En el caso de las herbáceas existe una ligera dominancia de plantas con polinización anemófila (4/5).

De acuerdo al hábito, las herbáceas predominan en el espectro polínico, siendo el tipo Poaceae el

**Tabla 1:** Tipos polínicos registrados en muestras provenientes de los dos sitios muestreados (Suburbano Bahía Blanca y Salitral de la Vidriera). Sitios de muestreo, (BB) Bahía Blanca; (VB) Vegetación Baja; (VA) Vegetación Alta. Tipo de polinización, (E) Entomófila; (A) Anemófila; (Am) Ambófila. Hábito, (h) hierba; (a) arbusto; (A) árbol. Matrices, (SS) Sedimento Suelo; (SC) Sedimento Calzado; (T) Telas

Sitios de muestreo			Suburbano BB			Salitral VB			Salitral VA		
Tipo polínico	Tipo de polinización	Hábito	SS (%)	SC (%)	T (%)	SS (%)	SC (%)	T (%)	SS (%)	SC (%)	T (%)
<i>Acacia</i>	E	A	0,5	1,0	0,5	-	-	-	-	-	-
<i>T. Amaranthus</i>	A	h	5,5	4,0	6,3	12,5	9,5	10,3	8,0	5,0	6,6
Apiaceae	E	h	0,5	1,0	0,9	-	-	-	-	-	-
Asteraceae	E	h	3,0	1,5	0,9	0,5	1,0	0,6	2,0	1,5	1,5
Brassicaceae	E	h	-	-	-	13,0	10,5	4,4	5,5	4,5	3,0
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	A	A	-	-	-	1,5	1,0	0,6	1,5	1,0	0,7
<i>Condalia microphylla</i>	E	a	-	-	-	-	-	4,0	1,0	1,5	1,6
<i>Eucalyptus</i>	Am	A	3,5	2,5	2,8	1,5	0,5	0,4	-	-	-
<i>Mutisia</i>	E	h	-	-	1,6	1,5	2,5	0,9	-	-	-
<i>Neltuma</i>	E	A	-	-	-	31,0	14,5	24,0	9,0	6,0	11,2
<i>Nothofagus</i>	A	A	-	-	-	1,5	4,0	2,4	2,5	1,5	1,3
<i>Pinus</i>	A	A	1,0	1,0	1,1	0,5	-	2,1	-	0,5	0,6
<i>Plantago</i>	A	h	1,0	0,5	1,1	-	-	-	-	-	-
Poaceae	A	h	74,5	83,5	79,1	21,0	29,5	24,1	31,5	46,0	45,5
<i>Prosopidastrum</i>	E	a	-	-	-	-	0,5	-	6,5	4,0	5,1
<i>Salix</i>	Am	A	-	-	-	2,0	4,5	5,8	4,0	3,0	1,3
<i>Schinus</i>	E	a/A	3,0	1,0	3,0	10,5	18,5	17,8	23,0	16,5	15,1
<i>T. Taraxacum</i>	E	h	1,0	1,0	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>Triglochin palustris</i>	A	h	-	-	-	-	-	0,9	2,5	1,5	2,5
<i>Typha latifolia</i>	A	h	2,0	0,5	1,5	-	-	-	-	-	-
Indeterminados			4,5	2,5	1,0	3,0	3,5	1,9	3,0	7,5	3,6

