



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Tesina presentada para obtener el título de grado académico de
INGENIERA EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

**VARIACIÓN INTRADIURNA E INTERANUAL DEL POLEN AÉREO ARBÓREO EN LA CIUDAD
DE SANTA ROSA, LA PAMPA**

Agustina Brinatti

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2019

PRÓLOGO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica.

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Palinológicos, área de Coordinación Académica de Recursos Naturales de la Facultad de Agronomía, UNLPam, durante el período comprendido entre el 5 de octubre de 2018 y el 2 de mayo de 2019, bajo la dirección de la Lic. Valeria E. Caramuti.

2 de mayo de 2019

Brinatti Agustina

Departamento de Recursos Naturales
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de La Pampa

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de La Pampa y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, lugar físico donde realicé mis estudios y me formé como profesional.

A la Facultad de Agronomía por brindarme el espacio físico y los insumos para realizar el presente estudio.

A mi directora, Lic. Valeria E. Caramuti, por guiarme y ayudarme en esta última etapa como estudiante; por la paciencia, el apoyo, la transmisión de los conocimientos y la predisposición.

A mis padres y familia, por apoyarme en todo momento y no dejarme caer.

A mis amigos, por estar siempre conmigo.

RESUMEN

La Aeropalinología es la ciencia que estudia la presencia de granos de polen en el aire y sus patrones de distribución anual, diario e intradiurno. En la ciudad de Santa Rosa se inició el monitoreo aerobiológico con metodología estandarizada internacionalmente, lo que permitió conocer la composición del espectro aeropolínico. Éste mostró dos momentos prevalecientes, uno invierno-primaveral dado por fuentes arbóreas; y otro primavero-estival dado por fuentes herbáceas. El objetivo de esta tesina fue aportar al conocimiento de la variación interanual de polen aéreo de Santa Rosa en el periodo invierno-primaveral y caracterizar la dinámica horaria de los tipos polínicos arbóreos más relevantes, durante julio a diciembre de 2012. Se empleó la metodología volumétrica por succión basada en el principio de impacto de Hirst. En la instalación del muestreador, procesamiento y análisis de muestras se siguió el Protocolo de la Red Española de Aerobiología. El polen arbóreo, proveniente de especies exóticas del arbolado urbano, predominó en los meses invernales. El índice polínico total fue de 7378 y estuvo dado por pocos tipos polínicos. El más abundante y único con días de alta concentración en el aire fue Cupressaceae, seguido de *Fraxinus* y *Platanus*. En todos los tipos polínicos registrados se mantuvo igual estacionalidad respecto a años previos, pero la intensidad polínica fue menor, lo que estaría explicado por las precipitaciones producidas antes y durante el mes de mayor presencia de polen en el aire. Se encontró una mayor concentración aeropolínica en horas del mediodía y primeras horas de la tarde, pero no se pudo constatar la existencia de patrones de distribución intradiurno por tipos polínicos.

ABSTRACT

Aeropalinoology is the science that studies the presence of pollen grains in the air and their patterns of annual, daily and intra-diurnal distribution. In the city of Santa Rosa, aerobiological monitoring was started with an internationally standardized methodology, which allowed us to know the airborne pollen content. This one showed two prevailing moments, one winter-spring given by arboreal sources; and another spring-summer given by herbaceous sources. The aim of this thesis was to contribute to the knowledge of the inter-annual variation of Santa Rosa's airborne pollen in the winter-spring period and to characterize the intra-diurnal dynamics of the most relevant tree pollen types, during July to December 2012. Airborne pollen was sampled using a Hirst-type volumetric trap and the Spanish Aerobiology Network Protocol was performed. Tree pollen, coming from exotic species of urban woodland, predominated in winter months. Total pollen index was 7378 and because of few pollen types. The most abundant and unique with days of high concentration in the air was Cupressaceae, followed by *Fraxinus* and *Platanus*. In all recorded pollen, seasonality was the same as in previous years, but the intensity was lower, which would be explained by rains produced before and during the month of greatest concentration. About intra-diurnal airborne pollen, the higher concentration were found in midday and early afternoon hours, but the existence of intra-diurnal patterns by different pollen types could not be confirmed.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	6
PALINOLOGÍA Y AEROPALINOLOGÍA	6
AEROPALINOLOGÍA Y POLINOSIS	7
MONITOREO AEROBIOLÓGICO	7
COMPOSICIÓN Y DINÁMICA AEROPOLÍNICA DE CENTROS URBANOS	9
ARBOLADO URBANO Y POLEN AÉREO	9
LOS FACTORES METEOROLÓGICOS Y POLEN AÉREO	10
VARIACIÓN ESTACIONAL, DIARIA E INTRADIURNA DE POLEN AÉREO	12
HIPÓTESIS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
MATERIALES Y MÉTODOS	15
ÁREA DE ESTUDIO	15
METODOLOGÍA DE MUESTREO	17
ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS	18
COMPARACIÓN CON ESTACIONES AEROPOLÍNICAS PREVIAS	21
RESULTADOS	22
DISCUSIÓN	37
CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXO	53

INTRODUCCIÓN

PALINOLOGÍA Y AEROPALINOLOGÍA

La Palinología es la ciencia que estudia la estructura y formación de los granos de polen, junto a su dispersión y preservación ante determinadas situaciones ambientales. Estas partículas biológicas se originan en las estructuras reproductoras masculinas de las plantas espermatofitas y alojan al gametofito masculino. Deben trasladarse desde su fuente de producción, las anteras en las angiospermas y microsporofilos en las gimnospermas, hacia las estructuras reproductoras femeninas, donde se producirá su germinación para la posterior fecundación (Moore *et al.*, 1991). Este proceso de transporte se produce por diversos agentes y se conoce como polinización. Existen numerosas espermatofitas que utilizan el viento como agente de dispersión durante la polinización, plantas a las que se conoce como anemófilas, y razón por la cual los granos de polen constituyen una de las partículas biológicas presentes en el aire.

En general el tamaño de los granos oscila entre 10 y 40 μm y están rodeados de una pared fuerte y resistente, la exina, con una escultura y aperturas para la germinación diferenciales que posibilitan su reconocimiento a nivel taxonómico. Determinadas características a nivel de la morfología polínica favorecen la anemofilia, como un tamaño pequeño, forma redondeada aerodinámica, exina fina y lisa, sin cubierta pegajosa lipídica, entre otras (Gutiérrez Bustillo *et al.*, 2001).

La Aeropalinología, rama de la Aerobiología, es la disciplina científica que estudia los granos de polen, esporas de hongos y helechos presentes en el aire (Hyde, 1952). La composición cuali y cuantitativa del espectro aeropolínico de un área determinada depende principalmente de la cobertura vegetal de la zona (Kasprzyk, 2006; Pérez-Badía *et al.*, 2010); y muestra una periodicidad anual, diaria e intradiurna en función de los patrones biológicos de emisión polínica y de los factores meteorológicos, como temperatura, lluvia, humedad relativa y vientos (Alba *et al.*, 2000; Mandrioli & Ariatti, 2001). De hecho, Bryant (1989) considera a los granos de polen como las “huellas digitales” de las plantas al estar estrechamente relacionados con la floración, reproducción y distribución de la vegetación. Estas relaciones hacen que las observaciones de polen aéreo puedan ser utilizadas en un amplio espectro de estudios vinculados con las plantas anemófilas (Scheifinger *et al.*, 2013).

AEROPALINOLOGÍA Y POLINOSIS

En los ambientes urbanos un aspecto importante de la Aeropalinología está vinculado con la medicina. El polen fue el primer agente descrito como capaz de inducir alergia en las vías respiratorias (Garrido-Lestache, 2007). Esto se debe al tamaño de los granos de polen provenientes de plantas anemófilas que posibilita el fácil ingreso a las personas por dichas vías, desencadenando reacciones alérgicas. En este sentido, se le atribuyen a Bostock los primeros estudios de la afección al describir sus síntomas en 1819, denominándola “fiebre del heno”. Luego Blackley, al inducirse él mismo pruebas cutáneas, demostró que tales síntomas eran provocados por granos de polen provenientes de los cereales (Sabariego Ruiz, 2003). Actualmente se entiende por “polinosis” al conjunto de afecciones que cursan con rinoconjuntivitis y asma bronquial originados por alergia al polen (Castro Alfageme & Fernández González, 2004). Ambas son consideradas como las enfermedades alérgicas más importantes que afectan del 5 al 40% de la población, cuya prevalencia y gravedad están en aumento particularmente en países industrializados, en relación con el estilo de vida de los residentes de las ciudades y la creciente contaminación del aire (Asher *et al.* 2006; Staffaloni & Hruska 2008; Ribeiro *et al.*, 2009; Terán *et al.*, 2009; Pérez Badia *et al.*, 2010; Rodríguez Rajo *et al.*, 2010; Myszkowska *et al.*, 2011; Staffaloni *et al.*, 2011; Cariñanos *et al.*, 2014, 2019; Cariñanos & Casares Porcel 2017). La alergia es la reacción de hipersensibilidad que presenta una persona frente a una sustancia extraña llamada alérgeno (Terán *et al.*, 2009), que en el caso de los granos de polen son fracciones proteicas, no genéricas, presentes en las cubiertas de estas partículas biológicas. Esto es, las personas clínicamente sensibles lo son a ciertos taxones o tipos polínicos, produciéndose los cuadros clínicos típicos en el paciente de forma simultánea a la estación polínica (Cecchi, 2013). En este sentido, el conocimiento del polen aéreo es información de gran utilidad en el diagnóstico, prevención y tratamiento de la polinosis (Boi & Llorens, 2008; Dahl *et al.*, 2013).

MONITOREO AEROBIOLÓGICO

Las características del espectro polínico son específicas según el área, por lo que es importante documentar los diferentes tipos polínicos de cada lugar (Murray *et al.*, 2010; Caramuti *et al.*, 2014). El muestreo diario de la atmósfera en un sitio determinado permite un conocimiento más preciso sobre el momento de aparición y desaparición de los diferentes

tipos de polen, existiendo diversos métodos para el estudio de la presencia de tipos polínicos en el aire, como los métodos gravimétricos o los volumétricos.

Los métodos gravimétricos consisten en la exposición al aire de una superficie horizontal impregnada de una sustancia adhesiva sobre la cual sedimentan las partículas por simple gravedad. Blackey, en 1873, fue el primero en utilizar este método. Entre los captadores gravimétricos se destacan el de Darder & Duran (1936), Durham (1946) y Pla Dalmau (1958). Como desventajas de este método se pueden enumerar: no permiten conocer el volumen del aire muestreado, por lo que no se puede calcular la concentración de granos por unidad de volumen de aire; son muy dependientes de la dirección en la que incide el viento; y su capacidad de captura es relativamente baja en el caso del polen (Sabariego Ruiz, 2003).

Dentro de los métodos volumétricos se encuentran los muestreadores Rotorod (Perkins, 1957), y los tipo Hirst (1952). El primero consiste en un portaobjeto que se hace girar por motores eléctricos, variando la exposición; la retención de las partículas se produce cuando el aire choca contra la superficie del portaobjeto (Sabariego Ruiz, 2003).

El método volumétrico por succión, basado en el principio de impacto de Hirst (1952), consiste en una bomba de vacío que aspira un volumen de aire de 10 l/min, equivalente al volumen de aire por minuto que ingresa en el cuerpo humano al respirar. El aire, conteniendo partículas biológicas e inertes, entra por un orificio e incide sobre un portaobjeto impregnado con una sustancia adhesiva, que es retirado y sustituido por otro diariamente. Los captadores Burkard y Lanzoni son una modificación del Hirst. En ellos la bomba de vacío se encuentra en el interior; y las partículas impactan sobre una cinta plástica impregnada de sustancia adhesiva colocada sobre un tambor que gira a razón de 2mm/h; además, se les ha incorporado una veleta para reorientar continuamente la ranura en la dirección del viento, siendo la autonomía de muestreo de una semana. El muestreo volumétrico hace posible conocer la concentración real de partículas contenidas por metro cúbico de aire. Además, los captadores tipo Hirst posibilitan realizar un muestreo continuo, brindando información muy valiosa en relación con las alergias (Sabariego Ruiz, 2003).

En el Hemisferio Norte la metodología volumétrica por succión para el muestreo aeropolínico se encuentra estandarizada internacionalmente (Galán Soldevilla *et al.*, 2007; Galán *et al.*, 2014) y la continuidad de los monitoreos aeropolínicos en el tiempo ha

permitido un desarrollo sustancial de la Aerobiología como ciencia (Cariñanos *et al.*, 2004; Cristofori *et al.*, 2010; Šcevková *et al.*, 2010). Por ejemplo, los datos obtenidos por muestreos aerobiológicos de largo plazo posibilitan desarrollar modelos de pronóstico (Galán *et al.*, 2005; Garcia-Mozo *et al.*, 2009; Dahl *et al.*, 2013;) y han permitido demostrar un incremento del polen aéreo (Damialis *et al.*, 2007; Cristofori *et al.*, 2010).

En Argentina, los monitoreos urbanos diarios de polen aéreo con metodología volumétrica se han realizado principalmente en la región pampeana, como en la ciudad de Mar del Plata (Latorre & Perez, 1997; Latorre & Caccavari, 2009), La Plata (Nitiu & Romero, 2002; Nitiu, 2006), Bahía Blanca (Murray *et al.*, 2002, 2010), Rosario (Gatusso *et al.*, 2003 a y b) y Buenos Aires (Noetinger & Romero, 1997; Nitiu *et al.*, 2003). También se han estudiado otros centros urbanos, como San Carlos de Bariloche en la región de los Bosques Andino Patagónicos (Bianchi & Olabuenaga, 2006), San Miguel de Tucumán en la región de las Yungas (García & Nitiu, 2012), y Diamante en la zona del Delta del Paraná (Latorre & Caccavari, 2010). En la ciudad de Santa Rosa se inició el monitoreo aerobiológico con metodología Hirst en el año 2007, lo que permitió la caracterización de la composición cuali y cuantitativa del espectro aeropolínico (Caramuti *et al.*, 2014).

COMPOSICIÓN Y DINÁMICA AEROPOLÍNICA DE CENTROS URBANOS

ARBOLADO URBANO Y POLEN AÉREO

El arbolado es un elemento muy importante del paisaje urbano, no sólo por su valor estético, sino también por sus valores ambientales como reducción de la contaminación atmosférica, provisión de sombra, purificación del aire, y mitigación de las temperaturas, entre otros (Cariñanos *et al.*, 2014, 2019; Cariñanos & Casares Porcel, 2017). En general, la selección de especies de árboles para el arbolado urbano se basa en la tolerancia al estrés ambiental urbano o adaptabilidad de la planta a las condiciones climáticas locales, a la disponibilidad en viveros, la facilidad de manejo, etc. Al tratar de satisfacer las necesidades estéticas y recreativas de los habitantes, el manejo de las áreas verdes urbanas a menudo no toma en cuenta la alergenicidad de las plantas ornamentales introducidas (Staffaloni *et al.*, 2011), incorporando así especies exóticas altamente alergógenas a su arbolado urbano y espacios verdes, ya que tienen un alto valor ornamental y se adaptan bien a las condiciones ecológicas urbanas (Staffaloni *et al.*, 2011; Cariñanos *et al.*, 2014; Velasco-Jiménez *et al.*, 2014). Por ello, es importante tener en cuenta al momento de diseñar áreas verdes nuevas la

alergenicidad de dichas especies y así poder mejorar la calidad del medio ambiente y proteger a las personas alérgicas (Staffaloni *et al.*, 2011; Benedetti *et al.*, 2013). Cabe destacar que no todos los granos de polen son causantes de alergias, y entre los que sí lo son, no todos tienen el mismo potencial de alergenicidad. Para que las emisiones polínicas resulten alergénicas las concentraciones deben superar el umbral de sensibilización y deben estar por un período elevado de tiempo en el aire. Esto último se puede dar por la existencia de diferentes especies de una misma familia en una misma zona, donde los períodos de floración se van solapando unos con otros (Cariñanos & Casares Porcel, 2017). Otros factores que favorecen la alergenicidad son la falta de biodiversidad, el incremento de especies invasoras, el mantenimiento inadecuado de la zona y el sexismo botánico (Cariñanos *et al.*, 2014; Cariñanos & Casares Porcel, 2017).

Cabe indicar que muchas de las especies utilizadas en el arbolado tienen una alta producción polínica. Por ejemplo, Tormo Molina *et al.* (1996) han citado para especies arbóreas una producción polínica por inflorescencia de 3×10^6 en *Olea*, 15×10^6 en *Platanus*, 5×10^5 en *Ulmus* y $1,4 \times 10^6$ en *Fraxinus*, información según la cual se espera una alta abundancia relativa de estos tipos polínicos en el aire.

