

Problemas y potencial ecológico del componente polínico en excavaciones arqueológicas

Alejandra Restrepo Correa

Bióloga, Universidad de Antioquia

Magister en Ecología, Florida Institute of Technology

Dirección electrónica: arestrep@fit.edu

Restrepo Correa, Alejandra. 2009. "Problemas y potencial ecológico del componente polínico en excavaciones arqueológicas". En: *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*, Vol. 23, N.º 40, pp. 259-278.
Texto recibido: 23/06/2009; aprobación final: 8/09/2009.

Resumen. El análisis de polen es tal vez la herramienta más antigua y utilizada para reconstrucciones palaeoambientales. La información que este arroja parece tener gran valor ecológico y ambiental, sin embargo, es importante dilucidar en qué ambientes y en qué contextos los análisis polínicos (*sensu stricto*) son relevantes. En el presente artículo se hace un análisis del componente polínico en excavaciones arqueológicas en el sur del departamento de Antioquia, tomando como referencia reconstrucciones ambientales en el marco de las ocupaciones humanas en el Neotrópico durante el Holoceno.

Palabras clave: arqueología, fitolitos, palinología, microrrestos, suelos, sedimentos.

Ecological information derived from pollen analysis in archeological excavations: constrains and potential

Abstract. Palaeo - environmental studies have relied on pollen analysis given the amount of ecological and climatic information that this proxy brings out. However, it is primordial to distinguish the settings from which the reconstructions are carried out. Pollen analyses (*sensu stricto*) are relevant depending on the context in which the information is interpreted. This paper assesses pollen information in the context of archaeological excavations done in the southern area of Antioquia (Colombia), Neotropical palaeo-environmental reconstructions over the Holocene are used for comparisons.

Keywords: archaeology, phytoliths, pollen, micro remains, soils, sediments.

Introducción

El primer asunto que interesa destacar es la diferencia entre sedimentación de partículas en un cuerpo de agua que proporciona un ambiente anóxico y los procesos de formación de suelos. Si bien en suelos el contenido de polen puede ser de más de 1,5 mi-

llones de granos por gramo de peso seco en suelos ácidos (pH menor a 5) de altas latitudes, el material polínico está sujeto a procesos de oxidación y a translocación estratigráfica a lo largo del proceso pedogenético (Hall, 1981).

Havinga (1984) demostró que tipos polínicos con mayor contenido de esporopolenina son más resistentes a los procesos de oxidación propios de los procesos pedogenéticos, independientemente del material parental a partir del cual se forman (terrazas aluviales, saprolito, etc.). Sin embargo, Moore et ál. (1991) observaron que el grado de oxidación varía según el tipo de suelo y del contenido de gypsita, lo que influye en la mejor preservación del material polínico, y las asociaciones que tal registro marca.

En ecosistemas tropicales, la oxidación se infiere por el aumento sin razón aparente de Asteraceae y helechos (Mark Bush, comunicación personal). Adicional a la oxidación selectiva del material polínico, los procesos de formación del suelo conllevan bioturbación que en conjunto con la erosión pueden causar la translocación de partículas en intervalos de 20 cm de profundidad (Heimsath et al; 2002).

Las condiciones ideales para incorporar un registro de polínico (polen *sensu stricto*) en el contexto arqueológico, son aquellas en las que una columna de sedimentos lacustres proporciona información ambiental que se puede ligar cronológicamente a los efectos antrópicos sobre el ecosistema (Leyden, 2002; Bush et ál., 1992; Piperno, et ál., 1991; Iriarte et ál., 2004; Iriarte, 2006).

En la historia de la ocupación en Centro y Sur América, los registros de polen han proporcionado evidencia exacta sobre las fechas de inicio de las alteraciones del entorno como consecuencia de actividades agrícolas. Uno de los registros más citados, y específicos en cuanto a temporalidad, es el de de la laguna La Yeguada (Panamá) en que se evidencia el inicio de la ocupación antrópica en un bosque húmedo neotropical y el inicio de actividades agrícolas (Piperno et ál., 1991; Bush et ál., 1992). El inicio de las actividades humanas se calcula en 11000 años antes de presente, haciendo referencia a un contexto regional para Centroamérica lo mismo que el inicio de la agricultura hace 4000 años AP. Las inferencias de ocupación se basan en evidencia sólida, es decir en partículas de carbón y fitolitos carbonizados (específicamente de *Heliconia*) encontrados en estos sedimentos lacustres. En continuidad cronológica, dada por el depósito continuo de partículas de origen vegetal junto con los sedimentos, la agricultura se infiere posteriormente con la disminución de especies arbóreas concomitante con el registro de granos de polen de *Zea mays*, eventos calculados según un modelo cronológico en 4000 años AP.

Para la Amazonia, el registro más antiguo de *Zea mays*, data desde hace ca 6000 años AP y se obtuvo en sedimentos lacustres del Lago Ayauchi en zonas bajas ecuatorianas (Bush et ál., 1989). La certeza temporal de ambos registros está dada por un modelo cronológico en el cual se asume una sedimentación paulatina de partículas en la cubeta de sedimentación. Es decir, en estos sistemas se puede inferir

una tasa de sedimentación que varía según las condiciones climáticas pero que con certeza proporcionan una temporalidad para los cambios registrados propios tanto del componente vegetal, como de las condiciones lacustres.

