

Scientia Interfluvius

Peer review, bilingual and multidisciplinary academic journal
Revista académica, bilingüe, arbitrada y multidisciplinaria



FLOWERING OF URBAN TREES AND AIRBORNE POLLEN CONCENTRATIONS IN DIAMANTE (ENTRE RÍOS, ARGENTINA)

FLORACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS URBANAS Y CONCENTRACIÓN DE POLEN EN EL AIRE DE DIAMANTE (ENTRE RÍOS, ARGENTINA)

Anabella Sánchez & Fabiana Latorre

Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Autónoma de Entre Ríos (FCyT-UADER)
Centro de Investigaciones Científicas y de Transferencia de Tecnología a la Producción
(CICyTTP-CONICET). Dr. Materi y España, 3105 Diamante, Provincia de Entre Ríos, Argentina
fabianalatorre@yahoo.com.ar

ABSTRACT. Flowering is one of the most important events of a plant's life cycle. The seasonality, intensity and progress of flowering phases vary within and between years. This variability is detected by atmospheric pollen records as variations in the amount and type of pollen grains. In this study, the flowering rhythms of the most important urban tree species of Diamante were analysed during a reproductive cycle. Flowering curves were compared with airborne pollen curves. The effects of weather conditions as well as the pollination strategies were evaluated. *Tabebuia impetiginosa*, *Tecoma stans*, *Melia azedarach*, *Brachychiton populneus* and *Fraxinus pennsylvanica* were the analysed species. Floral phenologic developments of *T. stans* and *M. azedarach* were homogeneous. *F. pennsylvanica* showed high floral variability however, the pollen curve coincided with flowering curve. Some distinctive features between anemophilous and entomophilous species were established in relation to flower development as well as its representation in the atmospheric pollen spectrum.

KEY WORDS. Aerobiology. Floral phenology. Airborne pollen. Urban environment. Meteorological conditions.

RESUMEN. La floración es una de las etapas más importantes del ciclo de vida de las plantas. La variabilidad en el inicio, intensidad y progreso de la floración se refleja en el registro polínico atmosférico como variaciones en la cantidad y tipo de granos presentes a lo largo del tiempo. En este trabajo, se analizó el patrón o ritmo de floración de las especies más importantes del arbolado urbano de la ciudad de Diamante a lo largo de un ciclo reproductivo, y se compararon las curvas de floración con las curvas de concentración de polen en la atmósfera. Además, se analizaron las condiciones meteorológicas como posibles modificadoras de la relación polen-floración. Las especies abundantes analizadas fueron las entomófilas: *Tabebuia impetiginosa*, *Tecoma stans*, *Melia azedarach* y *Brachychiton populneus*, y la anemófila *Fraxinus pennsylvanica*; las dos primeras de floración extensa. *T. stans* y *M. azedarach* fueron homogéneas en sus etapas fenológicas. *F. pennsylvanica* presentó alta variabilidad fenológica y sin embargo, la curva de concentración polínica coincidió con la curva de floración. Se establecieron las características diferenciales entre las especies anemófilas y entomófilas tanto respecto a su floración como a su representación en el espectro polínico atmosférico.

PALABRAS CLAVES. Aerobiología. Fenología floral. Polen atmosférico. Arbolado urbano. Condiciones meteorológicas.

INTRODUCCIÓN

La fenología es el estudio de los eventos recurrentes en el ciclo de vida de los animales y de las plantas, asociados con los cambios en el medio externo (Käpylä, 1984). La floración es una de las etapas más importantes del ciclo de vida de las plantas y la fenología de la floración se ocupa de este evento reproductivo en relación a los cambios climáticos estacionales. Es por ello que el inicio, progreso e intensidad de la apertura floral puede variar dentro y entre años. Esta variabilidad de la floración estará reflejada en el registro de polen atmosférico como variaciones en la cantidad y tipo de granos presentes a lo largo del tiempo, dentro de la misma estación de floración como entre distintas estaciones o años. El análisis aerobiológico posibilita entonces, el estudio detallado de la variabilidad vegetal no sólo en cuanto a composición sino también al comportamiento reproductivo, lo cual permite evaluar en última instancia, la respuesta de los organismos al ambiente (Prentice, 1985).

A fin de ajustar el análisis aeropalinológico a la interpretación y predicción de los eventos fenológicos florales y, en último término, para el pronóstico de las futuras emisiones polínicas, es indispensable conocer cualitativamente y cuantitativamente la actividad de las fuentes emisoras. El estudio aerobiológico de un área determinada implica analizar en forma conjunta: la vegetación de los alrededores (fuentes potenciales de polen), las fases fenológicas de la floración de las especies emisoras y el progreso de la floración, el tipo de polinización, y la abundancia y estacionalidad de las concentraciones del polen en el aire, juntamente con las condiciones ambientales prevalecientes.

En ambientes urbanos, los estudios aerobiológicos cobran suma importancia debido al efecto que causa el polen en la salud de sus habitantes (asma y rinitis alérgica). Por otra parte, largas series de este tipo de datos posibilitan monitorear el cambio en el clima a través del seguimiento de los cambios en las fenofases florales de las especies vegetales afectadas, cuyas manifestaciones directas son las emisiones de polen a la atmósfera (Comtois & Sherknies, 1987). La relación es más evidente en plantas de polinización anemófila (Latorre *et al.*, 2001), pero no está claro cómo se presenta en las de polinización entomófila. El tipo de estrategia reproductiva

INTRODUCTION

Phenology is the study of the events occurring in the life cycle of animals and plants associated with changes in the environment (Käpylä, 1984). Flowering is one of the most important stages in the lifecycle of plants and the phenology of flowering deals with this reproductive event in relation to seasonal climatic changes. Subsequently, the beginning, the progress and intensity of flowering can vary within a year and between years. This variability in the flowering will be reflected in the atmospheric pollen register showing variations in the quantity and type of grains present over periods of time, within the same flowering season as well as between seasons and years. As such, aerobiological analysis makes possible the detailed study of the vegetal variability, not only regarding composition but also reproductive behaviour which permits the eventual evaluation of how organisms react to the atmosphere (Prentice, 1985).

So as to adjust the aeropalinologic analysis to the interpretation and prediction of the phenologic flowering events and, in the end, for the predicting of future pollen emissions, it is indispensable to qualitatively and quantitatively know the activity of the emitting sources. The aerobiological study of a determined area implies the analysis of the vegetation and surroundings (potential sources of pollen), phenologic phases of flowering of the emissary species and the progress of the flowering, the type of pollination, and the abundance and seasonality of the concentrations of pollen in the air together with the prevailing atmospheric conditions.