En Santa Rosa, un censo de arbolado urbano realizado en el radio céntrico de la ciudad arrojó una diversidad muy baja en la composición del mismo, a juzgar por el poco número de taxones utilizados y con alta representación, como las especies de *Fraxinus* spp., que mostraron una abundancia relativa del 36,5% (Caramuti *et al.*, 2010). Esto explicaría a su vez la alta representación del correspondiente tipo polínico en el aire de la ciudad (Caramuti *et al.*, 2014).

LOS FACTORES METEOROLÓGICOS Y POLEN AÉREO

La floración, polinización y dispersión de los granos de polen en la atmósfera están estrechamente relacionadas con los parámetros meteorológicos (Pérez Badía *et al.*, 2010). La precipitación y la temperatura del aire son los parámetros que tienen la mayor influencia en la liberación de granos de polen y el tiempo que permanecen en el aire (Jato *et al.*, 2002). Al analizar estas relaciones estadísticamente, se han encontrado correlaciones significativas positivas entre la concentración total de polen en el aire y la temperatura media, radiación solar y velocidad del viento; y negativas con la humedad relativa y la precipitación (Alba *et al.*, 2000; Murray *et al.*, 2010).

La temperatura es importante para que se produzca la dehiscencia de las anteras y la posterior emisión del polen, por ello dicha liberación suele ocurrir en las horas centrales del día, cuando las temperaturas son más elevadas. Éstas también favorecen el transporte vertical de las partículas, incrementando su permanencia en la atmósfera. Un descenso brusco de la temperatura puede retrasar la dehiscencia o impedir la emisión (Pérez Badía *et al.*, 2010; Castro Alfageme, 2014). El viento ejerce una influencia decisiva en la dispersión y transporte horizontal de los granos de polen de plantas anemófilas. Las concentraciones de polen ascienden cuando aumenta la velocidad del viento y disminuyen si se reduce. Además, el viento puede favorecer la refltación del polen ya sedimentado. La turbulencia, tanto térmica como mecánica, afecta la suspensión y difusión vertical de los granos de polen. La dirección del viento también juega un papel importante. La mayor parte del polen producido se deposita a pocos kilómetros de distancia. Sin embargo, existen evidencias de transporte que superan los miles de kilómetros (Pérez *et al.*, 2001; Castro Alfageme, 2014). Por ejemplo, en la ciudad de Santa Rosa se han encontrado granos de polen de *Nothofagus* provenientes de los bosques andino-patagónicos (Caramuti *et al.*, 2014). Por otro lado, la precipitación limpia la atmósfera de polen, sedimentándolo, de modo que tanto su intensidad como su distribución anual afecta la concentración polínica en el aire (Jato *et al.*, 2002; Castro Alfageme, 2014). Mientras que la humedad relativa favorece el desarrollo de la planta y facilita la floración, pero un incremento por encima de un umbral específico disminuye la concentración de polen en el aire, ya que los granos se vuelven más pesados por absorber dicha humedad, lo que dificulta su presencia en la atmósfera (Pérez Badía *et al.*, 2010; Castro Alfageme, 2014).

Los parámetros meteorológicos también influyen en la variación intradiurna de polen aéreo, ya que durante las horas del día la radiación solar suministra energía para calentar el suelo y desarrollar movimientos convectivos que promueven la mezcla vertical del aire. Por la noche, la pérdida de calor tiene efectos importantes en los procesos aerodinámicos, lo que conduce a una disminución de la turbulencia y la temperatura. Las concentraciones de polen en el aire siguen esta variación. Por ello, las altas concentraciones de polen se observan durante el día, con valores máximos entre las 12:00 y las 14:00 h, mientras que los valores más bajos se registran durante la noche, entre las 4:00 y las 6:00 h (Pérez *et al.*, 2003).

VARIACIÓN ESTACIONAL, DIARIA E INTRADIURNA DE POLEN AÉREO

El contenido de polen en el aire se caracteriza por su periodicidad anual, diaria e intradiurna, y depende de los patrones biológicos de emisión de polen y de las variaciones de los factores meteorológicos (Pérez Badía *et al.*, 2010). El polen atmosférico es un indicador del inicio, desarrollo y máximo de las fases florales de la vegetación anemófila. En cambio, el final de la floración no está precisamente indicado por el polen aéreo ya que los granos de polen permanecen en el aire después de que fueron emitidos y las anteras se han marchitado (Nitiu, 2009).

En la estación aerobiológica de la ciudad de Santa Rosa, Caramuti *et al.* (2014) encontraron que el patrón anual del índice polínico presenta dos momentos prevalecientes: uno invierno-primaveral, de julio a noviembre; y otro estival, de diciembre a marzo. Entre los meses de julio a septiembre, predominaron en las muestras los tipos de polen arbóreo, en su mayoría representados por Cupressaceae, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Platanus*, y *Populus* provenientes de fuentes emisoras exóticas correspondientes al arbolado urbano; en la primavera se encontraron otros tipos polínicos arbóreos conocidos como alergénicos, como es el caso de *Olea europea*, pero también otros provenientes de componentes de la flora nativa, como *Condalia microphylla*. Para los meses de octubre y noviembre, se agregan dos familias herbáceas como, Urticaceae y Poaceae. En los meses de diciembre y enero, los representantes arbóreos más importantes en el espectro polínico son *Styphnolobium japonicum*, Myrtaceae y Pinaceae. En el período estival predominan los tipos polínicos de las especies herbáceas, principalmente *Amaranthus*-Chenopodiaceae, Poaceae, *Artemisia* y *Ambrosia tenuifolia*. Desde abril a junio la cantidad de polen aéreo baja considerablemente respecto al resto del año.

En dos estaciones polínicas (julio 2007 – junio 2009), el componente arbóreo del espectro fue el responsable del pico anual y representó en promedio el 57,3% del total registrado, mientras que de julio a noviembre el porcentaje de polen registrado en promedio fue de 76,5% del total anual. Esta información fundamenta la importancia del periodo invierno primaveral para la aeropalinología de la ciudad de Santa Rosa (Caramuti *et al.*, 2014).

La variación en la concentración de polen en la atmósfera a lo largo de las horas del día es importante para conocer mejor la dinámica aeropolínica y para aportar información

relevante en relación con las alergias estacionales. Esto último se debe a que posibilita conocer cuáles son las horas en que se acumula la mayor concentración de polen, permitiendo que la población clínicamente sensible a determinados tipos polínicos presentes en el aire pueda adoptar comportamientos preventivos que contribuyan a mejorar su calidad de vida (Ribeiro *et al.*, 2008; Ribeiro *et al.*, 2009; Pérez Badía *et al.*, 2010).

Cabe destacar que para la estación de monitoreo aerobiológico de la ciudad de Santa Rosa no se tienen datos de la variación intradiurna de polen aéreo arbóreo. En este sentido, el presente plan de tesis se propone realizar un aporte hacia la ampliación de la base de datos aeropolínicos de la ciudad, dando cuenta de la variación interanual e intradiurna de polen aéreo arbóreo provenientes de fuentes emisoras conocidas como relevantes por su abundancia, potencial alergénico y/o valor como representantes de la flora nativa.

HIPÓTESIS

En el espectro aeropolínico de la ciudad de Santa Rosa, en el periodo invierno-primaveral, son prevalecientes los tipos polínicos arbóreos provenientes de especies de origen exótico, como Cupressaceae, *Fraxinus*, *Ulmus* y *Platanus*, y de especies nativas como *Condalia microphylla*. Cada uno de ellos muestra una concentración diaria de granos de polen/m³ de aire que varía a lo largo de distintas estaciones polínicas, a la par de presentar patrones de variación intradiurna.

OBJETIVO GENERAL

Dada la relevancia de polen arbóreo en el espectro polínico del aire de la ciudad de Santa Rosa, se propone aportar al conocimiento de su variación interanual y caracterizar la dinámica horaria de los tipos polínicos más relevantes por su abundancia, potencial alergénico y/o valor como representantes de la flora nativa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la presencia y cantidad de polen aéreo arbóreo en muestras aerobiológicas de Santa Rosa correspondientes al periodo comprendido entre julio y diciembre de la estación polínica 2012-2013.
- Estimar el índice polínico (abundancia en números de granos de polen), abundancia relativa, obtener el día del pico polínico y concentración correspondiente, días pre-pico y pos-pico, promedio horario de concentración polínica e índice de distribución intradiurno.
- Identificar los días con baja, moderada, alta o muy alta concentración según los estándares de la Academia Americana de Alergia, Asma e Inmunología (AAAAI).
- Obtener las curvas polínicas diarias y horarias correspondientes.
- Comparar los datos obtenidos con los correspondientes a estaciones polínicas previas.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se realizó en la ciudad de Santa Rosa, capital de la provincia de La Pampa (36° 37' S, 64° 17' W, 175 ms.n.m.) (Fig. 1), localidad que cuenta con una superficie urbana de 21,8 km². Su población es de 105.047 habitantes, que representa el 32,3% del total provincial, según datos del último censo del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del año 2010.

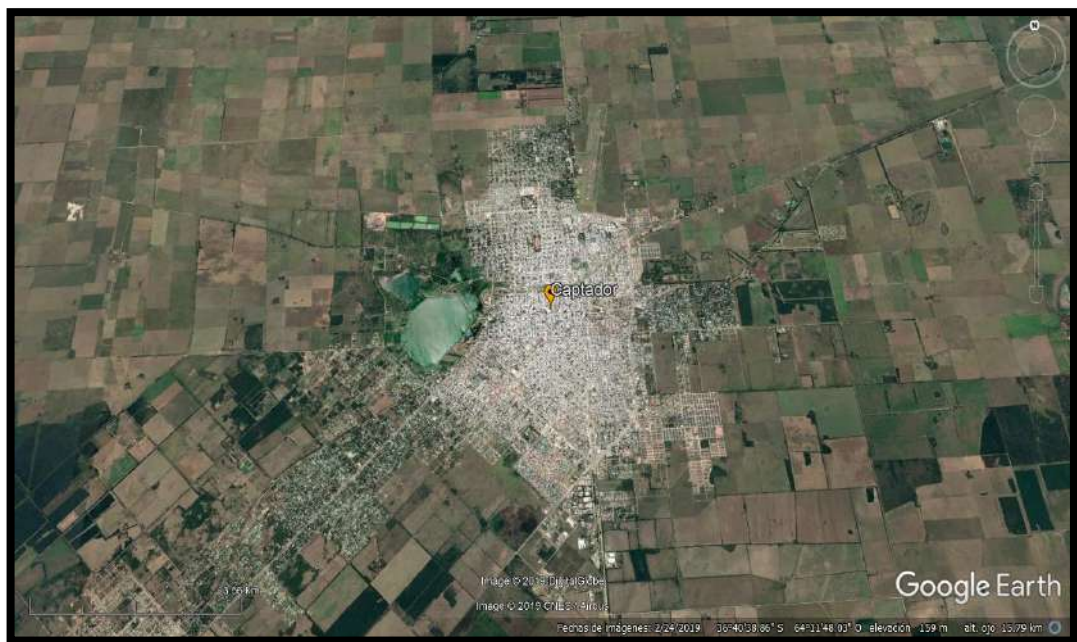


Figura 1. Área de estudio: vista aérea de la ciudad de Santa Rosa (obtenida de Google Earth en: <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>). La marca corresponde a la ubicación del captador aeropolínico Lanzoni VPPS 2000.

Fitogeográficamente, el área de estudio pertenece a la Provincia del Espinal, Distrito del Caldén (Cabrera, 1994), encontrándose próxima hacia el Este a la Provincia Fitogeográfica Pampeana, siendo que ambas están modificadas por la agricultura (Fig. 2).

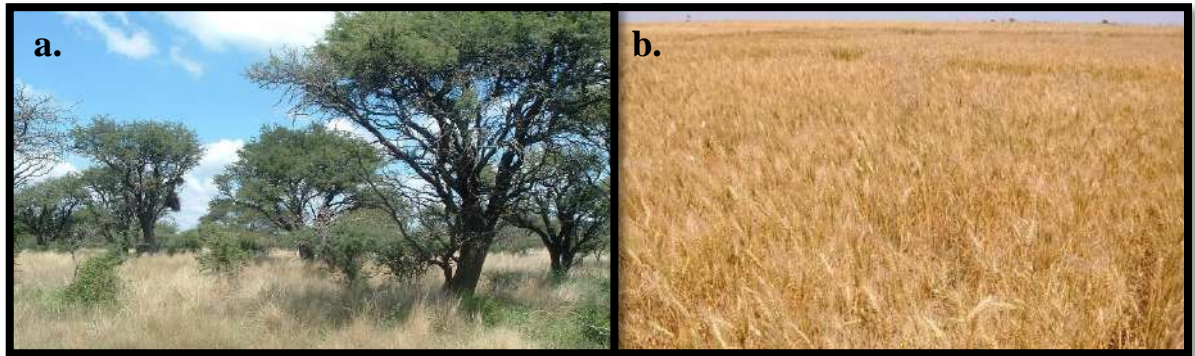


Figura 2. Flora nativa y vegetación periurbana. **a.** Establecimiento Bajo Verde, departamento Toay, 35 km al Oeste de Santa Rosa: Bosque de Caldén, con manejo silvopastoril para ganado de cría. Se aprecia el estrato arbóreo conformado por *Prosopis caldenia* y el estrato herbáceo integrado por gramíneas (imagen cedida por el Dr. Morici Ernesto, Facultad de Agronomía, UNLPam) Fecha: Marzo 2011. **b.** Área cultivada con cereales de invierno, *Triticum aestivum*, Campo de Producción de la UNLPam, departamento Capital, 10 km al Norte de Santa Rosa (imagen cedida por el Ing. Zingaretti Osvaldo, Facultad de Agronomía, UNLPam). Fecha: diciembre 2018.

El clima es templado, con las estaciones del año bien diferenciadas. La temperatura media es de 15,6°C, con precipitaciones medias anuales de 718,7mm, y vientos predominantes de sentido N – NE y S – SO (Vergara & Casagrande, 2012).

La zona periurbana de Santa Rosa comprende tierras dedicadas a la producción agropecuaria con predominio de la agricultura. En relación con el arbolado urbano, se destaca una baja diversidad en virtud de que pocas especies, todas exóticas, están ampliamente representadas. En el centro de la ciudad, las especies más representativas son *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Robinia pseudoacacia* var. *umbraculifera* L., *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton, *Lagestroemia indica* L. y *Prunus ceracifera* Ehrh. var. *atropurpurea*. También están presentes, aunque en menor cantidad, *Styphnolobium japonica* (L.) Schott, *Callistemon lanceolatus* (Sm.) DC, *Platanus x acerifolia* (Aiton) Willd., *Fraxinus excelsior* L., *F. excelsior* L. var. *aurea* y *Melia azedarach* L. En los distintos espacios verdes abundan ejemplares de *Ulmus pumila* L. y representantes de las familias de Pinaceae, como “pinos y cedros”, y Cupressaceae, como “cipreses y juniperos” (Caramuti *et al.*, 2009; Alderette, 2011; Caramuti, 2014) (Fig. 3).



Figura 3. Especies arbóreas más representativas en el radio céntrico de la ciudad de Santa Rosa. **a.** *Cupressus sempervirens*, calle Marcelo T. de Alvear. **b.** *Faxonius pennsylvanica*, calle Cnel. Gil. **c.** *Ulmus pumila*, calle Rivadavia. **d.** *Platanus x acerifolia*, calle Marcelo T. de Alvear. Fecha: Abril 2019.

METODOLOGÍA DE MUESTREO

Se utilizó la metodología volumétrica por succión, basada en el principio de impacto de Hirst (1952). La capacidad de muestreo con esta metodología posibilita obtener datos correspondientes a una extensión de 50 km a la redonda, o aún a cientos de kilómetros, dependiendo de la topografía y de la capacidad dispersiva de los granos de polen de las especies. Este constituye un método de muestreo ya estandarizado y es el más utilizado internacionalmente en estudios de la composición del polen y esporas de hongos de la atmósfera, particularmente los vinculados a alergias respiratorias producidas por este tipo de partículas biológicas.

Para ello se cuenta con un captador de partículas volumétrico por succión, marca Lanzoni, modelo VPPS 2000 (Fig. 4b), que permite la toma de muestras independientemente de las características biogeográficas y bioclimáticas de la zona. Estos captadores son de fácil manejo, eficientes, robustos y soportan las diferentes condiciones climáticas. Dado que es el sistema de monitoreo empleado por diversos países que funcionan en red, la información obtenida puede ser comparada con la de otras localidades (Galán Soldevilla *et al.*, 2007).

El muestreador, que funciona desde enero del año 2007, está colocado en la terraza del edificio de Rectorado de la Universidad Nacional de La Pampa, aproximadamente a 15 m

de altura sobre el nivel del suelo, en el centro urbano de la ciudad. Esta altura es la adecuada para lograr una representación regional de la vegetación (Fig. 1, 4a y 4b). En la instalación se siguieron las recomendaciones técnicas de protocolos internacionales, como el de la Red Española de Aerobiología (Galán Soldevilla *et al.*, 2007).

