

JOSÉ IGNACIO URIOS MOLINER*

ANÁLISIS AEROPALINOLÓGICO DE LA COVA NEGRA. (XÀTIVA, VALÈNCIA)

RESUMEN

El presente trabajo estudia la penetración de palinomorfos en una cueva. Se compara el polen capturado en un filtro colocado en el interior de la cueva y otro en el exterior, relacionándolo con la vegetación del lugar. También se estudia la dinámica de las corrientes de aire y su entrada en la cavidad. Una de las principales conclusiones es la gran representatividad en el filtro interior de la vegetación de la zona. También se considera como la sedimentación polínica en cuevas está determinada por el funcionamiento de las brisas locales.

PALABRAS CLAVE: Aeropalinología, palinología, cuevas, corrientes de aire, paisaje vegetal.

ABSTRACT

This work studies the pollen grains penetration in cave. The grains caught by a filter inside the cave are compared with others taken outside the cave and related to the landscape vegetation around. It is studied the draughts dynamics and their way in the cave, too. The great stock of landscape vegetation on the inside filter cave is one of the main conclusions. It is also thought that pollen grains sedimentation in caves is determined by the local breeze movement.

KEY WORDS: Aeropalynology, Palynology, caves, draughts dynamics, landscape vegetation

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es estudiar comparativamente la sedimentación de la lluvia polínica dentro de una cueva y fuera de ella, con el fin de comprobar si la vegetación que existe en los alrededores de la cavidad se refleja fielmente en el análisis polínico efectuado en el interior de la misma. Con ese fin, se compararon los palinomorfos capturados en un filtro colocado en el interior y otro en el exterior. Completando el estudio se practicó un minucioso estudio de la vegetación y de las corrientes de aire del lugar. Para ello se ha elegido el importante yacimiento Musteriense de La Cova Negra de Xàtiva (València).

* Departament de Geografia. Universitat de València.

Existen pocos estudios aeropalinológicos en cuevas. Hay que destacar los trabajos precursores de Bui-Thi-Mai (1974) y Loublier (1974). Ahora bien, es más frecuente encontrar estudios y análisis sobre sedimentos en yacimientos arqueológicos en cuevas. Por esta importante razón el tema de este trabajo es estudiar la dinámica del transporte por el viento y sedimentación de la lluvia polínica en una cueva. El objetivo final es dejar abierta una posible línea de investigación, para comparar los resultados obtenidos en los análisis polínicos efectuados sobre sedimentos en cuevas y la penetración de la lluvia polínica, representando la vegetación existente en el exterior de las mismas.

MEDIO FÍSICO

La Cova Negra se localiza al sur de la provincia de Valencia, en la comarca de la Costera y en el término municipal de Xàtiva. Está situada a unos tres kilómetros al sudeste de esta ciudad y en la margen izquierda del río Albaida, cuando éste atraviesa la Serra Grossa por l'Estret de les Aigües de dirección N-S, formado por un estrangulamiento del valle entre la ladera orientada al ENE de l'Alt del Paller (393 m) y Les Penyes de L'Esventador. Está a una altitud de 135 m s.n.m. y a una altura de 17 m sobre el cauce del río. (38°58'2" N 0°30'18" E), (UTM 30SYJ7171-43162). (Fig. 1)

El relieve de la zona se originó en las fases de plegamiento de las cordilleras béticas. Tiene orientación SE-NW, y está estructurado en cubetas rellenas de potentes bancos miocenos, flanqueados por alineaciones de calizas cretácicas.

La Serra Grossa es una estructura anticlinal que limita por el N la depresión de la Vall de Albaida. Los materiales geológicos pertenecen a los paquetes calizos del Cretácico superior, en este caso concreto, las series del Campaniense y Maestrichtiense, con calizas masivas, areniscas amarillas calcáreas y calizas arenosas. (FUMANAL, 1986, 23)

El clima actual de la comarca se caracteriza por una media de precipitaciones de 693,3 mm anuales. Se asociaría al "clima de la llanura litoral lluviosa" de la clasificación de Clavero (1994). El máximo de precipitación se presenta en otoño. El verano, sin embargo, es muy seco. La zona queda un poco aislada por la orografía de los flujos de NE que genera la ciclogénesis mediterránea. Xàtiva está protegida de los vientos marítimos por la Serra de les Agulles y la Serra de la Murta al NE, el macizo del Mondúver, la Serra del Buixcarró y la Serra de Barcella por el E. Los flancos meridionales también los tiene resguardados por la Serra Vernissa, la Serra Grossa y de la Creu. Está protegida igualmente por el N por las pequeñas elevaciones circundantes al puerto de Càrcer (Santa Ana 352 m y el Alto de Pelaire de 247 m); y por el Oeste por la Serra de Énguera. El llano formado en la confluencia del río Cànyoles con el Albaida, aislado por los relieves antes señalados proporciona ciertas características de continentalidad.

Esta situación determina unos veranos muy calurosos donde, pese a su proximidad al mar, no llegan las brisas costeras para suavizar las temperaturas, aunque estos relieves sean de escasa altitud, unos seiscientos metros de media. La temperatura media máxima se da en julio y agosto (26,6° y 26,8°C). (PÉREZ CUEVA, 1994).

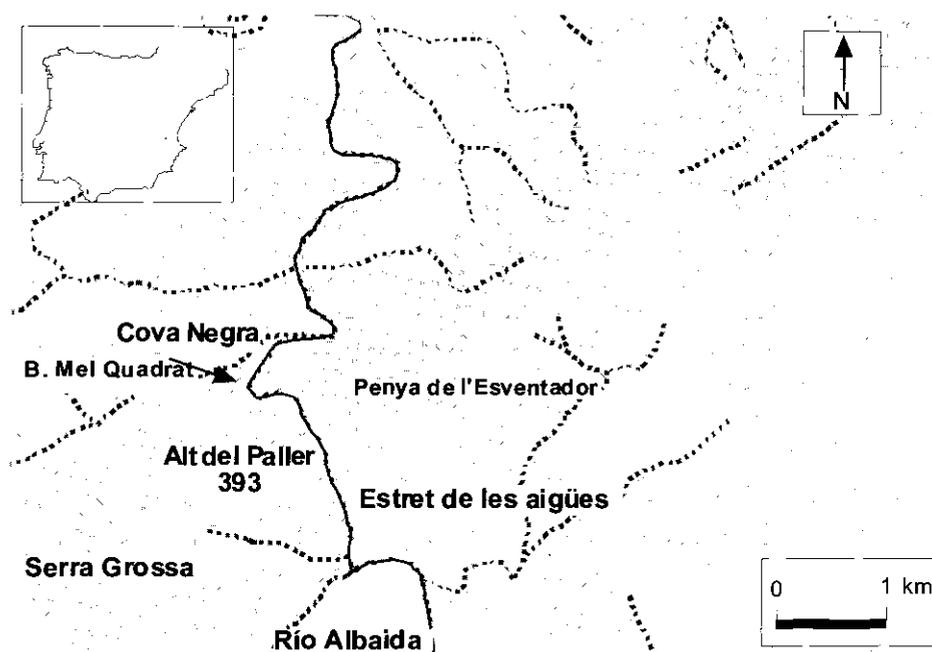


Figura 1. Situación de la Cova Negra. Xàtiva.

Marco biogeográfico

Desde el punto de vista biogeográfico, esta zona se incluye dentro la Provincia Valenciano-Catalano-Provenzal. Sector *Setabense*. Subsector *Setábico*. En los pisos bioclimáticos Xàtiva se encuentra en el piso Termomediterráneo superior con un valor de *It* de 380,4. (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987).

La vegetación de los alrededores de La Cova Negra presenta un estado muy deteriorado. La presión antrópica secular y los continuos incendios forestales han degradado de forma importante casi toda el área.

La vegetación potencial correspondería a un carrascal sobre substrato calcáreo con un ombroclima subhúmedo (COSTA, 1986). La asociación en su etapa madura correspondería a la clase *Quercetea ilicis* Br.-Bl (1947), formado en el estrato arbóreo por *Quercus rotundifolia*. En el estrato arbustivo destacarían *Pistacia lentiscus*, *Chamaerops humilis*, *Rhamnus oleoides*, *Rhamnus alaternus*, *Olea europaea var. sylvestris*, *Osyris quadripartita*, *Phillyrea angustifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*, *Fraxinus ornus*. En el estrato lianoide estarían presentes como representantes más característicos: *Rubia peregrina*, *Smilax aspera*, *Lonicera implexa*, *Asparagus acutifolius* y *Clematis flammula*.