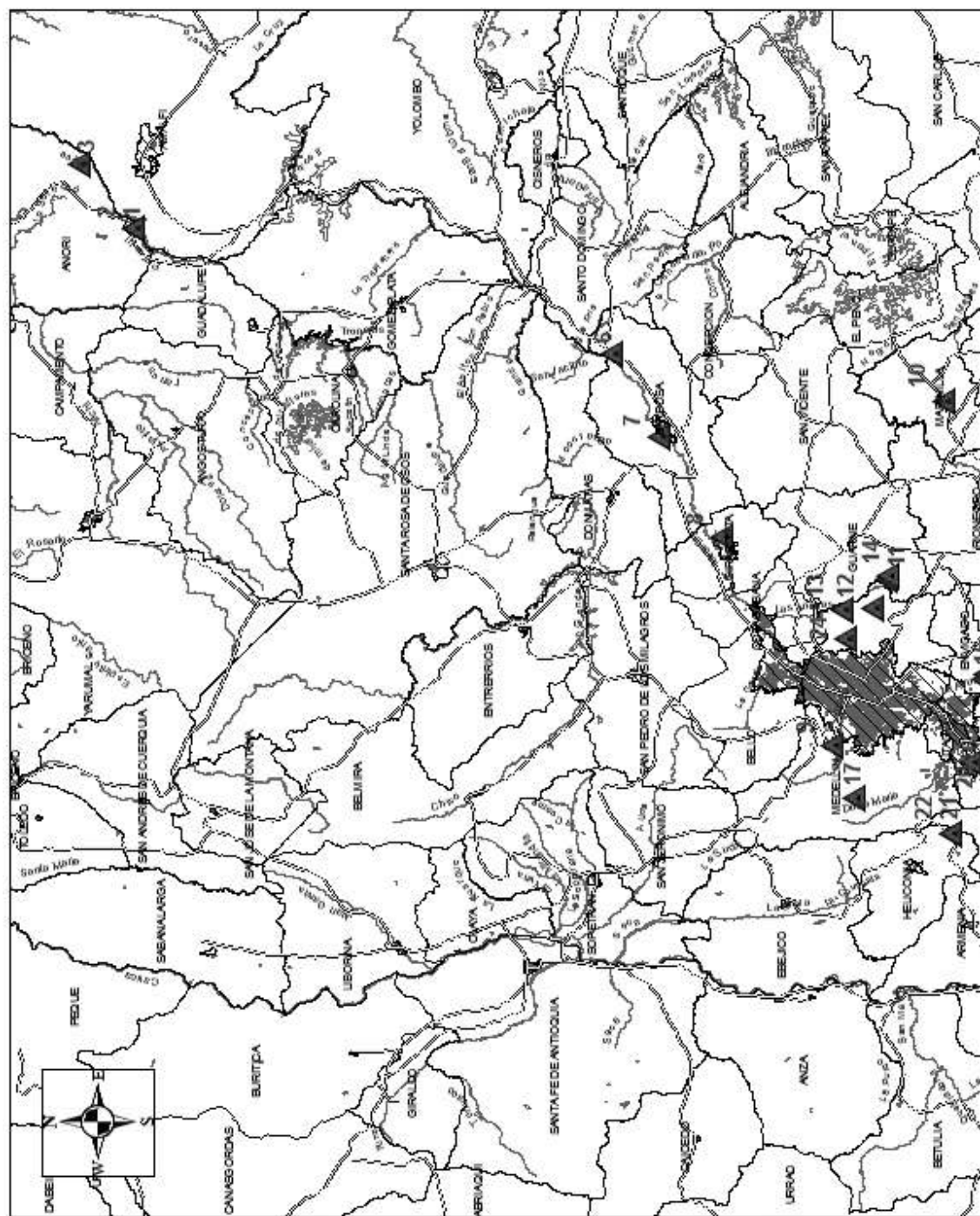
El registro regional o local de granos de polen y partículas de carbón está afectado por las diferencias en el tamaño de la cubeta de sedimentación o el cuerpo lacustre. Si los lagos, como en los casos anteriormente mencionados, son lo suficientemente grandes en diámetro, el material depositado provendría del componente regional (Moore et ál., 1991). Lagos lo suficientemente grandes (más de 300 m) reciben elementos dispersos, en este caso polen y partículas de carbón de la región; en la medida en que el tamaño de los cuerpos de sedimentación se reduce, el componente depositado se limita a la vegetación local o bien solo a la vegetación que delimita el cuerpo de sedimentación (específicamente juncos, helechos y ciertas especies de pastos).

Las condiciones medio ambientales se infieren del material alóctono y autóctono; sin embargo, transformaciones de los ecosistemas regionales se infieren desde el registro del material alóctono (polen, partículas de carbón); así, el conocimiento de las transformaciones que desde el Holoceno temprano realizaron los mayas en las tierras bajas de la península de Yucatán, tienen un referente temporal y paleoambiental en el registro polínico de siete cuerpos lacustres (Leyden, 2002).

En Colombia, se asumen inferencias climáticas para establecer un parámetro de posibles condiciones ambientales a escala regional. Rodríguez (1995) asume como contexto ambiental, para los asentamientos humanos en el sureste de Tolima (corregimiento El Limón, municipio El Chaparral a 1800 msnm, datados entre 7370 ± 130 años AP y 5600 ± 90 años AP –sin calibrar–), las condiciones más cálidas y secas, asumidas por Van der Hammen et ál. (1991) para el Holoceno Medio en las planicies aluviales del río Caquetá.