El periodo de estudio del presente trabajo comprende de julio a diciembre de 2012. Estos meses se corresponden con los periodos de polinación principal de los tipos polínicos arbóreos más relevantes en el aire de la ciudad por su abundancia, potencial alergénico y/o relevancia como representantes de la flora nativa (Caramuti *et al.*, 2014). En este sentido, se realizó el recuento de los tipos polínicos Cupressaceae, *Fraxinus* y *Ulmus*, que han tenido una abundancia relativa del 2% en dos años sucesivos de muestreo aerobiológico. Los tipos polínicos con una representatividad menor al 2% analizados fueron: *Platanus*, *Olea europea*, *Ligustrum* y *Styphnolobium japonicum* por su capacidad alergénica, reactividad cruzada con *Fraxinus* (Murray, 2007) y/o abundancia de las respectivas fuentes emisoras en el arbolado urbano del radio céntrico de la ciudad; se incluyó también *Condalia microphylla* por su valor como representante de la flora nativa de la provincia fitogeográfica del Espinal, distrito del Caldén. En conjunto, estos ocho tipos polínicos identificados y contabilizados se denominarán en adelante como polen arbóreo (PA).

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Para el procesamiento y análisis de las muestras se siguió el Protocolo de la Red Española de Aerobiología (Galán Soldevilla *et al.*, 2007) y los requerimientos mínimos para redes de monitoreo aeropolínico del grupo de calidad y control de la *European Aeroallergen Network (EAN)* (Galán *et al.*, 2014). Consiste en cortar la cinta con las partículas impactadas en una semana de muestreo, en fragmentos de 48 mm que representan el muestreo de un día. Estas muestras se montan en portaobjetos con gelatina-glicerina y fucsina básica como colorante, que sólo tiñe los granos de polen. El método de recuento es el de campos tangenciales (Mandrioli, 2000), con objetivo 40X a partir de 4 transectas horizontales equidistantes (paralelas al eje mayor del preparado), contabilizándose horariamente los granos de polen mediante el uso de reglilla de acetato, confeccionada para tal fin (Fig. 4c y 4d). De esta manera se asegura el análisis de una submuestra del 12-13% de la superficie total de muestreo, superior al 10% recomendado por la EAN.

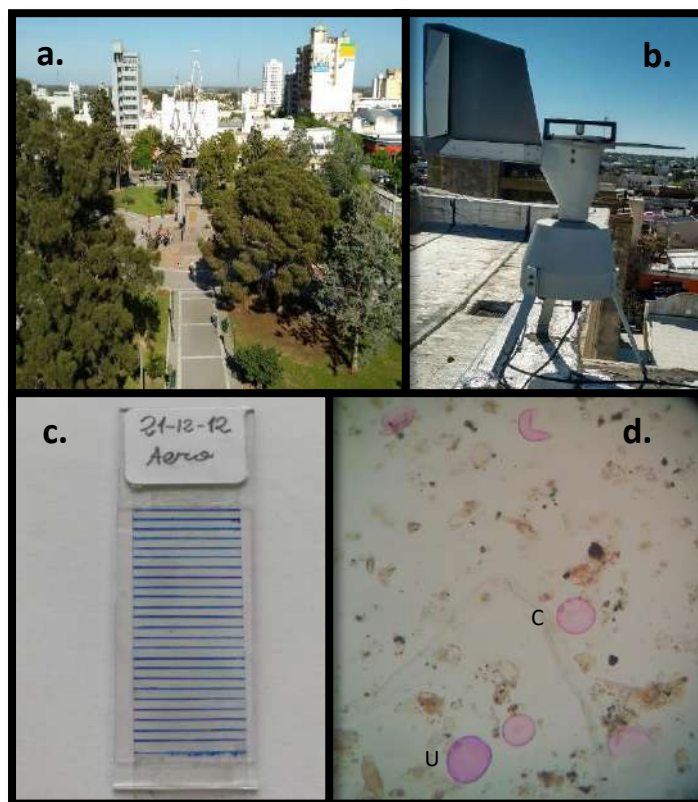


Figura 4. Metodología aeropolínica utilizada. **a.** Vista aérea del radio urbano céntrico de la ciudad, donde se encuentra instalado el captador aeropolínico (Fecha: marzo 2019). **b.** Muestreador aeropolínico Lanzoni VPPS 2000. **c.** Muestra aeropolínica diaria con reglilla de acetato para recuento horario. **d.** Granos de polen de C = Cupressaceae y U = *Ulmus* teñidos con fucsina y observados en muestras aeropolínicas a 400X.

La concentración polínica se expresa como una media diaria u horaria en granos de polen por metro cúbico de aire. Para ello, se debe multiplicar el número de granos de polen contabilizados en las 4 transectas horizontales por un factor que tiene en cuenta el volumen de succión de aire muestreado y la relación entre el área muestreada y el área examinada, según se indica a continuación:

Diámetro del campo de visión del microscopio óptico a 40X: 0,44 mm

Área del campo de visión del microscopio óptico:

$$r^2 \text{ (en mm)} \times 3,14$$

$$(0,22 \text{ mm})^2 \times 3,14 = 0,15 \text{ mm}^2$$

- Número de campos tangenciales examinados por preparado en 4 transectas:
 $[\text{longitud de la transecta (en mm)} / \text{diámetro del campo (en mm)}] \times \text{número de líneas}$
 $[48 \text{ mm} / 0,44 \text{ mm}] \times 4 = 436,36$
- Área total examinada:
 Número de campos examinados x área del campo

$$436,36 \times 0,15 \text{ mm}^2 = \mathbf{66,3 \text{ mm}^2}$$

- Área muestreada¹:

Ancho de la cinta Melinex x largo de la cinta

$$14 \text{ mm} \times 48 \text{ mm} = \mathbf{672 \text{ mm}^2}$$

- Volumen de succión de aire por día:

$$10 \text{ l/m} = 600 \text{ l/h} = 14400 \text{ l/día} = \mathbf{14,4 \text{ m}^3}$$

- Cálculo del factor de conversión para datos diarios:

$$\text{Relación } [\text{área muestreada} / \text{área examinada}] / \text{volumen diario de aire succionado} \\ [672 \text{ mm}^2 / 66,3 \text{ mm}^2] / 14,4 \text{ m}^3 = \mathbf{0,7/\text{m}^3}$$

- Número de granos de polen contados en los cuatro barridos = N granos de polen.
- Contenido de partículas por metro cúbico de aire por día:

$$\mathbf{N \text{ granos de polen} \times 0,7/\text{m}^3}$$

Para el recuento horario, se utiliza la misma fórmula, pero cambia la superficie examinada. En este caso el factor de conversión es de 13,26/m³.

Cabe resaltar que el empleo de esta metodología ya estandarizada internacionalmente en todas las etapas de muestreo, procesamiento y análisis de muestras permite que la información obtenida pueda ser comparada con la de otras localidades del país y del mundo.

La determinación de los tipos polínicos se realizó mediante comparación con material de referencia (preparado con material fresco teñido con fucsina) que forma parte de la Palinoteca de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa; y utilizando bibliografía de morfología palinológica, también usada en la descripción de los tipos polínicos (Erdtman, 1952; Markgraf & D'Antoni, 1978; Sáenz de Rivas, 1978; Grant Smith, 1990; Moore *et al.*, 1991; Gutiérrez Bustillo *et al.*, 2001; Garrido-Lestache, 2007; Punt *et al.*, 2007; Benedetti, 2013). Para la nomenclatura botánica de las fuentes emisoras se siguió el *International Plant Names Index (IPNI)*.

Los datos aeropolínicos (granos de polen/m³ de aire) se analizaron según parámetros aerobiológicos convencionales y mediante estadística descriptiva. Se obtuvieron datos de índice polínico, abundancia relativa, promedios diarios y horarios, día del pico polínico y concentración correspondiente, días pre y pospico. El período de la polinación considerado

¹ Superficie de la cinta Melinex que queda impactada con partículas, correspondiente a los 48 mm de largo de la cinta por los 14 mm de ancho como resultado de la dimensión del orificio de ingreso de aire.

para el análisis de datos fue el primer día en que se registra al menos un grano del polen, hasta el último día en que se registró un grano de polen (Cadman, 1990).

También se calculó la variación intradiurna según Galán *et al.*, (1991), que consiste en la construcción de matrices con el número de días analizado como filas y el recuento de grano de polen en el aire obtenidos hora a hora en cada día como columnas. A partir de esa matriz (matriz 1), se calculó el promedio horario y se seleccionaron los días con un número total de granos de polen igual o mayor al promedio, obteniéndose así los días que fueron representativos de cada taxón. Con la información de esos días se calcularon los nuevos promedios horarios de granos de polen/m³ (matriz 2).

Por último, se calculó el índice de variación intradiurna (IDI) por el método cuantitativo de Trigo *et al.* (1997), que toma los valores máximos y mínimos del recuento total por hora de los días estudiados, mediante la fórmula: $IDI = \frac{M-m}{T}$, donde **M** es el valor máximo de granos de polen/m³, **m** es el valor mínimo de granos de polen/m³ y **T** es el valor total. El valor de este índice varía entre 0 y 1, dependiendo de la distribución de la concentración de polen a lo largo del día. Si el IDI es cercano a 1 significa que la curva de variación aeropolínica intradiurna es muy pronunciada, con un pico polínico horario marcado. Si el IDI es cercano a 0 significa que la curva de variación intradiurna es atenuada, sin un pico polínico horario pronunciado.

COMPARACIÓN CON ESTACIONES AEROPOLÍNICAS PREVIAS

Para comparar los datos obtenidos con los correspondientes a estaciones aeropolínicas previas del mismo sitio de estudio se consideró lo reportado por Caramuti *et al.* (2014) para el periodo julio 2007 – junio 2008 y julio 2008 – junio 2009 y por Caramuti (2019) para el periodo julio 2010 – junio 2011. Con esta información se calculó el promedio y error estándar del índice polínico mensual de tres años a fin de comparar con los valores obtenidos en el presente estudio. También se consideró la fecha y concentración del pico polínico.

RESULTADOS

Para el periodo de estudio, comprendido entre el 1 de julio al 31 de diciembre del 2012, el índice polínico (cantidad total de granos de polen) fue de 7378 en las 182 muestras analizadas. El PA fue el componente predominante del espectro polínico durante los meses invernales (Fig. 5). A partir del mes de septiembre el PA comenzó a declinar simultáneamente con el registro de otros tipos polínicos. El pico polínico se produjo el 10 de agosto con una concentración de 356,3 granos de polen/m³ de aire, día en que el PA representó el 99,4% del total de polen aéreo registrado.

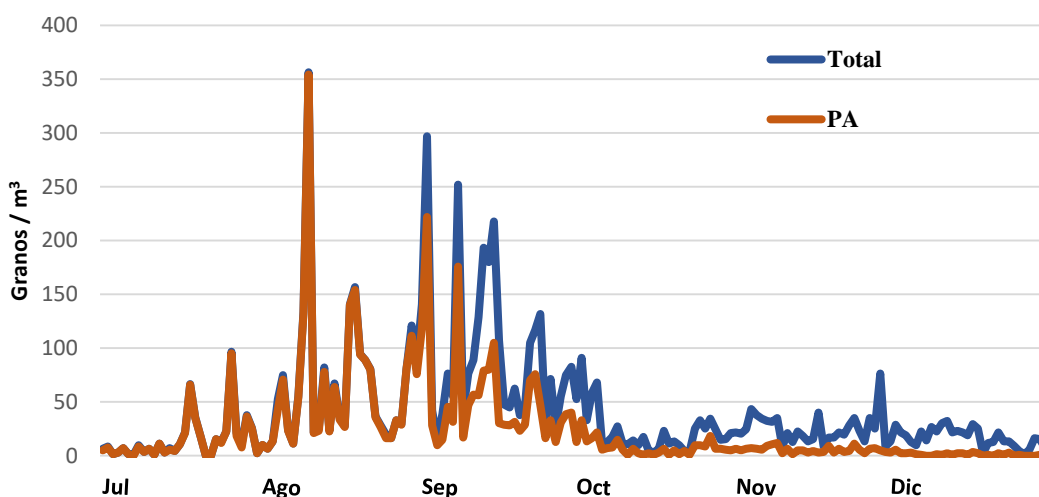


Figura 5. Curva polínica total y de polen arbóreo (PA) correspondiente al periodo julio – diciembre 2012.

Esta prevalencia de PA durante julio y agosto también pudo observarse al analizar el índice polínico mensual (Fig. 6), cuyo mayor valor, de 2882 granos, se registró en septiembre y del cual el 56 % correspondió a PA; este porcentaje a su vez correspondió a un 22% del total de PA registrado en el periodo de estudio. Octubre y noviembre registraron un índice polínico de PA de 240 granos (3% del total de PA) y 167 granos (2% del total de PA), respectivamente. El menor valor de todo el periodo de estudio se observó en diciembre con un índice polínico de PA de 41 granos, que representó el 1% del total de esta fracción de polen aéreo.

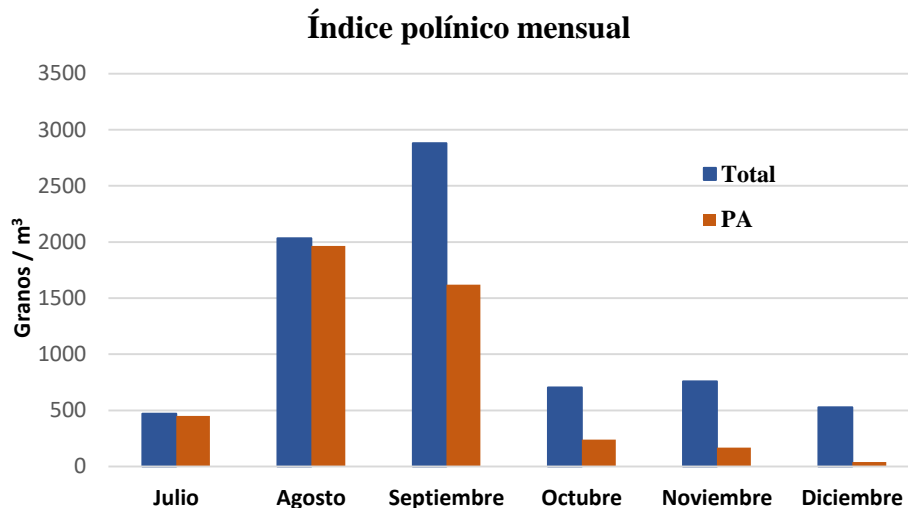


Figura 6. Índice polínico mensual total y arbóreo (PA) del periodo comprendido entre julio – diciembre 2012.

Respecto del total de PA registrado en el periodo de estudio, el 80% tuvo lugar en los meses de agosto y septiembre, mientras que el 20% se distribuyó en los meses restantes (Fig. 7).

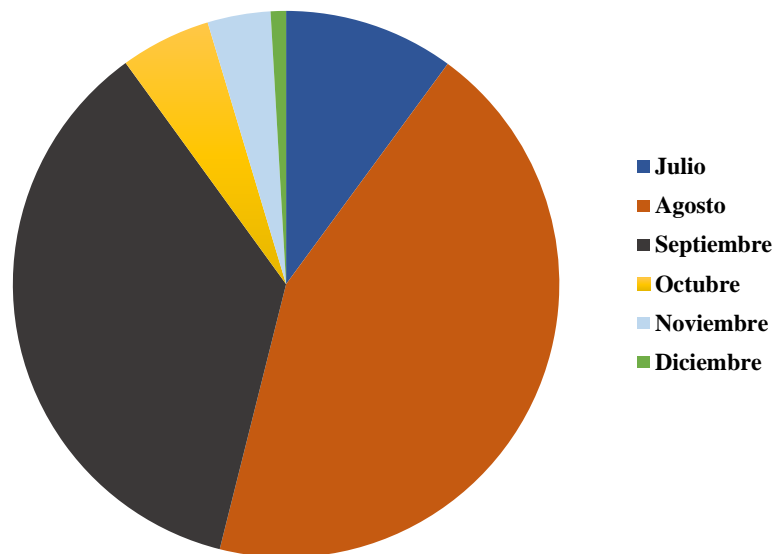


Figura 7. Porcentaje mensual de PA, respecto del total arbóreo registrado.

Al analizar el mes de agosto correspondiente al pico polínico del periodo de estudio, el tipo polínico predominante fue Cupressaceae con un 82%, mientras que el registro de *Fraxinus* y *Ulmus* fue del 14,5%; el 3,5% restante correspondió a granos de polen de otros tipos polínicos (Fig. 8).