In urban atmospheres, aerobiological studies are given much importance due to the effects of pollen on the health of residents (asthma and allergic rhinitis). On the other hand, the ample availability of this type of information make possible the monitoring of climatic changes through the following of changes in the flowering phenophases in the vegetal species affected, whose direct manifestations are the emission of pollen in the atmosphere (Comtois & Sherknies, 1987). The relationship is more evident in plants of anemophilous pollination (Latorre *et al.*, 2001), but it is not clear how it presents itself in entomophilous pollination. The type of reproductive strategy can be different between species and, moreover, variations can exist between individual types in their response to the atmosphere which cancel the phenologic synchrony (Mussey & Potter, 1997).

In this work, the principal hypothesis is that

puede ser diferente entre especies y además, pueden existir variaciones entre individuos en su respuesta al ambiente, que anulan la sincronización en la fenología (Mussey & Potter, 1997).

En este trabajo, la hipótesis principal que se plantea es que la época de floración y el progreso de la misma se reflejan en las curvas de polen atmosférico como distintas concentraciones a lo largo del tiempo, y que tanto la floración como su representación en el espectro atmosférico varían de acuerdo al tipo de polinización de la especie analizada. Para testear esta hipótesis, se analizó el patrón de floración de las especies más importantes del arbolado urbano de la ciudad de Diamante a lo largo de un ciclo reproductivo. Además, se compararon las curvas de floración con las curvas de concentración de polen en la atmósfera y se analizaron las condiciones meteorológicas como posibles modificadoras de la relación polen-floración. Se establecieron las características diferenciales entre especies anemófilas y entomófilas.

CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA REGIÓN

La ciudad de Diamante (32° 03' 437 S – 60° 38' 38 O), provincia de Entre Ríos, Argentina, está situada a orillas del Río Paraná, en el ecotono de las provincias fitogeográficas del Espinal y Pampeana, con influencias de la provincia Paranaense (Cabrera, 1994). La flora nativa circundante está representada por especies del ámbito ribereño e insular como: *Salix humboldtiana*, *Tessaria integrifolia*, *Erythrina crista-galli* y *Acacia caven* (Aceñolaza et al., 2004). El área también tiene influencia directa del Parque Nacional Pre-Delta (PNPD) que se encuentra ubicado a 6 km al sur de la ciudad, y cuya flora consta de 500 especies de plantas vasculares (Rodríguez, 2007).

El clima es templado-húmedo de llanura, la temperatura media anual es de 18° C y la amplitud térmica oscila entre 14°C y 16°C (Brizuela, 2006). El régimen pluviométrico es de 900 mm anuales, con precipitaciones que se registran principalmente en el período de octubre a abril (Rojas & Salusso, 1987).

La vegetación arbórea urbana de las calles, plazas y parques públicos de la ciudad de Diamante, presenta una amplia variedad de especies, que de acuerdo a un censo previo realizado (inédito), alcanzan aproximadamente a 85. Las especies

the period and progress of flowering are reflected in the curves of the atmospheric pollen as different concentrations over time, and that the flowering and its representation in the atmospheric spectrum vary according to the type of pollination of the analysed species. To test this hypothesis, flower samples of the most important species in the urban landscape of Diamante city were analysed during a reproductive period. Moreover, the flowering curves were compared with the atmospheric pollen concentration curves and the meteorological conditions were analysed as possible modifiers of the pollen-flowering relationship. Differing characteristics between anemophilous and entomophilous species were established.

GENERAL CHARACTERIZATION OF THE REGION

The city of Diamante (32° 03' 437S – 60° 38' 38 O), in the province of Entre Rios, Argentina, is situated on the banks of the Parana River, in the ecotone of the phytogeographic provinces of Espinal and Pampeana, with influences of the province of Parana (Cabrera, 1994). The native flora found here is represented by species of riverine and insular areas like: *Salix humboldtiana*, *Tessaria integrifolia*, *Erythrina crista-galli* and *Acacia caven* (Aceñolaza et al., 2004). The area also has direct influence of the Parque Nacional Pre-Delta (PNPD) which is located 6 km to the south of the city and whose flora consists of 500 species of vascular plants (Rodríguez, 2007).

The climate is temperate-humid plain the annual average temperature measured is 18°C and the thermal amplitude oscillates between 14°C and 16°C (Brizuela, 2006). The pluviometric regimen is 900 mm annually, with precipitation that is registered principally in the period between October and April (Rojas & Salusso, 1987).

The urban tree vegetation found on the streets, squares and parks of the city of Diamante present an ample variety of species, which, according to a previous census (unpublished), reach approximately 85. The most abundant species are *Platanus acerifolia* and *Fraxinus pennsylvanica*, among those that present anemophilous pollination, and *Tabebuia impetiginosa*, *Tecoma stans*, *Lagerstroemia indica* and *Hovenia dulcis* among those that are entomophilous.

MATERIAL AND METHODS

A detailed study was carried out of the floral

más abundantes son: *Platanus acerifolia* y *Fraxinus pennsylvanica*, dentro de las que presentan polinización anemófila, y *Tabebuia impetiginosa*, *Tecoma stans*, *Lagerstroemia indica* y *Hovenia dulcis*, dentro de las entomófilas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un seguimiento detallado de las fases florales de las especies arbóreas urbanas que, según el estudio de Sánchez (2009), son abundantes y representativas de la ciudad, y se determinó la duración de sus períodos de floración. De cada especie seleccionada, se eligieron al azar un mínimo de tres árboles de acuerdo al criterio de Opler *et al.* (1980) que permite registrar la posible variabilidad dentro de cada especie. El muestreo se realizó sobre los mismos individuos seleccionados, a lo largo de toda su etapa reproductiva durante el 2005. En cada árbol, se llevó a cabo el registro periódico (semanal o quincenal) de las etapas de la floración (fenofases o fases florales). El seguimiento detallado de las fases de floración, se realizó de acuerdo al método descrito por Marcello (1935) y utilizado por Latorre (1997) y Latorre & Belmonte (2005). Para ello, en cada individuo cada día de muestreo, se describió el estado fenológico de cuatro ramas elegidas al azar, de acuerdo a la siguiente escala:

- 1- presencia de yemas florales (0)
- 2- inicio de la floración (+1)
- 3- floración importante (+2)
- 4- máxima floración (3)
- 5- declinación de la floración (-2)
- 6- finalización de la floración (-1)
- 7- final (0)

Por otra parte, se estableció el tipo de polinización de las especies analizadas (Latorre, 1999a), esperándose que los granos de polen de las especie con polinización anemófila estén presentes en el registro atmosférico en mayor proporción y además, que sea posible seguir la intensidad y progreso de su floración a partir de las curvas del polen atmosférico.