Por su parte Cavalier et ál. (1995) realizan prospecciones en suelos antrópicos con polen y macrorestos para determinar modificaciones locales del ambiente y utilizan como referente, la reconstrucción paleoambiental en el medio río Caquetá, hecha por Urrego (1991), quien detecta para el Holoceno, condiciones húmedas y cálidas. Sin embargo, dado que los investigadores detectan la disminución paulatina de los granos de polen, hasta desaparecer luego de los 30 cm de profundidad, se infiere a partir de las abundancias y características de preservación de semillas de palmas *Oenocarpus*, *Astrocarium*, *Maximiliana* y *Mauritia*, un manejo selectivo de las especies vegetales por parte de las comunidades indígenas.

Con el fin de evidenciar los problemas que conlleva el registro polínico en suelos de yacimientos arqueológicos, a continuación se toman los análisis de polen, fitolitos y de macrorrestos (específicamente semillas) realizados en Antioquia (véase figura 1), los cuales constituyen buenos ejemplos no sólo por su concentración geográfica sino por la profundidad temporal involucrada.



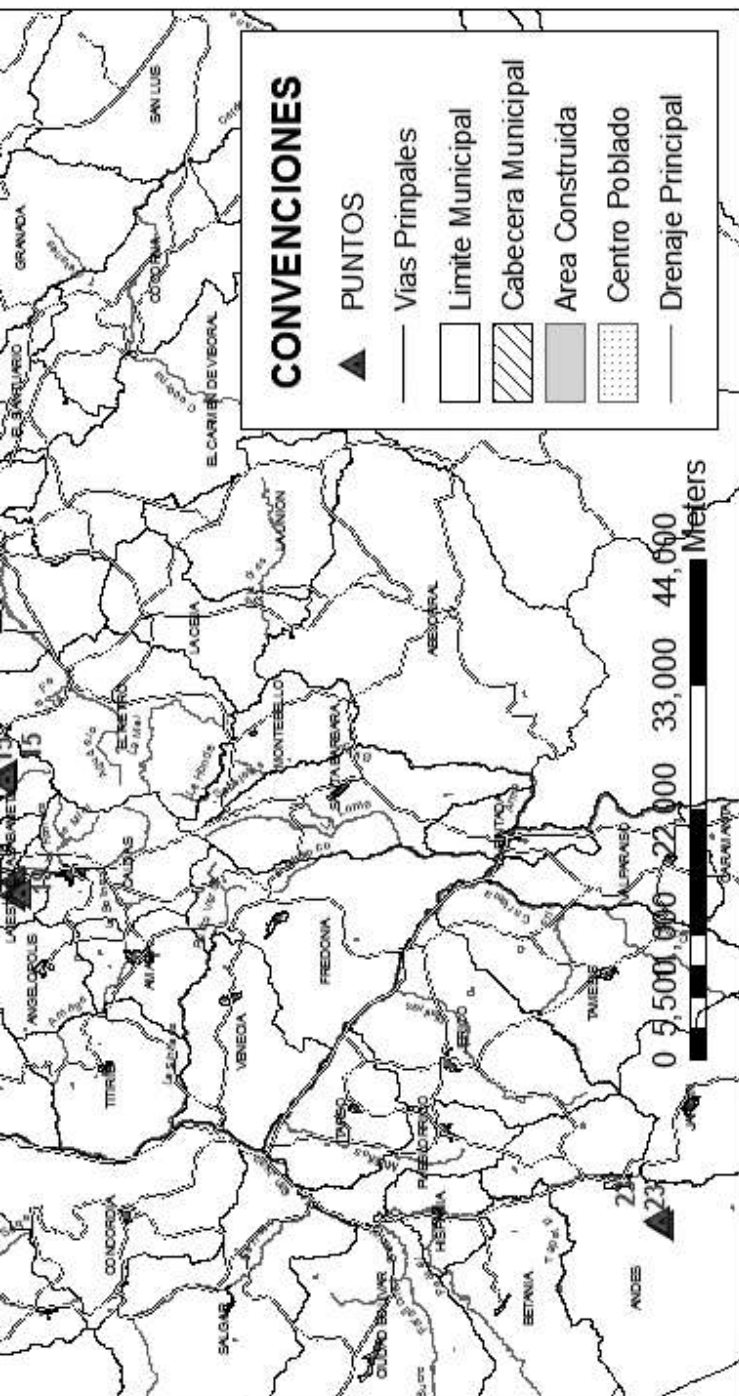


Figura 1. Ubicación geográfica de los yacimientos con análisis palinológicos analizados. Puntos 1, 2 y 3: prospección arqueológica del proyecto hidroeléctrica Porce III (Otero y Santos, 2006). Puntos 6 y 7: yacimientos 30 y 32; Proyecto arqueológico Sebastopol (Jaramillo Justico Alexis y Lozano Casabianca, Gustavo 1996). Punto 8: yacimiento 226 en Girardota, prospección arqueológica del Valle del Aburrá y sus ecosistemas estratégicos (Langebaek et ál., 2000). Punto 9: yacimiento 04, prospección en el área del proyecto: Plan Parcial Pajarito (Nieto Alvarado, 2003). Punto 10: perforación para proyecto sobre disponibilidad de alimentos cultivados y silvestres (Correa y Lozano C., 2004). Puntos 11 y 12: yacimientos UJA 05 y UJA 113 Parque Arví (Obregón et ál., 2000). El punto 13: UJA 167, altiplano de Santa Elena (Botero, 2009). Punto 14: Campos circundados (Botero, 1999). Punto 15: Tumba de cancel (Santos Vecino, 2006). Punto 17: yacimiento 021, La Quinta en el cerro del Padre Amaya (Langebaek et ál., 2000). Puntos 18, 19 y 20: yacimientos entre los municipios de la Estrella e Itagüí; y Puntos 20 y 21: yacimientos en la cuchilla del romeral (Langebaek et ál., 2000). Punto 23: perfiles, *antrópico y natural*, en la cuenca de la quebrada Santa Rita (Lozano Casabianca, 2000). Punto 24: La Laguna de Guarne (Restrepo, 1998 y Monsalve, 2000).