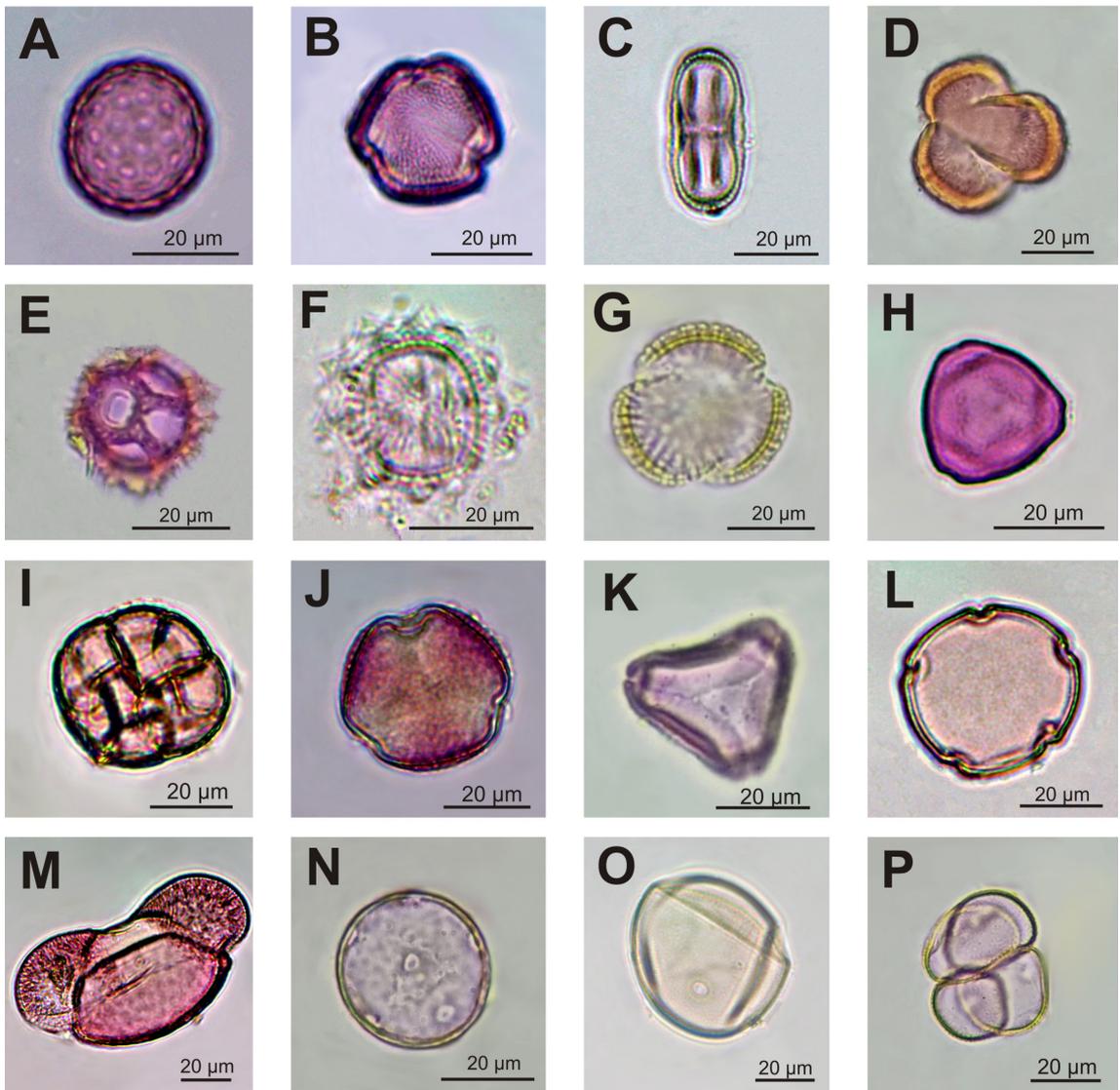
que tiene la mayor abundancia dentro del espectro, coincidiendo en la totalidad de las muestras (granos de polen en tela, sedimento superficial y sedimento del calzado). Esto se debe a que el tipo polínico es estenopolínico (Campos Trujillo et al., 2015), las diferencias morfológicas entre

los distintos granos de polen de esta familia son imperceptibles al microscopio óptico de modo que se considera que el aporte al espectro polínico lo realizan varias especies (multiespecífico). Cabe mencionar que el período de muestreo coincidió con un pico en la floración de Poaceae de la

región, y además constituyen uno de los elementos botánicos dominantes de la vegetación de la región. Esta familia presenta entre noviembre y diciembre el máximo número de granos de polen en la atmósfera en distintas regiones de Argentina (Nitiu & Romero, 2001; Tejera & Beri, 2005; Murray, 2006).

El polen de procedencia arbórea estuvo representado por las especies que se encuentran en los campos próximos al salitral o en poblados cercanos (*Casuarina cunninghamiana*, *Pinus* spp. y *Salix* spp.). El tipo polínico *Salix*, puede tener

un aporte de *Salix humboldtiana* Willd., una especie que aparece sobre márgenes de cursos de agua (Giaccio et al., 2010), especialmente en las sierras australes (Dawson, 1967; Frangi & Bottino, 1995); sin embargo, se debe tener en cuenta que en la región se encuentran mejor representadas las especies exóticas del género. En todos los casos, las concentraciones de estos tipos polínicos fueron bajas y en el caso de *Pinus*, estuvo ausente en el sedimento recolectado en el suelo. El polen netamente alóctono (extra regional) estuvo representado por *Nothofagus*, presente en