Para la selección de especies también se tuvo en cuenta que la floración ocurra bajo condiciones climático-meteorológicas similares, o sea especies que florezcan en un mismo período o estación.

A fin de comparar el desarrollo fenológico floral con el espectro polínico atmosférico, se confeccionaron gráficos de las curvas de

phases of the arboreal urban species, which according to the study of Sanchez (2009), are abundant and representative of the city. The duration of their period of flowering was determined. Of each selected species, a minimum of three trees were selected at random according to the criterion of Opler *et al.*, (1980), which permits the registering of the possible variability within each species. The sampling was carried out on the same chosen trees, during its entire reproductive stage in 2005. With each tree, the periodic register was maintained to the end (weekly or every fortnight) in the stages of flowering (phenophases or floral phases). The detailed following of the flowering phases was carried out according to the method described by Marcello (1935) and used by Latorre (1997) and Latorre & Belmonte (2005). For this, on each individual day of sampling, the phenologic state of four branches chosen at random according to the following scale was described:

- 1- presence of floral bud (0)
- 2- initiation of flowering (+1)
- 3- heavy flowering (+2)
- 4- maximum flowering (3)
- 5- decline in flowering (-2)
- 6- finalising flowering (-1)
- 7- final (0)

On the other hand, the type of pollination of the analysed species was established (Latorre, 1999a), in expectation of the pollen grains of the species with anemophilous pollination being present in a higher proportion in the atmospheric register and also to enable the finding of the intensity and progress of its flowering based on the atmospheric pollen curves.

For the selection of species, it was taken into account that flowering should occur under similar climatic-meteorological conditions, and that the species flower in the same period or season.

In order to make a comparative analysis of the phenologic flowering development with the atmospheric pollen spectrum, graphs with curves indicating pollen concentration and flowering were drawn up. Information on the air pollen of the city was used, obtained from an aerobiological sampling machine of continuous volumetric suction Lanzoni (Hirst, 1952), installed in the water tower, measuring 12 metres in height, of CICyTTP- CONICET of Diamante. All of the pollen information of the period was analysed by Latorre & Caccavari (2010), and presented here is the information on the pollen whose potential source comes within the analysed species.

The analysed trees correspond to the local and

concentración de polen y las de floración, para un análisis comparativo. Se utilizaron los datos del polen aéreo de la ciudad, obtenidos con un muestreador aerobiológico continuo y volumétrico de succión Lanzoni (Hirst, 1952), instalado en la torre de agua del CICyTTP-CONICET de la ciudad de Diamante a 12 metros de altura. Los datos polínicos completos del período fueron analizados por Latorre & Caccavari (2010); aquí se presentan sólo los datos de polen cuyas fuentes potenciales son las especies analizadas.

Los árboles analizados corresponden a la vegetación local y extralocal (hasta 2km) sensu Janssen (1973), respecto del muestreador aerobiológico.

Durante el período de seguimiento de la floración (junio a noviembre) la temperatura media fue de 17,3°C, con un mínimo promedio de 13,8°C en los cuatro primeros meses y un máximo promedio de 24,3°C en octubre y noviembre. Las precipitaciones sumaron 471mm, con máximos en junio y noviembre con un promedio de 150mm, y un mínimo en julio (18mm). Estos datos corresponden a la estación meteorológica INTA Oro Verde.

RESULTADOS

Análisis de las etapas de la floración de las especies arbóreas seleccionadas

Cinco especies fueron seleccionadas de acuerdo a los criterios establecidos de abundancia en la vegetación urbana y tipo de polinización. Ellas fueron: *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. (lapacho) y *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (guarín) las cuales pertenecen a la familia Bignoniaceae, *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (fresno) de la familia Oleaceae, *Melia azedarach* L. (paraíso) correspondiente a la familia Meliaceae, y *Brachychiton populneus* (Schott & Endl.) R. Br. (braquiquito) representante de la familia Sterculiaceae.

Cuatro de estas cinco especies son entomófilas y representan el 28 % de la vegetación urbana total; sólo *F. pennsylvanica* es anemófila y su abundancia en la vegetación es importante (19% del total de árboles). El seguimiento de la floración se realizó sobre un total de 27 árboles seleccionados al azar de las 5 especies relevadas (Tabla I, Fig. 1).

El período floral de *M. azedarach* mostró una similitud entre árboles en cuanto a la fecha de inicio,

extra-local vegetation (up to 2km) sensu Janssen (1973), with respect to the aerobiological sampling machine.

During the period of observation of flowering (June to November), the average temperature was 17,3 °C with a minimum of 13,8 °C in the first four months and a maximum of 24,3 °C in October and November. Rainfall added up to 471mm, with highs in June and November with an average of 150mm and a minimum in July (18mm). This information comes from the meteorological station INTA, in Oro Verde.

RESULTS

Analysis of the flowering stages of the selected tree species

Five species were chosen according to an established criterion of abundance of urban vegetation and type of pollination. They were: *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. (lapacho) and *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (guarín) which belong to the Bignoniaceae family, *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (fresno) of the Oleaceae family, *Melia azedarach* L. (paraíso) corresponding to the Meliaceae family, and *Brachychiton populneus* (Schott & Endl.) R. Br. (braquiquito) representative of the Sterculiaceae family.

Four of these five species are entomophilous and represent 28% of the total urban vegetation; only *F. pennsylvanica* is anemophilous and its abundance in the vegetation is important (19% of the total of trees). The study of the flowering was carried out on a total of 27 trees, of the 5 species, chosen at random (Table 1, Fig. 1).

The flowering period of *M. azedarach* showed a similarity between trees in the beginning, of a maximum and at the end of the period. All the analysed trees reached maximum flowering 37 days after initiation; the finalization of flowering occurred 35 days after reaching maximum; the length of flowering for this species was 11 weeks

For *T. impetiginosa* the ascending flowering phase or the period between the initiation and maximum, lasted 62 days. Meanwhile in the majority the declining stage of the flowering period took place, (tree 5). Much flowering was observed in the month of August. The finalization of the flowering occurred 56 days after the maximum flowering average. Flowering lasted 16 weeks (Table I, Fig. 1).