Agosto

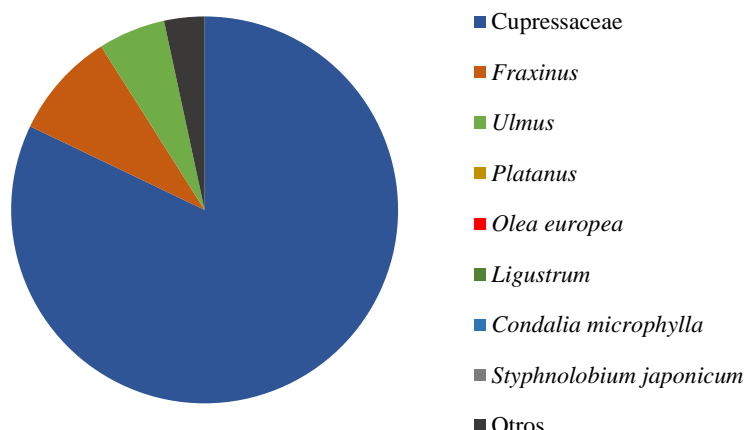


Figura 8. Contribución de los tipos polínicos identificados al total arbóreo registrado en el aire de la ciudad durante el mes del pico polínico.

En la Tabla 1 se muestran los parámetros aerobiológicos obtenidos para los tipos polínicos identificados: índice polínico y abundancia relativa. En los casos en que este último valor fue mayor al 0,3%, se muestra también el pico polínico y concentración correspondiente, primer y último día en que se registró un grano de polen, y cantidad de días previos y posteriores al pico polínico. Para los tipos polínicos con una abundancia relativa igual o inferior al 0,3%, muy baja concentración de polen/m³ y sin un pico polínico definido (*Ligustrum*, *Condalia microphylla* y *Styphnolobium japonicum*), se muestra sólo la cantidad de días con presencia en el aire, que en ningún caso superó los 20 días.

Tabla 1. Variables aeropolínicas obtenidas para cada tipo polínico durante el período de estudio. IP = índice polínico; % = abundancia relativa; PP = pico polínico; C = concentración de polen aéreo en el pico polínico; DI = primer día que se registró un grano de polen; DF = último día que se registró un grano de polen; PrP = cantidad de días pre-pico; PosP = cantidad de días post-pico; D = cantidad de días con presencia en el aire.

Tipo polínico	IP (cantidad de granos)	%	PP		DI (fecha)	DF (fecha)	PrP (días)	PosP (días)	D (días)
			Día (fecha)	C (granos/m ³)					
Cupressaceae	2932	39,7	10-ago	333	1-jul	18-dic	38	130	169
<i>Fraxinus</i>	1037	14,1	15-sep	76	1-jul	25-nov	74	71	146
<i>Ulmus</i> ¹	126	1,7	12 y 22-ago	11	2-ago	2-sep 4-nov ²	10	21	32
<i>Platanus</i>	272	3,7	14-sep	27	9-sep	27-nov	5	74	80
<i>Olea europea</i>	68	0,9	27-oct	10	18-oct	26-dic	9	60	70
<i>Ligustrum</i>	13	0,2							15

<i>Condalia microphylla</i>	16	0,2		15
<i>Styphnolobium japonicum</i>	20	0,3		18

¹Se consideró el primer día de pico polínico para calcular los días pre y post pico.

²La fecha DF = 4-nov está dada por 5 días con 1 grano de polen/m³ cada día.

La Tabla 2 muestra la cantidad de días en que se registraron concentraciones bajas, moderadas o altas de PA, según la Academia Americana de Alergia, Asma e Inmunología (AAAAI). De acuerdo a estos datos, el periodo invierno-primaveral del año de estudio no tuvo ningún día con concentraciones muy altas de PA y sólo 9 días con concentraciones altas de polen de Cupressaceae.

Tabla 2. Cantidad de días con baja, moderada, alta o muy alta concentración de granos de polen para cada tipo polínico analizado, de acuerdo a los estándares de la AAAAI (los valores entre paréntesis indican el rango de concentración de granos de polen para cada categoría).

Tipo polínico	Baja (0-14)	Moderada (15-89)	Alta (90-1499)	Muy alta (>1500)
Cupressaceae	100	35	9	0
<i>Fraxinus</i>	105	20	0	0
<i>Ulmus</i>	32	0	0	0
<i>Platanus</i>	57	3	0	0
<i>Olea europea</i>	42	0	0	0
<i>Ligustrum</i>	15	0	0	0
<i>Condalia microphylla</i>	15	0	0	0
<i>Styphnolobium japonicum</i>	18	0	0	0

Cupressaceae

Dentro de este tipo polínico se incluyen los granos de polen de diversas especies de cipreses, juníferos y tuyas, muy utilizadas en la ciudad y áreas periurbanas con fines ornamentales y/o forestales.

El grano de polen es esférico, de tamaño pequeño a mediano (19-38 µm), inaperturado, con exina psilada y báculos irregularmente esparcidos. La intina es muy gruesa y encierra un protoplasto que muestra forma de estrella. Dado que la exina es muy delgada se rompe fácilmente y el protoplasto se desprende habitualmente (Anexo, fig. 20a).

Fue el tipo polínico más abundante en el espectro aeropolínico de la ciudad, en cantidad de granos de polen y de días con presencia en el aire (Tabla 1); su IP representó un

65% de los tipos polínicos identificados. El pico polínico fue el 10 de agosto, coincidiendo con el pico polínico total, el cual fue alcanzado luego de sólo 38 días de presencia en el aire (Fig. 9). Por otro lado, el periodo postpico se extendió por más de 4 meses, hasta mediados de diciembre. Fue el único tipo polínico que llegó a registrar concentraciones altas de polen, según la AAI (Tabla 2).

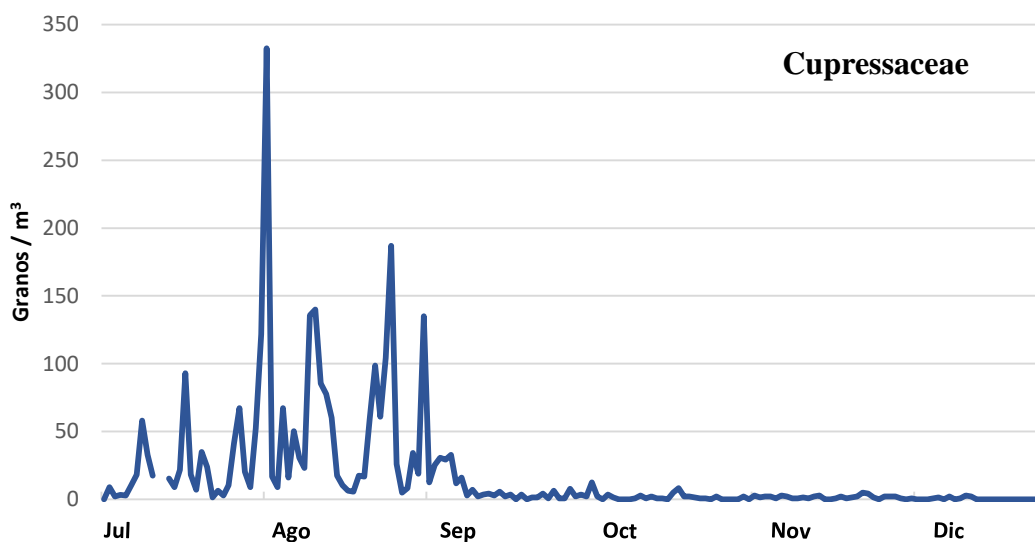


Figura 9. Concentración diaria de granos de polen de Cupressaceae (granos/m³) durante el período de estudio (julio – diciembre 2012).

Fraxinus

Este tipo polínico corresponde a los granos de polen de especies pertenecientes a la familia Oleaceae, conocidas vulgarmente como fresnos, muy utilizadas en el arbolado urbano de la ciudad.

El grano de polen es esférico, mediano (24-28 μm), tri-tetrazonocolporado, con colpos estrechos y exina finamente reticulada (Anexo, fig. 20b).

Fue el segundo tipo polínico más abundante, que representó el 23% de todos los analizados. Su PP fue alcanzado luego de casi el doble de tiempo que Cupressaceae y persistió en el aire hasta el 25 de noviembre (Tabla 1, Fig. 10). De los 148 días que hubo presencia en el aire de polen de *Fraxinus*, sólo se registraron 20 días con concentraciones moderadas y ningún día con concentraciones altas (Tabla 2).

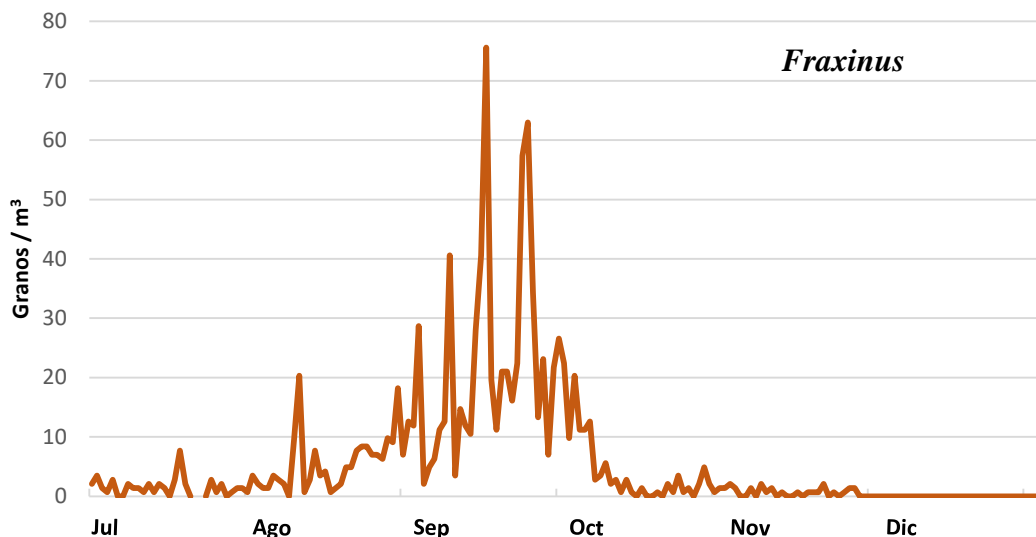


Figura 10. Concentración diaria de granos de polen de *Fraxinus* (granos/m³) durante el período de estudio (julio – diciembre 2012).

Ulmus

Este tipo polínico incluye a los granos de polen de especies de árboles conocidos vulgarmente como olmos, muy frecuentes en forestaciones periurbanas y distintos espacios verdes urbanos.

El grano de polen es esférico, mediano (23-30 μm), pentaporado, con exina de grosor medio que aumenta en los poros y superficie cerebroide. La intina es gruesa, especialmente bajo los poros donde forma *uncus*. En el interior se observan múltiples gránulos de almidón (Anexo, fig. 20c).

La presencia en el aire de este tipo polínico tuvo lugar en el mes de agosto, generando dos picos polínicos: el 12 y 22 de agosto (Fig. 11). Siempre estuvo presente en concentraciones bajas (Tabla 1).

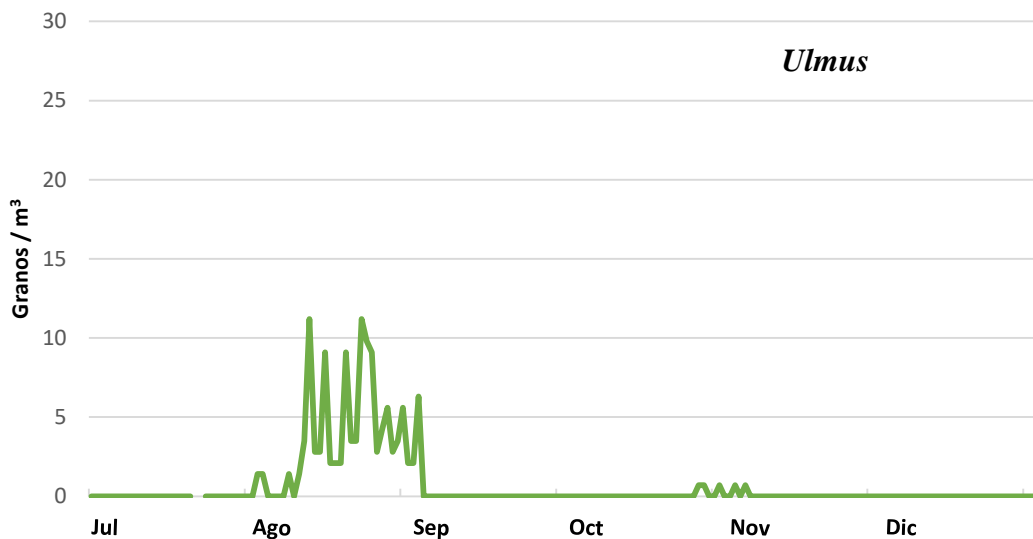


Figura 11. Concentración diaria de granos de polen de *Ulmus* (granos/m³) durante el período de estudio (julio – diciembre 2012).

Platanus

En este tipo polínico se incluyen los granos de polen de la especie *Platanus x acerifolia* conocido como plátano, frecuente en las veredas de arterias importantes de la ciudad, como la Avenida Spinetto o la Avenida Marcelo T. de Alvear, en la zona de las vías del ferrocarril.

El grano de polen es suboblado u oblado-esferoidal, pequeño (16-25 µm), trizonocolpado, con colpos cortos y amplios cubiertos de granulaciones. La exina es fina, con microrretículo (Anexo, fig. 20d).

Su presencia en el aire se dio a partir de septiembre, mes en el cual registró rápidamente su pico polínico (Fig. 12), manteniéndose en el aire hasta mediados de diciembre. Este tipo polínico, junto con *Fraxinus* y Cupressaceae, fueron los únicos que superaron concentraciones bajas según los niveles de polen en el aire establecidos por la AAAAI (Tabla 2).

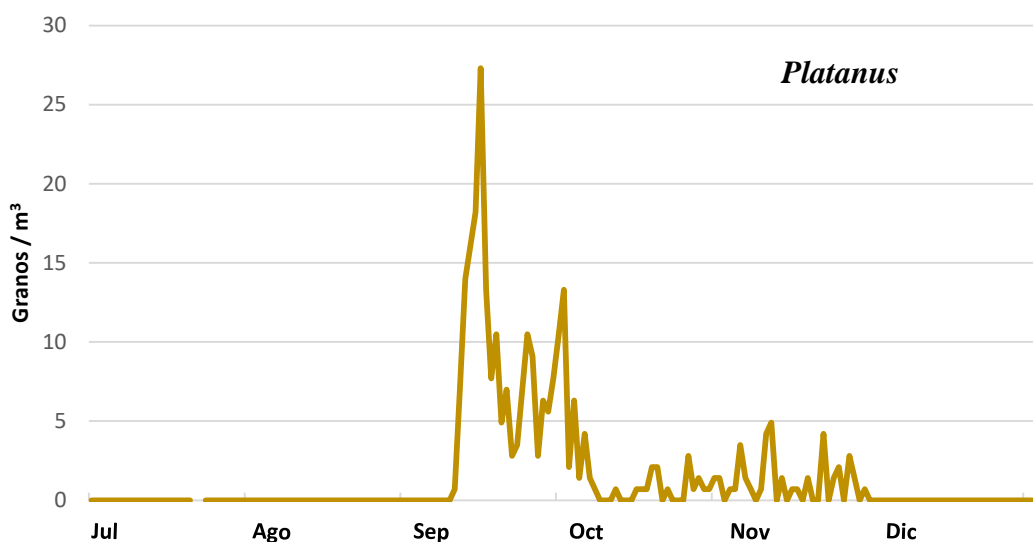


Figura 12. Concentración diaria de granos de polen de *Platanus* (granos/m³) durante el período de estudio (julio – diciembre 2012).

Olea europea

Este tipo polínico corresponde a la especie homónima, conocida como olivo y perteneciente también a la familia Oleaceae. Es una especie anfífila: principalmente es entomófila, pero secundariamente anemófila debido a la gran producción polínica y poder aeronavegante de sus granos de polen.

El grano de polen es esférico, pequeño (18-22 μm), trizonocolporados, con colpos largos y la membrana apertural granulada. La exina es reticulada con columelas muy visibles y lumina del mismo tamaño (Anexo, fig. 20e).

Su presencia en el aire se dio a partir de la segunda quincena de octubre, registrándose el pico polínico a fin de dicho mes; luego se mantuvo con concentraciones bajas (Fig. 13).