**Fig. 5.** Tipos polínicos registrados en las muestras. **A**, tipo *Amaranthus*; **B**, *Schinus*; **C**, Apiaceae; **D**, *Mutisia*; **E**, tipo *Taraxacum*; **F**, Asteraceae; **G**, Brassicaceae; **H**, *Casuarina cunninghamiana*; **I**, Acacia; **J**, *Prosopidastrum*; **K**, *Eucalyptus*; **L**, *Nothofagus*; **N**, *Pinus*; **M**, *Plantago*; **O**, Poaceae; **P**, *Typha latifolia*.

los bosques subantárticos. El transporte a larga distancia de este tipo polínico ha sido corroborado por varios autores entre los cuales se encuentran Perez & Gardiol (1996), Latorre et al. (2001), Nitiu (2009), Murray et al. (2010) y Bordi et al. (2019).

Es característica de esta zona la presencia de numerosas especies arbustivas; por ese motivo se han discriminado los tipos polínicos arbóreos/arbustivos y los herbáceos. El polen de procedencia arbóreo/arbustivo pertenece a especies que crecen espontáneamente en la región. Los representantes más abundantes de esta categoría fueron *Schinus* y *Neltuma*, y con valores menos significativos se hallaron *Prosopidastrum* y *Condalia microphylla*.

Existen tipos polínicos que presentan distintos hábitos, tal es el caso del tipo *Amaranthus*, donde la mayoría de las especies que lo integran son herbáceas, a excepción de *Suaeda divaricata* que es arbustiva y muy abundante en el salitral; en el caso del tipo *Schinus*, presentan especies arbóreas y/o arbustivas, como *Schinus areira* (árbol), y *S. fasciculata* y *S. praecox* (arbustos; Murray, 2006).

Los tipos polínicos herbáceos fueron los que presentaron mayor diversidad (cinco tipos polínicos) y corresponden a especies en su mayoría de crecimiento espontáneo de la región pertenecientes a las familias Poaceae, Amaranthaceae, Brassicaceae, Juncaginaceae y Asteraceae.

En el Salitral de la Vidriera (Vegetación Baja) el análisis de agrupamiento asoció por similitud los tres tipos de muestras recolectadas (Fig. 6). Si bien el espectro polínico (Tabla 1) muestra tres tipos polínicos que fueron hallados sólo en una de las matrices estudiadas; esto no genera una diferencia sustancial porque contribuyen en general con valores bajos al espectro polínico. Dentro de ellos, el tipo *Prosopidastrum* (Fig. 5) estuvo representado únicamente en el sedimento proveniente del calzado y los tipos *Triglochin palustris* y *Condalia microphylla*, sólo estuvieron representados en las telas. Los dos primeros tipos polínicos presentaron valores inferiores al 1%, y en el caso de *C. microphylla*, valores del 4%. La presencia de este último, registrada sólo en telas podría explicarse a que se encontraba en plena floración en el periodo de muestreo (Lamberto et al., 1997; Murray, 2006), facilitando de esta manera su presencia en esta matriz, la cual en general se halla enriquecida en taxones que se encuentran en esta fase floral (Fagúndez et al., 2015; Trujillo et al., 2019); y a su vez retrasando su presencia en las muestras de sedimentos (suelo y calzado) ya que el polen permanece un tiempo resuspendido desde su liberación antes de precipitar (Adams-Groom, 2015).

Considerando la totalidad de los tipos coincidentes, cuatro pertenecen al hábito arbóreo,

dos al hábito arbustivo y cinco al herbáceo. Entre los géneros de plantas con hábito arbóreo-arbustivo *Nothofagus*, *Casuarina cunninghamiana*, y *Pinus* presentan una clara polinización anemófila, *Condalia microphylla*, *Eucalyptus*, *Neltuma*, *Prosopidastrum* y *Schinus* poseen características entomófilas, mientras que *Salix*, como ya se mencionó anteriormente, presenta ambofilia. En el caso de las herbáceas existe una ligera dominancia de plantas con polinización anemófila (5/6).

Los taxones de la vegetación de la zona de estudio (Lamberto et al., 1997), guardan una estrecha relación con los resultados del análisis palinológico, lo que facilita la interpretación botánica. En las muestras analizadas se han identificado un total de 15 tipos polínicos.