T. stans also had extensive flowering (15 weeks) (Table I, Fig 2). Its maximum flowering was registered 64 days after the period of initiation, and its finalization

Tabla I: Fechas en que se registraron las fenofases florales principales en las especies analizadas y para cada árbol relevado.
Table I: Dates on which the principal flowering phenophases of the analysed species were registered for each flowering tree:

	Beginning / Inicio	Maximum / Maximo	Finalisati3n / Finalizaci3n
<i>Tecota stans / Tecoma stans</i>			
Tree 1 / rbol 1	06-Jul	23-Aug / Ago	05-Oct
Tree 2 / rbol 2	20-Jun	23-Aug	05-Oct
Tree 3 / rbol 3	20-Jun	23-Aug	05-Oct
Tree 4 / rbol 4	20-Jun	23-Aug	05-Oct
Tree 5 / rbol 5	20-Jun	04-Aug	05-Oct
Tree 6 / rbol 6	20-Jun	23-Aug	20-Sep
Tree 7 / rbol 7	20-Jun	23-Aug	05-Oct
Tree 8 / rbol 8	20-Jun	23-Aug	05-Oct
Tree 9 / rbol 9	20-Jun	-	05-Oct
Tree 10 / rbol 10	20-Jun	23-Aug	05-Oct
Tree 11 / rbol 11	20-Jun	23-Aug	05-Oct
Tree 12 / rbol 12	20-Jun	04-Aug	05-Oct
<i>Tabebuia impetiginosa</i>			
Tree 1 / rbol 1	22-Jun	04-Aug	04-Oct
Tree 2 / rbol 2	22-Jun	23-Aug	04-Oct
Tree 3 / rbol 3	22-Jun	23-Aug	04-Oct
Tree 4 / rbol 4	22-Jun	04-Aug	18-Oct
Tree 5 / rbol 5	22-Jun	08-Sep	
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>			
Tree 1 / rbol 1	21-Jul	17-Sep	13-Oct
Tree 2 / rbol 2	21-Jul	03-Sep	13-Oct
Tree 3 / rbol 3	04-Aug	27-Sep	24-Oct
<i>Melia azedarach</i>			
Tree 1 / rbol 1	23-Aug	29-Sep	03-Nov
Tree 2 / rbol 2	23-Aug	29-Sep	03-Nov
Tree 3 / rbol 3	23-Aug	29-Sep	03-Nov
Tree 4 / rbol 4	23-Aug	29-Sep	03-Nov
<i>Brachychiton populneus</i>			
Tree 1 / rbol 1	24-Sep	24-Oct	25-Nov
Tree 2 / rbol 2	24-Sep	31-Oct	02-Dec / Dic
Tree 3 / rbol 3	24-Sep	24-Oct	02-Dec

de máximo y final del período. Todos los árboles analizados alcanzaron el máximo de floraci3n 37 días después de iniciada la misma; la finalizaci3n de la floraci3n ocurri3 a 35 días del máximo; la duraci3n de la floraci3n para esta especie, fue de 11 semanas.

Para *T. impetiginosa* la fase ascendente de la floraci3n, período entre el inicio y máximo, dur3 62 días. Mientras en la mayoría se desarrollaba la

occurred 43 days after the maximum.

Among the *F. pennsylvanica* trees differences were registered differences of 15 days in the beginning and finalization of flowering. The differences were also observed in the maximum (Table 1). 58 days after the initial average of the flowering period, the height of maximum flowering was registered (Fig 2). The end of flowering was observed 37 days after the maximum and lasted 12 weeks.

etapa de declinación del período floral, un árbol registró el máximo (árbol 5). Se observó una floración importante durante el mes de agosto. La finalización de la floración ocurrió a los 56 días del máximo floral promedio. La floración duró 16 semanas (Tabla I; Fig. 1).

T. stans presentó una floración también extensa (15 semanas) (Tabla I, Fig. 2). Su máximo de floración fue registrado a los 64 días con respecto al inicio del período, y su finalización ocurrió a los 43 días después del máximo.

Entre los árboles de *F. pennsylvanica* se registraron diferencias de 15 días en el inicio y en el final de la floración. Las diferencias también fueron observadas en el máximo (Tabla I). A los 58 días del inicio medio del período floral, se registró el pico promedio de máxima floración (Fig. 2). El final de la floración fue observado a los 37 días del máximo. La duración fue de 12 semanas.

El período de floración de *B. populneus* comenzó a principios de primavera. El inicio de la floración presentó similitud entre los árboles observados (Tabla I). La fase máxima de floración se registró a los 30 días después del inicio. El máximo número de flores abiertas se mantuvo durante 7 días (Fig. 1). La finalización ocurrió a los 32 días después del máximo. La duración del período fenológico floral para esta especie fue de 10 semanas.

RELACIÓN ENTRE LAS ETAPAS DE LA FLORACIÓN Y LA CONCENTRACIÓN DE POLEN

F. Pennsylvanica es una especie anemófila y la principal en la ciudad. Durante su período reproductivo del año 2005, se registraron 1.609 granos de polen por metro cúbico de aire (p/m³) en la atmósfera de Diamante, lo cual representó el 3,64% del total de polen total anual.

El inicio de su polinización se registró 11 semanas antes del inicio de la floración (Fig. 2). El máximo de floración se observó 5 días antes que se registrara el primer máximo de polen (22/9), presentándose otro pico de alta concentración el 26/9. La fase descendente de la floración coincidió con la ocurrencia de la disminución del polen atmosférico. Después de haber finalizado la floración, siguieron registrándose granos de polen aisladamente durante 6 semanas, acumulando en este período 0,62% del total. Similar porcentaje de polen fue registrado antes de que los árboles empezaran a florecer (0,43%). Entre el inicio y el máximo de la

