

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES

CARRERA DE BIOLOGÍA



TESIS DE GRADO

MAESTRIA TERMINAL EN BIOLOGÍA

**USO DE ENSAMBLAJES POLINICOS COMO EVIDENCIA
FORENSE**

POSTULANTE: Lic. VANESA SERRUDO GONZÁLES

TUTOR: Ph. D. GLORIA RODRIGO LIRA

ASESOR: Ph. D. TERESA ORTUÑO LIMARINO

LA PAZ – BOLIVIA

2023

USO DE ENSAMBLAJES POLÍNICOS COMO EVIDENCIA FORENSE

Presentada por: Lic. Vanesa Serrudo Gonzáles

Tutora

Ph.D. Gloria Rodrigo Lira _____

Asesor

Ph.D. Teresa Ortuño Limarino _____

Tribunales

MSc. Daniela A. Arteaga Voigt _____

Ph.D. Daniel Larrea Alcázar _____

Jefe de Carrera de Biología
Presidente del tribunal examinador

Lic. Winder Canezo Gomez _____

La Paz – Bolivia
2023

Índice

I.	INTRODUCCIÓN GENERAL.....	2
1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	OBJETIVOS.....	5
II.	ÁREA DE ESTUDIO.....	6
III.	MÉTODOS	9
1.	Relevamiento florístico y cobertura vegetal.....	9
2.	Obtención de placas de polen de referencia	9
3.	Estudio de lluvia polínica	10
4.	Análisis de muestras a partir de calzados.....	11
5.	Análisis de datos.....	12
6.	Diagramas polínicos	13
IV.	RESULTADOS	14
1.	Vegetación actual.....	14
2.	Placas de referencia de polen	14
3.	Estudio de lluvia polínica: Relación de la vegetación presente vs. Lluvia polínica	14
4.	Estudio de abundancia relativa de polen proveniente de la lluvia polínica y los calzados ..	17
5.	Correspondencia geográfica de los calzados	18
6.	Correspondencia geográfica de los ensamblajes de lluvia polínica con los calzados	19
V.	DISCUSIÓN	24
1.	Protocolos de procesamiento de indicios.....	24
2.	Lluvia polínica vs. Vegetación presente.....	25
3.	Abundancia relativa de polen proveniente de la lluvia polínica y los calzados	27
4.	Transferencia del suelo (lluvia polínica) a los calzados	27
VI.	RECOMENDACIONES	30
VII.	CONCLUSIONES	31
VIII.	AGRADECIMIENTOS.....	32
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	33
X.	ANEXOS.....	38

Resumen

La palinología forense es una herramienta de la criminalística cuyos elementos de estudio son los granos de polen y esporas representadas en ensamblajes que coinciden con una representación vegetal en un determinado sitio geográfico donde pudo haber ocurrido un hecho delictivo. Se plantea su uso como evidencia forense a través de un estudio experimental en tres sitios del piso altimontano con elevados índices delictivos en la ciudad de La Paz, Bolivia. La vegetación presente al momento de tomar las muestras de referencia, simuladas como “el procesamiento de la escena” se encontraban en su mayoría en la lluvia polínica a excepción de algunas con síndrome de polinización entomófila. La comparación entre los ensamblajes de la lluvia polínica y los calzados demuestran diferencias en cuanto a su composición y abundancia relativa, lo suficientemente claras como para identificar su correspondencia geográfica, vale decir dos jardines y un cañadón. Se halló mayor similitud entre los palinomorfos de los calzados y los de la lluvia polínica en el parque que contaba con especies ruderales y nativas y menor similitud entre los calzados y la lluvia polínica del cañadón.

Palabras clave: Ensamblaje polínico, forense, piso altimontano, calzado, especie indicadora.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1. INTRODUCCIÓN

La palinología es el estudio de los palinomorfos (polen, esporas, quistes, diatomeas) (Hesse *et al.* 2009). Su utilidad en el campo forense se basa en las características intrínsecas del polen, útiles para la criminalística: posibilidad de intercambio, correspondencia de características, reconstrucción de fenómenos o hechos y probabilidad (Aristizábal *et al.* 2015). Los granos de polen son de pequeño tamaño (10-100 μm) invisibles a ojo desnudo, lo cual evita su ocultamiento por parte de los perpetradores de hechos delictivos; el polen tiene buena adherencia a objetos, se va sedimentando en el suelo, perdurando a lo largo del tiempo. Muchas especies de plantas en especial las anemófilas tienen una elevada producción (Mildenhall *et al.* 2006, Walsh & Horrocks 2008, Mildenhall *et al.* 2006, Bull *et al.* 2006a). Por tanto, el estudio de las proporciones de los ensambles de polen y esporas, los convierte en objetos materiales que aportan información concreta sobre lo acontecido en el hecho delictivo, para después ser defendidos en juzgados, como un elemento probatorio más (Wiltshire 2006, Boi 2015).

Se ha demostrado que la lluvia polínica (polen sedimentado en el suelo) representa en gran medida la vegetación presente en una comunidad vegetal específica, que puede llegar a caracterizar su procedencia geográfica (Bruce *et al.* 1996, Martínez-Sánchez 2008). Comunidades vegetales ubicadas en el norte, sur y oeste del estado de Queensland, Australia a través de una muestra de suelo, representaron los tipos de comunidades vegetales: bosque esclerófito seco, bosque de *Acacia/Eucaliptus* y bosque de *Callitirs* (Bruce *et al.* 1996). Otro trabajo polínico hecho en Murcia, España (Martínez-Sánchez 2008), efectuado en cinco localidades distanciadas por un promedio de 50 km y con composición vegetal distinta, permitió discriminar perfectamente las localidades. En el cinturón mediterráneo de clima semiárido en la municipalidad de Cartagena, Murcia,

España (Ochando *et al.* 2018) en tres sitios se demostró con un nivel cuantitativo (porcentaje) y cualitativo (especies), la utilidad de los ensamblajes de polen para determinar la ubicación de cada sitio muestreado.

Los sesgos que se generan al representar la vegetación actual respecto a la lluvia polínica, son de orden tafonómico como: la producción diferencial de polen (Wiltshire 2006, Nawaz *et al.* 2006), mecanismos y medios de dispersión (Novenko *et al.* 2017) y tasas de degradación en función de la composición del suelo (Phuphumirat *et al.* 2009). Las plantas dispersadas por viento son las que se representan mejor en los ensamblajes polínicos (Nawaz *et al.* 2020). Al contrario que aquellas dispersas por especies zoófilas (dispersadas por insectos y aves) (Bush *et al.* 2020).

Con respecto a las diferencias halladas entre los sitios urbanos como parques y sitios naturales como bosques, se han encontrado dichas diferencias en función de la dominancia según su forma de vida vegetal (Van Vliet 2018). Una mayor abundancia de polen proveniente de pastos y especies de hierbas y arbustos de la familia Asteraceae en el caso de parques y una mayor abundancia de polen de árboles provenientes de bosques (Van Vliet 2018).

El suelo es el sumidero final de la lluvia polínica de una comunidad vegetal (Wiltshire 2015, Nohro *et al.* 2019), por lo que se espera que los ensamblajes polínicos de suelo superficial sean traspasados a objetos como los calzados. Los calzados son indicios forenses comúnmente secuestrados por los investigadores para cotejar huellas plantares encontradas en la escena, por lo que el estudio complementario de los sedimentos colectados a partir de las suelas pueden ser empleados para el análisis polínico, donde se ha observado una recuperación de aproximadamente el 90% de palinomorfos (Martínez-Sánchez 2008, Bull 2009, Morgan *et al.* 2013).

Empleando calzados como evidencia forense, se ha verificado una discriminación entre localidades lo suficientemente alejadas entre sí palinomorfos (Riding *et al.* 2007, Martínez-Sánchez 2008, Morgan *et al.* 2013). En matorrales, bosques de

espinos, plantaciones de pinos y bosques deciduos distanciados por un promedio de 300 m (Martínez-Sánchez 2008), plantaciones distanciadas por 50 metros (Bull *et al.* 2006b) y localidades de diferente composición vegetal, alejadas por menos de un kilómetro (Martínez-Sánchez 2008).

Para que se emplee al polen como evidencia en un caso forense, se debe tomar en cuenta el número de tipos de polen que son comunes entre muestras y cuán similar es su abundancia relativa (Horrocks & Walsh 1998). Para ello, se evalúa la similitud de los diagramas polínicos de las muestras obtenidas en el lugar del hecho, llamadas muestras comparadoras (de referencia), con las obtenidas de los objetos colectados como indicios, con el fin de demostrar que son parecidos en composición de especies y abundancia relativa. Los ensamblajes de polen hallados en un sitio deben concordar en un elevado porcentaje con los hallados en objetos y/o personas involucradas en un delito (Aristizábal *et al.* 2015, Riding 2007, Prueger 2009, Passarelli 2016, Povilauskas & Gómez 2022).

Existen varios ejemplos del uso de los ensamblajes polínicos para ayudar a resolver casos forenses (Wiltshire 2006, Bull *et al.* 2006a, Povilauskas 2017). Por ejemplo, un asesinato de una joven mujer en las tierras medias de Inglaterra (Bull *et al.* 2006a), donde se comparó el ensamblaje polínico de un molde de pisada hallada en la escena del hecho, con un segundo par de calzados de un sospechoso, mostraron la presencia de *Nuphar sp.* (lirio de agua), *Menyanthes sp.* (leguminosa del pantano), *Trifolium sp.* (trébol) e *Ilex sp.* (acebo) sirviendo como evidencia forense, junto con evidencias mineralógicas y químicas. En un asesinato de una joven en la ciudad de Yorkshire, Inglaterra (Wiltshire 2006), se encontró el mismo ensamblaje de dos especies polínicas en 6 muestras comparadoras del jardín del sospechoso y muestras de cabello y cubrecama con el que cubrieron el cuerpo de la víctima; del mismo modo, el mismo ensamblaje de 8 especies polínicas se encontró en los cabellos de la víctima y muestras provenientes de una granja de truchas, permitiendo avanzar en las investigaciones del caso. En otro ejemplo, las investigaciones de un homicidio en el río Reconquista de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Povilauskas 2017) avanzaron gracias a un

ensamblaje de 3 especies: *Aundo donax* (Poaceae), *Corex halleriana* (Cyperaceae) y *Eclipta sp.* (Asteraceae) encontradas tanto en la escena del crimen como en el vehículo del sospechoso.

Resolución de casos criminales empleando ensamblajes polínicos obtenidos de calzados, fueron realizados en bosques deciduos, plantaciones de pino, robledales (Povilauskas 2017), alamedas, bosques de *Acacia-Eucalyptus*, bosque esclerófito seco y húmedo (Bruce & Dettman 1996) y pastizales (Bryant & Jones 2006). Ejemplos experimentales se han realizado en Inglaterra y España (Martínez-Sánchez 2008, Riding *et al.* 2007) en ambientes de latitudes templadas, donde las características de estacionalidad son bastante marcadas.