El polen de procedencia arbórea estuvo representado, al igual que en el sitio antes mencionado, por los tipos correspondientes a especies que se encuentran en los campos próximos al salitral o en poblados cercanos (*Casuarina cunninghamiana*, *Eucalyptus*, *Pinus* y *Salix*). En todos los casos, las concentraciones de estos tipos polínicos fueron bajas y en el caso de *Pinus* estuvo ausente en el sedimento recolectado del calzado. Como en la vegetación alta del salitral, el polen alóctono extra regional estuvo representado por *Nothofagus*.

El polen de procedencia arbustiva estuvo representado por *Neltuma*, dominante en el sitio; y también conformado por otros tipos menos

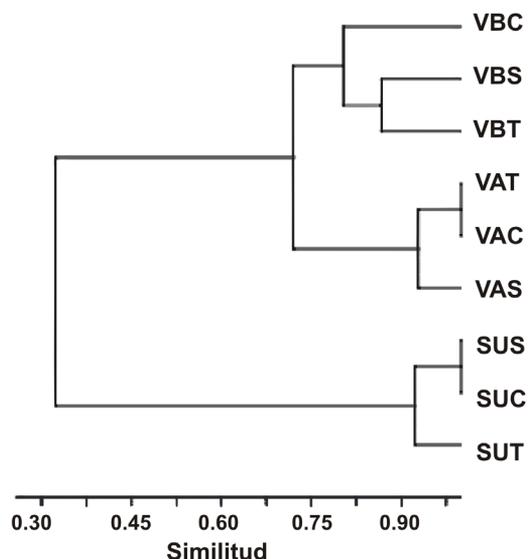


Fig. 6. Dendrograma resultante del análisis de agrupamiento de las 9 muestras analizadas. Sitios de muestreo: Vegetación Baja (VB), Vegetación Alta (VA) y Suburbano (SU). Matriz de recolección de polen: tela (T), calzado (C) o suelo (S).

abundantes, como *Schinus*, *Prosopidastrum* y *Condalia microphylla*.

En un sitio de estudio, el aporte principal está dado por especies con polinización anemófila, ya que, las entomófilas, generalmente no se registran en los espectros polínicos en proporción directa respecto a su abundancia en la vegetación (Latorre et al., 2001; Milne et al., 2005) debido a las características morfológicas de los granos de polen que dificultan la emisión y el transporte en las masas de aire (Pla Dalmau, 1961; Faegri & Iversen, 1964). Sin embargo, existen diversos factores que pueden incidir en la relación cuantitativa polen-vegetación, entre ellos, los procesos asociados a la floración, los mecanismos de dispersión, la distancia a las fuentes emisoras, la abundancia y distribución de las fuentes emisoras, las estrategias reproductivas, los caracteres específicos del polen que inciden en los procesos de transporte y los factores meteorológicos que afectan a las diferentes etapas fenológicas de la vegetación.

Por otro lado, los tipos polínicos herbáceos fueron los que presentaron mayor diversidad (seis tipos polínicos), conformando este grupo encontramos los siguientes tipos polínicos: tipo *Amaranthus*, Asteraceae, Brassicaceae, Juncaginaceae, *Mutisia* y Poaceae (Fig. 5). El tipo Poaceae, por características antes mencionadas, cuenta con la mayor abundancia dentro de este hábito en la totalidad de las muestras estudiadas.

En las proximidades a la ciudad de Bahía Blanca, sitio Suburbano (SU), el análisis de agrupamiento reunió por similitud los tres tipos de muestras recolectadas en este sitio (sedimento calzado, tela y sedimento superficial; Fig. 6). Si bien el espectro polínico del sedimento superficial como el del calzado no registraron palinomorfos de *Mutisia*.

En las muestras analizadas se han identificado un total de 12 tipos polínicos. De acuerdo con el hábito, el polen de hierbas predomina por sobre el arbustivo/arbóreo, y en los tres tipos de matrices. Dentro del polen de herbáceas se destaca por su significativa abundancia, el tipo Poaceae. Como se comentó anteriormente este es un tipo estenopolínico y multiespecífico, además el sitio de muestreo se halla rodeado por especies cultivadas de esta familia. Si bien presentan floración invernal y estival, el aporte máximo de polen de Poaceae tiene su pico entre noviembre y diciembre (Nitiu & Romero, 2001). El tipo *Amaranthus* posee representantes en el sitio de estudio, coincidiendo el muestreo con la fase de su floración (Murray, 2006). De la familia Asteraceae encontramos tres tipos polínicos (Asteraceae, *Mutisia* y tipo *Taraxacum*; Fig. 5) en bajas proporciones. *Mutisia*, se halló solamente en las muestras de sedimento provenientes de las telas. Como se observa