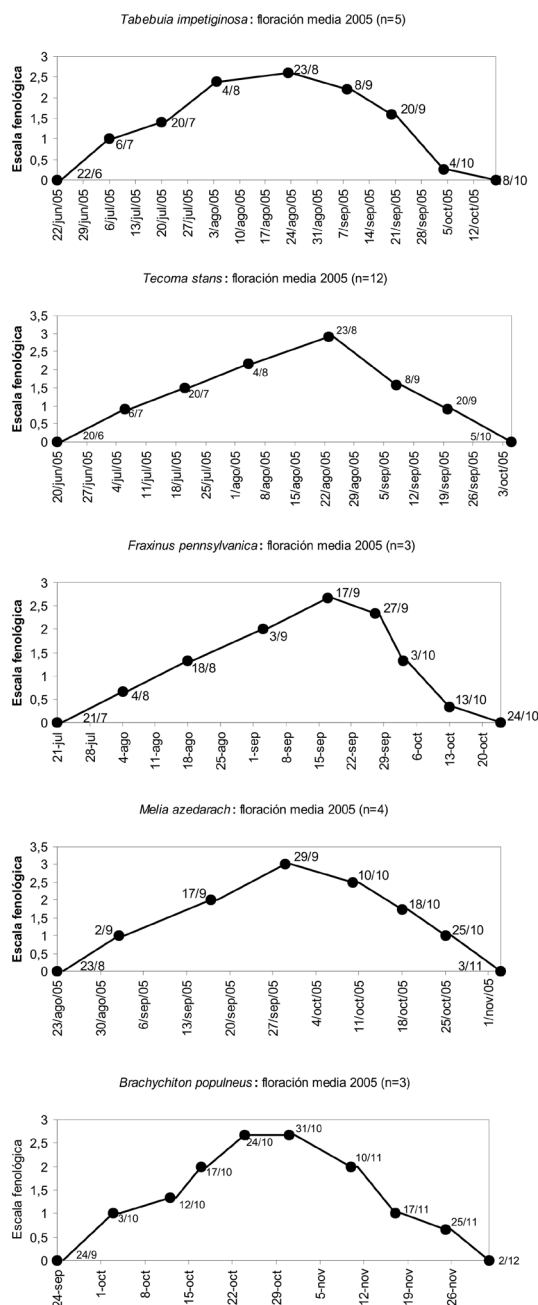


Figure 1: Curves of average flowering of each species.
Figura 1: Curvas de floración media de cada especie.

The flowering period of *B. populneus* began with the commencing of spring. The beginning of flowering showed similarity between observed trees (Table 1). The maximum flowering period was registered 30 days after the beginning. The maximum number of open flowers was maintained over 7 days (Fig 1). The finalization occurred 32 days after the maximum. The

floración de la especie (58 días), se registró 11,69% del total de granos de polen del género; en los 37 días que duró la etapa entre el máximo y el final de la floración se obtuvo el 87,26% del total de polen. Cinco días después de que ocurriera el máximo de floración se observaron los dos picos máximos de polen con una diferencia entre ambos de cuatro días. Luego de su segundo pico máximo, la curva de polen descendió, y coincidió con la caída de precipitaciones que acumularon 32.3mm (datos de la estación meteorológica INTA Oro Verde). Durante esa semana (del 27/9 al 7/10) se registró bajo contenido polínico (Fig. 2).

El tipo polínico Bignoniaceae (que incluiría a *T. impetiginosa* y *T. stans*) acumuló 0,02%, *Brachychiton* (en vegetación *B. populneus*) 0,08%, y *Melia* (en vegetación *M. azedarach*) 0,10% del polen total anual. En todos los casos el registro de polen fue esporádico e intermitente. Sólo en el caso de *Brachychiton* coincidió la presencia en el aire con la floración.

DISCUSIÓN

Análisis de las etapas de la floración de las especies arbóreas seleccionadas

De acuerdo al análisis de las etapas de la floración, *T. stans* y *M. azedarach* fueron las especies más homogéneas respecto a la ocurrencia de las fenofases florales principales (inicio, máximo y finalización). También puede considerarse homogénea a *T. impetiginosa*, excepto en el final de la floración. Las especies de la familia Bignoniaceae presentaron el período de floración más extenso, y *B. populneus*, el más corto. En esta última especie, el comienzo de la floración es tardío (a mediados de la primavera), mientras que en el resto son especies que florecen a fines de invierno o principio de primavera. Las especies arbóreas de floración invierno-primaveral, en general requieren cierta suma de temperatura para que comience la etapa del crecimiento reproductivo (Emberlin *et al.*, 1993), como también es importante el incremento de temperatura para que se determine la floración y con ello, la descarga polínica a la atmósfera (Seeley *et al.*, 1997). Queda para un futuro trabajo, analizar estas condiciones climático-estacionales previas y evaluar cómo éstas influyen en la estacionalidad e intensidad de las distintas fenofases florales.

Por otra parte, la familia Bignoniaceae, está

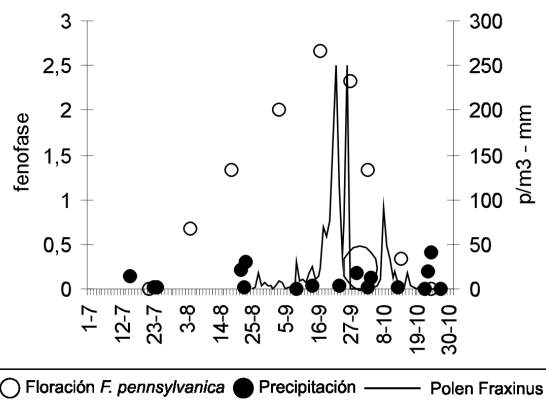


Figura 2: Curva de polen de *Fraxinus* y fases de floración de *F. pennsylvanica*. Se indica la cantidad de agua caída durante el período.

Figure 2: Pollen curve of *Fraxinus* and flowering phases of *F. pennsylvanica*. Rainfall over this period is indicated.

duration of the phenologic flowering period for this species was 10 weeks.

RELATIONSHIP BETWEEN STAGES OF FLOWERING AND POLLEN CONCENTRATION

F. pennsylvanica is an anemophilous species and the principal in the city. During its reproductive period in the year 2005, 1,609 grains of pollen per cubic metre of air (p/m³) were registered in the atmosphere of Diamante which represents 3,64% of the total annual pollen.

The beginning of its pollination began 11 weeks before flowering began (fig 2). Maximum flowering was observed 5 days before the first maximum level of pollen was registered (22/9), presenting another peak in high concentration on 26/9. The descending phase of flowering coincided with the occurrence of the diminishing of atmospheric pollen. After flowering was finalised, isolated pollen grains continued to be registered over 6 weeks, accumulating 0.62% of the total. A similar percentage of pollen was registered before the trees began to flower (0,43%). Between the beginning and the maximum flowering of the species (58 days), 11,69% of the total pollen genus, in the 37 days that was the length of the stage between the maximum and the end of the flowering 87,26% of the total pollen was obtained. Five days after maximum flowering occurred two maximum peaks of pollen with a difference between these two of four days were observed. Then, after its second maximum peak, the pollen peak descended and coincided with rainfall

representada por especies arbóreas nativas de América, que crecen desde el norte de Argentina hasta México, aunque se han adaptado muy bien en esta zona. Son recomendados estos árboles para la implantación en las calles porque presentan pocas raíces, de esta forma no levantan las veredas, son de uso ornamental; presentan floración extensa, muy vistosas que favorecen el aspecto paisajístico. Además, por tener polinización entomófila, y como se observó en este trabajo, el aporte de polen al aire no es significativo como para causar síntomas alérgicos en la población sensible.

La especie con mayor variabilidad fenológica fue *F. pennsylvanica*, con un máximo de floración variable entre árboles y prolongado. Estas características en la dinámica de la apertura floral fue también observada en *F. excelsior* por Latorre & Bianchi (1998), y se asocia con una adaptación a la polinización anemófila (Tapper, 1996).