Actualmente, no existen reportes de diseños experimentales que emulan las condiciones temporales de los actuados policiales y judiciales en Bolivia y no se ha registrado investigaciones publicadas en palinología forense para el valle de La Paz. Según datos de la Fuerza Especial de Lucha Contra el Crimen y Fuerza Especial de Lucha Contra la Violencia de la ciudad de La Paz, Bolivia (J.D.N.E. 2019), se han registrado un mayor número de denuncias por homicidios en las zonas de Sopocachi y Zona Sur. Por este motivo, la presente investigación plantea, realizar el análisis de los ensamblajes polínicos en tres sitios ubicados en la zona Sur, considerando un jardín con flora introducida, un jardín con flora nativa y un cañadón con flora nativa. Esto nos ayudará a demostrar la utilidad de los ensamblajes polínicos al momento de relacionar un indicio (calzado) con el lugar del hecho.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Determinar la similitud de abundancia relativa y correspondencia geográfica de ensamblajes polínicos provenientes de calzados (indicio) y lluvia polínica (lugar del hecho) como evidencia forense en sitios con vegetación representativa de una urbe de piso altimontano.

2.2. Objetivos Específicos

- Calcular el porcentaje de polen y esporas de especies vegetales presentes al momento de simular el procesamiento del lugar del hecho “vegetación presente” contabilizado en la lluvia polínica.
- Graficar la correspondencia geográfica de los calzados empleando ensamblajes de polen.
- Medir la similitud de la abundancia relativa entre ensamblajes de palinomorfos indicadores provenientes de la lluvia polínica con los provenientes de calzados.

II. ÁREA DE ESTUDIO

Los sitios de estudio se ubicaron en la zona sur de la ciudad de La Paz, Bolivia, ciudad donde se incrementaron casos de violencia en los últimos años (Reyes 2017), por lo que los datos presentados a continuación corresponden al primer trabajo para comenzar con una futura base de datos de las especies de referencia que proporcionen información acerca de los indicadores de tipos polínicos en cada sitio de estudio. Los criterios de selección de las áreas de estudio tomaron en cuenta principalmente: zonas con antecedentes de homicidios y además áreas urbanas accesibles a la población, ya sea áreas abiertas sin barreras o sitios públicos. En cada sitio las parcelas de estudio se ubicaron cuidando que la vegetación sea representativa de la zona seleccionada.

El primer sitio se encuentra en la zona Wilacota, localizada a 3574 m (16°31'26,4'' S, 68°2'26,1'' WO), correspondiendo a un cañadón parte de la formación del Valle

de las Ánimas, abreviado “CW” por donde pasa el río Ovejuyo. El sitio se caracteriza por presentar vegetación de especies silvestres y algunas especies de cultivo. Entre las especies silvestres identificadas en el presente estudio, predominantes, tenemos a *Medicago lupulina*, *Clinopodium bolivianum*, *Cortaderia atacamensis*, *Baccharis latifolia*, *Senecio spp.*, *Lupinus altimontanus*; y cultivos típicos del piso altoandino como haba (*Vicia faba*) y papa (*Solanum tuberosum*).

El segundo sitio es el Parque Gimnasio Achumani, abreviado como “PGA”, localizado a 3395 m, zona Achumani (16°31'42,4''S, 68°4'27,9'' WO); es un parque recreativo ya que cuenta con áreas de juego y aparatos de gimnasio, está abierto a todo público cinco días a la semana, uno de sus objetivos de creación es representar la vegetación nativa de la ciudad de La Paz, correspondiente el piso altimontano. En éste sitio se identificaron las siguientes especies vegetales vegetales: *Dunalia sp.*, *Schinus molle*, *Solanum spp.* y *Viguiera sp.*

El tercer sitio es el “Espacio Sociocultural Jardín Japonés”, abreviado como “ESJJ”, a 3657 m (16°32'26,9''S, 68°5' 30,8'' WO); es un parque de eventos socioculturales, caracterizado por representar la cultura japonesa, tanto en las especies vegetales que la dominan como en su arquitectura, el mismo representaría una zona urbana, aquí se encuentran presentes principalmente las especies: *Pennisetum clandestinum*, *Hebe speciosa*, *Polylepis besseri* y *Ruta graveolens*.

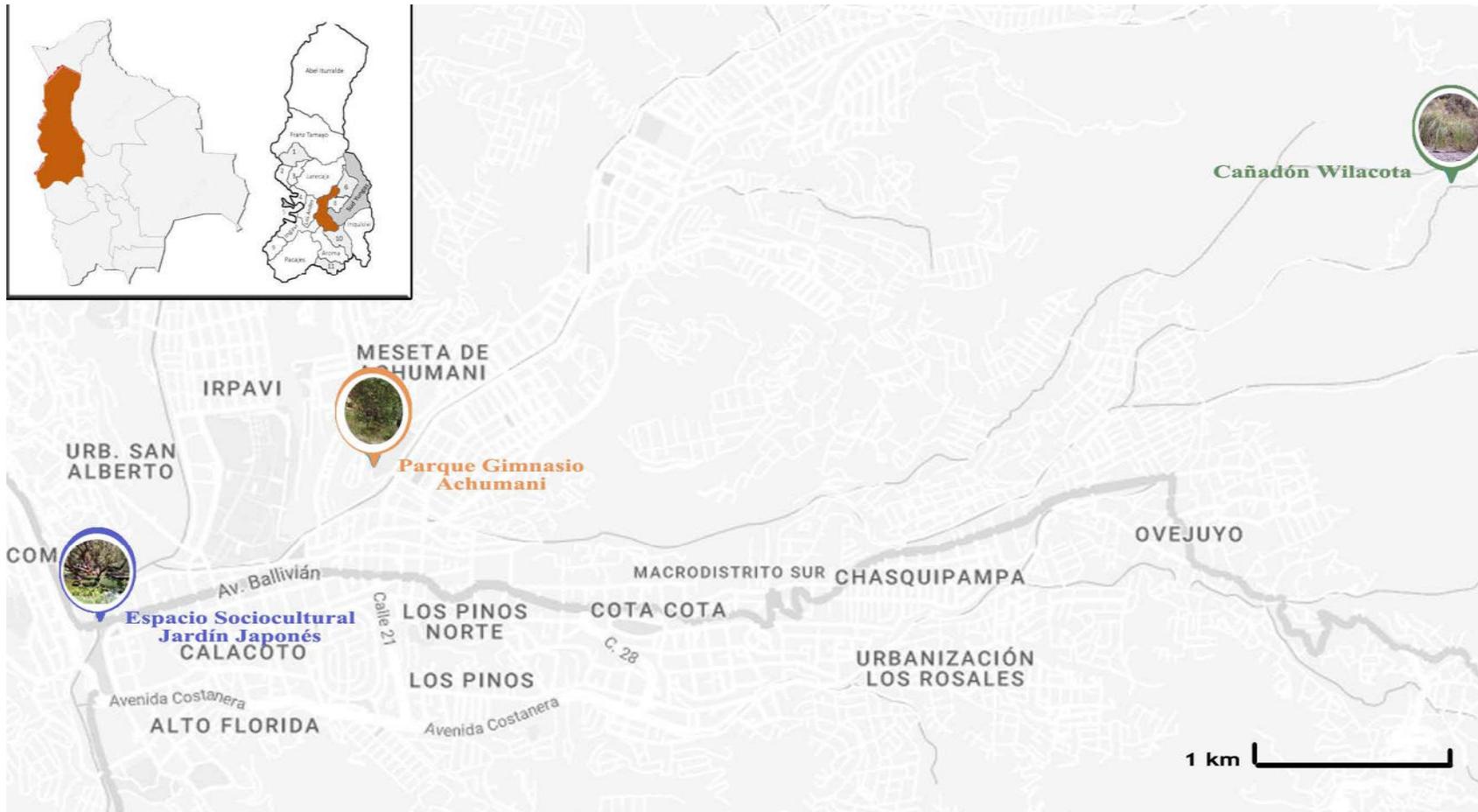


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de los tres sitios de estudio. Modificado del mapa del Municipio de La Paz guía urbana (Secretaría Municipal de Planificación para el Desarrollo 2019).

Todos los sitios de estudio pertenecen al piso altimontano, de clima moderadamente frío (10-14°C), precipitación pluvial media anual de 500 a 600 mm/año, suelo tipo franco arenoso en el que crecen arbustos pequeños, árboles y algunas plantas suculentas (Beck *et al.* 2015).

III. MÉTODOS

1. Relevamiento florístico y cobertura vegetal

Para el listado de las especies vegetales presentes en cada sitio de estudio se colectaron tres especímenes de cada morfoespecie vegetal dentro y fuera (10m alrededor) de una parcela de 30 m² en cada sitio, empleando el protocolo de colecta propuesto por “Marín *et al.* 2016” [34], donde se colecta una porción terminal de la muestra botánica de una rama con hojas y preferentemente con estructuras reproductivas (flores-frutos), se prensan en periódicos separados, las hierbas pequeñas, se colecta el individuo completo, macollas: se colecta un conjunto de hojas con su raíz. Además se obtuvo la cobertura vegetal empleando el protocolo propuesto por Marín *et al.* (2016), estimando visualmente el porcentaje de cobertura, sólo del día en el cual se tomaron muestras de lluvia polínica, febrero de 2020. Para la identificación y corrección de nombres de las especies vegetales se trabajó con herbarios virtuales, trópicos (<https://www.tropicos.org/home> Missouri Botanical Garden, Tropicos 2020) e IPNI (<https://www.ipni.org/> (The Royal Botanic Gardens 2020)).

2. Obtención de placas de polen de referencia

Al no existir bases de datos ni guías de polen de los sitios estudiados, se elaboraron colecciones polínicas de referencia, extrayendo flores de los especímenes colectados en el relevamiento florístico para la vegetación actual y colectas que se efectuaron a lo largo del año, obteniendo polen en base al protocolo de “Da Silva *et al.* 2014”, utilizando una microcentrifugadora, por lo que los volúmenes mencionados en el protocolo original fueron reducidos a un décimo. Las fotografías de las placas fueron tomadas a 400x y 1000x con el microscopio

de luz Motic BA210. Posteriormente se incluyeron los datos de los granos de polen obtenidos al “Catálogo virtual mundial de la Red de Catálogos Polínicos (RCPol)” (Veiga 2018). Las placas de referencia de polen se depositaron en la “Palinoteca de la Universidad Policial Mcal. Antonio José de Sucre de la Policía Boliviana (UNIPOL)”. Los tipos polínicos obtenidos se caracterizaron según los criterios del catálogo de Red de Catálogos Polínicos (RCPol): unidad de dispersión de polen, simetría, polaridad, ámbito, tipo de apertura, característica del colpo, característica del poro, número de aberturas, ornamentación de la exina, tamaño del grano de polen, forma del polen (P/E), tamaño del eje polar y ecuatorial, tamaño del diámetro, mayor y menor y espesor de la exina.

3. Estudio de lluvia polínica

Para la obtención de las muestras de lluvia polínica dentro cada parcela de vegetación (30 m²) se empleó el protocolo de “Wiltshire 2015”, se tomó en cada sitio estudiado, aleatoriamente diez submuestras del volumen de aproximadamente 200 µl (para evitar sesgos) homogenizándolas dentro una bolsa ziplock. Hay que tomar en cuenta que la deposición de sedimentos superficial, representa la acumulación del suelo y polen de varios años pasados.