en la tabla 1, los tipos polínicos de las familias Asteraceae y Apiaceae (Fig. 5), se registran en bajas cantidades. La baja representación es una situación esperable en este tipo de plantas que presentan polinización entomófila, dado que las características de la entomofilia están asociadas, a una menor producción de polen, la mayoría de sus granos son grandes y pesados, de superficie ornamentada, con esculturas reticuladas o equinadas, son granos pegajosos, húmedos y en ocasiones son descargados en forma agregada, sus flores son bellas y poseen colores atractivos y un perianto conspicuo, con olores que determinan cierta especialidad atrayente (Pla Dalmau, 1961; Faegri & van der Pijl, 1979). Todos estos rasgos dificultan su difusión y transporte en las masas de aire. Además, el hecho de que produzcan menos cantidad de polen que las plantas de polinización anemófila (Pla Dalmau, 1961; Faegri & Iversen, 1964), hace que se registren bajos valores. Dentro de las herbáceas anemófilas, se hallaron los tipos polínicos *Plantago* y *Typha latifolia* (Fig. 5); la presencia de polen de esta última permite interpretar la proximidad del sitio de estudio a lugares anegadizos.

La diversidad de polen de las especies arbóreas/arbustivas es baja e inferior al de las herbáceas. Se hallaron cuatro tipos polínicos, los mismos se encuentran presentes en la vegetación del sitio de muestreo. En el caso del tipo *Pinus*, los granos poseen vesículas de aire, logrando así una mayor flotabilidad (Faegri & van der Pijl, 1979), propicios para la dispersión anemófila (Janssen, 1973). Las especies del género *Pinus* poseen, además, un desarrollo simultáneo de la maduración de los conos masculinos y son ampliamente cultivadas en los alrededores del área de muestreo, esto hace que se encuentre representado en las tres muestras. *Eucalyptus* está presente en las tres muestras, corresponde a fuentes extra-locales, ubicadas alrededor del sitio de muestreo. La presencia de este tipo polínico se puede explicar por el tamaño de los granos de polen (25-30 µm) y por la morfología floral (estambres exertos en la flor; Murray, 2006). *Schinus* y *Acacia* (Fig. 5) también se hallaron en las tres muestras, pero el registro polínico fue escaso para los dos géneros. Se ha visto que, para especies de polinización entomófila, las áreas de donde proviene el polen no exceden los 20 m de diámetro respecto del sitio de muestreo (Yazvenko, 1991). El polen de las especies entomófilas, como las estudiadas, son útiles en la investigación forense ya que generalmente se encuentran muy cercanos a la fuente de origen de la dispersión. Estos tipos de granos de polen rara vez se encuentran en las muestras forenses, pero si son hallados indican un alto grado de proximidad a la fuente emisora (Bryant et al., 1990).

Los resultados hallados en el presente estudio revelan que la composición polínica está fuertemente influenciada por la cercanía de las fuentes emisoras, tal como lo sugieren estudios previos (Latorre, 1999), representando en general, la composición florística de la vegetación de la zona (Naab, 2004). En concordancia a lo manifestado por Latorre & Bianchi (1997), se observó que el polen contenido en las muestras reflejó en mayor medida las fuentes locales y en menor medida fuentes extra-locales, regionales o extra regionales.

### CONCLUSIONES

Tras un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos y en línea con los objetivos establecidos en este estudio, se pueden derivar las siguientes conclusiones.

-Similitud (vinculación) de Espectros Polínicos en muestras provenientes de una misma zona: Se observa una notoria homogeneidad en los espectros polínicos de las diversas muestras recopiladas en un mismo sitio de estudio, ya sea sedimento superficial, de sedimento de calzado o granos de polen retenidos sobre tela. Esto sugiere que estos espectros son capaces de establecer conexiones geográficas entre las muestras.

-Discriminación Efectiva de Sitios de Estudio: La diferenciación clara de los sitios de estudio en función de sus espectros polínicos subraya la utilidad de esta técnica para determinar el origen geográfico de las muestras.