Fuente: mapa realizado por el ingeniero Juan David Ángel, a partir de la información referida por los autores.

El polen encontrado en suelos y su utilización como herramienta arqueológica o como herramienta paleo-climática

El componente polínico en las excavaciones arqueológicas realizado en la década de los 90, está ligado a los horizontes de suelos descritos para los yacimientos; las muestras para estudios de polen se extrajeron solo con este referente. Es decir, no se menciona rasgo estratigráfico o utensilios de los cuales se extrajera material para análisis polínico.

En el estudio realizado por Jaramillo Justinico y Lozano Casabianca (1996) en yacimientos del rescate arqueológico de Sebastopol, Y30 y Y32, en el municipio de Barbosa (puntos 6 y 7 en figura 1); los autores reconocen la oxidación del material polínico a causa de procesos pedogenéticos y se describe bien el porcentaje de granos deteriorados entre 20 y 60%, pero al omitir la concentración de polen, es imposible establecer la degradación a medida que se avanza en profundidad. Sin embargo, el estudio arroja información sobre la presencia de *Zea mays*, con 0,45%, porcentaje que quizás no signifique mucho pero evidencia la presencia de cultivos.

La presencia de *Zea mays* en yacimientos arqueológicos también ha sido reportada para el sur del Valle del Aburrá. Jaramillo Justinico y Mejía (2000a), realizaron el análisis polínico para el yacimiento La Quinta (yacimiento 021) es tomado como referencia arqueológica para el área del cerro del Padre Amaya por ser uno de los pocos lugares donde se encontraron fragmentos cerámicos, descritos por los autores Langebaek et ál. (2000), como Carmelito inciso y Habano (véase punto 17 en figura 1).

Un total de 5 muestras tomadas a los 5, 13, 17, 22 y 27 cm, se asumieron como representativas de los horizontes A y BC. A pesar de que el escaso número de muestras no es representativo para definir el contenido polínico de los horizontes pedo-estratigráficos, se asume que el *Zea mays*, encontrado en la muestra a 5 cm de profundidad, es representativo de los primeros 10 cm (Jaramillo Justinico y Mejía, 2000a). Es importante observar además, que más de la mitad de los tipos polínicos no fueron posibles de identificar y los porcentajes por encima del 5 % son de esporas de helechos (*Polypodium*), las cuales poseen un alto contenido de esporopolenina (Havinga, 1984).¹ Jaramillo Justinico y Mejía (2000a) describen para las primera muestra (tomada entre 5 y 13 cm de profundidad), un contenido polínico dominado por polen de pastos con algunos elementos arbóreos como son Mimosaceae, Cunnoniaceae y Moraceae cuyos porcentajes decrecen en las siguientes muestras: 17, 22 y 27 cm de profundidad.

Los autores concluyen, entonces la disminución de elementos de bosque a medida que se desciende en profundidad. Sin embargo, si se observa la suma de

1 Según Hall (1981), un alto porcentaje de elementos sin identificar y de esporas de helechos indican pérdida selectiva de material polínico por oxidación.

polen, esta tiene valores de 430 y 494 granos contabilizados en a 5 y 13 cm, pero la suma de polen es de 250, 198 y 218 para las tres muestras finales. Estos valores no se equiparan a la concentración de polen, expresada como granos por centímetro cúbico, pero dan a entender una disminución del material polínico. Resultados que se interpretan como pérdida del bosque dando origen a incongruencias al ser comparados con la información arqueológica, en tanto Langebaek et al, (2000), concluyen alta densidad ocupacional en el área del Padre Amaya pero con escaso desmonte de la cobertura boscosa para actividades agrícolas.

Uno de los datos más considerado del análisis polínico para el yacimiento denominado La Quinta es el reporte de *Manihot* (yuca) con al menos 2% en todas las muestras. Es importante recalcar que el cerro del Padre Amaya tiene un rango altitudinal entre 2.600 y 3.100 msnm, y que uno de los registros de polen de *Manihot* mas antiguos es 2400 AP, obtenido por Bush et ál. (2007) en sedimentos de un lago ubicado en las tierras bajas de la Amazonia. El dato de *Manihot* a 2600 msnm pudiera ser erróneo y es probable que el tipo polínico se hubiese confundido con *Croton* (Drago); de la misma familia (Euphorbiaceae) e igualmente con grano de polen inaperturado de clavav romboidales agrupadas en 6 (véase figura 2). Las especies *Croton aristophlebius* Croizat, *Croton aff. funckianus* Müll – Arg. y *Croton magdalenensis* Müll – Arg., se reportan para el Parque Arví a aproximadamente 2.500 msnm, por lo que es muy probable que también se encuentren en el cerro del Padre Amaya (Toro, 2000).