RELACIÓN ENTRE LAS ETAPAS DE LA FLORACIÓN Y LA CONCENTRACIÓN DE POLEN

Por medio del estudio conjunto de la floración y de la concentración de polen en la atmósfera, se puso en evidencia que para las especies de polinización entomófila como *T. stans*, *T. impetiginosa*, *M. azedarach* y *B. populneus*, el progreso de la floración no está representado en el espectro polínico atmosférico. La densidad alta en el arbolado urbano tampoco se ve directamente reflejada en el espectro, ya que las concentraciones de polen en el aire de estos taxones sumaron apenas el 0.20% mientras que las posibles fuentes emisoras de polen reúnen el 28% del arbolado urbano.

Si bien se comparó el desarrollo de la fenología de la floración de las cinco especies seleccionadas, con las correspondientes concentraciones de polen en el aire, sólo se analizó a la especie anemófila, ya que el registro de polen en el aire de especies entomófilas no siempre coincidió exactamente con la época de floración de las potenciales fuentes emisoras analizadas, y además, fue esporádico y escaso.

F. pennsylvanica fue la única especie anemófila de las analizadas; además, su abundancia en la vegetación urbana fue relativamente alta (19%). La productividad de polen es mayor que las plantas entomófilas, con lo cual se espera una mayor concentración polínica en la atmósfera en relación

which accumulated 32.3mm (information from the meteorological centre INTA in Oro Verde). During this week (from 27/9 to 7/10) low pollen content was registered (Fig. 2).

The pollen type Bignoniaceae (which would include *T. impetiginosa* and *T. stans*) accumulated 0.02%, Brachychiton (*B. populneus* in vegetation) 0.08%, and Melia (*M. azedarach* in vegetation) 0.10% of the total annual pollen. In all cases the pollen register was sporadic and intermittent. Only in the case of *Brachychiton* its presence coincide with flowering.

DISCUSIÓN

Analysis of the stages of flowering of the selected tree species

According to the analysis of the stages of flowering, *T. stans* and *M. azedarach* were the most homogenous species with respect to the occurrence of the principal floral phenophases (beginning, maximum and finalization). *T. impetiginosa* can also be considered homogenous except at the end of flowering. The species of Bignoniaceae showed the most extensive flowering period, and *B. populneus*, the shortest. In this last species, the beginning of the flowering was late (towards the middle of spring), while the rest were species that flowered in the end of winter or beginning of spring. The tree species of winter-spring flowering generally require a certain temperature to begin the stage of reproductive growth (Emberlin *et al.*, 1993). This increase in temperature is also important to determine flowering and, with it, the pollen discharge in the atmosphere (Seeley *et al.*, 1997). A future study will consist of the analysis of these previous climatic-seasonal conditions and evaluate how these influence the seasonality and intensity in different floral phenophases.

On the other hand, the family Bignoniaceae is represented by tree species native to America that grow from the north of Argentina up to Mexico, although they have adapted themselves very well in this zone. The planting of these trees along roads is recommended as they have few roots and therefore no not lift pavements. They are also ornamental, with much flowering, favourable to landscape design. Moreover, being of entomophilous pollination, and as is observed in this study, the addition of pollen to the air is not significant so as to cause allergic symptoms in the sensitive sector of the population.

The species with the highest phenologic variability

a las plantas entomófilas con igual número de fuentes emisoras. La variabilidad en el desarrollo de las fenofases florales dentro de *F. pennsylvanica*, fue considerable. Latorre (1999a) encontró diferencias entre los árboles mayores a 10 días en el inicio de la floración en las especies de floración temprana como *F. excelsior* y *Eucalyptus globulus*.

La curva de floración de *F. pennsylvanica* y la curva de concentración de polen de *Fraxinus* fueron similares en sus fases principales (inicio, máximo, finalización), es decir que las diferentes concentraciones a lo largo del período de polinización se corresponden y representan a las fases de la fenología floral de la especie.

Si bien se registraron granos de polen del género antes de que las flores de *F. pennsylvanica* comenzaran a abrirse, fue en muy baja proporción. También se observó escaso polen en suspensión luego de finalizada la floración. El registro de polen en la atmósfera es indicativo del inicio y final de la floración, ya que el poco polen remanente en la atmósfera fuera de la estación de floración, representarían polen ya depositado y re-incorporado a la atmósfera por eventos meteorológicos de turbulencia atmosférica (O'Rourke, 1990; Latorre, 1999b; Latorre & Caccavari, 2009). Latorre (1997) demostró que las especies de *Fraxinus* muestran un patrón asincrónico en la floración, con alta variabilidad no sólo entre individuos sino también dentro de cada individuo, mostrando fases florales muy diferentes entre ramas, y que esto luego se ve reflejado en el espectro de polen. O sea que esta diferencia, aunque escasa, entre floración y registro de polen podría atribuirse a la variabilidad inherente de la especie *F. pennsylvanica*. Latorre (1999a) comparó la fenología floral de los árboles anemófilos urbanos más importantes de la ciudad de Mar del Plata con las concentraciones de polen en el aire, y concluyó que el período de floración en promedio, se puede calcular como el período desde que se registra un 1% del total de polen del taxón hasta que se acumula el 96% de lo emitido. Por lo tanto, los porcentajes entre 0,4% y 97% encontrados en este trabajo de Diamante para *Fraxinus* antes y hasta el final de la floración, respectivamente, resultan adecuados para establecer el período de floración de la especie.

El mes con mayor concentración de polen de *Fraxinus* se alcanzó en septiembre, entre finales de invierno y principio de la primavera, cuando la temperatura comienza a ascender de manera

was *F. pennsylvanica*, with a maximum of flowering variable between trees and prolonged. These characteristics in the dynamics of floral opening were also observed in *F. excelsior* by Latorre & Bianchi (1998), and are associated with an adaptation to anemophilous pollination (Tapper, 1996).

RELATIONSHIP BETWEEN FLOWERING STAGES AND POLLEN CONCENTRATION

Through the joint study of flowering and pollen concentration in the atmosphere, it was evident that for species of entomophilous pollination such as *T. stans*, *T. impetiginosa*, *M. azedarach* and *B. populneus*, the progress of flowering is not representative of the atmospheric pollen spectrum. Neither is the high density of urban trees seen directly reflected in the spectrum, furthermore, the concentration of pollen in the air of these taxons barely added to 0.20% while the possible emissary pollen sources add up to 28% of the urban tree presence.