-Potencial Forense Significativo: A raíz de las dos conclusiones previas, se confirma el potencial de crear espectros polínicos de múltiples lugares, lo que se convierte en una herramienta valiosa para vincular a individuos u objetos con escenas de crímenes. Esto constituye un componente adicional crucial en la evaluación de casos forenses.

Estas conclusiones refuerzan la importancia de la aplicación de análisis polínicos en investigaciones forenses y subrayan su relevancia en la determinación de la procedencia de evidencia en contextos legales.

### BIBLIOGRAFÍA

- Adams-Groom, B. 2015. Frequency and abundance of pollen taxa in crime case samples from the United Kingdom. *Grana* 54: 146-155. DOI: <https://doi.org/10.1080/00173134.4.2014.967716>
- Adams, D. P. & P. J. Mehringer. 1975. Modern pollen surface samples: an analysis of subsamples. *Journal of Research of the United States Geological Survey* 3: 733-736.
- Benedetti, G.; A. Campo & A. Gherardi. 2010. Las nuevas tecnologías aplicadas a la ecología del paisaje: estudio de un área del Salitral de la Vidriera, Provincia de Buenos Aires. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica* 2: 126-134.
- Bordi, M.; V. Castiglioni, C. Trujillo & G. Fagúndez. 2018. El cotejo palinológico del vehículo y de la escena del crimen vinculan al sospechoso con un femicidio. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* 18: 146. XVII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, Paraná.
- Bordi, M.; M. Bertos, M. Gallo & G. Fagúndez. 2019. La palinología como herramienta forense: estudios en muestras sedimentológicas. *Scientia Interfluvius* 10(1): 46-79.
- Bonorino, A. G. 1970. Contribución al conocimiento de las aguas del Partido de Villarino, provincia de Buenos Aires. *Actas de la Reunión sobre la Geología de las Sierras Australes Bonaerenses* (pp. 177-191). Comisión de Investigaciones Científicas. La Plata, Argentina.
- Bryant, V. M.; J. G. Jones & D. C. Mildenhall. 1990. Forensic palynology in the United States of America. *Palynology* 14: 193-208. DOI: <https://doi.org/10.1080/01916122.1990.9989380>
- Bullock, S. H. 1994. Wind pollination of neotropical dioecious trees. *Biotropica* 26: 172-179. DOI: <https://doi.org/0.2307/2388806>
- Burkart, R.; N. O. Bárbaro, R. O. Sánchez & D. A. Gómez. 1999. Eco-Regiones de la Argentina. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Administración de Parques Nacionales. Programa Desarrollo Institucional Ambiental. Buenos Aires, 42 pp.
- Cabrera, A. L. 1994. *Regiones fitogeográficas argentinas*, 1ª reimposición, revisión a cargo de W. F. Kugler. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería, tomo 2, fasc. 1. Buenos Aires: Acme. (Publ. orig. 1976).
- Campos Trujillo, A.; A. Aguirre Prieto, G. Muñoz Romero, M. Rodríguez Villa & G. Quintana Martínez. 2015. Estudio palinológico de la flora urbana de la ciudad de Chihuahua, México. *Acta Botánica Mexicana* 113: 111-134. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm113.2015.1099>
- Capelli de Steffens, A. M. & A. M. Campo de Ferreras. 2004. Climatología. In M. C. Piccolo & M. S. Hoffmeyer (Eds.), *Ecosistema del Estuario de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: IADO.
- Castiglioni, V.; M. Bordi, C. Trujillo & G. Fagúndez. 2018. Polen en la ropa del sospechoso ayuda a resolver un caso de femicidio en Entre Ríos. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* 18: 147. XVII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, Paraná.
- Dawson, G. 1967. Salicaceae. En: Cabrera, A. Flora de la