Para nombrar las asociaciones y subasociaciones se ha seguido el criterio de Folch i Guillen (1986). La zona de estudio se puede dividir en cuatro partes generales con características propias debido a la orientación de las laderas y a la topografía.

En l'Alt del Paller, existe una vegetación muy degradada, debido a los continuos incendios forestales y el pastoreo, donde destaca *Stipa tenacissima*. Formada fundamentalmente por *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora*, *Anthyllis cytisoides*, *Cistus clusii*, *Globularia alypum*, *Helianthemum syriacum*, *Thymus vulgaris*, *Ulex parviflorus* y *Helianthemum marifolium*, como especies más abundantes. Ya en la cima aparece algún ejemplar aislado de *Juniperus oxycedrus*, *Chamaerops humilis* y *Pistacia lentiscus*. Se engloba esta formación dentro de *Rosmarino-Ericion* como *Anthyllido-Cistetum clusii*.

La ladera nordeste tiene la parte superior con un matorral de heliófilas instaladas como consecuencia de los últimos incendios. Destacan *Quercus coccifera*, *Erica multiflora*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus clusii*, *Cistus albidus*, *Genista scorpius*, *Ulex parviflorus*, y *Globularia alypum*, como más representativas. Corresponde a la asociación *Quercus lentiscetum*. Descendiendo por esta misma ladera, en la zona no afectada por el último incendio, existe un pinar de *Pinus halepensis* con un estrato arbustivo similar a las anteriores con *Smilax aspera*, *Erica multiflora*, *Ulex parviflorus*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus albidus*, *Cistus clusii*, *Thymus communis*, *Juniperus oxycedrus*, *Rhamnus lycioides*. *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Ceratonia siliqua*, *Pistacia lentiscus*, *Chamaerops humilis*, como principales representantes y tapizado con *Brachypodium retusum*. En esta misma ladera cambia la orientación general al este, pero por causa del buzamiento de los estratos calcáreos hay unos escalonamientos donde cambia la orientación a surdeste. Esta variación de orientación hace que reciba más insolación y junto a la pobreza de los suelos (litosol) y la inclinación de la ladera, más de 45° en algunos puntos, hace que se observe un cambio en la vegetación, mucho más pobre y con un recubrimiento más escaso de un 40%. Precisamente en este punto se encuentra La Cova Negra. Aparecen las asociaciones rupícolas en los escarpes calizos. En esta ladera podemos encontrar la parte quizá más degradada o bien con menos condiciones, ya sea por la exposición, la erosión debida a su inclinación o la simple alteración antrópica. Encontramos: *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Ceratonia siliqua* (en forma de pequeños arbustos achaparrados), *Chamaerops humilis*, *Pistacia lentiscus*, *Coronilla juncea*, *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus lycioides* sp. *borgiae*, *Rosmarinus officinalis*, *Globularia alypum*, *Sedum sediforme*, *Teucrium* sp. *Thymus piperella*, *T. vulgare*, *Asparagus acutifolius*, *Arisarum vulgare*, etc.

Les Penyes de l'Esventador. Es una zona muy degradada. La escasa cobertura de un 25% está formada por *Daphne gnidium*, *Globularia alypum*, diversos *Thymus* y *Teucrium*, *Ulex parviflorus*, *Genista scorpius*, *Helianthemum* sp., *Pistacia lentiscus*, *Coronilla juncea*, *Rhamnus lycioides* sp. *borgiae*, *Rosmarinus officinalis*, *Hyparrhenia hirta*, *Ballota hirsuta*, *Chenopodium album* y *Chenopodium* sp., *Malva parviflora*, *Dactylis glomerata* y *Avena sterilis*.

Por último, al norte se encuentra una zona de cultivos de secano y frutales, además de numerosísimos jardines pertenecientes a las urbanizaciones próximas con flora a menudo exótica. Cabe destacar por su proximidad los campos de olivos y la chopera de *Populus nigra* que se encuentra en el barranco de Mel Quadrat, junto con otros cultivos.

Se puede establecer la siguiente catena de vegetación descendiendo por la ladera nordeste hasta el río, con orientación sudeste: *Teucrio-jasonietum*, *Quercus-lentiscetum*, *Rosmarino ericion* (en las zonas degradadas). *Quercus-lentiscetum-myrtetosum*, subasociación en la zona de contacto con la humedad (con *Myrtus communis* y el *Scirpus holoschoenus*).

Imperato-erianthetum (con *Imperata cylindrica* y *Erianthus ravennae*). *Rubonerion oleandri* (con *Nerium oleander*, *Rubus ulmifolius* y *Arundo donax*) y *Phragmition communis*.

En cuanto a la vegetación edafófila, viene determinada por el río Albaida a su paso las inmediaciones de la Cova Negra. Dominando la orilla del río se encuentran grandes formaciones de *Arundo donax*, favorecidas por el hombre para su aprovechamiento. En las zonas donde el recubrimiento es del 100%, le acompaña *Nerium oleander* y *Rubus ulmifolius*, *Foeniculum vulgare* subsp. *piperitum*, *Myrtus communis* (*Rubo-Nerietum oleandri*). Ésta es la asociación que correspondería, pero dado el nivel de degradación del río y el cultivo de las cañas (*Arundo donax*), probablemente nos encontremos ante una formación más propia de las acequias agrícolas que de un río. Estaríamos hablando de *Arundini-Convolvuletum*, más cerca del agua también prodría darse la asociación *Phragmition communis*. Hay que destacar la ausencia de especies de sauces, por lo menos en las proximidades de la zona de estudio.

En el mismo río es muy frecuente observar, formando extensos tapices, a *Ludwigia uruguayensis*. De origen americano, se ha naturalizado y en verano cubre como una alfombra amarilla y verde casi la mitad de la superficie del agua. Sobre todo donde la corriente es menor.

La vegetación nitrófila presente en los alrededores de la cueva está compuesta por: *Hordeum murinum* subsp. *leporinum*, *Asphodelus fistulosus*, *Lobularia maritima*, *Anacyclus valentinus* que forman la comunidad *Asphodelo-Hordeetum leporini*. También está muy presente en el borde del camino *Hyparrhenia hirta*, *Foeniculum vulgare* subsp. *piperitum*, *Ballota hirsuta*, *Vinca difformis*, *Urtica pilulifera*, *Lavatera cretica*, *Chenopodium album* y *Chenopodium sp.*, *Malva parviflora*, *Dactylis hispanica*, *Brachypodium retusum*, *Parietaria lusitanica*, *Diplotaxis erucooides* y *Avena sp.* entre otras.

MATERIAL Y MÉTODOS

La cueva presenta una gran boca semicircular de unos 20 m de radio orientada al ENE. El techo forma una gran bóveda. Posee una pequeña abertura en forma de embudo de unos 50 cm de diámetro que conecta con el exterior a dos metros aproximadamente de la visera superior que forma la boca. En el interior hay otra cavidad más pequeña también abovedada. La planta es de base irregular debido a los desprendimientos de la cúpula en el vestíbulo mayor y plana en el habitáculo interior, separado del anterior por un escalón.

Para la recolección de polen se siguió el método propuesto por P. Cour (1974). Se utilizaron dos filtros UFH (Unidad Filtrante Horizontal) de 400 cm² de superficie útil constituidos por ocho capas de gasa de algodón hidrófilo esterilizadas, impregnada con un fluido compuesto por 50% de silicona líquida "Si 200" de viscosidad 1000 C.S.K. y 50% de esencia de trementina. De esta forma el fluido impregna fácilmente toda la gasa y posteriormente se evapora la trementina quedando fijada la silicona a las fibras de la misma. El material esporopolínico queda fijado a la gasa vigorosamente y no puede ser removido ni por el viento ni por la lluvia.

Los filtros se colocaron sobre un bastidor de plástico cuadrado de 20 cm de lado que le da tensión al tejido. Estos bastidores se numeraron para su posterior identificación y para distinguir sin posibilidad de error la parte superior e inferior.

Como portafiltros se utilizó un bastidor colocado sobre un soporte de base cuadrada en forma de embudo para facilitar el paso del aire, sujetado a un poste fijado al terreno. El filtro se situó perfectamente horizontal a un metro del suelo. El soporte tiene un sistema para sujetar los filtros y facilitar su renovación. De esta forma se puede captar la lluvia polínica sin que se formen turbulencias que afectarían a los resultados.