While the development of the phenology of flowering was compared in the five selected species, with the corresponding concentration of air pollen, only the anemophilous species was analysed, because the register of air pollen in the entomophilous species did not always coincide exactly with the time of flowering of the potential emissary bases analysed; in fact, these were sporadic and scarce

F. pennsylvanica was the only anemophilous species of those analysed. Moreover, its abundance in urban vegetation was relatively high (19%). The productivity of pollen is higher than in entomophilous plants with an equal number of emissary bases. The variability in the development of flowering phenophases in *F. pennsylvanica* was considerable. Latorre (1999a) found differences between trees over 10 days in the beginning of flowering in the species of early flowering such as *F. excelsior* and *Eucalyptus globul*.

The flowering curve of *F. pennsylvanica* and the pollen concentration curve of *Fraxinus* was similar in their principal phases (beginning, maximum, finalization), which is to say that the different concentrations over the period of pollination corresponds with and represents the phases of floral phenology of the species.

While pollen grains of the type were registered before the flowers of *F. pennsylvanica* began to open, they were in very low proportion. Also pollen was observed scarcely in suspension after the finalization of flowering. The pollen register in the atmosphere is indicative of the beginning and end of flowering,

importante. Además, se observó un descenso de la curva polínica con una reducción importante en el número de granos de polen en la atmósfera atribuible a la lluvia caída. Estas precipitaciones "lavan" la atmósfera (Peternel *et al.* 2004), y son responsables de la falta de coincidencia entre la cantidad de polen y la fenofase floral (Latorre & Bianchi, 1998).

El polen que se registra en la atmósfera en una concentración importante como aquí *Fraxinus*, puede causar afecciones alérgicas sobre la población sensible (Famularo *et al.*, 1992; Latorre, 1999b; Latorre *et al.*, 2001).

Los resultados obtenidos en este trabajo son de suma importancia para ajustar el modelo aerobiológico de la ciudad y sirven de fundamento para establecer criterios en el uso de árboles ornamentales dentro la ciudad, planificando y diseñando el arbolado urbano, y de esta forma evitando el uso de especies que se presentan como potenciales fuentes de polen anemófilo y que pueda ocasionar polinosis.

CONCLUSIONES

Algunos aspectos importantes a destacar son:

- Las cinco especies analizadas representan el 47% de los árboles urbanos.

- *T. stans* (guarán) y *T. impetiginosa* (lapacho) son especies entomófilas y presentaron la floración más extensa (15 y 16 semanas, respectivamente). Estos árboles que pertenecen a la familia Bignoniaceae, son recomendados para su uso en la forestación urbana ya que están bien adaptados a la zona, su floración es vistosa con valor paisajístico, y no aportan polen en cantidad suficiente como para causar alergias.

- El período de floración más breve (10 semanas) se observó en *B. populneus* (braquiquito); los árboles más homogéneos en el desarrollo fenológico correspondieron a *T. stans* y *M. azedarach* (paraíso). Todas estas especies tienen polinización entomófila.

- *F. pennsylvanica* (fresno), presentó la mayor variabilidad fenológica, la cual se asocia con una adaptación a la polinización anemófila. La curva de concentración polínica coincidió con la curva de floración, acumulando durante este período el 96.6% del polen total registrado. Esta especie es abundante en el arbolado urbano y también en el espectro de polen atmosférico. Esto último, sumado

while the little pollen remaining in the atmosphere out of the flowering season would represent pollen already deposited and re-incorporated in the atmosphere by meteorological events and atmospheric turbulences (O'Rourke, 1990; Latorre, 1999b; Latorre & Caccavari, 2009). Latorre (1997) showed that the *Fraxinus* species showed an asynchronous patron in flowering with high variability not only between individuals but also within each individual, showing very different floral phases between branches and this in turn is seen reflected in the pollen spectrum. .

Therefore, this difference, though scarce, between flowering and pollen registered could be attributed to the variability inherent in the species *F. pennsylvanica*. Latorre (1999a) compared the floral phenology of the most important urban anemophilous trees of the city of Mar del Plata with the concentrations of air pollen and concluded that the average flowering period can be calculated as the period in which 1% of the total pollen of the taxon is registered until 96% of the emissions have been accumulated. As such, the percentages between 0,4% and 97% found in this study in Diamante on *Fraxinus* before and until the end of flowering respectively amounted to adequate results to establish the period of flowering of the species.

The month with the highest concentration of pollen from *Fraxinus* was reached was September, between the end of winter and the beginning of spring, when temperatures begin to rise considerably. Moreover, a low in the pollen curve was observed with a marked reduction in the number of pollen grains in the atmosphere that can be attributed to rainfall. These showers "wash" the atmosphere (Paternel *et al.*, 2004), and are responsible for the lack of coincidence between the quantity of pollen and the floral phenophase. (Latorre & Bianchi, 1998).

The pollen that is registered in the atmosphere in a concentration as in here, *Fraxinus*, can cause allergies among the sensitive in the population (Famularo *et al.*, 1992; Latorre, 1999b; Latorre *et al.*, 2001).

The results obtained in this study are of much importance to adjust the aerobiological model of the city and serves fundamentally to establish criteria in the use of ornamental trees within the city, planning and designing the urban tree layout. In this way species that are potential sources of anemophilous pollen causing pollinosis can be avoided.

CONCLUSIONS

Some important aspects that stand out are:

- The five species analysed represent 47% of the

a que presenta características alergénicas, hace que no sea recomendado su uso como ornamental en las ciudades.

- Las precipitaciones causaron una disminución importante en la concentración de polen atmosférico, aún cuando la floración (y por lo tanto la emisión de polen) estaba en su plenitud.

En forma general, puede concluirse que las plantas anemófilas de la vegetación urbana están presentes mayoritariamente en el registro de polen atmosférico, y su época de floración y el progreso de la fenología floral se refleja en el espectro polínico atmosférico como curvas de polen que indican distinta abundancia a lo largo del tiempo.

Queda para futuros trabajos, abordar de manera exhaustiva el análisis de los factores climático-estacionales y meteorológicos que influyen en la floración y en su representación en la atmósfera, y que en este trabajo se abordaron en forma preliminar.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a G. Martínez por su colaboración. Subsidios PIDP UADER. Res. 550/08 y UNMDP EXA 462/09. FL es miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET.