- Provincia de Buenos Aires. *Colección Científica INTA* 4(3): 4-7.
- Erdtman, G. 1954. *An introduction to pollen analysis*. Ed. The Chronica Botanica Co. Waltham, Mass., U.S.A.
- Erdtman, G. 1960. The acetolysis method. *Svensk Botanisk Tidskrift Utgifven af Svenska. Botaniska föreningen* 54(4): 561-564.
- Faegri, K. & L. van der Pijl. 1979. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press. pp. 244.
- Fagúndez, G.; M. Bertos, C. Trujillo, M. Bordi, L. Albornoz & M. S. Overtello. 2015. La palinología como herramienta forense. Análisis de dos metodologías de muestreo y procesamiento. VI Congreso Nacional de Criminalística y Accidentología Vial. Paraná.
- Frangi, J. & O. Bottino. 1995. Comunidades vegetales de la Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 71(1): 93-133.
- Gassman, M. I. & C. F. Perez. 2006. Trajectories associated to regional and extra-regional pollen transport in the southeast of Buenos Aires province, Mar del Plata (Argentina). *International Journal of Biometeorology* 50(5): 280-291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-005-0021-8>
- Giacchio, G.; P. Lathera & F. Cabria. 2010. Caracterización de parámetros biofísicos en ambientes ribereños de arroyos del sur y sudeste bonaerense que intervienen en la retención de sedimentos y nutrientes transportados por escorrentía superficial. *Actas del I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*, 21-24 de septiembre de 2010, Azul (Argentina), p. 647-653.
- Heusser, C. J. 1971. *Pollen and Spores of Chile*. Modern Types of the Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- Horrocks, M.; S. A. Coulson & A. J. Walsh. 1999. Forensic Palynology: Variation in the pollen Content of Soil on Shoes and in Shoeprints in Soil. *Journal of Forensic Sciences* 44(1): 119-122.
- Horrocks, M. 2004. Sub-sampling and Preparing Forensic Samples for Pollen Analysis. *Journal of Forensic Sciences* 49(5): 1024-1027. DOI: <https://doi.org/10.1520/JFS2004018>
- Janssen, C. R. 1973. Local and regional pollen deposition. In: *Quaternary plant ecology*. (Ed. H. B. J. Gordon & R. G. West), 31-42 pp. BlackwellSci. Publ., Oxford.
- Lamberto, S. A.; A. F. Valle, E. M. Aramayo & A. C. Andrada. 1982-1997. *Flora de la región de Bahía Blanca*. Partes I a V. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina.
- Lamberto, S. A.; A. F. Valle, E. M. Aramayo & A. C. Andrada. 1997. *Manual ilustrado de las plantas silvestres de la región de Bahía Blanca*. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina.
- Latorre, F. 1999. El polen atmosférico como indicador de la vegetación y de su fenología floral. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires.
- Latorre, F. & M. M. Bianchi. 1997. Relación entre aeropolen y vegetación arbórea en Mar del Plata (Argentina). *Polen* 8: 43-59.
- Latorre, F.; E. Romero & M. V. Mancini. 2001. Representatividad de la vegetación en el espectro del polen atmosférico de la ciudad de Mar del Plata (Argentina). *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial* 8(16): 313-316.
- Markgraf, V. & H. L. D'Antoni. 1978. *Pollen Flora of Argentina*. Modern Spore and Pollen Types of Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- Martínez-Sánchez, M.; S. Fernández & J. Carrión. 2008. Palinología y escenario forense: Un caso de estudio del sureste de España. *Anales de Biología* 30: 43-54.
- Melo, W. D.; R. Schillizzi, G. M. E. Perillo & M. C. Piccolo. 2003. Influencia del área continental pampeana en la evolución morfológica del estuario de Bahía Blanca. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 10: 37-50.
- Mildenhall, D. C. 1990. Forensic palynology in New Zealand. *Review of Paleobotany and Palynology* 64: 227-234.
- Mildenhall, D. C.; P. E. J. Wiltshire & V. M. Bryant. 2006. Forensic palynology: Why do it and how it works. *Forensic Science International* 163: 163-172. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.07.013>
- Milne, L. A.; V. M. Bryant & D. C. Mildenhall. 2005. Forensic palynology, en H. M. Coyle (eds.), *Forensic botany*, pp. 217-252. CRR Press LLC.
- Murray, M. G.; M. I. Sonaglioni & C. B. Villamil. 2002. Annual variation of airborne pollen in the city of Bahía Blanca, Argentina. *Grana* 41: 183-189. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-008-9097-z>
- Murray, M. G. 2006. Aerobiología. Un estudio del polen aerotransportado en Bahía Blanca y su región. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur.
- Murray, M. G.; R. L. Scofield, C. Galán & C. B. Villamil. 2007. Airborne pollen sampling in a wild life reserve in the south of Buenos Aires Province, Argentina. *Aerobiología* 23: 107-117. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-007-9055-1>
- Murray, M. G.; C. Galán & C. Villamil. 2008. Aeropalynological research in Salitral de la Vidriera, Buenos Aires province, Argentina. *Aerobiología* 24: 181-190. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-008-9097-z>