La lluvia polínica fue recogida por estas unidades "UFH" expuestas durante periodos de quince días, desde el uno de abril de 1981, hasta finales de mayo de 1982. Cada filtro fue etiquetado y guardado cuidadosamente en bolsas herméticas y almacenadas convenientemente para evitar toda contaminación con otros palinomorfos. Estos filtros fueron colocados por la Dra. Michèle Dupré durante las campañas de excavación de esos años. Se conservaron perfectamente en el laboratorio de palinología, perteneciente al Departamento de Geografía de la Universitat de València, hasta la realización de este trabajo.

Se emplazaron dos unidades filtrantes "UFH". La primera en el exterior de la cueva, en la parte superior de la boca de La Cova Negra, separada unos dos metros hacia el interior de la ladera, sobre el frontis calcáreo que forma la entrada. En el interior se colocó otra unidad filtrante, en la segunda balma que forma la cueva.

En el momento de recogida de los filtros se tomó nota de las especies que en ese momento se encontraban en flor, tanto en las cercanías de los filtros, como las observadas en los alrededores, y las incidencias meteorológicas.

Los filtros fueron tratados químicamente para extraer el polen siguiendo el método de Cour (1974), con alguna ligera modificación. Según el método del mismo autor se calculó el volumen de residuo y se procedió al montaje de las láminas para proceder a su lectura al microscopio óptico.

Para llevar a cabo el cómputo esporopolínico de las preparaciones se continuó con la metodología anteriormente expuesta y se tomaron en consideración las propuestas por Cambon (1982) y Belmonte (1988). Se utilizó para la determinación y cómputo de los palinomorfos un microscopio Zeiss con puente de comparación. Como referencia se empleó la palinoteca del Departamento de Geografía de la Universitat de València.

Una vez efectuado el cómputo y determinación de taxones de polen en las preparaciones, se realizó la reducción de las cantidades del mismo depositado por cm². En esta unidad es más fácil la interpretación de los resultados. A continuación se sumaron los datos de los filtros quincenales para expresar la sedimentación polínica mensual.

En los datos correspondientes al interior de la cueva se descontaron las *Urticaceae*, puesto que la abundancia de *Parietaria lusitanica* en la entrada e interior de la cueva y su abundante polinización entomófila enmascaraban los demás resultados. Se calculó la diferencia entre la sedimentación exterior e interior. Se realizó para cada taxón mensualmente y en total anual.

Vientos y brisas: toma de datos

Para el estudio de las corrientes de viento, se han obtenido datos diarios de dirección e intensidad, durante el periodo de trabajo de campo, de la estación Meteorológica Automática SEAC-EMAV de Xàtiva (Les Pereres) y las observaciones recabadas durante el mismo. Este observatorio dista unos seis kilómetros de la Cova Negra. Se tomó como referencia para saber el régimen normal de vientos los datos del observatorio de Manises. Éstas se realizaron coincidiendo con las diversas situaciones sinópticas típicas de la zona, a lo largo de un año. (PÉREZ CUEVA, 1994).

Las corrientes de aire que circulan por nuestra zona de estudio y que son responsables del transporte del material polínico fueron medidas desde doce puntos fijos repartidos en emplazamientos significativos en el exterior.

En el interior de la cueva se dispusieron diez catavientos fijos repartidos uniformemente. Confeccionados con cordón de lana de 25 cm de longitud. Con el fin de no dañar el yacimiento, se fijaron a los andamios que quedaron después de las excavaciones, y en las paredes se aprovecharon los anclajes que persistían del diverso material utilizado durante las mismas, así como de la vegetación que cuelga de la pared.

En el exterior, para medir la velocidad del viento, se dispuso de un anemómetro de mano. La dirección se tomó con catavientos, formados por cintas de colores y cordones de lana de 25 cm de longitud, colocados a 2,5 m del suelo mediante cañas. Algunas de las cañas se colocaron en la copa de los árboles, alzándose sobre éstos para que no fuera distorsionada la dirección del aire por el efecto de sombra de los mismos. En el momento de la medición siempre se siguió el mismo método de trabajo: En los puntos de observación se levantaba el anemómetro a una altura de dos metros junto a uno de los catavientos, se tomaban siete lecturas de fuerza y dirección hasta encontrar la media de las rachas existentes en ese momento. Simultáneamente se iba observando la dirección de las brisas en los demás catavientos que estuvieran a la vista mediante los prismáticos, anotando también su dirección y una intensidad aproximada, estimándola por el comportamiento de los catavientos y de la vegetación circundante. Estos datos se reflejan en los croquis de la zona donde se muestran las situaciones más frecuentes (Figuras 2 a 13).

La ventaja de este sistema de catavientos repartidos por la zona estriba en la posibilidad de observar simultáneamente todos ellos mediante prismáticos junto con los movimientos de la vegetación. Desde los puntos de observación se pueden controlar las turbulencias producidas por las rachas de aire; así como la dirección de las corrientes más constantes. La dirección de referencia viene dada por la observada en l'Alt del Paller, que dada su altitud y aislamiento no se ve prácticamente distorsionada, coincidiendo con la circulación general sinóptica del día.

RESULTADOS

Los datos referentes al estudio de los vientos en el observatorio de Manises ofrecen una clara oscilación estacional. En otoño e invierno predominan los vientos de poniente,

mientras que en primavera y verano predominan los de levante. No ocurre lo mismo en el observatorio de Xàtiva, donde durante todo el año el viento predominante es de poniente. Xàtiva está al abrigo de los vientos del E por su situación orográfica y potencia los del W por la Vall de Montesa.

Brisas locales

En la zona de La Cova Negra el régimen de brisas está totalmente determinado por la situación de l'Estret de les Aigües, perpendicular a la Serra Grossa y de orientación WSW-ENE. El aire está canalizado entre el llano de Bellús en La Vall D'Albaida y el Pla de Xàtiva. Dos llanos que, en situaciones de estabilidad atmosférica, y sobre todo en verano, generan movimientos convectivos de aire, al ser zonas de fácil recalentamiento. En invierno también producen inversiones térmicas. Ambos llanos están situados entre montañas, lo que dificulta el intercambio de brisas de las zonas vecinas. L'Estret de les Aigües está, por su orientación, a cubierto de los vientos de poniente y de levante y abierto a los vientos del N y S, que se presentan con poca frecuencia como hemos visto.

Comportamiento de las corrientes de aire en la Cova Negra

Teniendo en cuenta lo expuesto, la evolución de las corrientes de aire, que afectan a la sedimentación de polen en los filtros, se pueden agrupar en unos modelos tipo. Estos modelos reúnen las situaciones atmosféricas con evoluciones muy similares. Cuando los vientos proceden de la circulación general atmosférica, las brisas locales quedan anuladas. Éstos son fundamentalmente:

Oeste: Viento de poniente registrado en l'Alt del Paller. Viento longitudinal a la Serra Grossa. La Cova Negra se encuentra al abrigo por estar situada a sotavento de la ladera. El viento tiene una velocidad media de 1 a 2 m/s en la entrada de la cueva, mientras que en l'Alt del Paller puede ser de 8 a 10 m/s. Las turbulencias hacen que la dirección del aire en la cueva venga del río (Fig. 3) y asciendan por la ladera recorriendo la pequeña canal que se encuentra encima de la cueva. Se encauza el viento por el valle de Mel Quadrat y en l'Estret de les Aigües hay direcciones muy variables originadas por las turbulencias.

En el interior de la cueva prácticamente no entra aire, los catavientos de lana colocados para observar la dirección de las corrientes de aire están inmóviles. En algunos días de esta situación de poniente donde sí llega algo de aire a la cueva, hay una pequeñísima circulación que gira en sentido horario, rodeando las paredes de la cueva. Es tan débil que el anemómetro no las puede registrar (Fig. 2 y 3).