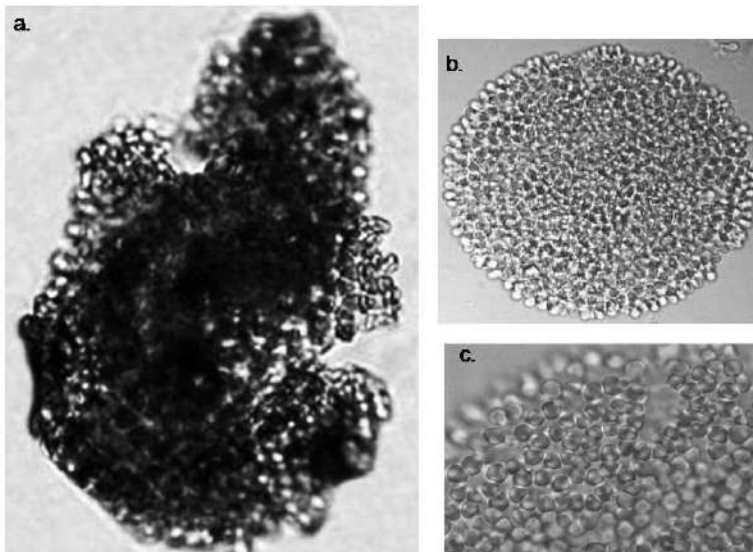


Figura 2. Comparación entre granos de polen *Manihot* fósil y *Croton* (árbol conocido con el nombre de Drago). a) Fotografía de *Manihot* fósil ca. 4600 cal. a. C. tomado de Pohl (2009); b) grano de polen de una *Croton* en 400X de magnificación. c) detalle de exina en *Croton* a 1000X, obsérvese agrupamiento de clavav (Restrepo, 1998).

Como parte del mismo proyecto arqueológico, cuyo objeto era evaluar los asentamientos en el Valle de Aburrá y sus ecosistemas estratégicos, se realizaron otras prospecciones en el municipio de La Estrella y en el municipio de Girardota (Langebaek et ál., 2000). Cuatro análisis polínicos fueron incluidos para los yacimientos con mayor densidad de material cerámico. Una vez más se seleccionaron muestras según la descripción pedoestratigrafía (Jaramillo Justinico y Mejía (2000b).

En La Estrella, en el denominado yacimiento Casa Blanca o sitio 314 (punto 18 en la figura 1), ubicado a 1,750 msnm, se reporta *Zea mays* como evidencia útil dentro del contexto antrópico (Langebaek et ál., 2000). Sin embargo, no existe evidencia que soporte los cambios climáticos inferidos a partir del contenido polínico en este punto. Por lo contrario, este contenido evidencia oxidación del material pues treinta tipos polínicos fueron imposibles de identificar; mas la cantidad de esporas y la preservación selectiva de granos de polen de Asteraceae (Compositae) en todas las muestras analizadas demuestran los procesos de oxidación en estos Andisoles (Jaramillo Justinico y Mejía, 2000b).

La misma oxidación es evidente para el resto de los yacimientos: Aguas Claras y el Pinar (sitios 314 y 356) (véase figura 1, puntos 19 y 20), a 2.100 y a 1.650 msnm, donde es contundente el alto número de esporas. Sin embargo, el Pinar muestra un registro continuo de alteración humana con la presencia constante de *Cecropia* a lo largo de todo el yacimiento junto con la presencia de *Zea mays*. Sería importante que estos datos estén sustentados con material fotográfico pues *Zea mays* se diferencia del resto de las Poaceae (Graminae) solo por un tamaño superior a los 100 um.

Finalmente como otro dato interesante se reporta *Manihot* en el sitio 226, en el municipio de Girardota (punto 8 en figura 1) a lo largo de toda la secuencia (Langebaek et ál., 2000). En este caso una menor altura sobre el nivel del mar, podría sustentar la probabilidad de encontrar este taxa como representativo de cultivos en una zona por debajo de los 1800 msnm (Bukasov, 1981); sin embargo no es posible verificar el asunto ya que no se cuenta con registro fotográfico del polen identificado.

Para los sitios en la cuchilla del Romeral (véase figura 1 puntos 21 y 22), CR002 en Heliconia y CR023 en Angelópolis ambos a aproximadamente 2.000 msnm, Jaramillo Justinico y Mejía (2000c) proponen la existencia de cultivos de *Zea mays* para ambos yacimientos, junto con *Manihot* en CR002 y *Theobroma*, es decir, Cacao en Angelópolis; una vez más sin material fotográfico que permita respaldar o refutar el hallazgo de una especie cultivada a una altura que no correspondería a su hábitat conocido.

Las muestras tomadas en conjunto con la prospección de Pajarito, al centroccidente del Valle de Aburrá (véase figura 1, punto 9), no revelan ningún registro de elementos cultivados, las palmas se interpretan como elementos alimenticios, lo cual es cierto pero al igual son elementos propios del bosque (Correa y Bedoya, 2003).

Ante la escasa evidencia de elementos cultivados, es importante resaltar el trabajo de Lozano Casabianca (2000) en el corregimiento de Santa Rita, municipio

de Andes (punto 23 en figura 1). En la misma zona de estudio, se extrae un denominado “perfil natural” para ser comparado con un perfil antrópico. *Zea mays* se registra junto con el posible cultivado *Passiflora* solo en el “perfil antrópico” desde los 61 cm de profundidad. Es decir, las condiciones de intervención son marcadas en este “perfil antrópico” pero ausentes en el “perfil natural”, así que los elementos cultivados se encuentran solo cuando se buscan en un yacimiento.

El registro que presenta Lozano Casabianca (2000), pudiera explicarse como una mezcla de elementos propios de zonas andinas: *Quercus* (Roble), *Ilex* (árbol conocido como encina o acebo) y *Cyathea* (Helecho arbóreo) con granos de polen de un taxón de zonas bajas: Bombacaceae (balso probablemente). Es decir, el vertimiento de los sedimentos aluviales, evidenciado por los altos valores de Cyperaceae (juncos) y pocos pastos (Poaceae), recoge elementos de toda la cuenca de la quebrada Santa Rita.