BIBLIOGRAFIA

- Aceñolaza, P. G., Povedano, H. E., Manzano, A. S., Muñoz, J. D., Areta, J. I. y Ronchi Virgolini, A. L., 2004. Biodiversidad del Parque Nacional Pre-Delta. INSUGEO. *Miscelánea* 12. F. G. Aceñolaza (ed.) 169-184 pp
- Brizuela, A., 2006. *Síntesis climática de Entre Ríos. Descripción y efectos*. El arroz, su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos. Tomo I. Ed. UNL-UNER: 185-202.
- Cabrera, A. L., 1994. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* (1). Ed. ACME. Buenos Aires. 85 pp.
- Comtois, P. y Sherknies, D., 1987. An aerobiological model for pollen forecasting. 18th Conference on Agricultural and forest meteorology & 8th Conference on biometeorology and aerobiology. Sept 14-18. Canada.
- Emberlin, J. C., Savage, M. y Woodman, R., 1993. Annual variations in the concentration of *Betula* pollen in the London area. 1961-90. *Grana*, 32: 359-364.
- Famularo, G., Petrucci, C., Di Stanislao, C., Giaconelli, R., Tiriticco, T., Bologna, G. y Tonnetti, G., 1992. Aerobiological survey in L'Aquila (Italy) Throughout 1988 to 1990. *Aerobiologia*, 8:359-363.
- Hirst, J. M., 1952. An automatic volumetric spore trap. *Annual Applied Biology*, 39: 257-265.

urban trees.

- *T. stans* (guaran) and *T. impetiginosa* (lapacho) are entomophilous species and show the most extensive flowering (15 and 16 weeks, respectively). These trees that belong to the Bignoniaceae family are recommended for their use in urban forestation being well adapted to the zone while its flowering is eye-catching and well suited for landscaping. Moreover, it does not emit pollen in sufficient quantities to cause allergies.

- The briefest period of flowering (10 weeks) was observed in *B. populneus* (braquiquito); the most homogenous trees in phonological development are *T. stans* and *M. azedarach* (paraíso). All of these species are of entomophilous pollination.

- *F. pennsylvanica* (Fresno) showed the highest phonological variability, which is associated with adaptation to anemophilous pollination. The pollen concentration curve coincided with the flowering curve, accumulating 96.6% of the total pollen registered. This species is abundant in the urban landscape and also in the spectrum of atmospheric pollen. Given the allergenic characteristics shown by this tree, it is not recommended for adorning cities.

- Rainfall caused an important low in the atmospheric pollen concentration, even when flowering (and as such, the emission of pollen) was plentiful.

In general, it can be concluded that anemophilous plants in urban vegetation are mostly present in the atmospheric pollen register, and its time of flowering and progress of floral phenology is reflected in the atmospheric pollen spectrum as pollen curves that indicate different levels of abundance in given lengths of time.

Future studies will be made of the in-depth analysis of the climatic-seasonal and meteorological factors that influence flowering and its representation in the atmosphere and which in this study were given preliminary consideration.

ACKNOWLEDGEMENTS

Our thanks to G. Martinez for his help. Grants PIDP UADER. Res 550/08 and UNMDP EXA 462/09. FL is a Scientific Researcher of CONICET.

- Janssen, C.R. 1973. *Local and regional pollen deposition*. - In: Quaternary plant ecology. H.B.J. Gordon & R.G. West Eds., pp. 31-42. Blackwell Sci. Publ., Oxford.
- Käpylä, M., 1984. Diurnal variation of tree pollen in the air in Finland. *Grana*, 23:167-176
- Latorre, F., 1997. Comparison between phenological and aerobiological patterns of some arboreal species of Mar del Plata (Argentina). *Aerobiologia*, 13: 49-59.
- Latorre, F., 1999a. El polen atmosférico como indicador de la vegetación y de su fenología floral. Tesis doctoral Universidad de Buenos Aires. 244 pp.
- Latorre, F., 1999b. Differences between airborne pollen and flowering phenology of urban trees with reference to production, dispersal and interannual climate. *Aerobiologia*, 15: 131-141.
- Latorre, F. y Belmonte, J., 2005. Uso integral de datos fenológicos y aerobiológicos de un olivar de Catalunya (España). *Boletín Sociedad Argentina Botánica* (Supl.), 40. 187 pp.
- Latorre, F. y Bianchi, M. M., 1998. Relationships Between Flowering development of *Ulmus pumila* and *Fraxinus excelsior* and their airborne pollen. *Grana*, 37: 233-238
- Latorre, F. y Caccavari, M.A., 2009. Airborne pollen patterns in Mar del Plata atmosphere (Argentina) and its relationship with meteorological conditions. *Aerobiologia*, 25 (4): 297- 312.
- Latorre, F. & Caccavari, M.A. 2010. Pollen diversity in the air of Diamante (Entre Ríos, Argentina) / Diversidad polínica en el aire de Diamante (Entre Ríos, Argentina). *Scientia Interfluvius* 1(1-2): 07-17.
- Latorre, F., Romero, E. y Mancini, M.V., 2001. Representatividad de la vegetación en el espectro de polen atmosférico de la ciudad de Mar del Plata (Argentina). *Asociación Paleontológica Argentina Publicación Especial*, 8 (16): 313-316.
- Marcello, A., 1935. Nuovi criteri per osservazioni fito-fenologiche. *Nuevo Giornale Italiano*, n.s., 42 (3): 534-556.
- Mussey, G.J. y Potter, D.A., 1997. Phenological correlations between flowering plants and activity of urban landscape pests in Kentucky, *Journal of Economic Entomology*, 90: 615-1627.
- Opler, P.A., Gordon, W.F. y Baker, H.G., 1980. Comparative phenological studies of tree and shrub species in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 68: 167-188.
- O'Rourke, M. K., 1990. Pollen reentrainment: contributions to the pollen rain in an arid environment. *Grana*, 29:147-152
- Peternel, R., Srncic, L., Culig, J., Zaninovic, K., Mitic, B., y Vukusic, I., 2004. Atmospheric pollen season in Zagreb (Croatia) and its relationship with temperature and precipitation. *International Journal of Biometeorology*, 48: 186-191.
- Prentice, C., 1985. Pollen representation, source area and basis size: unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research*, 23:76-86
- Rodríguez, E.E., 2007. Catálogo florístico del Parque Nacional Pre-Delta (Entre Ríos, Argentina). Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Entre Ríos. pp 94.
- Rojas, A. E. y Salusso, J. H., 1987. Informe climático de la provincia de Entre Ríos. Publicación técnica N° 14. INTA. Paraná. Entre Ríos. 20 pp.
- Sánchez, A.A. 2009. Estudio de la vegetación arbórea y de la floración en relación al polen atmosférico de la ciudad de Diamante (Entre Ríos, Argentina). Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Entre Ríos. 54 pp
- Seeley, S. D., Anderson, J. M., Frisby, J. W. y Weeks, M.G., 1997. Temperature characteristics of anthesis phenology of deciduous fruit trees. *Acta Horticulturae*, 416: 361-367.
- Tapper, P. G., 1996. Long-term patterns of mast fruiting in *Fraxinus excelsior*. *Ecology*, 77 (8): 2567-2572.

Recibido: 06 de octubre de 2010

Aceptado: 15 de febrero de 2011