Este: Como ya se ha señalado toda la zona de Xàtiva se encuentra protegida de los vientos de Levante. Normalmente toman la componente NE al llegar a Xàtiva, de aquí la mayor frecuencia de estos vientos registrada en el observatorio de Les Pereres. Cuando los vientos de dirección NE entran en el estrecho valle del río Albaida suben

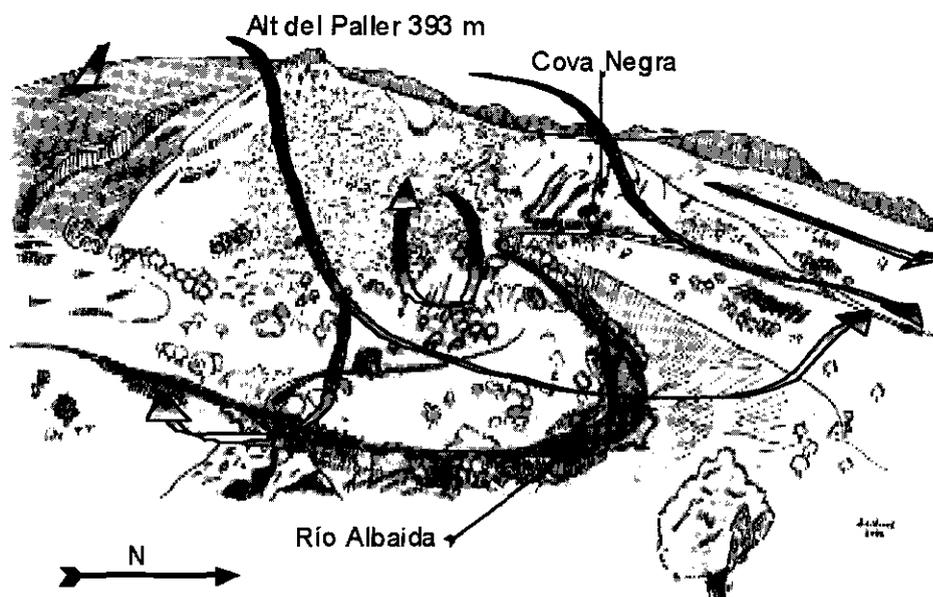


Figura 2. Situación en la zona de las corrientes de aire con viento de poniente.



Figura 3. Situación de las corrientes de aire en las cercanías de la Cova Negra con viento de poniente.

por éste, se encajonan y aumentan de velocidad. Llegan a comportarse de forma muy similar a los procedentes del N, aunque penetran en el valle al estar abierto al NE, tomando posteriormente la dirección N-S de esta garganta. Al llegar a la altura de la cueva, por efecto de la turbulencia, el aire que está inmediatamente en contacto con la ladera toma dirección contraria a la general. Este viento aporta material polínico de los campos de olivos y frutales que proceden de esa dirección.

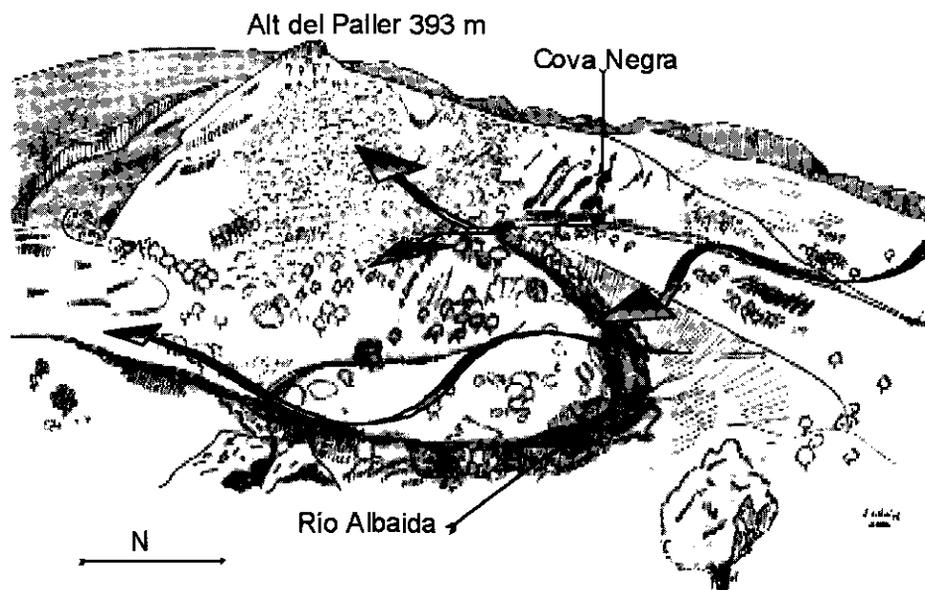


Figura 4. Situación en la zona de las corrientes de aire con viento de levante.

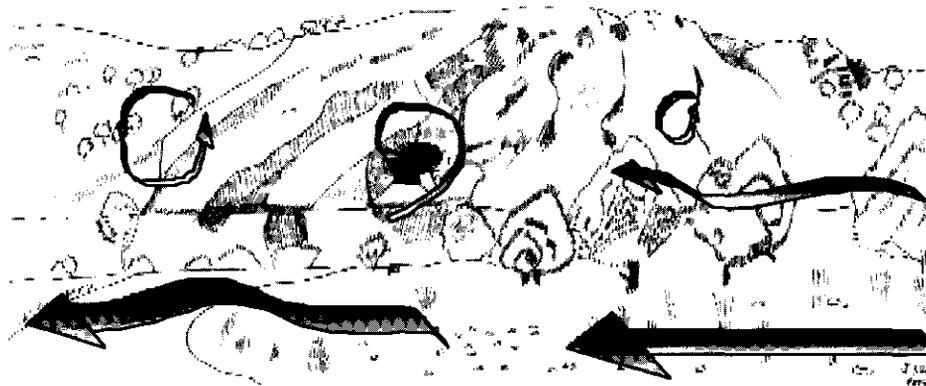


Figura 5. Situación de las corrientes de aire en las cercanías de la Cova Negra con viento de levante.

En el interior de la cueva los catavientos se mueven débilmente de izquierda a derecha, es decir, en la misma dirección que la turbulencia formada delante de la boca (Figuras 4 y 5).

Norte: Viento general de componente norte. La cueva se encuentra al abrigo de este viento. Está protegida la zona por la sierra del Castillo y de Vernissa, lo que obliga al viento a tomar dos direcciones: NE por el municipio de Genovés, o descender por el barranco de Mel Quadrat, tomado componente W. Se encañona por este barran-

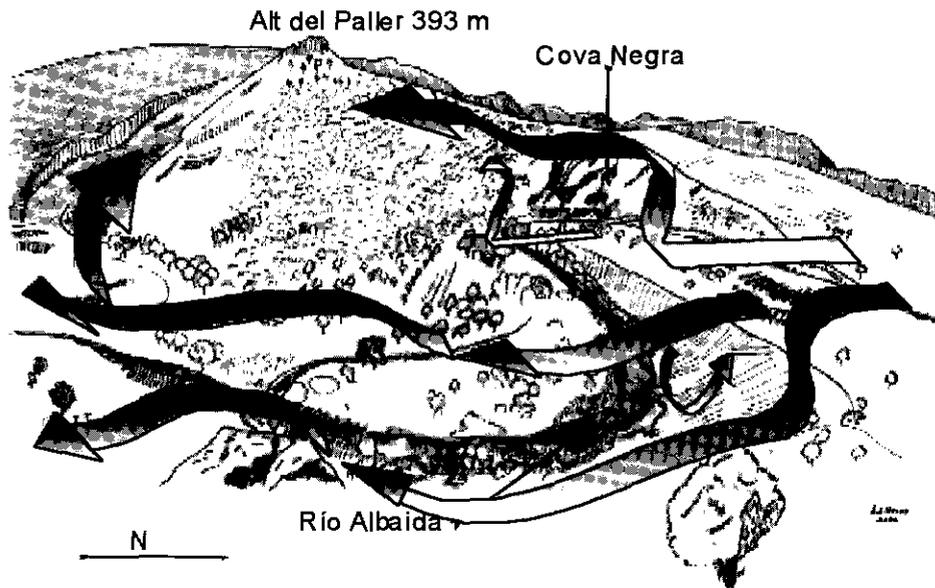


Figura 6. Situación en la zona de las corrientes de aire con viento del norte.

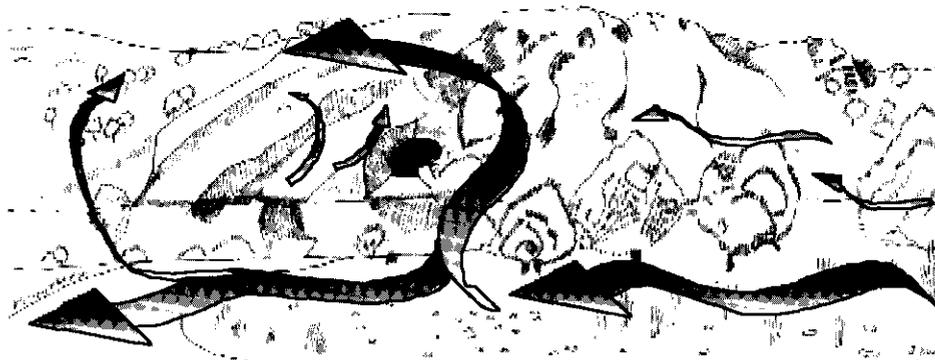


Figura 7. Situación de las corrientes de aire en las cercanías de la Cova Negra con viento del norte.

co registrando velocidades de hasta 20 m/s (efecto Venturi), mientras que en la entrada de la cueva la velocidad es inapreciable. La cueva también está protegida por un espolón situado en la ladera cuya morfología y orientación le resguarda de este viento. Ésta configura el meandro donde, en su parte convexa, se encuentra la cueva. En la entrada de la gruta el viento sube del río débilmente y se encauza por la canal que hay encima de esta cavidad. En la orilla opuesta toma la dirección del valle, de N a S con una velocidad media de 3 m/s.