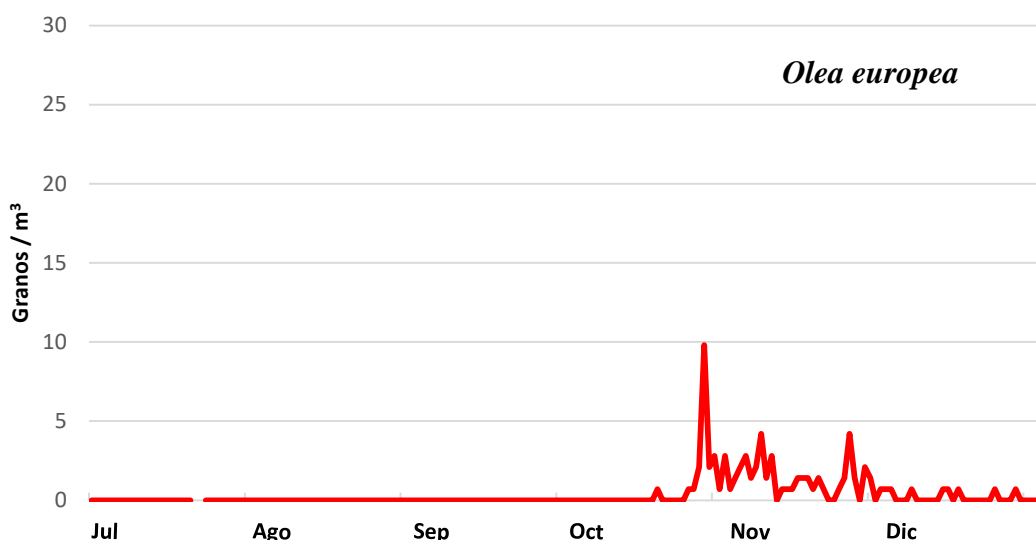


Figura 13. Concentración diaria de granos de polen de *Olea europaea* (granos/m³) durante el período de estudio (julio – diciembre 2012).

Ligustrum

En este tipo polínico se incluyen los granos de polen de otros representantes de la familia Oleaceae, correspondientes a la especie arbórea *Ligustrum lucidum* y las especies arbustivas *L. japonicum* y *L. sinense*. La primera es muy abundante como árbol de vereda; la segunda se encuentra en jardines y plazas, y en menor medida en veredas; y la última es utilizada especialmente en cercos. A diferencia de las especies de *Fraxinus* y de *Olea europaea*, las especies de *Ligustrum* son entomófilas.

El grano de polen es eferoideal, mediando (28-38 μm), trizonocolporados, con exina gruesa, reticulada, columelas muy visibles y lumina de diferentes tamaños (Anexo, fig. 20 f).

La presencia del polen de *Ligustrum* en el aire de la ciudad fue muy escasa y se registró en el mes de noviembre hasta la primera quincena de diciembre (Fig. 14).

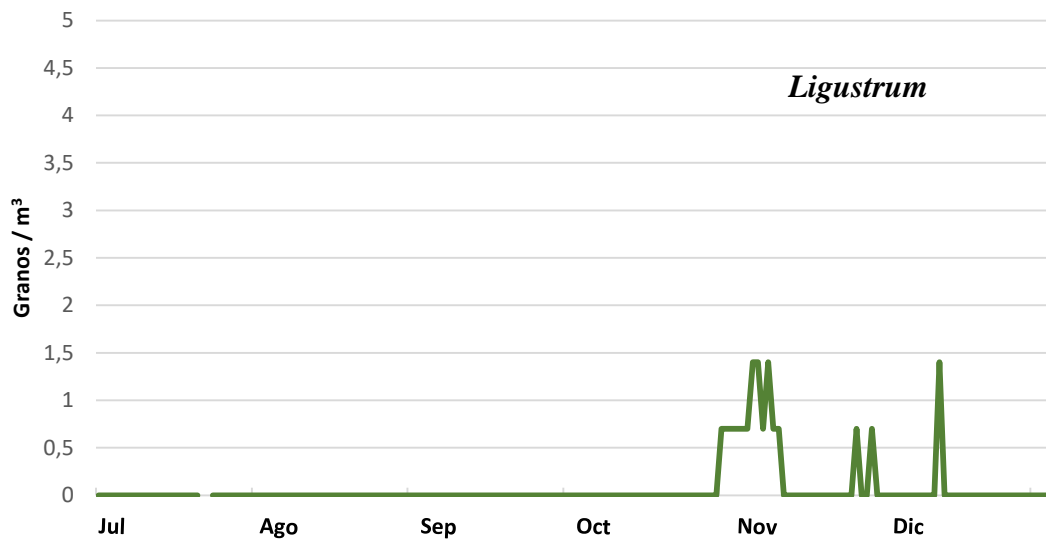


Figura 14. Concentración diaria de granos de polen de *Ligustrum* (granos/m³) durante el período de estudio (julio – diciembre 2012).

Condalia microphylla

Este tipo polínico corresponde a la especie nativa de la familia Rhamnaceae conocida vulgarmente como piquillín, arbusto acompañante en el bosque de caldén.

El grano de polen es oblado-esferoidal a suboblado, pequeño (16-18 µm), trizonocolporado, con colpos largos y ora con anillo marcado. La exina es microrreticulada (Anexo, fig 20g).

La presencia en el aire de este tipo polínico coincide con la de *Ligustrum* (Fig. 15).

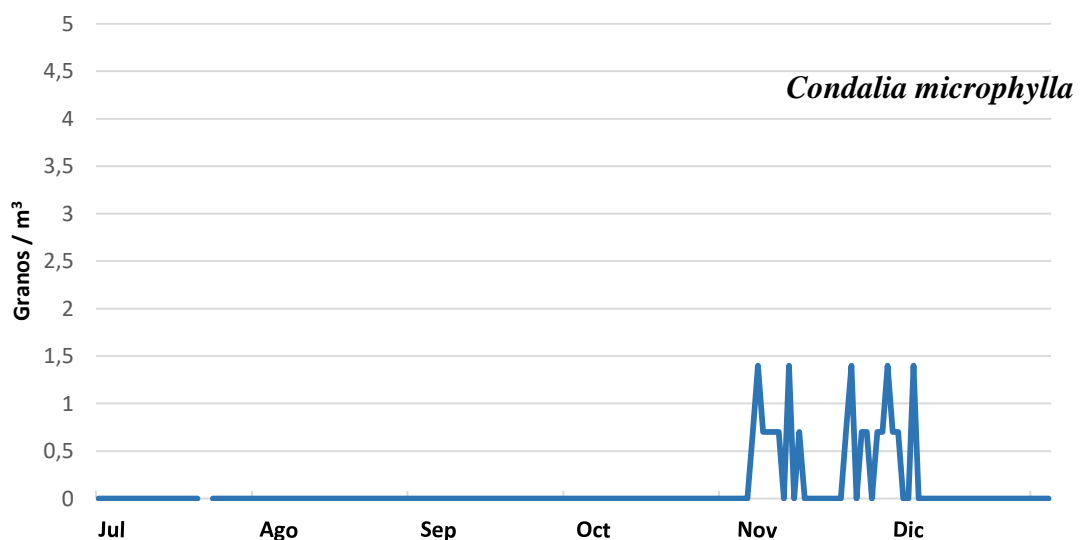


Figura 15. Concentración diaria de granos de polen de *Condalia microphylla* (granos/m³) durante el período de estudio (julio – diciembre 2012).

Styphnolobium japonicum

Este tipo polínico corresponde a la especie de la familia Fabaceae (Leguminosae) conocida vulgarmente como sófora. Es un árbol de vereda presente en distintas calles del radio céntrico de la ciudad.

El grano de polen es prolado-esferoidal, pequeño (17-22 μm), trizonocolporado, con colpos amplios y membrana apertural psilada. Exina psilada o finamente reticulada (Anexo, fig. 20h).

Fue el tipo polínico más abundante de los tres encontrados con abundancia relativa menor al 0,3%. Su presencia se dio a partir de la segunda quincena de noviembre y durante diciembre; se presume que continuó en el mes de enero dado que la floración de la especie es estival (Fig. 16).

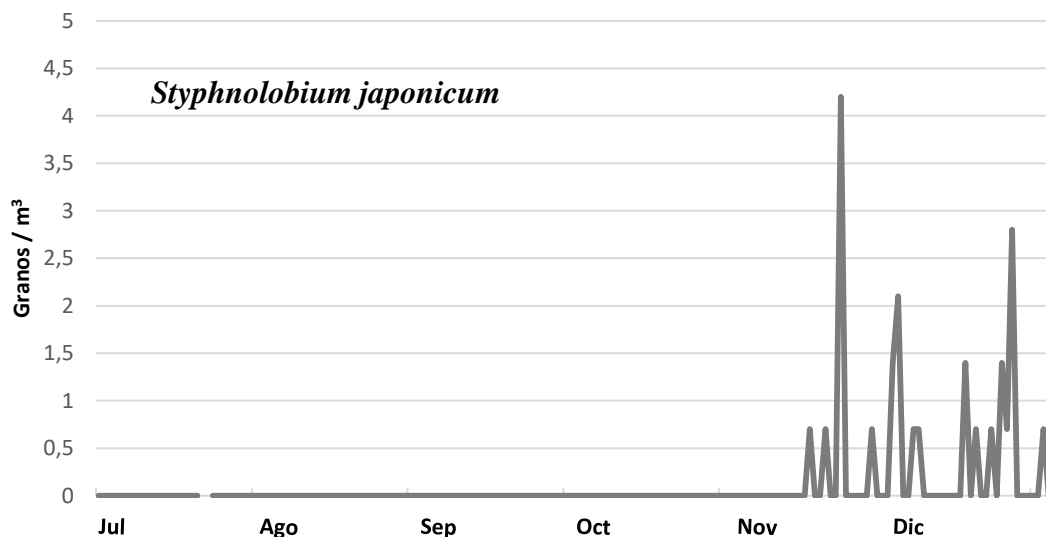


Figura 16. Concentración diaria de granos de polen de *Styphnolobium japonicum* (granos/ m^3) durante el período de estudio (julio – diciembre 2012).

Variación intradiurna

El comportamiento a lo largo del día del polen total y PA fue similar (Fig. 17). Los promedios de concentración aeropolínica horaria aumentaron a partir de las 22 horas alcanzado el pico polínico en horas del mediodía (12-13 horas); hacia la noche la concentración aeropolínica horaria disminuyó, registrándose las menores concentraciones a las 20 y 22 horas.

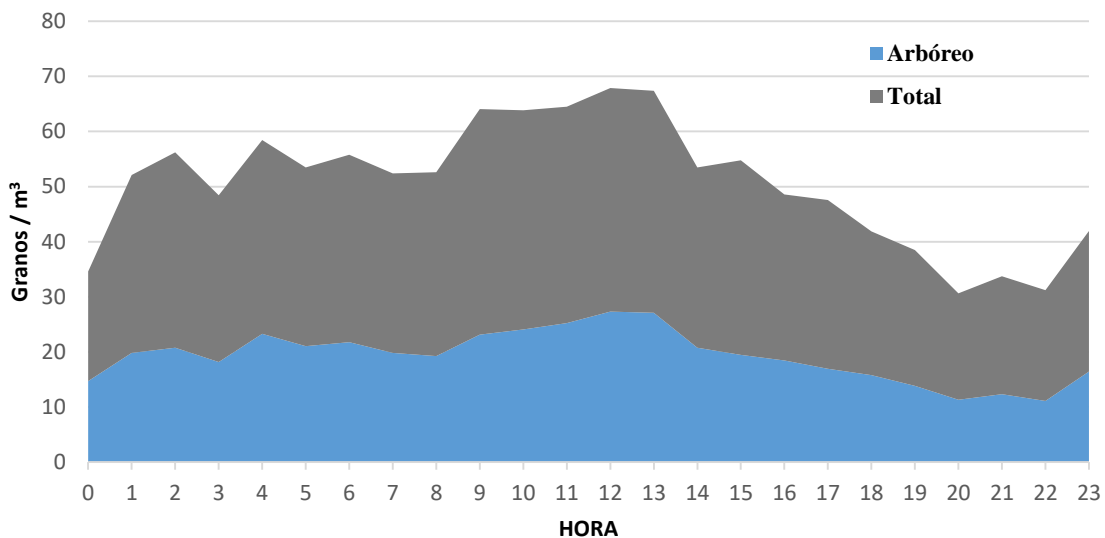


Figura 17. Variación intradiurna de polen aéreo total y arbóreo (PA), obtenida a partir de los promedios horarios registrados durante el período de estudio (julio - diciembre 2012).

Los tipos polínicos arbóreos que tuvieron una abundancia relativa superior al 3% para el periodo de estudio (*Cupressaceae*, *Fraxinus*, *Platanus*) mostraron curvas de variación intradiurna con clara tendencia descendente a partir del mediodía y primeras horas de la tarde, momento en que se registraron los picos polínicos, hasta las 20 horas (Tabla 3); y tendencia ascendente, más irregular, a partir de las 0 horas (Fig. 18). Estos tres tipos polínicos mostraron índices de distribución intradiurno (IDI) menores al 0,05 (Tabla 4). La falta de tendencia ascendente o descendente en la concentración aeropolínica horaria de *Ulmus*, *Olea europea*, *Ligustrum*, *Condalia microphylla* y *Styphnolobium japonicum* (Fig. 18), todos con una abundancia relativa menor al 3%, se correspondió con un índice de distribución intradiurno (IDI) mayor al 0,05 (Tabla 4).

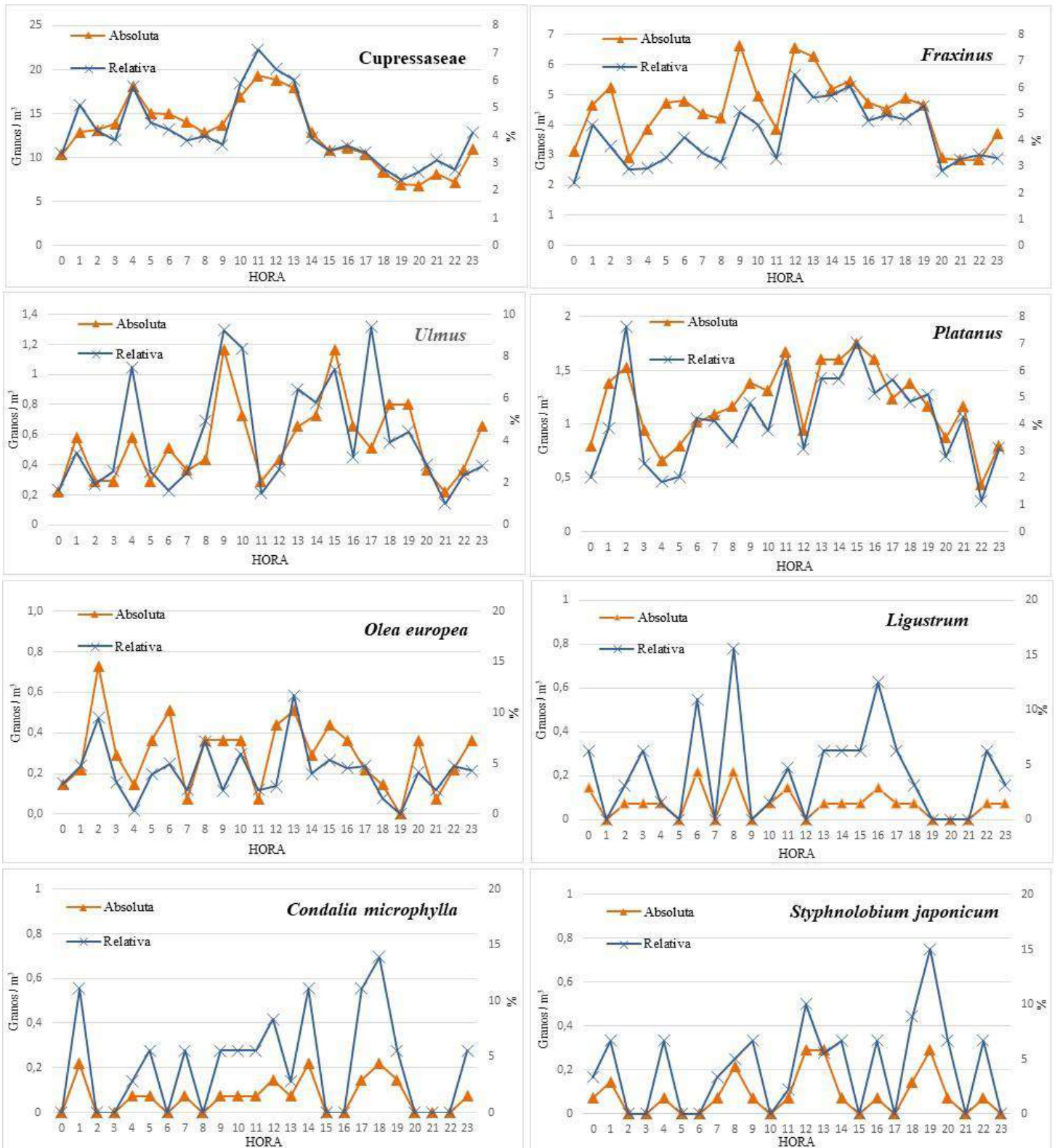


Figura 18. Dinámica de la variación intradiurna de PA, obtenida a partir de los promedios horarios (granos/m³) registrados durante el período de estudio correspondientes a la matriz 1; y patrón de variación diaria obtenida a partir de los porcentajes (%) de polen aéreo horario correspondientes a la matriz 2.