Para la obtención de placas de polen se empleó el protocolo modificado de “Erdtman 1960” (Erdtman 1960), donde se añaden pastillas de *Lycopodio* como controles positivos del ensayo y HCl al 10% los cuales fueron centrifugados y después lavados con agua destilada, se añadió HF, se centrifugó con agua y se realizó acetólisis con una mezcla de ácido acético anhidro y ácido sulfúrico 9:1 y después se los calentó en baño María por 5 minutos y se centrifugó. Finalmente se realizaron lavados con agua destilada y se depositó el sedimento en tubos con 50% de glicerina, mismo que fueron montados en portaobjetos, obteniendo fotografías de los palinomorfos a 1000x. Los palinomorfos fueron identificados con las placas de polen de referencia, la guía de Roubik (1992), Atlas Polínico del NOA (García & Reyes 2020) y la base de datos de PalDat (Heigl 2020), obteniendo un conteo total de 200 palinomorfos por sitio, expresando los

resultados como porcentaje de la suma total (abundancia relativa). Los palinomorfos no identificados a nivel de especie, ni género se reportaron a nivel familia.

4. Análisis de muestras a partir de calzados

Para la obtención de muestras de sustrato adherido a las suelas de calzados, se pidió a cuatro voluntarios de peso y altura promedio del hombre paceño (70 kg y 1,7 m) (ANF 2020) caminar durante media hora dentro la parcela de 30 m², calzando zapatillas deportivas marca OXDANS, efectuando una caminata por día y por sitio, en un total de cuatro días consecutivos, con las mismas condiciones meteorológicas, la última semana de febrero de 2020. Cada voluntario empleó el mismo par de calzados durante sus caminatas, después de lavar y verificar la ausencia total de palinomorfos antes de cada experimento.

Después de la experimentación, los calzados se almacenaron en un sitio oscuro a temperatura ambiente durante una semana, para simular el tiempo en el que el órgano judicial tarda en elaborar un requerimiento fiscal, del mismo modo las muestras para el estudio de lluvia polínica y la vegetación presente, también se efectuaron una semana después del experimento de las caminatas, para simular un “procesamiento del lugar del hecho”, donde se deben coleccionar muestras de referencia y muestras provenientes de lluvia polínica.

Posteriormente, a las suelas de los calzados se les realizó un lavado con solución 1:1 de etanol: agua destilada utilizando un cepillo de dientes nuevo y estéril para cada calzado empleado en cada caminata, hasta obtener un volumen igual a 62,5 ml por cada calzado, procesando lo enjuagado de un solo lado de los calzados por cada caminata por cada sitio, ya que el otro par de calzado se consideró como una contramuestra forense (L. Povilauskas 2022, com. pers.). Posteriormente se centrifugaron dichos enjuagues hasta obtener muestras casi secas, con el objeto

de obtener placas de polen de la misma forma que las muestras de suelo superficial, las cuales fueron procesadas con el protocolo modificado de “Erdtman 1960”, contando un total de 200 palinomorfos por sitio por calzado, haciendo un total de 800 palinomorfos por sitio, expresando los resultados como porcentaje de la suma total. Adicionalmente se registró y analizó el tipo de suelo, empleando la clasificación hecha por el “Departamento de Agricultura de los Estados Unidos” (FAO 2020).

5. Análisis de datos

Análisis de comparación entre la lluvia polínica y la vegetación presente

Dado que las pericias forenses se deben efectuar en un límite corto de tiempo (menos de un mes), se realizó la comparación de las especies vegetales actuales tanto dentro la parcela como alrededor (10 m) con las especies de polen obtenidas en el estudio de la lluvia polínica, representándolas todas en una tabla donde se compararon dos entradas:

- 1) Palinomorfo: Correspondiente a la presencia o ausencia de las especies halladas en el estudio de la lluvia polínica.
- 2) Vegetación presente: Correspondiente a la presencia o ausencia de las especies vegetales contabilizadas en el sitio de vegetación presente, colectadas únicamente el día que se tomaron las muestras de lluvia polínica, lo cual simula “el día en el cual se realizó el procesamiento del lugar del hecho”.

A través de la tabla, por comparación se pudo identificar aquellas especies que no se representan en la lluvia polínica, pero que sin embargo están presentes en la vegetación actual y viceversa, llevando los resultados a porcentajes.

Análisis de las muestras provenientes de los calzados comparadas con las provenientes de la lluvia polínica

Con el fin de demostrar la transferencia de los granos de polen desde la lluvia polínica hacia las suelas de los calzados, se organizaron los datos brutos del conteo de cada palinomorfo presente en la lluvia polínica y cada calzado. Esto, siguiendo la selección de datos propuesta por “Uitdehaag 2021” [46]. La matriz resultante fue analizada empleando el “Análisis de Correspondencia sin tendencia” (DCA). El DCA es un tipo de análisis multivariado, en el cual se analizan comunidades de especies representadas por una matriz dispersa, para encontrar distintos factores o gradientes. Específicamente, las columnas y las filas son ordenadas simultáneamente en ejes complementarios. La técnica de “tendencia” elimina el efecto de arco, al dividir el primer eje en un número de segmentos iguales, dentro del cual los segmentos se ajustan a los scores de ordenación a una media de cero, haciendo que los gráficos de datos se extiendan y normalicen (Mc. Garigal *et al.* 2020). Para el análisis se empleó el programa R (version 4.2.2) paquete Vegan, función *decorana*, y se aplicó al conjunto de datos de palinomorfos y sitios de estudio.

Con el fin de confirmar estadísticamente la similitud de los ensambles de polen provenientes de la lluvia polínica con respecto a los calzados se empleó el índice Morisita-Horn, implementado en el paquete *abdiv* de R: <https://search.r-project.org/CRAN/refmans/abdiv/html/morisita.html>. Más propiamente, dicho paquete implementa el índice de disimilitud $d(x,y)$, por lo cual aquí reportamos el índice de similitud como $1-d(x,y)$. Se utilizó como input la tabla de conteos de palinomorfos por lugar de colecta y por calzado y el promedio combinado de calzados por lugar de colecta.

6. Diagramas polínicos

Utilizando la matriz de datos brutos, se graficaron los diagramas polínicos en el programa TILIA 2.6. Se graficaron únicamente las especies indicadoras de cada sitio.

IV. RESULTADOS

1. Vegetación actual

Considerando la vegetación actual la vegetación colectada el día en el que se simuló el “procesamiento del lugar del hecho”, se colectaron un total de 40 especies vegetales: (1) 17 especies vegetales en el CW: (2) 9 en el PGA y (3) 14 en el ESJJ, registrándose datos y fotografías de su hábito, flor o inflorescencia.

2. Placas de referencia de polen

Se obtuvieron un total de 53 placas de polen de referencia: (1) 23 CW, (2) 14 en PGA y (3) 16 en el ESJJ. Las placas de polen de referencia y las bases de datos con registro fotográfico fueron depositadas en la “Palinoteca de la Universidad Policial”, las fotografías de las especies indicadoras se encuentran en Anexos.

3. Estudio de lluvia polínica: Relación de la vegetación presente vs. Lluvia polínica

La comparación entre las listas de palinomorfos de la vegetación presente y la lluvia polínica muestra una elevada similitud: (1) 16 en el CW, 94,1% (2) 7 en PGA 77,7% y (3) 11 para el ESJJ, 78,6%. Las especies que no se encuentran en la vegetación actual pero si se hallan en la lluvia polínica son palinomorfos de las familias Chenopodiaceae y Poaceae (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de la información obtenida en el estudio. Las Casillas sombreadas representan la ausencia total de los palinomorfos en ése sitio de estudio.

Palinomorfo	vegetación presente	Lluvia polínica	calzados	Ensamblaje polínico
-------------	---------------------	-----------------	----------	---------------------

	CW	PGA	ESJJ	CW	PGA	ESJJ	CW	PGA	ESJJ	(DCA)
<i>Adesmia</i> spp.	+			+			+			CW
<i>Clinopodium bolivianum</i>	+			+			+			CW
<i>Cortaderia atacamensis</i>	+			+			+			CW
<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	+			+			+			CW
<i>Oenothera</i> sp.	+			+			+			CW
<i>Salvinia</i> sp.	-			+			+			CW
<i>Senecio</i> spp.	+			+			+			CW
<i>Solanum nitidum</i>	+			+			+			CW
<i>Berberis commutata</i>	+			+			-			CW
<i>Gnaphalium</i> sp.	+			+			-			CW
<i>Lupinus altimontanus</i>	+			+			-			CW
<i>Calceolaria buchtieniana</i>	+			-			-			x
<i>Baccharis latifolia</i>	+	-		+	+		+	+		CW
<i>Medicago</i> sp.	+	+		+	+		+	+		CW
<i>Paraserianthes lophantha</i>	+	+		+	+		+	+		CW
<i>Gamochaeta americana</i>	+	+		+	+		+	-		CW
<i>Hieracium</i> sp.	+	-		-	+		+	-		CW
Poaceaewil1ach	-	-		+	-		+	+		CW
Poaceaewil2ach	-	-		+	+		+	+		CW
<i>Lycianthes lycioides</i>	-	-		-	+		+	+		PGA
<i>Deyeuxia</i> sp.	+	+		+	+		+	+		PGA
<i>Dunalia brachyacantha</i>		+			+			+		PGA
<i>Sedum</i> sp.		+			+			+		PGA
<i>Teucrium fruticans</i>		+			+			+		PGA

<i>Verbena litoralis</i>		+			+			+		PGA
Solanaceae 1a		-			+			+		PGA
<i>Opuntia sp.</i>		+			-			+		PGA
<i>Schinus molle</i>		+			-			-		x
<i>Rapistrum rugosum</i>		+	-		+	+		+	+	PGA
<i>Ipomoea pubescens</i>		+	+		+	+		+	-	PGA
<i>Viguiera procumbens</i>		+	-		+	+		+	-	PGA
<i>Antirrhinum majus</i>			+			+			+	ESJJ
<i>Hebe speciosa</i>			+			+			+	ESJJ
<i>Ligustrum sp.</i>			+			+			+	ESJJ
<i>Melaleuca citrinus</i>			+			+			+	ESJJ
<i>Petunia sp.</i>			+			+			+	ESJJ
<i>Pyracantha coccinea</i>			+			+			+	ESJJ
Asteraceae 1j			-			+			+	ESJJ
Poaceae j			-			+			+	ESJJ
<i>Dianthus caryophyllus</i>			+			+			-	x
<i>Inga sp</i>			-			+			-	ESJJ
<i>Iris pseudacorus</i>			+			+			-	ESJJ
<i>Juniperus virginiana</i>			+			+			-	ESJJ
Malvaceae spp.			-			+			-	ESJJ
<i>Argyranthemum sp.</i>			+			-			-	X
<i>Jasminum spp.</i>			+			-			+	ESJJ
<i>Ruta graveolens</i>			+			-			+	ESJJ
<i>Polylepis besseri</i>	-		+	+		+	+		+	X
<i>Sonchus oleraceus</i>	-	+	-	+	+	+	+	-	+	CW
Chenopodiaceae	-	-	-	+	+	+	+	+	-	ESJJ
Cyperaceae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	CW
<i>Pennisetum clandestinum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	ESJJ
Gimnosperma 1	-	+	+	+	+	+	+	+	+	PGA

4. Estudio de abundancia relativa de polen proveniente de la lluvia polínica y los calzados

El total de especies con exclusividad de cada sitio de estudio asciende a 18 (Figura 2).