Si se calcula la concentración de polen (granos por centímetro cúbico), se puede comparar la preservación en suelos derivados de sedimentos aluviales, como los descritos por el autor en la cuenca de la quebrada Santa Rita, y los Andisoles de La Estrella o de Piedras Blancas. Tal vez los cambios climáticos sugeridos por Lozano Casabianca (2000, interstadial Guantiva) no están registrados al no evidenciarse un cambio en la composición taxonómica. Sin embargo, el “perfil natural” evidencia un registro de toda la cuenca que puede ser interpretado de forma diferente.

Es importante tener en cuenta además, que una de las razones por las cuales sitios con evidencia arqueológica, o evidencia histórica de ocupación arrojan porcentajes tan bajos de polen de elementos cultivados, está en el comportamiento natural de las plantas; Yamamura (2004) demuestra la escasa dispersión, solo 5 m, de granos de polen de la misma planta de maíz a pesar de la gran producción polínica de esta especie.

El objeto de este artículo no es descartar los análisis palinológicos en los yacimientos arqueológicos con suelos altamente intervenidos, por lo contrario, se pretende optimizar la información que este arroja mediante el perfeccionamiento de una metodología que incorpore un diseño experimental dependiendo del ambiente en el que se realice el muestreo, y mediante la inclusión del análisis de otros restos vegetales. Cabe resaltar que de hecho la información microbotánica ya se viene diversificando en nuestro medio, tal como se muestra a continuación.

La diversificación de la evidencia arqueobotánica: macrorestos y fitolitos

En el marco del proyecto arqueológico Porce II, Castillo y Aceituno (2006) describen para los yacimientos Y-021 y Y-045, estratos definidos por contenido lítico, cerámico, vegetal, y óseo. Alrededor de cinco fechas por estrato proporcionan una cronología confiable en la que restos óseos y vegetales, como semillas, fitolitos, granos de

almidón y polen de especies cultivadas, las cuales están directamente relacionados con el contenido lítico o cerámico a intervalos de tiempo de 2000 años.

Tanto almidones como fitolitos y granos de polen de especies cultivadas se encontraron a partir de los estratos donde domina la cerámica sobre los líticos tales como *Zea mays*, *Amaranthus* y *Manihot* (congruente con la elevación de los yacimientos 800-950 msnm). Castillo y Aceituno (2006) establecen esta transición hace ca 5000 AP. Estos datos son suficientes para establecer el cambio de probablemente cazadores recolectores a agricultores en el valle del río Porce, pero el énfasis se da a los cambios en la composición del bosque a partir de datos palinológicos.

En ambos yacimientos es claro que la suma de polen decrece con la profundidad es decir, aunque la concentración de polen no se reporta, se infiere dificultad en alcanzar la suma generalmente estandarizada en 300 granos sin incluir esporas. Si ya se evidencian procesos pedogenéticos en estos sedimentos aluviales, tal como lo describen Castillo y Aceituno (2006), conllevan bioturbación y oxidación, por lo tanto los porcentajes calculados y por ende las agrupaciones taxonómicas, no reflejan cambios vegetacionales. Cambios para los que se asume como contexto climático la ya bien refutada aridez durante el Pleistoceno en la Amazonia es decir, un periodo seco y frío en la cuenca del río Porce (Van der Hammen y Absy, 1994; Colinvaux et ál., 1996; Bush y Silman, 2004).

Las inferencias sobre cambios vegetacionales se deben revisar, pues el aumento porcentual de los denominados elementos de bosque, a partir del estrato II y I para el yacimiento Y-021, no es más que la disminución porcentual de esporas que en los estratos más profundos abundan por su resistencia a la oxidación. El problema con las abundancias relativas es que el aumento de un taxón depende del descenso de otro y viceversa. Entre más elementos autóctonos se incluyan en la suma de polen, menor será el porcentaje de los taxa a los que se les quiere observar un cambio a lo largo del tiempo, debido a presión antrópica sobre el ecosistema. En estos dos yacimientos, Y-021 y Y-045, las esporas varían entre 20 y 50%, es decir, solo queda el 30 ó 50% perteneciente a los taxa que dan información ecológica (Castillo y Aceituno, 2006).

En la zona de proyecto hidroeléctrico Porce II, Ramírez et ál. (2000) recuperaron un núcleo de 2,5 m de depósitos aluviales en un rebalse de la quebrada Guaduas. El lugar de muestreo se escogió por qué no mostraba señales de alteración en los sedimentos. Aunque el registro polínico (*sensu stricto*) carece de dataciones, el polen de *Cecropia*, árbol de perteneciente a la familia Moraceae e indicador de perturbaciones, alcanza 6 % a los 20 cm de profundidad, luego de permanecer a lo largo del registro con menos de 2,5%. En las dos muestras superiores de este registro en la quebrada Guaduas (10 y a 5 cm de profundidad), el porcentaje de *Cecropia* decrecen de nuevo a 2,5 mientras el polen de Moraceae-Urticaceae (árboles) aumenta (Ramírez et ál. 2000). Sin poder inferir una escala temporal corta, de décadas o centurias, pues se trata de un vertimiento aluvial, se podría plantear una hipótesis sobre perturbación del bosque con el pico de *Cecropia* en el núcleo de la quebrada

Guaduas. A pesar de que carece de dataciones el registro aluvial en la quebrada podría ser un punto de comparación para las fechas de ocupación y abandono de las zonas sugeridas por Castillo y Aceituno (2006). Los registros polínicos, tomados de los yacimientos no proporcionan evidencia alguna para sugerir abandono del territorio hacia 3500 años AP.