Tabla 3. Variables aeropolínicas horarias obtenidas para cada tipo polínico que registró una abundancia relativa superior al 0,3% del total del período de estudio. CPP = concentración del pico polínico para los promedios horarios de polen aéreo; HPP = hora en que se produjo el pico polínico del promedio horario. MáxC = máximo absoluto de la concentración polínica horaria; DyHmáx = día y hora en que se registró el máximo absoluto de la concentración polínica horaria.

Tipo Polínico	CPP	HPP	MáxC	DyHmáx	
Cupressaceae	19,3	11:00	769,1	9-ago	23:00
				2-sep	06:00
<i>Fraxinus</i>	6,6	09:00	225,4	15-sep	09:00
<i>Ulmus</i>	1,7	09:00	53,0	15-ago	19:00
<i>Platanus</i>	1,2	15:00	92,8	30-sep	11:00
<i>Olea europea</i>	0,7	02:00	39,8	26-oct	10:00
				29-oct	09:00

Tabla 4. Índice de variación intradiurna (IDI) para los diferentes tipos polínicos analizados en el período julio – diciembre 2012.

Tipo polínico	IDI
Cupressaceae	0,041
<i>Fraxinus</i>	0,035
<i>Ulmus</i>	0,072
<i>Platanus</i>	0,046
<i>Olea europea</i>	0,103
<i>Ligustrum</i>	0,13
<i>Condalia microphylla</i>	0,13
<i>Styphnolobium japonicum</i>	0,14

Comparación con estaciones aeropolínicas previas

Para los tipos polínicos arbóreos Cupressaceae, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Platanus*, *Olea europea* y *Condalia microphylla*, se calculó el promedio de índice polínico del periodo polínico principal correspondiente a tres años anteriores de monitoreo aerobiológico (meses de julio a diciembre de los años 2007, 2008 y 2010, Fig. 19). A su vez, la Tabla 5 muestra los valores obtenidos de índice polínico, día del pico polínico y concentración correspondiente en granos/m³. Tal como se observa, las variables registradas en julio a diciembre de 2012 fueron marcadamente inferiores a lo reportado previamente para la ciudad de Santa Rosa en los casos de Cupressaceae, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Olea europea* y *Condalia microphylla*.

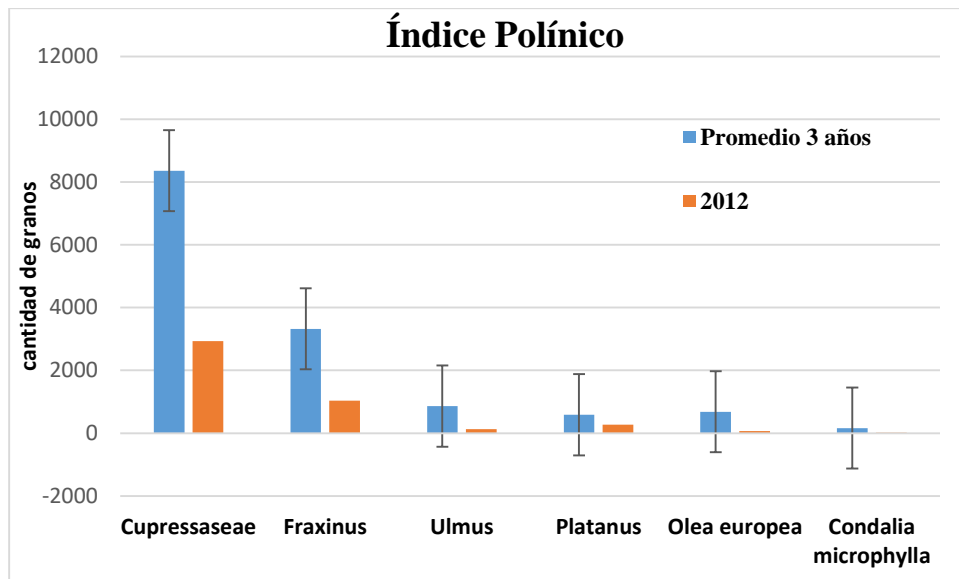


Figura 19. Promedios de índices polínicos correspondientes a tres años de muestreo aerobiológico en la ciudad de Santa Rosa (2007, 2008 y 2010) y valores obtenidos en el periodo de análisis del presente estudio. Las barras indican el error estándar.

Tabla 5. Variables aerobiológicas registradas en el periodo polínico principal (julio a diciembre) de tres estaciones aeropolínicas previas de la ciudad de Santa Rosa y en el periodo correspondiente al presente estudio (julio a diciembre de 2012).

IP: índice polínico (cantidad total de granos de polen); DPP: día del pico polínico (día/mes); CPP: concentración de granos de polen/m³ de aire en el pico polínico.

Tipos polínicos	2007			2008			2010			2012		
	IP	DPP	CPP	IP	DPP	CPP	IP	DPP	CPP	IP	DPP	CPP
Cupressaceae	7331	22-ago	1504	10606	23-ago	912	7145	5-sep	900	2932	10-ago	333
<i>Fraxinus</i>	3078	9-sep	281	3185	25-sep	285	3704	22-sep	423	1037	15-nov	76
<i>Ulmus</i>	1209	2-ago	290	788	31-jul	187	587	10-ago	71	126	10-ago	11
<i>Platanus</i>	195	10-sep y 15-oct	25	753	19-sep	65	813	14-sep	92	272	14-sep	27
<i>Olea europea</i>	1100	2-nov	222	145	1-nov	26	800	26-oct	244	68	27-oct	10
<i>Condalia microphylla</i>	190	6-nov	46	183	4-nov	25	110	3-nov	18	16		

DISCUSIÓN

Los resultados de polen aéreo obtenidos para la ciudad de Santa Rosa en el presente estudio (julio a diciembre de 2012) mostraron una estacionalidad invierno-primaveral similar a la registrada por Caramuti *et al.* (2014) en dos años de monitoreo aerobiológico en la localidad (julio 2007-junio 2009), como también en otras estaciones aerobiológicas argentinas y sudamericanas de clima templado. Por ejemplo, la estacionalidad fue similar para Cupressaceae, *Fraxinus*, *Ulmus* y *Olea europea* en la ciudad de Bahía Blanca (Murray *et al.*, 2010); en Mar del Plata para Cupressaceae, *Fraxinus* y *Platanus* (Latorre & Pérez, 1997); y en Buenos Aires para Cupressaceae y *Fraxinus* (Nitiu *et al.*, 2003). En Caxias do Sul, Brasil, Cupressaceae fue el tipo polínico predominante en julio y agosto, mes en que se registró el mayor índice polínico para la fracción arbórea; mientras que distintos representantes de Myrtaceae fueron los tipos polínicos arbóreos predominantes en el periodo primavera-estival (Vergamini *et al.*, 2006). En Santiago de Chile, ciudad ubicada en una región de clima mediterráneo con una alta variación meteorológica interanual, Cupressaceae y *Platanus* tuvieron una estacionalidad similar, siendo el último tipo polínico el más abundante; mientras que *Ulmus* se registró más tardíamente, entre la segunda quincena de agosto y hasta la primera de octubre (Rojas Villegas & Rourne Nolla, 2001). Las especies emisoras de este tipo polínico, según los autores, son *Ulmus americana* y *Ulmus procera*, mientras que en Santa Rosa es *Ulmus pumila* la especie más abundante (Alderette, 2011; Caramuti *et al.*, 2009). En Montevideo, Uruguay, la estacionalidad de Cupressaceae, *Fraxinus* y *Platanus* fue similar, siendo la intensidad de los dos primeros similar a la encontrada en Santa Rosa, mientras que para el último fue mucho mayor (Tejera *et al.*, 2018). En San Carlos de Bariloche Cupressaceae fue el tipo polínico más abundante, siendo su presencia algo más tardía, de septiembre a noviembre; cabe destacar de esta estación de monitoreo aerobiológico, a diferencia de otras ciudades argentinas, que las fuentes emisoras de polen de Cupressaceae son especies nativas de los bosques andino patagónicos (Bianchi & Olabuenaga, 2006). Mientras que en las demás ciudades argentinas la tendencia histórica en el arbolado urbano es el uso de especies exóticas principalmente de origen europeo (Latorre & Caccavari, 2010), las cuales constituyen las principales fuentes emisoras de polen aéreo a fin del invierno y comienzo de la primavera.

Al analizar el aporte de los tipos polínicos registrados con más del 1% durante el periodo de estudio y en relación con datos previos, se encuentra que el promedio de

abundancias relativas (AR) obtenidas en 2007-2009 fue de: 34,7% para Cupressaceae, 12,5% para *Fraxinus*, 3,9% para *Ulmus* y 1,9% para *Platanus* (Caramuti *et al.*, 2014). Al comparar estos valores con los correspondientes al año 2012 se encuentra que Cupressaceae y *Fraxinus* aportaron en términos relativos aproximadamente la misma cantidad ($AR_{2012}/AR_{2007-2009} = 1,1$ y $1,1$ respectivamente). El aporte de *Platanus* fue cercano al doble en 2012 ($AR_{2012}/AR_{2007-2009} = 1,9$), mientras que en *Ulmus* la situación fue a la inversa: en años previos el aporte de este tipo polínico fue algo mayor al doble que lo registrado en 2012 ($AR_{2007-2009}/AR_{2012} = 2,3$).

Al analizar las curvas polínicas y al igual que en años previos, se observa que Cupressaceae, con pico polínico en agosto, tuvo un breve periodo prepico y prolongado periodo pospico; *Fraxinus* mostró una concentración aeropolínica mayor a 10 granos/m^3 entre la segunda quincena de agosto y primera de octubre, con pico polínico en septiembre e iguales periodos pre y pospico. La curva polínica de *Ulmus* mostró presencia de polen en el aire durante el mes de agosto hasta el 2 de septiembre; los 5 días de noviembre en que hubo registro de un grano de polen de este tipo cada día estarían explicados por procesos de resuspensión, teniendo en cuenta la fenología de las especies de *Ulmus* (Lahitte *et al.*, 1999) y la información de años previos en los que también el registro aeropolínico culminó a inicios de septiembre. El periodo polínico principal de *Platanus* en estaciones aeropolínicas previas, registrado en los meses de septiembre y octubre, es coincidente con lo registrado en el presente estudio; a partir del 6 de octubre los días que hubo registro de *Platanus* fue con una concentración inferior a los 5 granos/m^3 . La presencia de polen en el aire y pico polínico de *Olea europea* fue en igual momento del año tanto en este estudio como en estaciones previas, en todos los casos rápidamente se alcanzó el pico polínico los últimos días de octubre y primeros de noviembre, manteniéndose por poco tiempo en el aire con concentraciones muy bajas. Una situación similar se dio con *Condalia microphylla*, cuya presencia en el aire en este periodo de estudio y en años previos se dio en noviembre. Mientras que *Styphnolobium japonicum* es una de las pocas especies arbóreas de floración primavero-estival, cuya presencia de polen en el aire se inició en noviembre, mes en el que se registró el pico polínico para el presente periodo de estudio y para la estación polínica 2008-2009, a diferencia de lo detectado en 2007-2008 en que se registró el pico polínico a inicios del mes de enero.

Por otro lado, es notoria la diferencia en la intensidad polínica entre años, siendo en 2012 la menor registrada para Cupressaceae, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Olea europea*, *Ligustrum* y

Condalia microphylla, de acuerdo a datos reportados por Caramuti *et al.* (2014) y Caramuti (2019).

A efectos de contar con información que posibilite brindar explicaciones preliminares a los resultados encontrados se consultaron los promedios mensuales de temperatura media, máxima, mínima, velocidad de viento y precipitación registrada de tres meses previos al periodo de muestreo (abril, mayo y junio) y de los meses en los que se realizó el muestreo aerobiológico (julio a diciembre), obtenidos de la Estación Meteorológica ubicada en el Aeropuerto de Santa Rosa (SAZR, Servicio Meteorológico Nacional), 4,3 km al Norte del centro urbano de la ciudad. Además, se obtuvieron los promedios mensuales correspondientes a la serie 1977-2011 de dichos factores meteorológicos en iguales meses, a partir de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, ubicada 10 km al Norte del centro urbano de la localidad (Vergara & Casagrande, 2012). Los datos se resumen en la Tabla 6, en la cual se puede apreciar la diferencia de precipitaciones en el año 2012 respecto de los promedios de 35 años del área de estudio. Se destaca que la precipitación fue prácticamente nula en los tres meses previos al pico polínico (mayo, junio y julio) en el año 2012: 3,5 mm acumulados frente a 67,5 mm acumulados para 1977-2011. Mientras que durante el mes de mayor emisión de polen (agosto), en 2012 llovió casi seis veces más que el promedio de la serie (mm caídos en 2012/mm caídos serie 1977-2011 = 5,9). Luego, octubre de 2012 arrojó el triple de precipitaciones respecto al promedio histórico del área de estudio (mm caídos en 2012/mm caídos serie 1977-2011 = 2,9). También resulta notoria la diferencia entre la temperatura máxima y mínima en los meses de junio a octubre de 2012 respecto de los promedios mensuales para la serie de 35 años.

Tabla 6. Datos meteorológicos para la ciudad de Santa Rosa para los tres meses previos al periodo de muestreo (abril, mayo y junio) y para los meses en los que se realizó el muestreo aerobiológico (julio – diciembre). PM = promedio histórico de 30 años (1977-2011); T° = temperatura (en grados centígrados); T° Media = temperatura media; T° Máx = temperatura máxima; T° Mín = temperatura mínima; Precipit = precipitación (en mm); Viento (km/h).

	Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	PM	2012	PM	2012	PM	2012	PM	2012	PM	2012	PM	2012	PM	2012	PM	2012	PM	2012
T° Media	15,4	15	11,4	13	8,2	8	7,7	7	9,7	10	12,4	13	15,8	16	19,2	20	22	22
T° Máx	21,8	33	17,4	25	14,1	22	13,8	23	16,5	25	19,2	29	22,3	28	25	34	28	36
T° Mín	8,6	2	5,2	-2	2,1	-5	1,5	-7	2,7	-1	5	-1	18	2	11,4	6	14,5	8
Precipit.	57,8	61	32,1	0,5	16,1	3	19,3	0	24,4	145	47,4	14	72,2	207	86,9	106	100,6	94
Viento	7,5	11,4	6,7	12,5	6,9	11,8	8	12,8	8,6	14,9	9,2	15,5	9,6	15,5	9,2	14,4	9	15,2

El análisis de los datos de este trabajo, en comparación con los obtenidos en otros años en el mismo sitio de estudio, como en otras estaciones argentinas de monitoreo aerobiológico, darían cuenta de patrones intrínsecos en cuanto a la estacionalidad en las especies arbóreas emisoras, los que no variarían sustancialmente de una localidad a otra o entre años, pero que estarían sujetas a variación en la intensidad polínica (cantidad de granos de polen) en función de los parámetros meteorológicos registrados antes y/o durante la floración. De lo expuesto se evidencia la necesidad de un análisis más exhaustivo entre la información meteorológica y aeropolínica que involucre un conjunto mayor de años a efectos de arribar a explicaciones concluyentes. En este sentido, cabe destacar algunos resultados obtenidos en otras latitudes. Por ejemplo, en Trieste, Italia, con 14 años de monitoreo aerobiológico se ha demostrado una correlación positiva entre la concentración polínica total y la temperatura en el periodo pre-pico; mientras que las precipitaciones y la humedad relativa casi siempre han mostrado correlaciones negativas con los recuentos polínicos (Rizzi-Longo *et al.*, 2007). Para *Platanus*, en Santiago de Compostela, España, Jato *et al.* (2001) también encontraron correlaciones negativas con la precipitación y la humedad relativa y positivas con la temperatura máxima y media para un periodo de 7 años de datos de polen aéreo. En Bruselas, Bélgica, Bruffaerts *et al.* (2018) analizaron la serie 1982-2015 para 8 tipos polínicos arbóreos y su relación con los factores meteorológicos; sus datos arrojaron una tendencia general de incremento de polen aéreo arbóreo y, además, encontraron que las tasas de cambio en los ciclos de polen anual mostraron estar asociadas con las tasas de cambio en los ciclos anuales de varios parámetros meteorológicos, tales como temperatura, radiación, humedad y precipitación. Los resultados de Galán *et al.* (2016), al analizar las tendencias de polen aéreo de 12 taxones anemófilos en la Península Ibérica, revelaron variaciones en la intensidad de la floración en las últimas dos décadas y demostraron que los cambios en el patrón de lluvias juegan un papel clave como impulsores de los efectos del cambio climático.