A continuación se presentan sus porcentajes en los palinomorfos en orden:

(1) lluvia superficial y (2) promedio de los cuatro calzados, respectivamente.

Para el caso de CW son 8: *Cortaderia atacamensis* (Poa): (1) 3,4%, (2) 8,1%; *Lepidium bipinnatifidum* (Fab): (1) 1,5%, (2) 3,3%; *Salvinia sp.* (Salv): (1) 4,4%, (2) 0,7%, *Clinopodium bolivianum* (Lam): (1) 7,8%, (2) 0,7%; *Oenothera sp.* (Onag): (1) 1%, (2) 0,3%; *Senecio spp.* (Aste): (1) 0,5%, (2) 1,6%, *Adesmia spp.* (Fab): (1) 1,5%, (2) 1,6% y *Solanum nitidum* (Solan): (1) 4,9% (2) 0,9%.

Para el PGA son 4: *Dunalia brachyacantha* (Solan): (1) 1,2% (2) 0,6%; *Verbena litoralis* (Verb): (1) 6,1% (2) 9,2%; *Teucrium fruticans* (Lam): (1) 2% (2) 4,2% y *Sedum sp.* (Crass): (1) 1,2% (2) 3%.

En el caso del ESJJ son 6: *Ligustrum sp.* (Oleac): (1) 9,1% (2) 1,9%; *Antirrhinum majus* (Plant): (1) 12,1% (2) 10%; *Petunia sp.* (Solan): (1) 5,1% (2) 13,9%; *Hebe speciosa* (Plant): (1) 2% (2) 0,4%; *Melaleuca citrinus* (Myr): (1) 0,5% (2) 0,8% y *Pyracantha coccinea* (Rosa): (1) 2% (2) 1,9%.

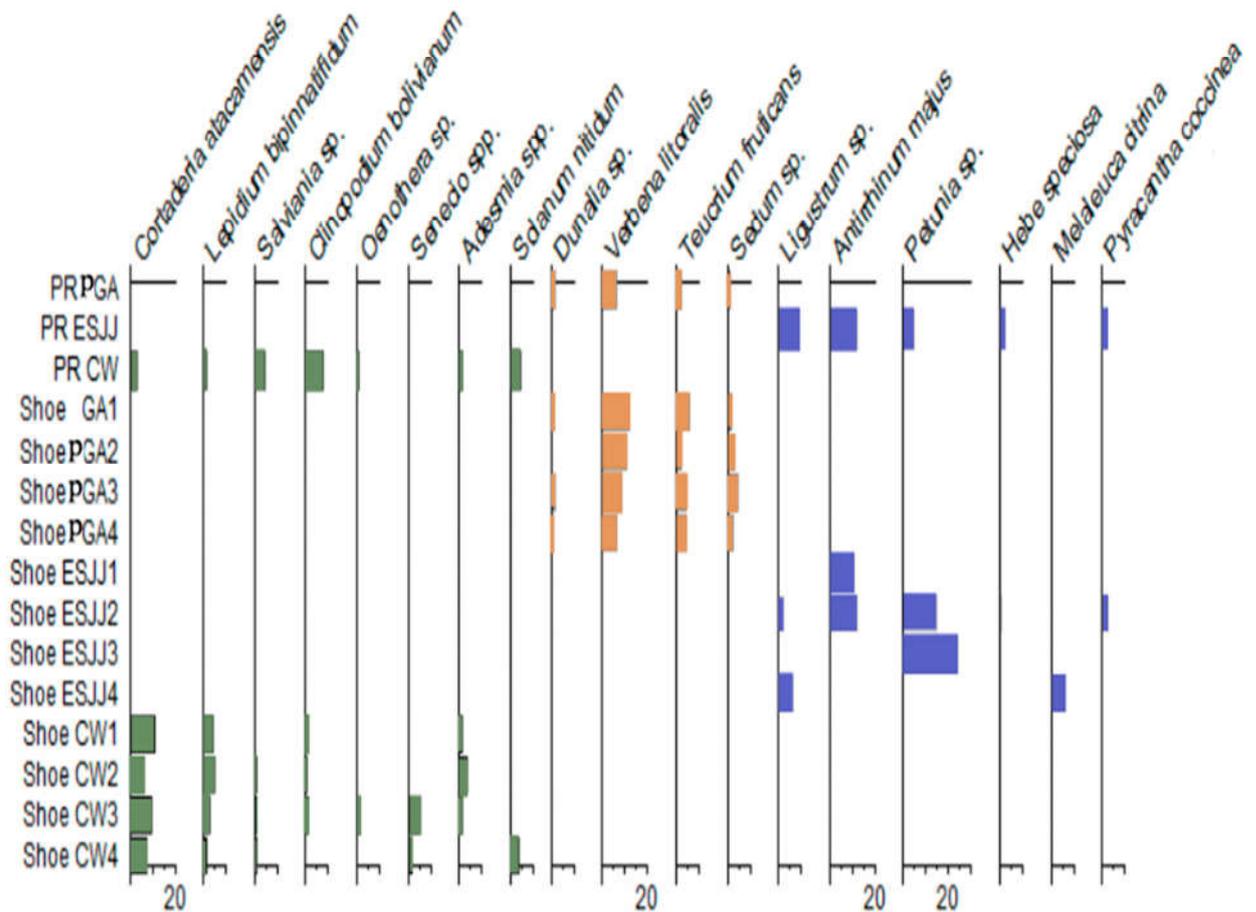


Figura 2. Diagrama polínico que muestra las especies indicadoras y su representación porcentual en las muestras de lluvia polínica (PR) y las de cada calzado (Shoe). Las barras verde representan CW, las naranjas PGA y las lilas a ESJJ.

5. Correspondencia geográfica de los calzados

Empleando los datos brutos de todos los palinomorfos, la correspondencia geográfica de cada calzado, se sustenta estadísticamente (Figura 3). Para el PGA – naranja - los datos de lluvia polínica (suelo) se hallan en el cuadrante positivo del lado contrario al del CW, con los datos de todos los calzados bastante agregados, pero sobre el mismo eje, lo cual confirma su procedencia. Para el ESJJ – celeste - los datos de la lluvia polínica (suelo) se hallan en el mismo cuadrante que los del

PGA con los datos de los calzados en el cuadrante negativo más disgregados unos de otros, pero sobre el mismo eje central, lo cual confirma su procedencia. Finalmente el CW – verde - los datos de suelo o lluvia polínica se encuentran en el cuadrante positivo de la derecha, con los datos de todos los calzados sobre el mismo eje y agregados.

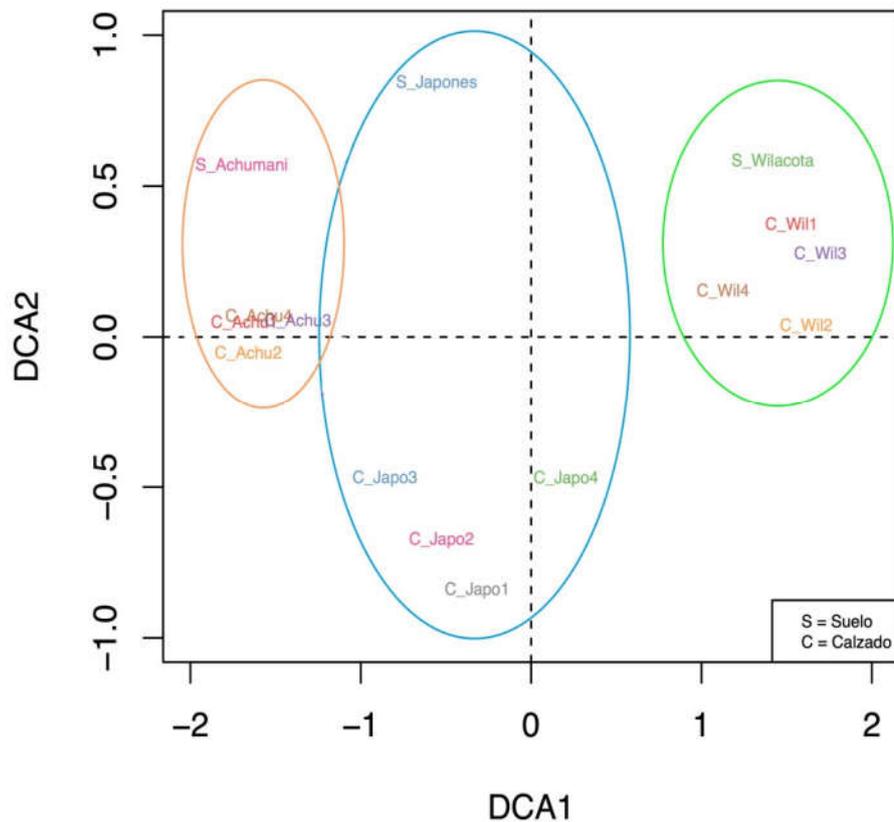


Figura 3. Resultados de los análisis de DCA. Distribución de los ensamblajes en función de su procedencia (S = suelo o lluvia polínica, C = calzado).

6. Correspondencia geográfica de los ensamblajes de lluvia polínica con los calzados

Los ensamblajes polínicos del suelo o lluvia polínica, fueron transferidos efectivamente a la suela de los calzados en todos los sitios. Los resultados del análisis estadístico DCA, Fig. 4, el cual incluye especies tanto de la lluvia polínica

como de los cuatro calzados muestreados, representan una separación de los ensamblajes por sitio de origen geográfico, verificando su correspondencia.

El ensamblaje polínico con mayor número de especies compartidas es el PGA, el cual posee de forma exclusiva *Verbena litoralis* (Ver lit), *Teucrium fruticans* (Teu fru) *Dunalia sp.* (Dun sp) y *Sedum sp.* (Sed sp). PGA también comparte especies con ESJJ, como ser: *Viguiera procumbens* (Vig pro), *Ipomoea pubescens* (Ipo pub) *Rapistrum rugosum* (Rap rug) y comparte especies con CW: *Polylepis besserii* (Pol bes) y *Sonchus oleraceus* (Son ole) (Fig. 4).

Los resultados del DCA en función a la distribución de palinomorfos (Fig. 4), muestran a CW (sitio natural), como el sitio con menor similitud con el de otros sitio, el cual presenta las especies *Cortaderia atacamensis* (Poa), *Lepidium bipinnatifidum* (Fab), *Salvinia sp.* (Salv), *Clinopodium bolivianum* (Lam), *Oenothera sp.* (Onag), *Senecio spp.* (Aste), *Adesmia spp.* (Fab) y *Solanum nitidum* (Solan).