- Murray, M. G.; C. Galán & C. B. Villamil. 2010. Airborne pollen in Bahía Blanca, Argentina: seasonal distribution of pollen types. *Aerobiología* 26(3): 195-207. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-010-9156-0>
- Naab, O. A. 2004. Estudio aeropalinológico del Parque Nacional Lihué Calel. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Nitiu, D. S. 2009. Estudio del polen atmosférico y su relación con la vegetación local. La Plata, Argentina. *Acta Botánica Malacitana* 34: 1-11. DOI: <https://doi.org/10.24310/abm.v34i0.6938>
- Nitiu, D. S. & E. J. Romero. 2001. Contenido polínico de la atmósfera de la ciudad de La Plata. Argentina. *Polen* 11: 79-85.
- Pérez, C. F. & J. M. Gardiol. 1996. Patrón de variación diario de la concentración polínica atmosférica en la ciudad de Mar del Plata. Primeros resultados. *Actas del VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología*, Buenos Aires (Argentina), p. 467-468.
- Pire, S. M.; L. M. Anzótégui & G. A. Cuadrado. 1998. *Flora Polínica del Nordeste Argentino*. Volumen 1. EUDENE-UNNE. Corrientes, Argentina.
- Pire, S. M.; L. M. Anzótégui & G. A. Cuadrado. 2001. *Flora Polínica del Nordeste Argentino*. Volumen 2. EUDENE-UNNE. Corrientes, Argentina.
- Pla Dalmau, J. M. 1961. *Polen*. Estructura y características de los granos de polen. Precisiones morfológicas sobre el polen de especies recolectadas en el N.E. de España. Polinización y Aeropalinología.
- Povilauskas, L. 2017. Análisis palinológico de un homicidio en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Criminalística* 6: 30-36.
- Povilauskas, L. 2018. Palinología forense: Un caso de estudio en Argentina. *Revista Brasileira de Criminalística* 7: 32-36. DOI: <https://doi.org/10.15260/rbc.v7i3.246>
- Povilauskas, L. 2022. Palinología forense: Identificación de polen en cultivos y la escena del crimen. *Revista Skopein* XXIII: 26-31.
- Povilauskas, L. & M. C. Tranchida. 2023. Palynology and mycology as biological evidence in a homicide case. *Journal of Forensic Sciences* 68(3): 1064-1072. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15249>
- Sáenz, C. 1978. *Introducción a la palinología y Vocabulario palinológico*. H. Blume Editions. Madrid. Pp 219.
- Saxena, M. R. 1993. *Palynology: A treatise*. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.
- Stanley, E. A. 1992. Application of palynology to establish the provenance and travel history of illicit drugs. *Microscope* 40: 149-152.
- Tejera, L. & A. Beri. 2005. First volumetric airborne pollen sampling in Montevideo City, Uruguay. *Aerobiología* 21: 33-41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-004-5876-3>
- Trujillo, C.; M. Bertos, L. Alborno, S. Overtello, M. Gallo, M. Bordi & G. Fagúndez. 2019. Espectro polínico recuperado de la ropa de un hipotético sospechoso mediante cinta adhesiva. *Scientia Interfluvius* 10(1): 80-99.
- Vilá, J. & G. Fagúndez. 2019. Aportes de la microscopía electrónica a las investigaciones forenses. Presentación de un caso testigo. *Scientia Interfluvius* 10(1): 23-39.
- Walsh, K. A. & M. Horrocks. 2008. Palynology: Its Position in the Field of Forensic Science. *Journal of Forensic Sciences* 53: 1053-1060. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00802.x>
- Wiltshire, P. E. J. 2006. Consideration of some taphonomic variables of relevance to forensic palynological investigation in the United Kingdom. *Forensic Science International* 163(3): 173-182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.07.011>
- Wiltshire, P. E. J. & S. Black. 2006. The cribriform approach to the retrieval of palynological evidence from the turbinates of murder victims. *Forensic Science International* 163: 224-230. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2005.11.019>
- Yazvenko, S. B. 1991. Modern pollen-vegetation relationships in the Southeastern Caucasus. *Grana* 30: 350-356. DOI: <https://doi.org/10.1080/00173139109431990>
- Zavada, M.; S. McGraw & M. Miller. 2007. The role of clothing fabrics as PASSIVE pollen collectors in the north-eastern United States. *Grana* 46(4): 285-291. DOI: <https://doi.org/10.1080/00173130701780104>