En el interior, el movimiento de los catavientos es tan débil que no se puede apreciar ni dirección ni velocidad (Figuras 6 y 7).

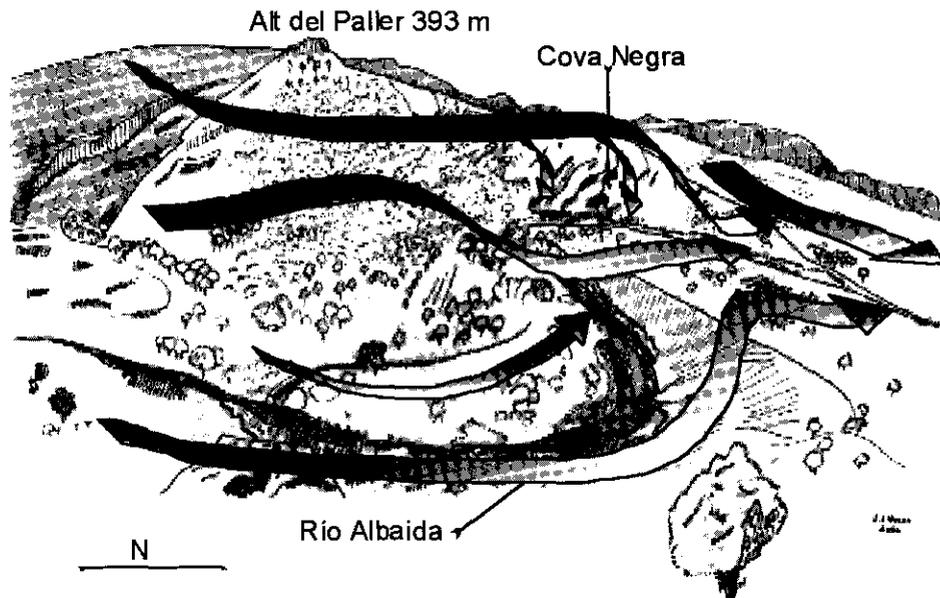


Figura 8. Situación en la zona de las corrientes de aire con viento del sur.



Figura 9. Situación de las corrientes de aire en las cercanías de la Cova Negra con viento del sur.

Sur: Aquí englobamos también las situaciones que van desde el SE al SW, ya que todas ellas penetran por l'Estret del les Aigües desde Bellús. La parte estrecha de este valle forma una sinuosidad, donde el río forma un meandro. Como ya se ha señalado en las situaciones con viento del norte, la cueva se encuentra también a resguardo de los vientos del S por el otro espolón que está aguas arriba, y que también la protege de estos vientos meridionales. Las corrientes que se forman en el valle, dejan a la cueva en una zona de turbulencias donde las direcciones son muy variables y la intensidad de la corriente disminuye con respecto a la general, aunque no tanto como cuando sopla del norte. Esto puede originar que el polen que se deposite en los filtros

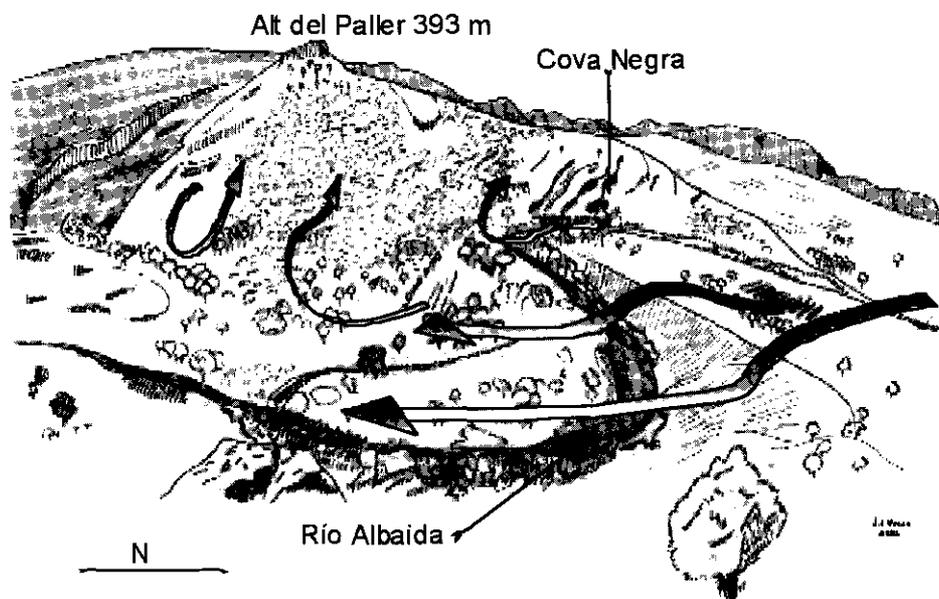


Figura 10. Corrientes de aire por las mañanas de verano en situaciones de estabilidad atmosférica.

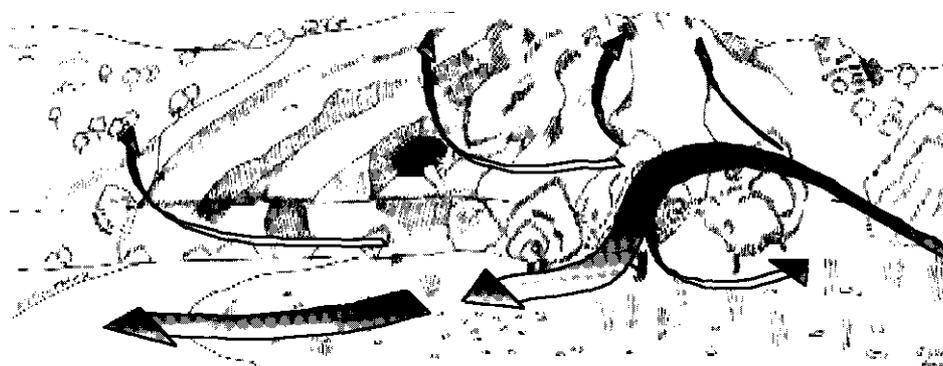


Figura 11. Detalle de las débiles corrientes por las mañanas de verano.

sea del entorno inmediato a la cueva, además del que lleve el viento del sur. El polen, al perder intensidad y velocidad el viento, tendrá mayor posibilidad de posarse.

En el interior de la cueva hay algo de movimiento. Hay corrientes ascendentes muy débiles, y otras de derecha a izquierda, también muy flojas (Figuras 8 y 9).

Alternancia de brisas diurnas y nocturnas

En los momentos de estabilidad atmosférica en los que no predominan vientos de ninguna componente, por la diferencia térmica entre el día y la noche se originan brisas

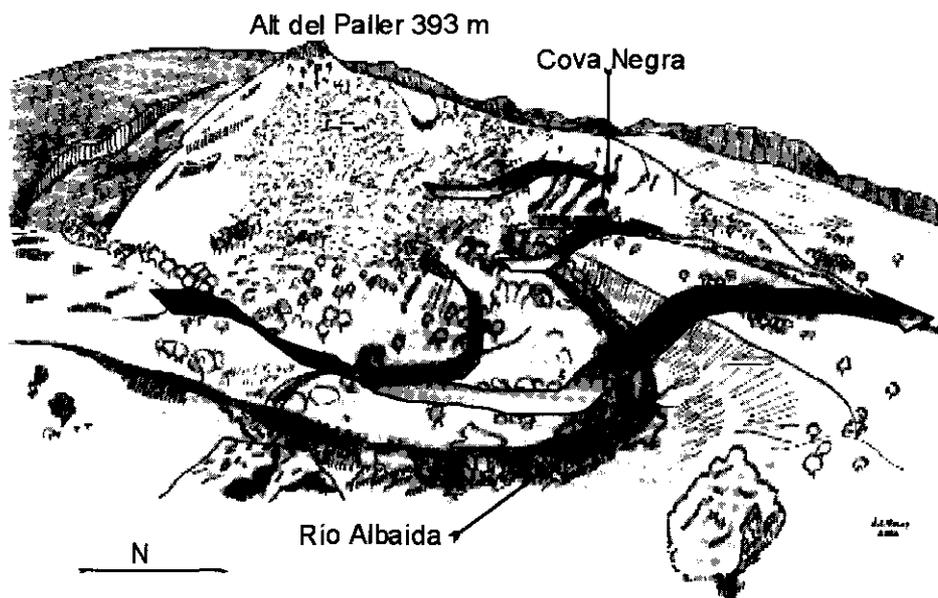


Figura 12. En situaciones de estabilidad atmosférica, por las tardes de verano.