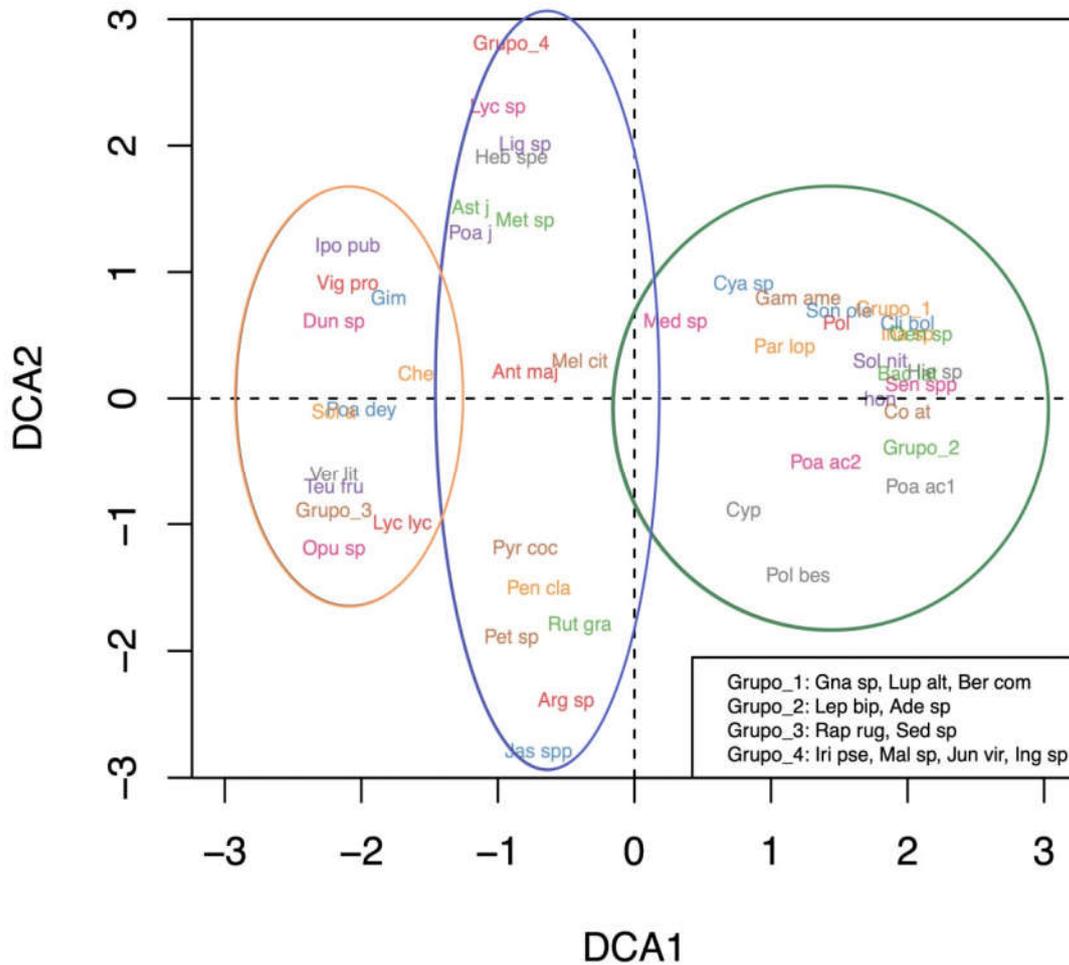


Figura 4. Resultados de los análisis de DCA. Distribución de los polinómorfos.

En el caso de ESJJ, se observan varias especies exclusivas del lugar; como ser: *Iris pseudacorus* (Iri pse), *Juniperus virginiana* (Jun vir), *Inga sp.* (Ing sp), *Ligustrum sp.* (Lig sp) y *Jasminum spp.* (Jas spp), *Hebe speciosa* (Heb spe) y *Antirrhinum majus* (Ant maj), *Melaleuca citrina* (Mel cit) y *Petunia sp.* (Pet sp), todas especies cultivadas. Se comparten con el PGA y el CW especies de amplia distribución como lo son: *Pennisetum clandestinum* (Pen cla) y *Sonchus oleraceus* (Son ole).

El análisis de similitud por calzado (Tabla 2) mostró al Calzado 3 y 4 de ESJJ en comparación con la lluvia polínica con índices de similitud más bajos.

El promedio combinado de calzados por lugar de colecta (Tabla 3) mostró que el PGA, fue el sitio donde la similitud fue la mayor, entre las especies indicadoras provenientes de la lluvia polínica y los calzados (0.98). Para ESJJ la similitud entre los palinomorfos indicadores provenientes de los calzados y la lluvia polínica fue elevada (0,75) pero para CW se obtuvo la menor similitud entre los calzados y las especies indicadoras (0.49) (Tabla 3).

Tabla 2. Índice de similitud de Morisita-Horn utilizando especies indicadoras.

	LLP. OW	LLP. PGA	LLP. ESJ	Calz OW1	Calz OW2	Calz OW3	Calz OW4	Calz PGA1	Calz PGA2	Calz PGA3	Calz PGA4	Calz ESJ1	Calz ESJ2	Calz ESJ3	Calz ESJ4
LLP.OW	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LLP.PGA	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LLP.ESJ	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calz.OW1	0.46	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calz.OW2	0.41	0	0	0.89	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calz.OW3	0.43	0	0	0.85	0.74	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calz.OW4	0.53	0	0	0.85	0.69	0.83	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Calz.PGA1	0	0.98	0	0	0	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-
Calz. PGA2	0	0.97	0	0	0	0	0	0.97	1	-	-	-	-	-	-
Calz.PGA3	0	0.94	0	0	0	0	0	0.93	0.92	1	-	-	-	-	-
Calz.PGA4	0	0.95	0	0	0	0	0	0.97	0.92	0.98	1	-	-	-	-
Calz.ESJ1	0	0	0.62	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	-	-
Calz.ESJ2	0	0	0.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0.54	1	-	-
Calz.ESJ3	0	0	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.68	1	-
Calz.ESJ4	0	0	0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0	1

Tabla 3. Índice de similitud de Morisita-Horn utilizando especies indicadoras y combinando las repeticiones por calzado.

	LLP. CW	LLP. PGA	LLP. ESJJ	Calz. CW	Calz. PGA	Calz. ESJJ
LLP. CW	1	-	-	-	-	-
LLP. PGA	0	1	-	-	-	-
LLP. ESJJ	0	0	1	-	-	-
Calz. CW	0.49	0	0	1	-	-
Calz. PGA	0	0.98	0	0	1	-
Calz. ESJJ	0	0	0.75	0	0	1

V. DISCUSIÓN

1. Protocolos de procesamiento de indicios

Inicialmente, para la toma de muestras de calzados se utilizó el protocolo empleado en el Reino Unido por Wiltshire (2015) (datos no presentados) quien realiza el raspado en seco de las suelas empleando un elemento cortopunzante, sin embargo después de probar dicho protocolo, no se obtuvieron palinomorfos, por esa razón se empleó una técnica parecida a la de Povilauskas (2020) quien sumerge el calzado en agua destilada durante 24 horas. Se sumergió el calzado en una solución 1:1 de agua destilada: etanol 95%, siendo esta una modificación del protocolo seguido por Laurance & Bryant (2019), del estudio en el caso de Baby Doe, obteniendo buenos resultados, lo cual demuestra la importancia que tiene el diluir el sustrato de suelo presente en los calzados, en lugar de rasparlo.

2. Lluvia polínica vs. Vegetación presente

Los resultados indican que en los tres sitios de estudio, la mayoría de las especies de plantas listadas en el relevamiento de vegetación actual fueron registradas en las muestras de suelo de la lluvia polínica, solo unas pocas de las especies no se hallaban presentes. Es probable, que la mayoría de estas especies ausentes en las muestras de suelo, tengan un tipo de polinización zoófila, es decir, por insectos, aves u otro animal, razón por la cual el polen depositado en el sedimento presenta bajos porcentajes, ya que parte de este recurso es empleado por los polinizadores (Bush *et al.* 2020, Nawaz *et al.* 2020).

Por otro lado, en el CW, la especie *Calceolaria buchtieniana* (Calceolariaceae), representada en la vegetación presente, no fue contabilizada en la lluvia polínica (Tabla 1), posiblemente por el tipo de polinización. Las especies de éste género, suelen presentar melitofilia (polinización hecha por abejas), ya que poseen elaióforos, glándulas secretoras de aceite, el cual les sirve a las abejas como aditivo para el alimento de sus larvas y como material de revestimiento de nidos (Buchmann 1987), lo que ocasiona que los granos de polen se adhieren al cuerpo del polinizador y no caigan al suelo.

Un caso similar se observó en el PGA, por la ausencia de *Opuntia sp.* (Tabla 1) en la muestra de lluvia polínica, género que presenta melitofilia (Manzanares & Mandujano 2021), lo cual podría ser la causa de la ausencia de estos pólenes, a pesar de su presencia en la vegetación presente.

Finalmente, en el ESJJ, las especies ausentes en la lluvia polínica pero presentes en la vegetación presente fueron *Ruta graveolens* (Rutaceae) y *Jasminum spp.* (Oleaceae) (Tabla 1), ambas especies con síndrome de entomofilia (polinización realizada por insectos) (Aluri 2022).

Contrariamente, las muestras de lluvia polínica mostraron un alto porcentaje en la familia Poaceae. Estas especies se caracterizan por ser anemófilas, es decir polinizadas por el viento, y por lo general producen mayor cantidad de polen (Nawaz *et al.* 2020, Bush *et al.* 2020, Wiltshire 2006).

Otras familias que fueron halladas en todos los sitios que presentan polinización anemófila son: Chenopodiaceae y especies de la subdivisión Gymnospermae (Tabla 1). El polen de estas especies de estas familias son transportadas fácilmente largas distancias por el viento. Esto hace que dichos pólenes vengan de sitios fuera de la parcela estudiada, desde sitios alejados (Wiltshire 2006, Nawaz *et al.* 2020), por lo que no se encontró dichos ejemplares para su identificación en la vegetación presente.

Otro ejemplo observado en las muestras de lluvia polínica del CW es la ausencia de la especie *Hieracium* sp. (Asteraceae), si bien está presente en la lista de vegetación presente, se encontraron pocos individuos, caracterizándose, además, por poseer pocas inflorescencias por espécimen (de dos a tres capítulos). Esto en comparación con *Baccharis latifolia*, la cual presenta mayor abundancia relativa (Tabla 1).

La mayor diversidad de palinomorfos contabilizados en la lluvia polínica (N=16) (Tabla 1) se obtuvo en el CW, lo cual podría deberse a que la parcela se halla en el cauce de un arroyo del río Ovejuyo, posibilitando, como indica Novenko *et al.* (2017) que “la mayor diversidad hallada en cuerpos de agua se deba a un arrastre de polen proveniente de arroyos o ríos”.

En las muestras de lluvia polínica también encontramos altos porcentajes de polen de especies que en el momento de realizar el relevamiento de vegetación (procesamiento del lugar del hecho) no se encontraban en flor, pero estas especies, se encuentran en floración en otra época del año. Dado que la lluvia polínica es una acumulación de polen sedimentado en diferentes escalas de tiempo (Feegri & Iversen 1989), podemos interpretar que la acumulación de palinomorfos ocurrió en otros meses e incluso años. Un ejemplo de ello se observó en el Parque Gimnasio Achumani, donde la especie con mayor abundancia relativa en la lluvia polínica (17%) fue *Rapistrum rugosum* (Brassicaceae) (Fig. 2), una hierba naturalizada (Beck *et al.* 2015), que no se hallaba en flor al momento de procesar la escena ficticia, es decir, las primeras muestras de vegetación (febrero). Sin embargo, el pico de su floración ocurrió en

los meses de verano y primavera: septiembre a diciembre (Simpon *et al.* 2022), meses en los cuales, la parcela se hallaba cubierta por completo por dicha especie.