Los análisis de micro que se realizaron en los yacimientos del proyecto arqueológico Porce III (sitios 1, 2 y 3 en la figura 1; Otero y Santos, 2006) también carecen de concentración de polen y las inferencias hechas a partir de la composición taxonómica no arrojan información sobre cambios en la composición del bosque. Por ejemplo, el yacimiento 40, con 7 muestras tomadas cada 5 cm, contiene una suma de polen que decrece de tal modo que la suma de polen comienza con 180 y 107 granos, a los 5 cm y 10 cm, disminuyendo a 73, 60, 7, 10 y 10 granos de polen consecutivamente hasta los 70 cm de profundidad (Correa, 2005).

El resto de los análisis de microrrestos muestran resultados interesantes, pues se lograron identificar almidones de maíz y de yuca; información útil en el contexto arqueológico, así como la diversidad de semillas que en el estado carbonizado aportan información sobre cultivos (específicamente *Z. mays*, *Canavalia* sp. *Phaseolus vulgaris* *Panicum* sp. y *Cajanus* cf. *flavus*). Sería interesante datar las semillas encontradas de *Phytolacca rivinoides*, *Alchornea glandulosa* y *Hymenaea* cf. *coulbari* (las tres especies son árboles) para determinar composición taxonómica del bosque que rodeaba la huerta (Morcote Ríos, 2005; Correa, 2005).

Santos Vecino (2006) incorpora análisis de microrrestos botánicos al describir los utensilios encontrados en la tumba de cancel hallada en la loma del Escobero (punto 16 en figura 1). El análisis del espectro microbotánico fue realizado por Monsalve (2006) con el material extraído en manos y metates encontrados de la tumba. Este análisis es relevante por ser un muestreo directo del material arqueológico, es decir, a diferencia de los análisis de microrrestos botánicos recuperados en suelos, la presencia de polen de *Zea mays*, *Chenopodium* (quinua) y *Phaseolus* en los metates es evidencia certera del cultivo de estas especies.

El hallazgo de almidones de *Manihot*, en una zona a 1.800-1.900 msnm, significa que tubérculo fue transportado hacia el área del Escobero, o bien pudo haber sido cultivado tal como lo sugirió Santos Vecino (2006); el cultivo a esa altura sobre el nivel del mar implicaría que *Manihot* llegó al máximo de su rango altitudinal de distribución: 1.800 msnm (Bukasov, 1981). La hipótesis de cultivo necesita ser corroborada con elementos como fitolitos de flores, y si los procesos de oxidación lo permiten, por lo menos con un grano de polen. La evidencia de polen en el cerro del Padre Amaya que respaldaría esta hipótesis es completamente refutable tal como se mencionó anteriormente.

Los elementos de bosque reportados por Monsalve (2006) en la ladera del Alto del Escobero (punto 15 en figura 1) son los mismos que se encontraron en los cuatro metates analizados. Es importante observar que en estos metates los porcentajes de

polen de especies cultivadas son escasos con respecto a los porcentajes de árboles como *Podocarpus* (pino colombiano), *Alchornea* (monte-frío), *Cecropia* (yarumo) y a los porcentajes de pastos, lo cual no significa que las especies del bosque hubiesen sido más utilizadas que las especies usualmente cultivadas. Un análisis más detallado de las especies que conforman las morfotribus de fitolitos: Halteriolita, Estrobilolita, Prismatolita, Doliolita, Braquiolita, Flabelolita y Aculeolita descritas por Monsalve (2006) elucidaría si *Zea mays*, *Phaseolus* y *Manihot* fueron además de cultivados, manipulados con los metates (Monsalve, 2000).

Es decir, la identificación a nivel de especie es clave, pero se restringe a la producción de fitolitos por determinadas taxa y a la cantidad de información es decir, catálogos, disponibles para cada tipo de flora dependiendo del lugar de estudio (Flórez et ál., 2006).

El material directamente recuperado de los metates también podría dar información de si otras especies como Cucurbitas (auyama), *Lagenaria siceraria* (calabaza de cuello), *Sicana odorifera* (calabazas), *Maranta arundinacea* (sagú, arrurruz) o *Calathea allouia* (calatea), fueron utilizadas en la zona del Escobero. Según Piperno (2006, 2009), las especies mencionadas son buenas productoras de fitolitos y se reportan como cultivos santiguos en Panamá y en Ecuador desde comienzos del Holoceno. Los cultivos de *Zea mays* se registran desde ca 6600 AP, para el occidente de Ecuador y desde ca 7100 AP, en Centroamérica. *Manihot esculenta* se registra desde ca 4300 AP, en Ecuador.

Sandweiss (2007) resume el potencial que el análisis del contenido de fitolitos y de almidones tiene para dilucidar la historia de la agricultura en Latinoamérica. El análisis directo del material que conforma los pisos de casas o el material relacionado directamente con utensilios y cerámicas (por ejemplo, restos de suelos dentro de ollas) corresponde directamente a una fecha exacta. Otra opción para obtener la fecha exacta de manipulación de las especies cultivadas es datar los fitolitos carbonizados (Piperno y Stohert, 2003).

Los yacimientos en el altiplano de Santa Elena (municipio de Medellín) son el otro ejemplo de la amplia gama de microrrestos botánicos aplicados en la arqueología. Comenzando con Botero (1999) quien reporta la ausencia de elementos de polínicos que evidencien plantas cultivadas en los campos circundados en el altiplano de Santa Elena.