Según Cariñanos *et al.* (1999), el patrón de polen aéreo total está marcado principalmente por la variación diaria de los tipos polínicos más comunes del espectro. En este sentido, es pertinente analizar para el presente periodo de estudio la variación intradiurna de polen aéreo registrado para Cupressaceae, *Fraxinus* y *Platanus*, que tuvieron una abundancia relativa mayor al 3%. De éstos, el que mostró una curva de variación intradiurna con comportamiento menos irregular fue Cupressaceae, que a su vez fue el más abundante, tanto en el presente estudio como en estudios previos (Caramuti *et al.*, 2014).

Las horas de mayor concentración polínica se registraron entre las 11 y las 13 horas. Este comportamiento fue similar al reportado por Pérez-Badía *et al.* (2010) para la ciudad de Toledo, España, quienes encontraron picos polínicos entre las 12 y las 14 horas; datos que a su vez son coincidentes con los observados en Córdoba (Galán *et al.*, 1991), Málaga (Trigo *et al.*, 1997) y Badajoz (Fernández-Rodríguez *et al.*, 2014). Mientras que, en la ciudad de Porto, Portugal, Ribeiro *et al.* (2008) encontraron que Cupressaceae presentó las mayores concentraciones de polen en la mañana, entre las 9 y las 10 horas.

Fraxinus y en mayor medida *Platanus* tuvieron un comportamiento intradiurno de polen aéreo más irregular que Cupressaceae. En Toledo, *Fraxinus* arrojó concentraciones intradiurnas de polen aéreo similares a lo largo del día, lo cual fue explicado por Pérez-Badía *et al.* (2010) en la ausencia de un claro modelo intradiurno para este tipo polínico debido a la baja cantidad de polen aéreo detectado en el periodo de análisis; situación similar a la encontrada en el presente estudio, comparado con años previos de la misma estación de monitoreo aerobiológico (Caramuti *et al.*, 2014).

Más allá del comportamiento irregular de *Platanus* referido precedentemente, se observó en este tipo polínico un pico horario a la noche (2 horas) y se produjeron otros momentos de alta concentración de polen aéreo a las 11 y a las 15 horas. En Toledo también se encontró un pico intradiurno en horas nocturnas (de las 0 a las 2 horas), el cual estaría dado por el aporte de fuentes emisoras provenientes de ciudades cercanas, mientras que las fuentes emisoras próximas al captador serían las responsables de los picos horarios registrados en horas del mediodía y de la tarde, según indicaron Pérez-Badía *et al.*, 2010. Mientras, en la ciudad de Porto, Ribeiro *et al.* (2008) reportaron para *Platanus* concentraciones similares a lo largo del día, con un leve incremento entre las 9 y las 11 horas. En Santa Rosa el aporte de polen de *Platanus* estaría dado básicamente por fuentes emisoras cercanas al captador, correspondientes a ejemplares relativamente jóvenes del arbolado urbano, en las vías del ferrocarril y en otras arterias importantes de la ciudad; en tanto que las forestaciones de áreas rurales próximas a la ciudad no tienen a *Platanus x acerifolia* entre sus especies. Sería necesario contar con más años de datos a efectos de comprobar si la mayor captura en horas nocturnas se debe a un aspecto intrínseco de la especie o si ha sido el resultado puntual de un año de muestreo.

En Toledo, Pérez-Badía *et al.* (2010) explicaron que, aunque la emisión intradiurna de polen está determinada en gran medida genéticamente, los resultados estadísticos indicaron

un efecto significativo y positivo con la temperatura y la radiación solar y una influencia negativa con la humedad relativa sobre la variación intradiurna de polen aéreo. El incremento de la temperatura y la radiación solar causan la dehiscencia de las anteras resultando en la liberación de polen a la atmósfera. El efecto negativo de la humedad relativa ocurre porque los granos de polen absorben esta humedad, se vuelven más pesados y no alcanzan el captador de polen aéreo. Por otro lado, las concentraciones polínicas registradas durante la noche estarían dadas como resultado del transporte desde sitios alejados al captador.

En igual sentido, Ribeiro *et al.* (2008) plantearon que el incremento diurno de la concentración de polen aéreo observado en diez tipos polínicos arbóreos y herbáceos coincidió con el periodo de inversión térmica, incremento de la velocidad de viento y disminución de la humedad relativa, condiciones que favorecen la dehiscencia de las anteras, emisión polínica y dispersión. Además de este máximo diurno, ciertos tipos polínicos como *Platanus* presentaron concentraciones similares en otras horas del día, hecho que destacaron como relevante ya que puede contribuir a la exacerbación de síntomas alérgicos debido a reactividad cruzada con otros taxones presentes también en altas concentraciones.

Por otro lado, al analizar el efecto de la distancia en recuentos diarios y horarios de polen aéreo, los resultados de Fernández-Rodríguez *et al.* (2014) indicaron que un muestreador aeropolínico fue suficientemente representativo para registrar la variación diaria de polen de un área urbana de 3 a más de 10 km de diámetro; sin embargo, encontraron variaciones locales en algunos tipos polínicos con diferencias principalmente en el momento del pico. Además, las concentraciones horarias de polen aéreo presentaron variaciones mayores y el momento del pico polínico horario fue diferente según la ubicación del muestreador aeropolínico. La distribución heterogénea de la flora en diversas áreas alrededor de la ciudad puede conducir a estas diferencias, especialmente en tipos polínicos como Cupressaceae.

Si bien en la estación de monitoreo aerobiológico de la ciudad de Santa Rosa y para el periodo de estudio el conjunto del polen aéreo arbóreo mostró una mayor concentración en horas del mediodía y primeras horas de la tarde que, tal lo referido precedentemente, podría explicarse por la variación a lo largo del día de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento, los resultados encontrados no constituyen evidencias claras que respalden la hipótesis de patrones intradiurnos de polen aéreo por tipos polínicos.

CONCLUSIONES

- En el periodo invierno-primaveral se mantuvo la composición del espectro aeropolínico, con pocos tipos polínicos arbóreos provenientes de especies exóticas del arbolado urbano y áreas verdes, que hacen a la mayor cantidad de polen aéreo; éste mostró una estacionalidad que se mantiene en distintos años, pero cuya intensidad varió de acuerdo a las condiciones meteorológicas antes y durante el periodo de emisión y dispersión de polen.
- En particular, los bajos valores de índice polínico obtenidos estarían explicados por el registro de precipitaciones antes y durante el mes de mayor concentración aeropolínica.
- Se destaca el polen aéreo de Cupressaceae como responsable del pico polínico total registrado en el mes de agosto y único presente en altas concentraciones según las categorías establecidas por la Academia Americana de Alergia, Asma e Inmunología en relación con las alergias; seguido de *Fraxinus* y *Platanus* que registraron concentraciones moderadas.
- La variación intradiurna de polen total mostró una mayor presencia de granos en horas cercanas al mediodía y primeras horas de la tarde. Sin embargo, no se puede concluir a partir de los datos obtenidos en el periodo invierno-primaveral de un año de monitoreo aerobiológico que existan patrones de variación intradiurna por tipos polínicos. La baja intensidad polínica registrada sería al menos una de las causales de estos resultados.

A partir de lo expuesto y a efectos de una mejor comprensión de la dinámica aeropolínica de la ciudad de Santa Rosa sería oportuno, por un lado, contar con más años de datos aerobiológicos obtenidos mediante recuento horario; y por el otro, realizar un análisis de la relación entre las variables aerobiológicas con los factores meteorológicos que pudieran dar explicaciones concluyentes de la variación encontrada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alba, F., Díaz de la Guardia, C. & Comtois, P. 2000. The effect of meteorological parameters on diurnal patterns of airborne olive pollen concentration. *Grana* 39: 200-208.
- Alderette, M. A. 2011. Evaluación del arbolado de alineación de la zona centro de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa. Tesina de grado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de la Pampa.
- Asher, M. I., Montefort, S., Bjorksten, B., Lai, C. K., Strachan, D. P., Weiland, S. K., & Williams, H. 2006. Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis and eczema in childhood: ISAAC phases one and three repeat multicounty cross-sectional surveys. *The Lancet* 368: 733–743.
- Asociación Americana de Alergias, Asma e Inmunología (AAAAI). http://pollen.aaaai.org/nab/index.cfm?p=reading_charts3&statid=175. Consultada el 24/4/2019.
- Benedetti, G. M., Duval, V. S., Campo, A. M., & Barrionuevo, L. 2013. El aeropolen en la ciudad de Bahía Blanca (Argentina): Aportes para la gestión del arbolado público desde la selección de especies. *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes* 4(2): 199-210.
- Bianchi, M. M. & Olabuenaga, S. 2006. A three-year airborne pollen and spores record in San Carlos de Bariloche, Patagonia, Argentina. *Aerobiología* 22: 247-257.
- Blackey, C. H. 1873. Experimental researches on the causes and nature of Catarrhus aestivus (hay fever and asthma). Bailliere, Tindail and Cox, London.
- Boi, M., & Llorens, L. 2008. Aerobiología de la estación de Palma de Mallorca (Islas Baleares). Contenido y Variación diaria del polen aéreo durante el periodo octubre 2003-diciembre 2004. *Polen* 18: 7-23.
- Bruffaerts, N., De Smedt, T., Delcloo, A., Simons, K., Hoebeke, L., Verstraeten, C., Van Nieuwenhuyse, A., Packeu, A., & Hendrickx, M. 2018. Comparative long-term trend analysis of daily weather conditions with daily pollen concentrations in Brussels, Belgium. *International journal of biometeorology*, 62(3): 483-491.

- Bryant W. M. Jr. 1989. Year book of science and future. Encyclopaedia Britannica, Inc., Chicago.
- Cabrera, A. L. 1994. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enc. Arg. Agr. y Jard. Tomo II, Fasc. 1. Acmé. Buenos Aires. 85 p.
- Cadman, A. 1990. Airspora of Johannesburg and Pretoria, South Africa 1987/88. 1. Pollen calendars. *Grana* 29: 311-317.
- Caramuti, V. E. 2019. Tipos polínicos en el aire de Santa Rosa. Disponible en: <http://polen.agro.unlpam.edu.ar/wp-content/uploads/2019/04/Caramuti-2019-Tipos-pol%C3%ADnicos-en-el-aire-de-Santa-Rosa.pdf>
- Caramuti, V. E., Naab, O. A. & Tamame, M. A. 2009. Polen arbóreo/arbustivo en la atmósfera de Santa Rosa, La Pampa, Argentina. XXXII Jornadas Argentinas de Botánica. *Bol. Soc. Argen. Botán* 44: 132.
- Caramuti, V. E., Naab, O. A., & Murray, M. G. 2014. First report of airborne pollen in Santa Rosa, La Pampa, Argentina: a 2-year survey. *Aerobiologia*, 30(3): 293-305.
- Caramuti, V. E., Naab, O. A., Villamil, C. B. & Murray, M. G. 2010. Representation of urban trees in the pollen spectrum of Santa Rosa, La Pampa (Argentina). 9th International Congress on Aerobiology. Abstracts: 80.
- Cariñanos P., Galán C., Alcazar P. & Domínguez E. 1999. Diurnal variation of biological and non-biological particles in the atmosphere of Córdoba, Spain. *Aerobiologia* 15: 177-182.
- Cariñanos P., Galán C., Alcázar P. & Domínguez E. 2004. Airborne pollen records response to climatic conditions in arid areas of Iberian Peninsula. *Environmental and Experimental Botany* 52: 11-22.
- Cariñanos, P., & Casares-Porcel, M. 2017. Parámetros de alergenidad y comportamiento alergénico de la flora ornamental. Asociación española de arboricultura, Valencia.
- Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., & Quesada-Rubio, J. M. 2014. Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain. *Landscape and urban planning* 123: 134-144.

- Cariñanos, P., Grilo, F., Pinho, P., Casares-Porcel, M., Branquinho, C. & *et al.* 2019. Estimation of the Allergenic Potential of Urban Trees and Urban Parks: Towards the Healthy Design of the Urban Green Spaces of the Future. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16: 1-17.
- Castro Alfageme, S. & Fernández González, D. (Ed). 2004. *Aerobiología y polinosis en Castilla y León*. Junta Castilla y León. Castilla y León.
- Castro Alfageme, S. 2014. Estudio de alérgenos de polen en la atmósfera de Valladolid. Tesis doctoral. Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental. Universidad de León.
- Cecchi, L. 2013. Pollen-related allergic diseases. In Sofiev, M & Bergmann, K. (Ed). *Allergenic pollen. A review of the production, release, distribution and health impacts*. pp. 1-7. Germany: Springer.
- Cristofori, A., Cristofolini, F. & Gottardini, E. 2010. Twenty years of aerobiological monitoring in Trentino (Italy): assesment and evaluation of airborne pollen variability. *Aerobiologia* 26: 253-261.
- Dahl, Å., Galán, C., Hajkova, L., Pauling, A., Sikoparija, B., Smith, M., & Vokou, D. 2013. The onset, course and intensity of the pollen season. In *Allergenic pollen* pp. 29-70. Germany: Springer.
- Damialis, A., Halley, J. M., Gioulekas, D., & Vokou, D. 2007. Long-term trends in atmospheric pollen levels in the city of Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment* 41(33): 7011-7021.
- Darder, J. B., & Duran, F. 1936. Estudio del factor polínico del aire en Barcelona. *Rev Med Barcelona*, 101-132.
- Durham, O. C. 1946. The volumetric incidence of atmospheric allergens: IV. A proposed standard method of gravity sampling, counting, and volumetric interpolation of results. *Journal of Allergy* 17(2): 79-86.
- Erdtman, G. 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar*. 74(4): 526-527.

- Fernández-Rodríguez S., Tormo-Molina R., Maya-Manzano J. M., Silva-Palacios I. & Gonzalo-Garijo A. 2014. Comparative study of the effect of distance on the daily and hourly pollen counts in a city in the south-western Iberian Peninsula. *Aerobiologia* 30:173-187.
- Galán Soldevilla, C., Cariñanos González, P., Alcázar Teno, P. & Domínguez Vilchez, E. 2007. Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología, REA. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 39 pp.
- Galán, C., Alcázar, P., Oteros, J., García-Mozo, H., Aira, M. J., Belmonte, J., Diaz de la Guardia, C., Fernández-González, D., Gutierrez-Bustillo, M., Moreno-Graui, S., Pérez-Badía, R., Rodríguez-Rajo, J., Ruiz-Valenzuela, L., Tormo, R., Trigo, M. M. & Domínguez-Vilchesa, E. 2016. Airborne pollen trends in the Iberian Peninsula. *Science of the Total Environment* 550: 53-59.
- Galán, C., García-Mozo, H., Vázquez, L., Ruiz, L. de la Guardia, C. D. & Trigo, M. M. 2005. Heat requirement for the onset of the *Olea europea* L. pollen season in several sites in Andalusia and the effect of the expected future climate change. *International Journal of Biometeorology* 49(3): 184-188.
- Galán, C., Smith, M., Thibaudon, M., Frenguelli, G., Oteros, J., Gehrig, R., Berger, U., Clot, B., & Brandao, R. 2014. Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis. *Aerobiologia* 30(4): 385-395.
- Galán, C., Tormo, R., Cuevas, J., Infante, F., & Domínguez, E. 1991. Theoretical daily variation patterns of airborne pollen in the southwest of Spain. *Grana* 30(1): 201-209.
- García, M. E. & Nitiu, D. S. 2012. Registro polínico arbóreo en la atmósfera de la ciudad de San Miguel de Tucumán, Argentina – Agosto a Noviembre 2006. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 47(1-2): 23-31.
- García-Mozo, H., Galán, C., Belmonte, J., Bermejo, D., Candau, P. & de la Guardia, C. D. 2009. Predicting the start and peak dates of the Poaceae pollen season in Spain using process-based models. *Agricultural and Forest Meteorology* 149 (2): 256-262.
- Garrido-Lestache, F. S. 2007. Recuento de pólenes. In *Tratado de Alergología. Ergon, Madrid*, pp. 415-424.