3. Abundancia relativa de polen proveniente de la lluvia polínica y los calzados

La similitud de la abundancia relativa de los ensamblajes de polen de las especies indicadoras halladas en la lluvia polínica y los calzados, fue alta (≥ 0.75) para el PGA (0.98) y el ESJJ (0.75), pero baja para el CW (0.45), (Tabla 4, Fig. 2). Posiblemente por la variación intrínseca de cada tipo de caminata hecha por cada voluntario en cuanto a su velocidad y frecuencia de pasos (Pachi & Ji 2005).

En el caso del ESJJ, donde se contabilizaron 200 palinomorfos únicamente en uno de los calzados (Fig. 3), es posible que se haya presentado un efecto mecánico generado por *Pennisetum clandestinum* (Poaceae), creando una capa alta de hojas que dificulta la sedimentación del polen en el sitio. Sumado a ello, según Povilauskas (2022, com pers.), una planta lisa en el calzado deportivo favorece a que poco sedimento se acumule, a pesar de su naturaleza sintética, la cual, según Boi (2015) y Bull *et al.* (2006a), son buenos para recoger y retener los granos de polen por un mayor lapso de tiempo.

4. Transferencia del suelo (lluvia polínica) a los calzados

El sitio con mayor número de especies encontradas en otros lugares, es decir, compartidas (6) fue el Parque Gimnasio Achumani (Fig. 4), ya que este sitio presenta especies nativas y ruderales, así tenemos a *Polylepis besserii* (Rosaceae), *Gamochaeta americana* (Asteraceae) y *Lycianthes lycioides* (Solanaceae) y una especie ruderal (Asteraceae) *Sonchus oleraceus*, las cuales se compartían con el cañadón de Wilacota. Mientras que los otros sitios: Jardín Japonés y Cañadón Wilacota se presentaban especies cultivadas, nativas y ruderales, respectivamente.

Según García (1987), las especies ruderales aparecen en varios lugares dentro la urbe paceña, tal fue el caso de las especies compartidas entre el Parque Gimnasio Achumani y el Jardín Japonés (*Rapistrum rugosum* y *Viguiera procumbens*) y entre el Parque Gimnasio Achumani, el cañadón de Wilacota y el Jardín Japonés (*Sonchus oleraceus*), pudiendo éstas ser empleadas como indicadores, sólo después de analizar su abundancia relativa, ya que esta abundancia debe ser similar entre las muestras de lluvia polínica y los ensamblajes en los indicios, en nuestro caso, los calzados.

En los casos donde los indicios procesados son calzados, es primordial recuperar la mayor cantidad de muestra de polen retenida en la suela de los calzados, lo que se entiende como adherencia. Ésta adherencia mejora cuando este sustrato se encuentra húmedo o mojado, ocurriendo lo contrario si se halla seco, por lo que Ochando *et al.* (2018), planteó esto como un desafío, al haber trabajado en un sitio árido en España. Esto es comparable a la urbe paceña, donde el número de meses dentro la estación seca es mayor a los de la estación húmeda (7 vs. 5). El presente estudio se realizó dentro la época húmeda, con eventos de precipitación días antes del experimento de las caminatas, lo que probablemente favoreció la adherencia de los ensamblajes polínicos a los calzados. Es así, que se recomienda conocer las condiciones meteorológicas ocurridas en un caso forense real, con el fin de interpretar los resultados hallados.

El conteo de 200 palinomorfos, con el objeto de realizar los análisis estadísticos en un solo calzado en la muestra de Wilacota, representó un esfuerzo de conteo del triple del número de placas comparado con los otros sitios estudiados, triplicando el esfuerzo en términos de tiempo, posiblemente por el elevado número de ciclos de hidratación y sequía que ocurren en éste cause de río, lo que según Campbell (1991) y Phuphumirat *et al.* (2009), son causantes de un daño significativo a ambientes subaéreos (superficie) donde se hallan los granos de polen. Algo que habría que considerar al momento del procesamiento de una escena del crimen, sería coleccionar más indicios, además de los calzados, los cuales permitan completar el número total de 200 palinomorfos en un lapso de tiempo más corto,

para la entrega oportuna de los resultados de la pericia, sin incurrir en retardación de justicia.

Con respecto a las especies indicadoras, si bien la similitud taxonómica fue alcanzada; hallándose los mismos palinomorfos entre la lluvia polínica y los calzados en los tres sitios evaluados (Fig. 2), la similitud en cuanto a la abundancia relativa (Tabla 4) no obtuvo un valor mayor al 0,5 en el Cañadón de Wilacota, lo que puede interpretarse como una baja similitud, para no ser suficiente para defenderse ante juzgados, por lo que, se sugiere en dichos casos, apoyarse de un mayor número de indicios para el estudio en palinología forense, como ser otras prendas u objetos en los cuales se hubiese generado una transferencia de los ensamblajes polínicos, provenientes de la lluvia polínica o incluso provenientes del polen aéreo; ya que como se discutió previamente, el CW mostró condiciones que posiblemente degradaron los palinomorfos, generando el valor más bajo de similitud (0.49).

Empleando el valor de conteo de todos los palinomorfos hallados, con el análisis de DCA de los ensamblajes polínicos por cada sitio, se puede identificar la correspondencia de cada calzado “un indicio ficticio” con su origen geográfico (Fig. 3 y Fig. 4), lo cual demuestra su utilidad forense, tal como lo confirmaron Prueger (2009), Aristizábal & Riaño (2015), Passarelli (2016), Ochando (2018) y Povilauskas & Gomez (2022). Sin embargo, tal como lo muestran otros estudios, se recomienda emplear otras evidencias provenientes de otras ciencias como la geología (Bull *et al.* 2006, Brown 2006) y la geografía (Laurance & Bryant 2019), entre otras, con el fin de aportar con mayor número de elementos probatorios que permitan a los jueces generar una sentencia.

Los resultados obtenidos dejan ver la utilidad del protocolo empleado por Povilauskas (2020) para obtener muestras de sustrato a partir de los calzados, este método puede ser replicado en casos reales. Al momento se ha replicado éste método modificado de forma experimental en tres sitios con elevado índice delictivo, donde se generó el primer aporte en cuanto a la determinación de especies indicadoras que podrán servir para analizar casos forenses en un futuro,

si se produjeran hechos delictivos en los sitios estudiados. Dejando como pasos siguientes la necesidad de desarrollar, primero una base de datos polínica de las zonas con elevados índices delictivos de la ciudad de La Paz y segundo, llevar dichas bases de datos a un contexto espacial, a través de la elaboración de un atlas polínico, que permita acelerar y mejorar las investigaciones policiales en casos delictivos, como ocurre en Argentina (García *et al.* 2012), donde han incorporado la palinología forense en el área de investigación criminalística.

Si bien los análisis polínicos pueden demorarse cuando no se cuenta con especialistas del tema, además de bases de datos y/o atlas polínicos, han demostrado ser útiles en las primeras etapas investigativas donde se evalúan las declaraciones de los sospechosos, respecto a los sitios donde sucedieron los hechos (Wilshire *et al.* 2015), llevando el caso a confesiones tempranas, evitando procedimientos judiciales prolongados, lo cual es muy necesario en nuestro país.

Los análisis palinológicos actualmente son más frecuentemente aceptados por los estrados judiciales en varios países europeos (Mildenhall *et al.* 2006, Wiltshire 2015, Zhang *et al.* 2018) y latinoamericanos (Passarelli 2016, Manvalier *et al.* 2018, Povilauskas & Gómez 2022), por lo que se sugiere se emplee en casos donde no se presentan muchos indicios de origen biológico, como ser, atropellamientos por vehículos o hurtos, porque no ocurren hechos violentos que generen el derramamiento de sangre, además de casos de tráfico de vida silvestre, lo cual debería considerarse por entes investigativos de la Policía.

VI. RECOMENDACIONES

Al momento de realizar las identificaciones de palinomorfos tanto de las muestras de la escena, como de los indicios remitidos al laboratorio, es muy importante contar con placas de referencia de polen de las especies naturalizadas del sitio donde se hallaba la escena o sitios aledaños, debido a que éstos florecerán en gran cantidad, pudiendo ser utilizados como indicadores de la escena.

Es necesario elaborar catálogos polínicos de los diferentes macrodistritos de la ciudad de La Paz que podrían ser de utilidad en el área forense y otras áreas de la investigación.

El aporte que la presente tesis genera a la Policía Boliviana es el desarrollo de un método cuantitativo para realizar una pericia forense en base a ensamblajes polínicos, la cual es muy necesaria para la defensa de los dictámenes forenses que se recomienda se desarrollen bajo la creación de un nuevo servicio “análisis palinológico”.

VII. CONCLUSIONES

El polen y las esporas de las especies de la vegetación presente se contabilizaron en la lluvia polínica en un 94,1% para Cañadón Wilacota, 77,7% para Parque Gimnasio Achumani y 78,6% para Espacio Sociocultural Jardín Japonés, catalogadas las especies ausentes en su mayoría con síndrome de polinización entomófila.

El polen y esporas de las especies presentes en la lluvia polínica y ausentes en la vegetación presente, pertenecen a la familia Poaceae y Chenopodiaceae, familias con elevada producción de polen y mejor capacidad de dispersión.

La similitud taxonómica de los ensamblajes polínicos permitió generar una correspondencia geográfica entre los calzados y los sitios con los que estos “indicios” tuvieron contacto: Cañadón Wilacota, Jardín Gimnasio Achumani y el Espacio Sociocultural Jardín Japonés.

La similitud de abundancia relativa de los ensamblajes polínicos conformados por las especies indicadoras entre los calzados y los sitios geográficos fue ≥ 0.75 , para el Jardín Gimnasio Achumani y Espacio Sociocultural Jardín Japonés, siendo menor para Cañadón Wilacota (0,49).

Una combinación entre índices de similitud y el análisis de correspondencia sin tendencia resulta en un excelente método para correlacionar muestras palinológicas y lugares geográficos que generen información cuantitativa para el campo forense.

Los calzados en el presente estudio, poseían polen y esporas de especies indicadoras de los sitios de procedencia, lo cual permite organizarlas en ensamblajes polínicos que ayuden a generar una de varias evidencias forenses.

VIII. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto de Investigaciones Técnico Científicas de la Universidad Policial Mcal. Antonio José de Sucre I.I.T.C.U.P. por el préstamo del laboratorio, equipos e insumos, al Instituto de Investigaciones Geológicas y Medio Ambiente I.G.E.M.A., por el préstamo del laboratorio y equipo para realizar el trabajo de laboratorio, a la Carrera de Biología y PhD. Isabel Morales por el préstamo de laboratorio y equipo para terminar de procesar las muestras. Al Herbario Nacional de Bolivia por el préstamo de las instalaciones para trabajos de prensado e identificación y a la Empresa Municipal de Áreas Verdes, Parques y Forestación (EMAVERDE) por los permisos para trabajar en sus instalaciones.