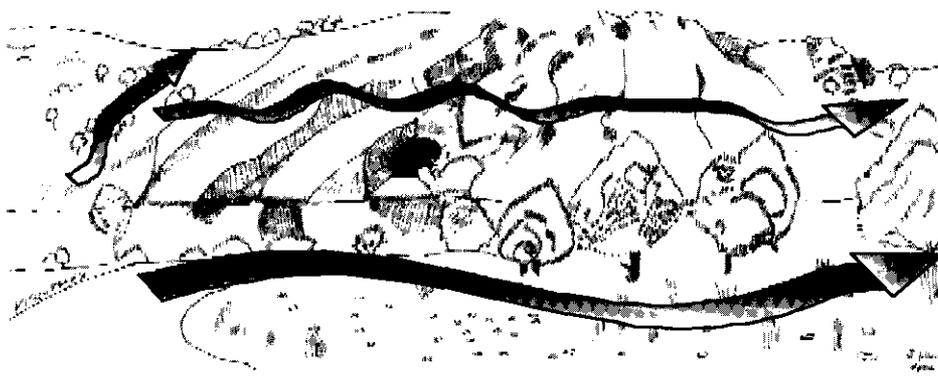


Figura 13. Detalle de las corrientes de aire algo más fuertes por las tardes del verano.

por el recalentamiento del Pla de Xàtiva sobre todo en verano, en que las máximas son un poco más altas. Esto causa una pequeña baja térmica sobre el llano que provoca una advección de aire más frío que desciende por l'Estret de les Aigües en dirección al Pla. Estas corrientes de aire, que a veces tienen velocidades de 5 y 6 m/s, se comportan igual que los vientos procedentes del S y SE, que también toman esta dirección. La diferencia fundamental entre estas dos corrientes es que la producida por la baja térmica en el Pla de Xàtiva es sólo superficial y no viene acompañada por corrientes de altura que llevan los otros vientos. Este hecho influye en el comportamiento de las turbulencias, porque en

este caso, el efecto Venturi es menor al no verse comprimido el aire por las corrientes superiores y las paredes del valle. Esto se puede observar en las figuras 10 y 11, donde se ve la dirección opuesta del viento por la mañana y en el medio día, en cuyo momento el viento se comporta anabáticamente subiendo por el valle. Por la tarde, a la hora en que la tierra ha recibido el máximo de radiación solar en agosto, baja en dirección contraria a la mañana; la velocidad del viento es superior en 4-5 m/s (Figura 12 y 13), quedando por la noche en calma.

La situación anterior es propicia en el verano, pero durante el resto del año, también en los momentos de estabilidad, funcionan en este pequeño valle los vientos anabáticos y catabáticos. Estos vientos son muy débiles por tener poco desnivel entre el fondo del valle y las cimas, apenas 300 m. Aunque aquí se ve reforzado su funcionamiento por la diferencia térmica entre el aire que está en contacto con la capa de agua del río y el que está en las laderas soleadas. Esta diferencia de temperatura genera pequeñas corrientes de aire. En el caso de los anabáticos, al ascender por la ladera pueden transportar polen de las zonas más bajas que la entrada de la cueva. En el interior, cuando se da esta situación, las corrientes son muy débiles, apenas se mueven los catavientos; pero dan una circulación rotatoria en sentido horario siguiendo las paredes de la cavidad y saliendo por la parte superior. En el caso de las corrientes catabáticas la penetración en la cueva todavía es menor, al estar más protegida por el resalte que forma la entrada en su parte superior y ver facilitada la circulación y descenso por las pequeñas vaguadas que hay a ambos lados de la cueva.

Recuento polínico. Principales pólenes encontrados en los análisis polínicos

Según la metodología expuesta anteriormente, el recuento polínico ofreció los resultados que a continuación se exponen.

Los 68.356 pólenes contados se agruparon en 85 tipos polínicos. Representa una sedimentación de 2.700 pólenes por cm² en el exterior y 986 pólenes por cm² en el interior, 674 pol/cm² descartando *Parietaria*. El polen principal encontrado dentro de la cueva corresponde a este último género, con 306 pólenes por cm². Se encontraba abundantemente en la entrada e interior de la cueva, dado su carácter nitrófilo. Por estas razones está excesivamente representada y se ha creído conveniente excluirla de los cálculos totales para que no queden subrepresentados los demás tipos polínicos.

Los resultados del recuento polínico se han agrupado por meses para tener una mayor claridad de interpretación. Se aprecia la relación entre el momento de máxima producción polínica de la floración primaveral, y el mayor número de pólenes depositados en los filtros en esta época.

Las familias y géneros más abundantes encontrados son las *Gramineae*, *Pinus*, *Oleaceae*, *Quercus* tipo perennifolio, tanto en el interior como en el exterior. Los demás taxones, aún siendo muy numerosos los pólenes depositados, ya tienen diferencias importantes entre el interior y el exterior. Se ha encontrado un alto índice de indeterminados achacable a la flora exótica existente en los jardines de las urbanizaciones próximas.

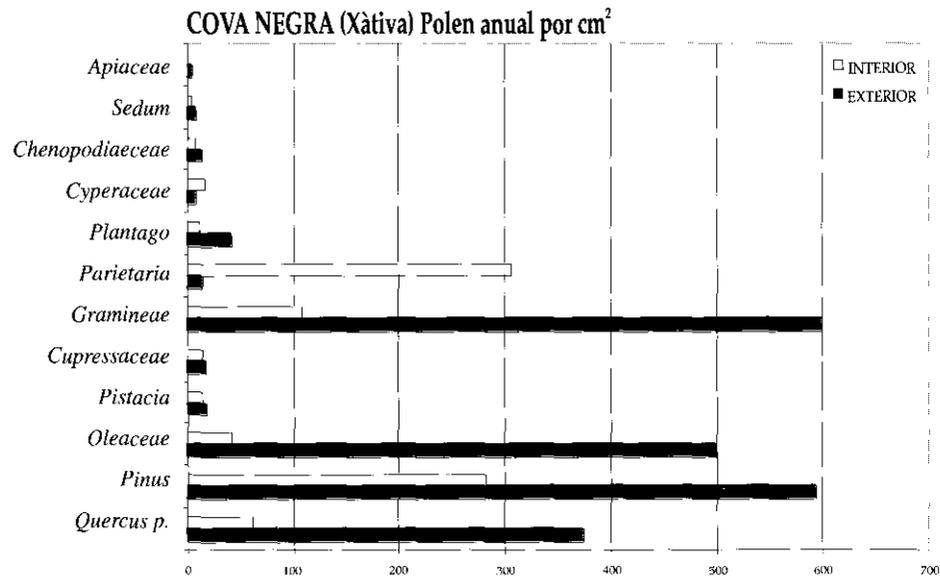


Gráfico 1. Comparación de la sedimentación polínica de los taxones más representativos en el interior y exterior de la Cova Negra de Xàtiva.

Comparación de la lluvia polínica en el interior y exterior de la cueva

En el gráfico 1 se resumen los resultados y se muestra la diferencia entre el recuento de pólenes por cm² entre el filtro exterior y el interior.

Destaca *Oleaceae* en el mes de mayo, como el taxón que tiene mayor sedimentación en el exterior; sin embargo, representa muy poca en el interior. Puede ser debido a que cerca del filtro exterior hay acebuches. Aunque cerca de la entrada de la cueva tenemos un par de ejemplares, el polen no ha entrado.

No ocurre lo mismo con *Pinus* que presenta dos “picos” máximos, en junio y en marzo; el mayor coincide con su época de polinización. En el caso del *Pinus* sí que ha penetrado en la cueva y los dos picos que destacan en el interior en junio y marzo corresponden a este árbol.