- Gattuso, S., Gattuso, M., Lusardi, M., McCargo, J., Scandizzi, A., & *et al.* 2003 a. Polen aéreo, monitoreo diario volumétrico en la ciudad de Rosario. Parte I: árboles y arbustos. *Archivos de Alergia e Inmunología Clínica* 34 (1): 22-27.
- Gattuso, S., Gattuso, M., Lusardi, M., McCargo, J., Scandizzi, A., & *et al.* 2003 b. Polen aéreo, monitoreo diario volumétrico en la ciudad de Rosario. Parte II: Hierbas, *Poaceae* y *Ciperaceae*. *Archivos de Alergia e Inmunología Clínica* 34 (2): 36-40.
- Grant Smith, E. 1990. Sampling and identifying allergenic pollens and molds. An illustrated identification manual for air samplers. Blewstone Press, San Antonio.
- Gutiérrez Bustillo, M., Sáenz Lain, C., Aránguez Ruiz, E. & Ordóñez Iriarte, J. M. 2001. Polen atmosférico en la Comunidad de Madrid. Comunidad de Madrid. Madrid.
- Hirst, J. M. 1952. An automatic volumetric spore trap. *Ann. Appl. Biol.* 39: 257-265.
- Hyde, H. A. 1952. Studies in atmospheric pollen. V. A. daily census of pollen at Cardiff for six years 1943 – 1948. *New Phytol.* 51: 193-281.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. www.indec.gob.ar.
- International Plant Nutrition Institute (IPNI). <http://lacs.ipni.net/>. Consultada el 24/4/2019.
- Jato, V., Dopazo, A., & Aira, M. J. 2001. Airborne pollen data of Platanaceae in Santiago de Compostela (Iberian Peninsula). *Aerobiologia* 17(2): 143-149.
- Jato, V., Dopazo, A., & Aira, M. J. 2002. Influence of precipitation and temperature on airborne pollen concentration in Santiago de Compostela (Spain). *Grana* 41(4): 232-241.
- Kasprzyk, I. 2006. Comparative study of seasonal and intradiurnal variation of airborne herbaceous pollen in urban and rural areas. *Aerobiologia* 22: 185-195.
- Lahitte, H. B, Hurrell, J. A., Valla, J. J., Jankowski, L, Bazzano, D. & Hernández, A. J. 1999. Biota Rioplatense IV – Árboles urbanos. *Literature of Latin America*. Buenos Aires.

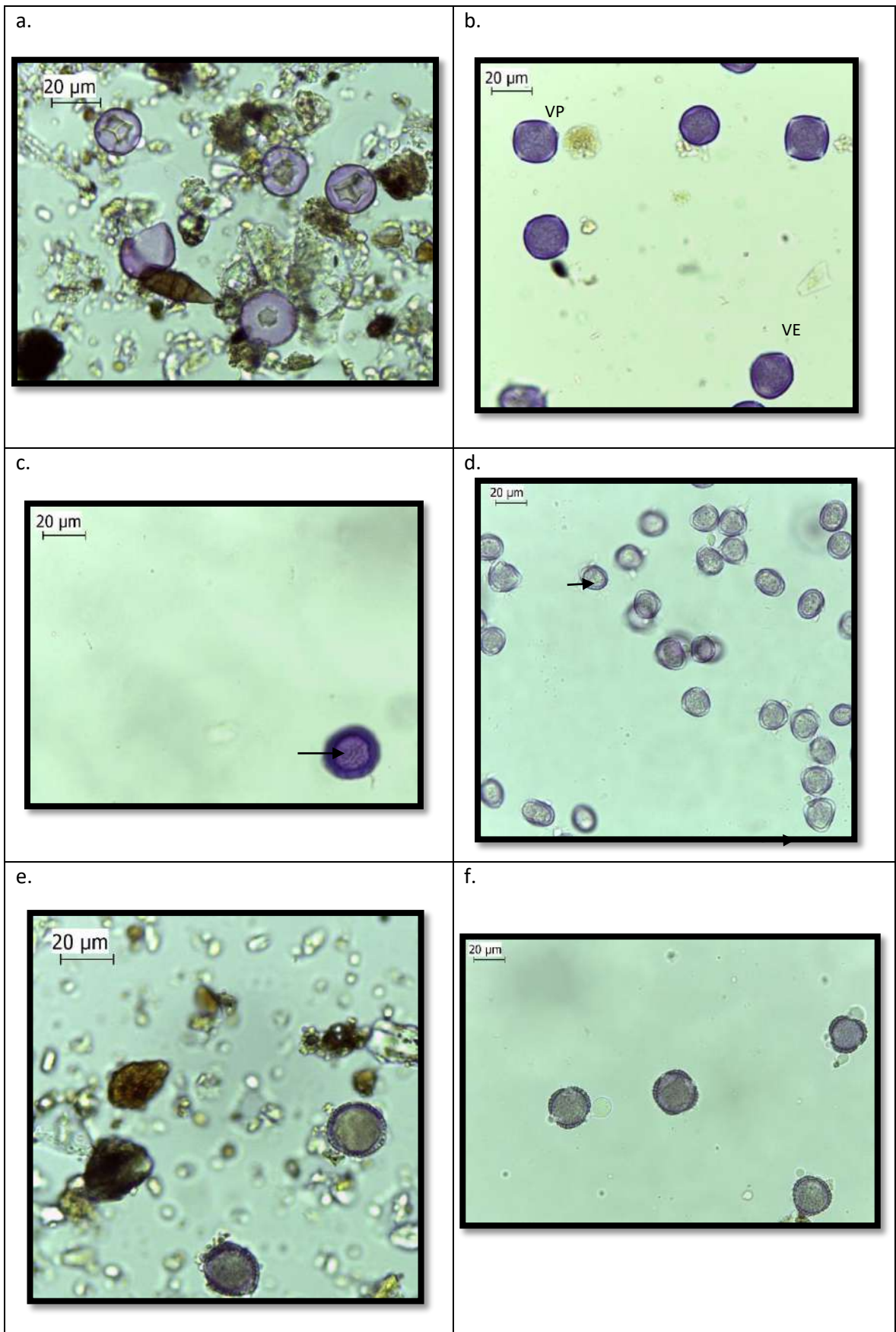
- Latorre, F. & Caccavari, M. A. 2009. Airborne pollen patterns in Mar del Plata atmosphere (Argentina) and its relationship with meteorological conditions. *Aerobiologia* 25: 297-312.
- Latorre, F. & Caccavari, M. A. 2010. Pollen diversity in the air of Diamante (Entre Ríos, Argentina). *Scientia Interfluvius* 1 (1-2): 7-17.
- Latorre, F. & Pérez, C.F. 1997. One year of airborne pollen sampling in Mar del Plata (Argentina). *Grana* 36: 49-53.
- Mandrioli, P. 2000. Hirst Trap Non-viable sampler. *En: Mandrioli P., Isard S. & Main C. E. 2000. Field measurements in Aerobiology. Institute of atmospheric and oceanic sciences, Bologna, Italy.*
- Mandrioli, P., & Ariatti, A. 2001. Aerobiology: future course of action. *Aerobiologia*, 17(1): 1-10.
- Markgraf, V., & D'Antoni, H. L. 1978. Pollen flora of Argentina: modern spore and pollen types of Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Moore, P. D., Webb, J. A. & Collinson, M. E. 1991. Pollen analysis 2nd Edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Murray, M. G. 2007. Aerobiología. Un estudio del polen aerotransportado en Bahía Blanca y su región. Tesis Doctoral. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional del Sur.
- Murray, M. G., Galán, C. & Villamil, C. B. 2010. Airborne pollen in Bahía Blanca, Argentina: seasonal distribution of pollen types. *Aerobiologia* 26: 195-207.
- Murray, M. G., Sonaglioni, M. I. & Villamil, C. B. 2002. Annual variation of airborne pollen in the city of Bahía Blanca, Argentina. *Grana* 41: 183-189.
- Myszkowska, D., Jenner, B., Stępańska, D., & Czarnobilska, E. 2011. The pollen season dynamics and the relationship among some season parameters (start, end, annual total, season phases) in Kraków, Poland, 1991–2008. *Aerobiologia* 27(3): 229-238.

- Nitiu, D. S. & Romero, E. 2002. Caracterización aeropalínológica de la atmósfera de la ciudad de La Plata. Vinculación con alergias respiratorias. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 37 (1-2): 79-85.
- Nitiu, D. S. 2006. Aeropalynological analysis of La Plata City (Argentina) during a 3-year period. *Aerobiologia* 22: 79-87.
- Nitiu, D. S. 2009. Estudio del polen atmosférico y su relación con la vegetación local. La Plata, Argentina. *Acta botánica malacitana* 34: 189-199.
- Nitiu, D. S., Mallo, A. C. & Romero, E. J. 2003. Quantitative aeropalynology in the atmosphere of Buenos Aires city, Argentina. *Aerobiologia* 19: 1-10.
- Noetinger M. & Romero E. J. 1997. Monitoreo diario y volumétrico del polen atmosférico en la ciudad de Buenos Aires. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 32 (3-4): 185-194.
- Pérez, C. F., Gardiol, J. M., & Paez, M. M. 2001. Difusión atmosférica de polen en el sistema urbano-rural de la ciudad de Mar del Plata (Argentina), en los tres últimos meses del año 1995. *Polen* 11: 87-98.
- Pérez, C. F., Gardiol, J. M., & Paez, M. M. 2003. Comparison of diurnal variation of airborne pollen in Mar del Plata (Argentina) 2. Arboreal pollen. *Grana* 42(3): 161-167.
- Pérez-Badia, R., Rapp, A., Morales, C., Sardinero, S., Galán, C. & García-Mozo, H. 2010. Pollen spectrum and risk of pollen allergy in Central Spain. *Ann Agric Environ Med* 17: 139-151.
- Perkins, W. A. 1957. The rotorod sampler. Second semiannual Record. CLM 186. Stanford Univ. California.
- Pla-Dalmau, J. M. 1958. Nueva técnica para la valoración del polvo atmosférico especialmente útil en determinación palinológica. *Pharmacia Mediterranea* 2: 201-216.
- Punt, W., Hoen, P. P., Blackmore, S., Nilsson, S., & Le Thomas, A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of palaeobotany and palynology* 143(1-2): 1-81.

- Ribeiro, H., Oliveira, M. & Abreu, I. 2008. Intradurnal variation of allergenic pollen in the city of Porto (Portugal). *Aerobiologia* 24: 173-177.
- Ribeiro, H., Oliveira, M., Ribeiro, N., Cruz, A., Ferreira, A., Machado, H., Reis, A., & Abreu, I. 2009. Pollen allergenic potencial nature of some tree species: A multidisciplinary approach using aerobiological, immunochemical and hospital admissions data. *Environmental Research* 109: 328-333.
- Rizzi-Longo, L., Pizzulin-Sauli, M., Stravisi, F., & Ganis, P. 2007. Airborne pollen calendar for Trieste (Italy), 1990–2004. *Grana* 46(2): 98-109.
- Rodríguez-Rajo, F. J., Fdez-Sevilla, D., Stach, A., & Jato, V. 2010. Assessment between pollen seasons in areas with different urbanization level related to local vegetation sources and differences in allergen exposure. *Aerobiologia* 26(1): 1-14.
- Rojas Villegas, G. & Rourne Nolla, J. M. 2001. Atmospheric pollen in Santiago, Chile. *Grana* 40:126-132.
- Sabariego Ruiz, S. 2003. Estudio aerobiológico del polen y las esporas de la atmósfera de almería: modelos de pronóstico e incidencia de sensibilización en la población atópica. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Vegetal y Ecológica. Universidad de Almería.
- Saenz de Rivas, C. 1978. Polen y esporas: introducción a la palinología y vocabulario palinológico. H. Blume, Madrid.
- Scheifinger, H., Belmonte, J., Buters, J., Celenk, S., Damialis, A., Dechamp, C., García-Mozo, H., Gehrig, R., Grewling, L., Halley, J. M., Hogda, K. A., Jäger, S., Karatzas, K., Karisen, S. R., Koch, E., Pauling, A., Peel, R., Sikoparija, B., Smith, M., Galán-Soldevilla, C., Thibaudon, M., Vokou, D., & Weger, L. A. 2013. Monitoring, modeling and forecasting of the pollen season. In Sofiev, M & Bergmann, K. (Ed.), *Allergenic pollen. A review of the production, release, distribution and health impacts*. pp. 71-126. Germany: Springer.
- Servicio Meteorológico Nacional (SAZR). www.meteored.com.ar Consultado el 15/04/2019.

- Šševková, J., Dušička, J., Chrenová, J. & Mičieta, K. 2010. Annual pollen spectrum variations in the air of Bratislava (Slovakia): years 2002-2009. *Aerobiologia* 26: 277-287.
- Staffolani, L., & Hruska, K. 2008. Urban allergophytes of central Italy. *Aerobiologia* 24(2): 77-87.
- Staffolani, L., Velasco-Jiménez, M. J., Galán, C., & Hruska, K. 2011. Allergenicity of the ornamental urban flora: ecological and aerobiological analyses in Córdoba (Spain) and Ascoli Piceno (Italy). *Aerobiologia* 27(3): 239-246.
- Tejera, L., Beri, A. & Marrtínez Blanco, X. 2018. General characteristics of airborne pollen in Montevideo city, Uruguay. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 53(2): 239-253.
- Terán, L. M., Haselbarth-López, M. M. M., & Quiroz-García, D. L. 2009. Alergia, pólenes y medio ambiente. *Gaceta médica de México* 145(3): 215-222.
- Tormo Molina, R., Muñoz, A., Silva, M. I. & Gallardo, F. 1996. Pollen production in anemophilous trees. *Grana* 35: 38-46.
- Trigo, M. M., Recio, M., Toro, F. J. & Cabezudo, B. 1997. Intradialurnal fluctuations in airborne pollen in Málaga (S. Spain): A quantitative method. *Grana* 36: 1: 39-43.
- Velasco-Jiménez, M. J., Alcázar, P., Valle, A., Trigo, M. M., Minero, F., Domínguez-Vilches, E., & Galán, C. 2014. Aerobiological and ecological study of the potentially allergenic ornamental plants in south Spain. *Aerobiologia* 30: 91-101.
- Vergamini, S. M., Valencia-Barrera, R. M., de Antoni Zoppas, B. C., Morales, C. P., & Fernández-González, D. 2006. Pollen from tree and shrub taxa in the atmosphere of Caxias do Sul (Rio Grande do Sul, Brazil). *Aerobiologia*, 22(2): 141.
- Vergara, G. T. & Casagrande, G. A. 2012. Estadísticas agroclimáticas de la Facultad de Agronomía, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. 1977-2010. *Revista de la Facultad de Agronomía Universidad Nacional de La Pampa* 13(1-2): 1-74.

ANEXO



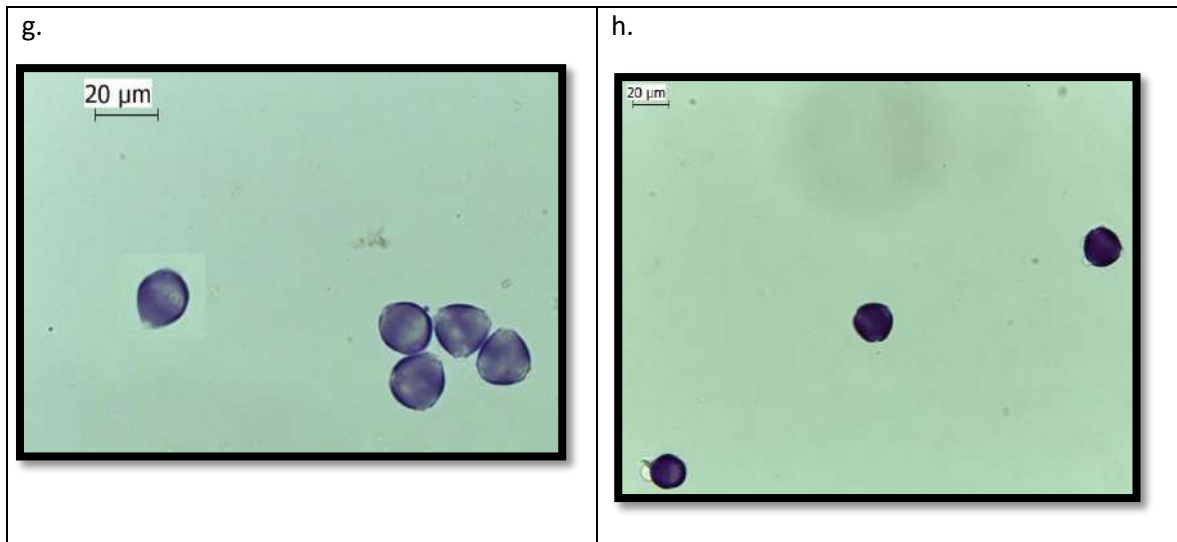


Figura 20. Imágenes de los diferentes granos de polen observados con microscopio óptico a 400 X. a. Cupressaceae; b. *Fraxinus*; c. *Ulmus* (la flecha señala la superficie cerebroide); d. *Platanus* (las flechas señalan las granulaciones en los colpos); e. *Olea europea*; f. *Ligustrum*; g. *Condalia microphylla*; h. *Styphnolobium japonicum*. Referencia: VP = vista polar; VE = vista ecuatorial.