A mi tutora PhD. Gloria Rodrigo por el apoyo administrativo y las revisiones, a mi asesora científica PhD. Teresa Ortuño Limariño por toda la colaboración en las revisiones, redacción del artículo y capacitaciones, a Pablo Duchén Bocangel por el apoyo en el análisis de datos estadísticos, la redacción del artículo científico y varias contribuciones al documento, a Jeanneth Pacajes por el préstamo de bibliografía y la capacitación en laboratorio, PhD. Carolina García Lino por el apoyo en la revisión del documento, a Pamela Alcoreza por el apoyo en laboratorio. A Daniela A. Arteaga Voigt y Daniel Larrea Alcázar por sus comentarios y observaciones al documento. A Emilia García Estigarribia y Rosember Hurtado Ulloa por el apoyo en la identificación de especies vegetales.

A los cuatro voluntarios durante la experimentación: Raúl Rodríguez Salvatierra, Yamil Narci Maidana Tuco, Pablo Duchén Bocángel y Eduardo Aguirre Mazzi.

Agradezco a mi familia por todo el apoyo y paciencia para con el desarrollo de la Maestría y el trabajo de investigación.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Aluri, J.S. 2022. Floral biology and pollination of *Jasminum angustifolium* Willd. and *J. cuspidatum* Rottler (Oleaceae). 58. 893-897.

ANF. 2020. Estatura: los bolivianos están entre los más bajitos de la región. <http://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/>

Aristizábal F. J. y O. Riaño. 2015. Indicio, evidencia y prueba. pp. 175. En: Reyes, J.A., C. Sanabria, H.R. Valero, A.A. Fuentes, L. Díaz, P.A. Díaz, F.J. Aristizabal, H.J. Castro, J.R. Santos y H.J. Agudelo (eds.) Enciclopedia criminalística, criminología e investigación. Sigma, Bogotá.

Beck, S., E. García, E.L.N., Thompson, L. N., R.I. Meneses, R. I., F. Zenteno, F.R.P., López, R. P., A. Fuentes. 2015. Paisajes, eco-regiones y vegetación. pp. 113-158. En: Moya I., R. Meneses & J. Sarmiento (eds.) Historia Natural de un valle en los Andes: La Paz. Instituto de Ecología y Museo Nacional de Historia Natural, La Paz.

Boi, M. 2015. Pollen attachment in different materials. *Aerobiología* 31: 261-270.

Brown, A. G. 2006. The use of forensic botany and geology in war crimes investigations in NE Bosnia. *Forensic Science International* 163(3): 204–210.

Bruce, R. G. & M.E. Dettman. 1996. Palynological analyses of Australian surface soils and their potential in forensic science. *Forensic Science International* 77-99.

Bryant, V. & G.D, Jones G.D. 2006. Forensic palynology: Current status of a rarely used technique in the United States of America. *Forensic Science International*, 163: 183–197.

Buchmann, S.L. 1987. The ecology of oil flowers and their bees. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 343-369.

Bull, P.A, R.N. Morgan, A. Sagovsky, G.J.A. Hughes. 2006a. The transfer and persistence of trace particulates: experimental studies using clothing fabrics. *Science & Justice* 46(3): 185-195.

Bull, P. A., A. Parker, R.M. Morgan. 2006b. The forensic analysis of soils and

sediment taken from the cast of a footprint. *Forensic Science International* 162: 6-12.

Bull. 2009. The forensic analysis of sediments recovered from footwear. pp. 1-18. En: Ritz, K, L. Dawson, D. Miller (eds.) *Criminal and Environmental Soil Forensics*. e-ISBN 978-1-4020-9204-6.

Bush, M. B., A. Correa-Metrio, R. Woesik, A. Collins, J. Hanselman, P. Martinez, C.N.H. McMichael. 2020. Modern pollen assemblages of the Neotropics. *Journal of Biogeography*. doi:10.1111/jbi.13960

Campbell, I. D. 1991. Experimental mechanical destruction of pollen grains. *Palynology*, 15(1): 29–33.

Da Silva, C.I. 2014. Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto. 1ra. Edic. Editorial Holos, Ribeirão Preto. 153 p.

Erdtman, G. 1690. The acetolysis method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54: 561-564.

FAO. 2020. Sistema de Unificado de clasificación de suelos. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistema-unificado-de-clasificacion-de-suelos/es/>

Feegri, K. & L. Iversen. 1989. *Textbook of pollen analysis*, 4^{ta} ed. John Wiley & Sons. Chichester

García, E. 1987. Flora y vegetación ruderal de la ciudad de La Paz. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés.

García, M.E, N.J.F. & Reyes, H. G. Ríos. 2012. Atlas polínico del NOA. Compendio fotográfico de granos de polen de plantas nativas y cultivadas del noroeste argentino. 1ra Edición. Editorial Academica Española.

Heigl, H. 2020. PalDat - Palynological Database. <https://www.palдат.org/>

Hesse, M., H. Halbritter, R. Zetter, M. Weber, R. Buchner, A. Frosch-Radivo, S. Ulrich. 2009. *Pollen Terminology. An illustrated handbook*. 1ra. Edic. Editorial Springer-Verlag, Wien. 261 p.

Horrocks, M. & K.A.J. Walsh. 1998. Forensic palynology: assessing the value of the evidence 103: 69–74.

J.D.N.E. 2019. Remisión de datos estadísticos de la F.E.L.C.C y F.E.LC.V. Departamento Nacional de Estadística. Informe No 1, La Paz. 22 p.

Laurence, A.R., & V.M. Bryant. 2019. Forensic palynology and the search for geolocation: Factors for analysis and the Baby Doe case. *Forensic Science*

International 302. doi:10.1016/j.forsciint.2019.1099

Manvailer, V., T. Leandro, E. Scremin-Dias, E. 2018. Botanical Knowledge in the Law Enforcement: a Preliminary Approach Towards its Potential Use in Brazilian Criminal Caseworks. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 61(0) doi:10.1590/1678-4324-2018160442

Manzanares-Villasana, G. & M. C. Mandujano. 2021. Visitantes y polinizadores en los morfos florales de *Opuntia streptacantha* Lem. (Cactaceae). *Ecoblog VIII*, SCME.

Marín, C., G. F. Medina, D. I. Jiménez, M. V. Sarmiento, O. A. León, J. E. Díaz, J. E. Paiba. 2016. Protocolos metodológicos par la caracterización de las comunidades bióticas a lo largo del gradiente altitudinal bosque-páramo. pp. 76-79. En Sarmiento, C. E. & O. A. León (eds.). *Transición bosque-páramo: Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá.

Martínez-Sánchez, M., S. Fernández, J. Carrión. 2008. Palinología y escenario forense. Un caso de estudio en el sureste de España. *Anales de Biología* 30: 43-54.

Mc. Garigal, K., S. Cushman, S. Stafford. 2000. *Multivariate Statistics for wildlife and ecology research*. 1ra. Edic. Editorial Springer, New York. 283 p.

Mildenhall, D.C., P.E.J. Wiltshire, V.M. Bryant. 2006. Forensic palynology. *Forensic Science International* 163: 161-162.

Morgan, R.M., G. Davies, P.A. Bull. 2013. The recovery of pollen evidence from documents and its forensic implications. *Science and Justice* 53: 375-384.

Nawaz, A., M. Firoze, J. Dubey, P. Morthekai, P. Bisht, P. Pandey, P., M. Shekhar, R. Ghosh. 2020. Surface pollen distribution in alpine zone of the higher Himalaya: a case study from the Kalla glacier valley, India. *Botany Letters*, 2381-8107. doi:10.1080/23818107.2020.1753567

Nohro, S., S.K. Bera & S. Jayakumar. 2019. Modern pollen representation from the marshy área of the pala wetland reserve forest, Mizoram, India. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*. Doi: 10.26479/2019.0501.02.

Novenko, E., N. Mazei, M. Kusilman. 2017. Tree pollen representation in surface pollen assemblages from different vegetation zones of European Russia. *Ecological Questions* 26: 61-65.

Ochando, J., M. Munuera, J.S. Carrión, S. Fernández, G. Amorós, J. Recalde. 2018. Forensic palynology revisited: Case studies from semi-arid Spain. *Review of*

Palaeobotany and Palynology. doi:10.1016/j.revpalbo.2018.09.015

Pachi, A. & T. Ji. 2005. Frequency and velocity of people walking. *The Structural Engineer* 1: 36-40.

Passarelli, L.M. 2016. Forensic palynology in Argentina, an alternative treatment for tape method proposed. *Peertechz Journal of Forensic Science and Technology* 1: 14-16.

Phumphumirat, W., D.C. Mildenhall, C. Purintavaragul. 2009. Pollen Deterioration in a Tropical Surface Soil and its Impact on Forensic Palynology. *Forensic Science International* 163: 204–210.

Povilauskas, L & M. A. Gómez. 2022. Escena del crimen: Análisis palinológico en zonas de cultivos de cebollas, en la provincia de San Juan. 2022c. *Revista Perspectivas, Revista de Ciencias Jurídicas y Políticas*. 6: 123-131.

Povilauskas, L. 2017. Análisis palinológico de un homicidio en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Criminalística* 6: 13.

Povilauskas, L. 2020. Metodología en la toma de muestras palinológicas sobre calzados, prendas de vestir, vehículos y cadáveres. *Revista Centro de Estudios Criminológicos Universitarios* 2(13): 30-42.

Prueger, E. 2009. *El práctico en la investigación de homicidios*. 1era. Edic. Editorial Instituto Superior de Ciencias Económicas y Tecnológicas, Córdoba. 204 p.

Reyes, G. 2017. Violencia e inseguridad en las tres principales ciudades de Bolivia: Santa Cruz de la Sierra, La Paz y El Alto. *Wilson Center: Latin American Program*: 1-5.

Riding, J.B., B.G. Rawlins K.H. Coley. 2007. Changes in soil pollen assemblages on footwear worn at different sites. *Palynology* 31: 135–151.

Roubik, D.W. & J.E. Moreno. 1991. *Pollen and spores of Barro Colorado Island*. 1ra. Edic. Missouri Botanical Garden, 268 p.

Secretaria Municipal de PPlanificación para el Desarrollo. 2019. Mapa del Municipio de La Paz: guía urbana. <http://sitservicios.lapaz.bo/guiaurbana/>.

Simpson, A., P. Fuller, K. Faccenda, N. Evenhuis, J. Matsunaga, M. Bowser, M. 2022. United States Register of Introduced and Invasive Species (US-RIIS) (ver. 2.0, November 2022): U.S. Geological Survey data release. <https://doi.org/10.5066/P9KFFTOD>.

The Royal Botanic Gardens. 2020. International Plant Names Index. Published on the Internet. <https://www.ipni.org/citeus>.

Uitdehaag, S.C.A. 2021. Forensic soil comparison: towards objective methods for a more robust evidential value. 1ra Edic. Editorial GildePrint, Tilburg. 155 p.

Van Vilet, J.W.K. 2018. The Palynology of Urban Environments: A new method for the classification of palynological distinct urban environments for forensic purposes. Master Program. Utrecht University. Netherlands. 56 p.