Quercus tipo perennifolio presenta el máximo número de polen depositado en primavera. La sedimentación exterior es mucho más alta en mayo; sin embargo, en el interior tiene poca presencia y es muy similar en los meses de mayo y junio.

Hay otros taxones que abundan más en el interior, aunque su depósito de polen por cm² en relación con los demás no es muy relevante. Es el caso de *Pistacia* que tiene diferencias muy pequeñas de sedimentación entre los dos filtros (entre un mínimo 0,04 y un máximo de 2,92 pólenes por cm² en algunos meses). Este caso se explica por un pie de proporciones respetables que se encuentra en la pared E de la entrada de la cueva y debajo del filtro exterior. Por eso las diferencias no son muy elevadas.

Otra familia que tiene mayor presencia en el interior es *Chenopodiaceae* en los meses de junio y julio. No hay mucha diferencia en la sedimentación y en los demás meses, su presencia es mayor en el exterior. Por su carácter nitrófilo es posible que hubiera algún pie en flor cerca de la entrada o en el camino de acceso; al ser anemófila, tendría mayor posibilidad de entrar en la cueva, por las corrientes de aire que ascienden del río, que de llegar al filtro externo.

Cyperaceae también tiene mayor presencia en el interior durante casi todo el año, sobre todo en el mes de junio. Las corrientes de aire provenientes del río son las responsables, ya que hay *Scirpus holoschoenus* cerca del río y debajo de la boca de la cueva.

Otro caso que llama la atención es *Juniperus* sp. por su comportamiento irregular. Aparece más representado en el exterior en febrero, plenitud de floración, con 7 pol/cm² frente a 1,5 pol/cm² en el interior. Sin embargo, es mayor la sedimentación en el interior en marzo (3 pol/cm² más en el interior que en el exterior). Durante el resto del año, aunque con tasas de sedimentación muy bajas, aparece más representado dentro durante los meses más calurosos. En los inventarios realizados *Juniperus oxycedrus* tiene muy poca presencia cerca de la cueva. Para explicar la mayor presencia del polen en el interior que en el exterior, tal vez quepa sugerir que se deba a la característica de los pólenes de *Cupressaceae*: muy ligeros, anemófilos, con una exina muy fina y mucha capacidad de vuelo.

En cuanto a *Gramineae* aparecen máximos de sedimentación en los meses de mayo en el exterior, coincidiendo con la floración general. En los meses de junio, julio y agosto el número es mayor en el interior. Puede deberse a que, de la gran variedad de especies, algunas florecen en verano en el talud de la entrada o en el río como *Arundo donax*, entrando en la cueva de la misma forma que se comentó para *Cyperaceae*. Ambos florecen durante el verano, precisamente cuando se dan con mayor frecuencia los vientos de poniente y noreste. Ambos producen turbulencias que hacen subir aire del río hacia la cueva, penetrando débilmente en la misma.

En el caso del tipo *Rosmarinus* nos encontramos con cifras muy similares: 5 pol/cm² para el interior y 4 pol/cm² para el exterior con la máxima diferencia para el mes de junio, con 3 pol/cm² entre exterior e interior. Este género se encuentra ampliamente distribuido por toda la zona y está polinizado por Himenópteros. La visita de estos insectos a los filtros pudiera tener relación con el incremento del polen depositado.

Descontadas las *Urticaceae* del total se obtiene otro resultado donde se observa que el depósito polínico en el exterior de la cueva es mayor que en el interior, excepto en el mes de julio y agosto, donde aparece dentro una sedimentación polínica ligeramente mayor. Esto es debido a la presencia de pólenes de *Gramineae* (con una diferencia máxima entre interior y exterior de 5 pol/cm²), *Oleaceae* (con diferencia de 3 pol/cm²), *Quercus* (1 pol/cm²), y *Pinus* (6 pol/cm²). Estas diferencias se deben a que son taxones anemófilos con gran producción polínica. En los meses de verano, cuando ha terminado la producción de polen en las flores, es posible que quede un remanente de partículas polínicas en la atmósfera y en el suelo y que se remuevan por las turbulencias de aire entrando en la cueva. Estas turbulencias, penetran más fácilmente y afectan menos al filtro exterior, que se encuentra encima de esta cavidad y unos metros retirado del frontis, quedando a la "sombra" de estas corrientes.

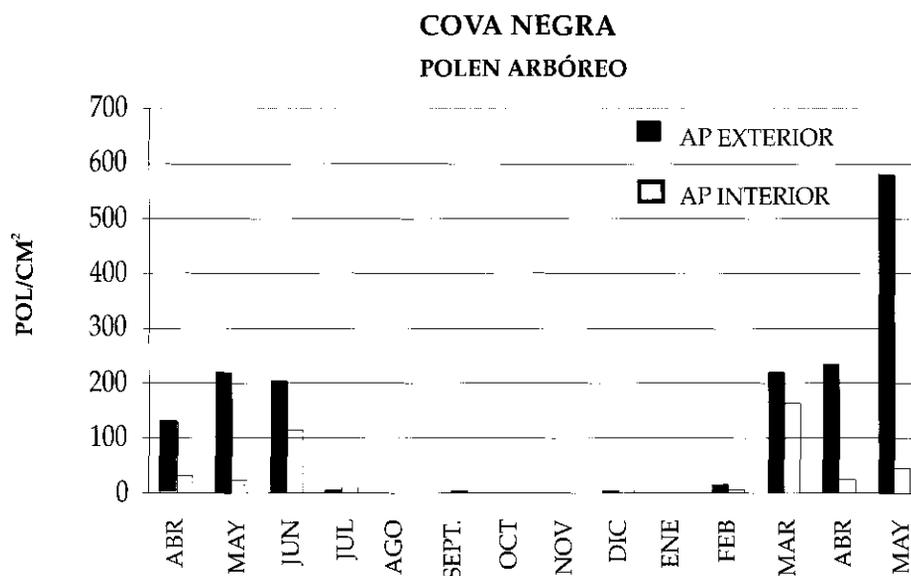


Gráfico 2. Comparación entre la sedimentación de polen arbóreo y arbustivo (AP) en el interior y en el exterior de la Cova Negra.

Proporción entre pólenes de árboles y herbáceas. (AP/NAP)

La representación de pólenes arbóreos en nuestro registro exterior es significativa. Así lo atestiguan los 1.622 pol/cm² de AP que captan el filtro en el exterior, frente a los 915 pol/cm² de NAP, de los cuales *Gramineae* tiene la mayoría con 600 pol/cm². Es decir, tenemos mayor número de pólenes arbóreos que de herbáceas en el exterior. Los principales representantes arbóreos y arbustivos son, por orden de importancia en la sedimentación; *Pinus*, 593 pol/cm², *Olea* 500 pol/cm², *Quercus* 374 pol/cm². Le siguen *Cupressaceae* 17 pol/cm² y *Cistus* 11 pol/cm².

Por lo que respecta a las herbáceas, además de *Gramineae* (600 pol/cm²), el principal taxón representado en el exterior es el de *Fabaceae* que, sumando todos sus géneros, tiene 88 pol/cm². Le siguen por orden de abundancia: *Ranunculaceae* con 46 pol/cm², *Plantago* con 42 pol/cm², *Typha* con 17 pol/cm²; *Geraniaceae* con 16 pol/cm². A continuación con números similares de sedimentación tenemos a *Asteraceae* (20 pol/cm²), *Rumex* (15 pol/cm²), *Parietaria* (14 pol/cm²), *Chenopodiaceae* (13 pol/cm²), *Urtica* (11 pol/cm²). Los demás taxones tienen cifras inferiores a 10 pol/cm².