Veiga, A., A.M. Saraiva, C.I. Da Silva. 2018. The Online Pollen Catalogs Network (RCPol). Biodiversity Information Science and Standards 2: e25658. <https://doi.org/10.3897/biss.2.25658>

Walsh, K. & M. Horrocks. 2008. Palynology: Its position in the field of forensic science. *Journal of Forensic Science* 53(5): 1053-1060.

Wiltshire, P., D. L. Hawksworth, K.J. Edwards. 2015. A rapid and efficient Method for evaluation suspect testimony: palinological scanning. *Journal of Forensic Sciences* 60(6).DOI: 10.1111/1556-4029.12835

Wiltshire, P.E.J. 2006. Hair as a source of forensic evidence in murder investigations. *Forensic Science International* 163: 241–248.

Wiltshire, P.E.J. 2015. Protocols for forensic palynology. *Palynology* 5: 1–21.

Zhang, Q., L. Kaiqing, L. Jinfeng, X. Jinfeng, P. Wang, C. Hu, J. Zhu, Y. Wang, Y. Yao. 2018. Application of Judicial Palynology in Judicial Identification. *Judicial Identification. Forensic Science Seminar* 8(3): 20-24.

X. ANEXOS

Tabla 4. Listado de especies del trabajo de investigación

Forma de vida	Familia	Palinomorfo	Abreviación
lycopodio	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium</i> sp.	<i>Lyc</i> sp
helecho	Cyatheaceae	<i>Cyathea</i> sp.	<i>Cya</i> sp
helecho	Cyatheaceae	<i>Metaxya</i> sp.	<i>Met</i> sp
helecho	Polypodiaceae	Polypodiaceae 1	<i>Pol</i>
helecho	Salvinaceae	<i>Salvinia</i> sp.	<i>Ina</i> sp
hongo	hongo	hongo	<i>hon</i>
hierba	Asteraceae	<i>Gnomochaeta americana</i>	<i>Gnm ame</i>
hierba	Asteraceae	<i>Hieracium</i> sp.	<i>Hie</i> sp
hierba	Asteraceae	<i>Senecio</i> spp.	<i>Sen</i> spp
hierba	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	<i>Son ole</i>
hierba	Asteraceae	<i>Gnaphalium</i> sp.	<i>Gna</i> sp
hierba	Asteraceae	Asteraceae 1j	<i>Ast j</i>
hierba	Asteraceae	<i>Argyranthemum</i> sp.	<i>Arg</i> sp
hierba	Brassicaceae	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	<i>Lep bip</i>
hierba	Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i>	<i>Rap rug</i>
hierba	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buc</i>	<i>Cal buc</i>
hierba	Caryophyllaceae	<i>Iri pseudacorus</i>	<i>Iri pse</i>
hierba	Chenopodiaceae	Chenopodiaceae	<i>Che</i>
hierba	Convolvaceae	<i>Ipomoea pubescens</i>	<i>Ipo pub</i>
hierba	Crassulaceae	<i>Sedum</i> sp.	<i>Sed</i> sp
hierba	Cyperaceae	Cyperaceae	<i>Cyp</i>
hierba	Ephedraceae	<i>Ephedra</i> sp.	<i>Eph</i> sp
hierba	Fabaceae	<i>Medicago</i> sp.	<i>Med</i> sp
hierba	Fabaceae	<i>Lupinus altimontanus</i>	<i>Lup alt</i>

Forma de vida	Familia	Palinomorfo	Abreviación
hierba	Iridaceae	<i>Iris pseudacorus</i>	<i>Iri pse</i>
hierba	Lamiaceae	<i>Clinopodium bolivianum</i>	<i>Ci bol</i>
hierba	Liliaceae	<i>Pyrolirion boliviense</i>	<i>Pyr bol</i>
hierba	Malvaceae	Malvaceae spp.	<i>Mal sp</i>
hierba	Onagraceae	<i>Oenothera sp.</i>	<i>Oen sp</i>
hierba	Plantaginaceae	<i>Antirrhinum majus</i>	<i>Ant maj</i>
hierba	Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	<i>Pen cla</i>
hierba	Poaceae	Poaceae 2j	<i>Poa j</i>
hierba	Poaceae	<i>Cortaderia atacamensis</i>	<i>Co at</i>
hierba	Poaceae	Poaceae wil1ach	<i>Poa ac1</i>
hierba	Poaceae	Poaceae wil2ach	<i>Poa ac2</i>
hierba	Poaceae	<i>Deyeuxia sp.</i>	<i>Poa dey</i>
hierba	Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i>	<i>Rut gra</i>
hierba	Solanaceae	<i>Lycianthes lycioides</i>	<i>Lyc lyc</i>
hierba	Solanaceae	Solanaceae 1a	<i>Sol a</i>
hierba	Solanaceae	<i>Solanum nitidum</i>	<i>Sol nit</i>
hierba	Solanaceae	<i>Petunia sp.</i>	<i>Pet sp</i>
hierba	Verbenaceae	<i>Verbena litoralis</i>	<i>Ver lit</i>
cactacea	Cactaceae	<i>Opuntia sp.</i>	<i>Opu sp</i>
trepadora	Oleaceae	<i>Jasminum spp.</i>	<i>Jas spp</i>
arbusto	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	<i>Bac lat</i>
arbusto	Asteraceae	<i>Viguiera procumbens</i>	<i>Vig pro</i>
arbusto	Berberidaceae	<i>Berberis commutata</i>	<i>Ber com</i>
arbusto	Cupressaceae	<i>Juniperus virginiana</i>	<i>Jun vir</i>
arbusto	Lamiaceae	<i>Teucrium fruticans</i>	<i>Teu fru</i>
arbusto	Myrtaceae	<i>Melaleuca citrina</i>	<i>Mel cit</i>
arbusto	Plantaginaceae	<i>Hebe speciosa</i>	<i>Heb spe</i>
arbusto	Solanaceae	<i>Dunalia brachyacantha</i>	<i>Dun bra</i>
árbol	Gymnosperma	Gymnosperma 1	<i>Gim</i>
árbol	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	<i>Sch mol</i>
árbol	Fabaceae	<i>Adesmia spp.</i>	<i>Ade sp</i>
árbol	Fabaceae	<i>Inga sp</i>	<i>Ing sp</i>
árbol	Fabaceae	<i>Paraserianthes lophantha</i>	<i>Par lop</i>
árbol	Oleaceae	<i>Ligustrum sp.</i>	<i>Lig sp</i>
árbol	Rosaceae	<i>Pyracantha coccinea</i>	<i>Pyr coc</i>
árbol	Rosaceae	<i>Polylepis besserii</i>	<i>Pol bes</i>

CATÁLOGO POLÍNICO DE ESPECIES INDICADORAS

SITIO 1. WILACOTA

Especie	<i>Cortaderia atacamensis</i>
Familia	Poaceae
Código	Cor ata



SITIO 1. WILACOTA

Especie	<i>Lepidium bipinnatifidum</i> (Desv.)
Familia	Brassicaceae
Código	Lep bip



SITIO 1. WILACOTA

Especie	<i>Salvinia sp.</i>
Familia	Salvinaceae
Código	Sal sp



SITIO 1. WILACOTA

Especie	<i>Clinopodium bolivianum</i> (Benth.) Kuntze
Familia	Lamiaceae
Código	Cli bol



SITIO 1. WILACOTA

Especie	<i>Oenothera sp.</i>
Familia	Onagraceae
Código	Oen sp



SITIO 1. WILACOTA

Especie	<i>Senecio sp.</i>
Familia	Asteraceae
Código	Sen spp



SITIO 1. WILACOTA

Especie	<i>Adesmia</i> spp. (J. Rémy.)
Familia	Fabaceae
Código	Ade spp



SITIO 1. WILACOTA

Especie	<i>Solanum nitidum</i> (J. Rémy.)
Familia	Solanaceae
Código	Sol nit



SITIO 2. ACHUMANI

Especie	<i>Dunalia brachyacantha</i> Miers
Familia	Solanaceae Juss.
Código	Dun bra



SITIO 2. ACHUMANI

Especie	<i>Verbena litoralis</i>
Familia	Verbenaceae
Código	Ver lit



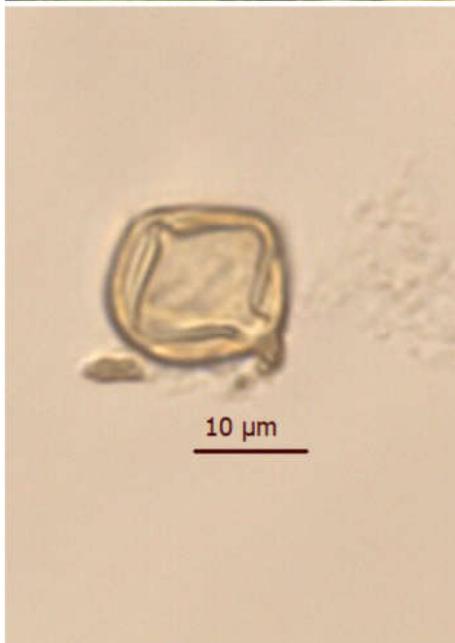
SITIO 2. ACHUMANI

Especie	<i>Teucrium fruticans</i>
Familia	Lamiaceae
Código	Teu fru



SITIO 2. ACHUMANI

Especie	<i>Sedum sp.</i>
Familia	Crassulaceae
Código	Sed sp



SITIO 3. JARDÍN JAPONÉS

Especie	<i>Ligustrum sp.</i>
Familia	Oleaceae
Código	Lig sp



SITIO 3. JARDÍN JAPONÉS

Especie	<i>Antirrhinum majus</i>
Familia	Plantaginaceae
Código	Ant maj



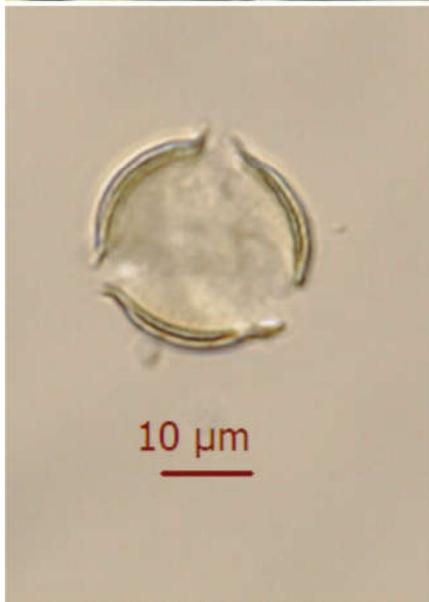
SITIO 3. JARDÍN JAPONÉS

Especie	<i>Petunia sp.</i>
Familia	Solanaceae
Código	Pet sp



SITIO 3. JARDÍN JAPONÉS

Especie	<i>Hebe speciosa</i>
Familia	Plantaginaceae
Código	Heb spe



SITIO 3. JARDÍN JAPONÉS

Especie	<i>Melaleuca citrinus</i>
Familia	Myrtaceae
Código	Mel cit



SITIO 3. JARDÍN JAPONÉS

Especie	<i>Pyracantha coccinea</i>
Familia	Rosaceae
Código	Pyr coc