En cuanto a la representatividad en el interior, la proporción de polen arbóreo es mayor. Hay 428 pol/cm² para AP frente a 558 pol/cm² para NAP. Descontando *Parietaria* (306 pol/cm²) para no enmascarar los resultados, queda para el interior 251 pol/cm², de los cuales 108 pol/cm² corresponde a *Gramineae*. (Gráficos 2 y 3)

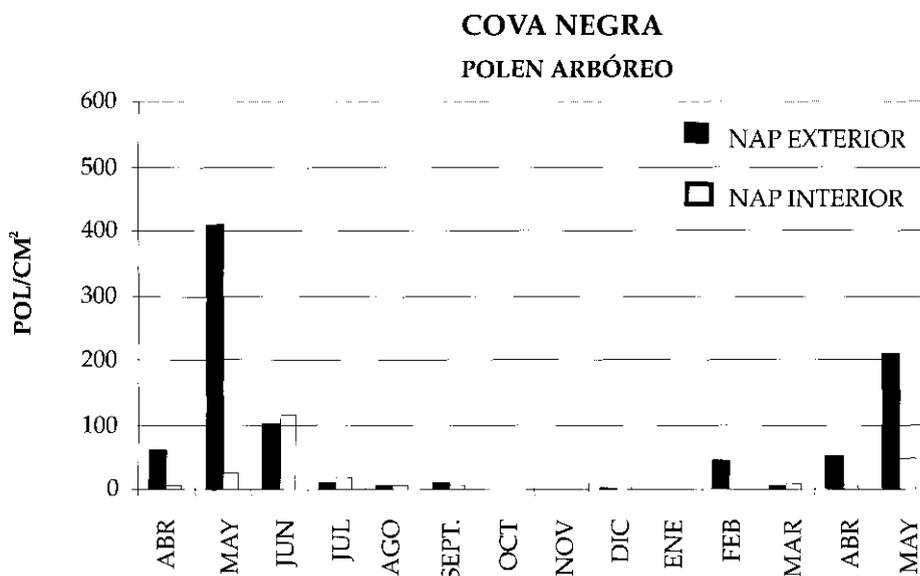


Gráfico 3. Comparación entre la sedimentación de polen de herbáceas (NAP) en el interior y en el exterior de la Cova Negra.

Relación entre vegetación, espectro polínico y forma de polinización

El recuento de polen en los filtros y su posterior interpretación necesita tener en cuenta el tipo de polinización de las plantas que lo han producido. La distinción entre éstas con polinización entomófila o anemófila es fundamental a la hora de valorar los datos obtenidos en el recuento. Es evidente que las plantas anemófilas, al tener una producción mayor y más facilidad para permanecer en suspensión aérea, serán captadas mejor por los filtros.

Se observa que los taxones no encontrados en los filtros, y que sí están en los inventarios botánicos de la zona de estudio, son todos entomófilos. De los doce que aparecen en los filtros, pero no en los inventarios de la zona, sólo cuatro son entomófilos, pero con cifras de sedimentación por cm² muy bajas. Es de suponer que han llegado allí aportados por insectos o probablemente de los jardines cercanos como *Betula*, *Alnus*, *Buxus* y *Cannabis*.

Del total de taxones identificados en los filtros, el 30 % son anemófilos, el 60% entomófilos y 10 % no sabemos con exactitud su tipo de polinización. Sin embargo su sedimentación polínica es radicalmente opuesta. En el exterior el 90 % de sedimentación polínica por cm² proviene de taxones anemófilos y el 10 % de entomófilos. En el interior el 93 % corresponde a los anemófilos y el 7% a los entomófilos. Es decir, en el interior de la cueva se deposita mayor cantidad de polen anemófilo que entomófilo.

Los taxones que se han identificado en el filtro exterior, también lo han sido en el interior excepto en cuatro casos: *Helianthemum*, *Acacia*, *Psoralea* y *Smilax*. Todos ellos son

entomófilos y muy escasos, no pasando de 0,1 pol/cm², excepto *Smilax* que llega a los 2 pol/cm², encontrándose a unos 10 m del filtro y un poco más alto.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados expuestos se ha comprobado la hipótesis de partida, afirmando que el polen encontrado en el filtro interior representa a la vegetación de los alrededores de la cueva; completamente para los taxones con polinización anemófila y muy alta para taxones entomófilos. No teniendo en cuenta en esta afirmación la diferencia numérica de pólenes sedimentados por cm², pero sí su presencia o ausencia.

La sedimentación polínica en el interior de la cueva es una tercera parte de la sedimentada en el exterior durante el periodo de investigación, con variaciones estacionales según la producción polínica. Exceptuando los meses de julio y agosto cuando el depósito de polen es mayor en el interior, debido a la influencia de las brisas locales y al tipo polínico que hay en ese momento en la atmósfera. Son pólenes anemófilos de plantas con gran producción polínica que permanecen en el aire o en el terreno desplazándose de un lado para otro.

El polen de todas las especies anemófilas que se inventariaron u observaron en nuestra zona está presente en los filtros, tanto en el exterior como en el interior, aunque en algunas sólo están identificadas las familias como es el caso de *Gramineae*. Las especies inventariadas cuyo polen no se ha encontrado en los filtros son siempre entomófilas. Aunque muchas de ellas sí que están representadas con un número escaso de polen por cm².

En el interior de la Cova Negra se deposita del total, el 93% de polen anemófilo y 7% de entomófilo. Pero todos los taxones que se encuentran en el filtro exterior también están en el interior (excepto cuatro), aunque con menor número de polen.

También se ha visto en los resultados que la sedimentación polínica de las especies arbóreas y arbustivas es mayor que las herbáceas en el interior de la cueva. Esto puede facilitar la interpretación de los análisis polínicos para reconstruir un paisaje con datos obtenidos en los sedimentos de las cuevas. Los bosques quedarían bien representados y se podría determinar si eran más o menos abiertos en función de la cantidad de polen sedimentado.

En las cuevas la temperatura tiene variaciones muy lentas y se mantienen frescas durante el verano. En esta estación al entrar el aire en la cueva se enfría levemente al estar ésta con menor temperatura. Esto hace que disminuya su viscosidad y, por tanto, su competencia de transporte; facilitando el depósito del polen que lleve. *Gramineae* y *Cyperaceae* están más representadas en el interior que en el exterior en estos meses. Precisamente florecen en verano *Arundo donax* y *Scirpus sp.*, que se encuentran en la inmediaciones de la cueva.

Para estudiar la sedimentación polínica en cuevas y aplicarlo a la interpretación de los resultados obtenidos en los análisis de sedimentos fósiles, es imprescindible comprobar el funcionamiento de las brisas y vientos dominantes en ese lugar. Como se ha visto la entrada de polen en la cueva está totalmente determinada por las características climáticas de Xàtiva: poca influencia de las brisas costeras, la situación y orientación de la Cova

Negra, son fundamentales en el comportamiento de los flujos de aire que aportan el polen a los filtros. La entrada de aire a la cueva es escasa aunque la boca de entrada es muy amplia. Este hecho se refleja en la baja tasa de sedimentación polínica en relación con la “explosión” primaveral.

El gran número de polen fósil de *Asteraceae* que suele encontrarse en los análisis de sedimentos arqueológicos contrasta aquí con el escaso número que penetra en la cueva. Incluso es bajo el que se recoge en el exterior (10 pol/cm² frente a 2 pol/cm² en el interior del tipo tubulifloras y 7 pol/cm² frente a 2 pol/cm² para el tipo liguliflora). Al ser la mayoría entomófilos, puede sugerirse que se introducen en la cueva por otros medios que los de la polinización: en el pelo de los animales, introducción de forraje para el ganado, heces de animales, egagrópilas regurgitadas por aves, insectos, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- BELMONTE I SOLER, J. (1988): *Identificació, estudi i evolució anual del contingut pol·línic a l'atmosfera de Catalunya i Balears*. Tesis Doctoral. Dep. Biologia animal, Biologia vegetal i Ecologia. Facultat de Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona.
- BUI-THI-MAI, M. (1974): *Contribution à l'étude du transport et de la sédimentation des pluies polliniques dans un abri sous - roche*. Tesis doctoral. Université de Bordeaux.
- CAMBON, G. (1982): Caractères du spectre pollinique de l'atmosphère de Valencia. *Actas del IV Simposio de Palinología*. APLE. Barcelona.
- COUR, P. (1974): Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques: Étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores*, Vol.XVI, n°1, París, pp.103-141
- COSTA, M. (1986): *La vegetación en el País Valenciano*. Universitat de València. Valencia, 246 pp.
- FOLCH I GUILLEN, R. (1986): *La vegetació dels Països Catalans*. 2º Edic. Ketres Editora S.A. Barcelona. 541 pp.
- FUMANAL, Mª P. (1986): *Sedimentología y clima en el País Valenciano. Las cuevas habitadas en el cuaternario reciente*. Servicio de Investigación Prehistórica. Trabajos varios N° 83. Diputación Provincial de Valencia. pp. 23-24
- PÉREZ CUEVA, A. (1994): *Atlas climático de la Comunidad Valenciana 1961-1990*. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. Valencia, 205 pp.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. et al. (1987): *Memoria del Mapa de series de vegetación de España*. 1:400.000 I.C.O.N.A. serie técnica. Madrid. 268 pp.