Los anteriores resultados podrían ser argumentados por la deficiencia del polen en las dos especies cultivadas más relevantes arqueológicamente. Es decir, *Phaseolus* y *Zea mays* no proporcionan un buen registro ya que la flor de *Phaseolus* (frijol) es cleistogama (se auto fertiliza) y produce pocos granos de polen (Restrepo, 1998); mientras que *Zea mays*, aunque buen productor de polen, no es transportado a distancias mayores de 5 m, según lo observado en trampas para dispersión de polen actual (Yamamura, 2004 y Bush, comunicación personal). Razón por la cual estas dos especies no se observan en los registros polínicos de la Laguna de Guarne

(Restrepo, 1998; Monsalve, 2000), pero son una incógnita aún para lo que se supone son huertas (Botero, 1999).

Sin embargo, el registro de polen de *Alnus* (aliso) en los campos circundados y en sedimentos de la laguna de Guare, antes de 4050 ± 50 AP sin calibrar (Restrepo, 1998), implica la existencia en el pasado de este árbol en el altiplano cuando en la actualidad se encuentra ausente. El registro de *Alnus* en los campos circundados asegura su presencia en el sector de Piedras Blancas, lo cual no se podría establecer a partir de del registro en la laguna, pues es un cuerpo de aproximadamente 250 m de diámetro que tiene como aporte el componente vegetal regional (probablemente desde el altiplano y desde el Valle de Aburrá, César Velásquez comunicación personal). Sin embargo, no existe un referente temporal en ninguno de los casos para hacer elucidar efectos antrópicos sobre la vegetación en el altiplano, como es el caso del momento en que *Alnus* se desaparece de la zona. La ausencia de un modelo cronológico impide establecer estadios de sucesión del bosque a lo largo de una secuencia bianual o decadal.

Monsalve (2004) realizó una reconstrucción polínica y de fitolitos para 2 yacimientos arqueológicos en el sector de Piedras Blancas (yacimientos UIA5 y UIA113, puntos 11, 12 y 24 en la figura 1). Cabe destacar en esta investigación, el diseño experimental en que se utiliza como control, denominado *referente natural* por el autor, quien extrajo un núcleo de 60 cm de la Laguna de Guarne. Sin embargo, los sedimentos de la laguna, por su constitución y origen geomorfológico, no deben ser utilizados como análogos para el componente polínico (incluyendo fitolitos en *sensu lato*) encontrado en suelos. La formación de los horizontes obedece a procesos pedogenéticos y morfogenéticos mas no a la sedimentación de partículas (Jaramillo et ál., 1994).

Los yacimientos UIA5 y UIA113 fueron seleccionados según el criterio del arqueólogo, quien observó características apropiadas para el establecimiento de una vivienda (Obregón et ál., 2000). Uno de los resultados más interesantes reportados por Monsalve (2006), al realizar la caracterización polínica de estos yacimientos, son los granos de polen de especies cultivadas: *Amaranthus*, *Arracacia* y *Zea mays*. Queda entonces por demostrar si los granos de polen de *Zea mays* y el resto de los elementos cultivados, encontrados en la muestra UIA5 a 20-30 cm de profundidad son elementos pre-hispánicos o vestigios de cultivos recientes. Según Monsalve (2006), la unidad UIA113 (Piedra Gorda) contiene polen de especies cultivadas, con porcentajes no bien definidos pero la evidencia arqueobotánica va en conjunto con la vegetación actual de los sitios, dominada por *Pteridium*, *Cypress* y arbustos de zonas alteradas, lo que lleva a cuestionar la temporalidad de la evidencia de los cultivos antiguos.

Otro ejemplo de la misma situación se encuentra en Correa y Lozano (2004), quienes hacen referencia a la historia de cultivos en una zona predominantemente agrícola en la actualidad: la vereda del Alto del Mercado en el municipio de Marinilla (punto 10 en figura 1). El más alto porcentaje de plantas cultivadas, alrededor de 18% incluyendo *Amarathus* y *Zea mays*, se observa en primera muestra (0 a 1 cm)

en una columna estratigráfica de 73 cm de profundidad muestreada cada 4 cm. En el resto de la columna, los porcentajes son nulos a excepción de las muestras 12, 22 y 24 cm donde alcanzan valores de aproximadamente 5%. Es interesante como la muestra del horizonte Ap1, tomada en el intervalo de 10 a 15 cm, es datada en 790 ± 70 años AP (sin calibrar), pero la cantidad significativa de elementos cultivados esta en el horizonte de acumulación de materia orgánica (O), por lo cual indudablemente estos elementos hacen parte de cultivos modernos.

A partir de los resultados de Correa y Lozano (2004), cabe entonces la pregunta sobre ausencia de cultivos antiguos con la misma intensidad registrada en la actualidad, o si simplemente la ausencia de estos en el registro se debe a la oxidación de los granos de polen. Pregunta que se puede resolver en la misma columna pero utilizando fitolitos.

Correa y Lozano (2004) no reportan concentración de polen explícitamente como granos por centímetro cúbico, pero en sus conteos de polen de diecinueve muestras consecutivas tomadas cada 4 cm (de los estudios en suelos citados con mayor número de muestras por perforación), la suma de polen decrece. Al primer centímetro la suma de polen es de 293, a los 4 cm es de 143 granos, a los 8 es de 177 y sigue decreciendo hasta valores de 90 granos hacia los 40 cm de profundidad finalizando con alrededor de 35 granos hacia 60, 64, 68 y 72 cm de profundidad.

Tal vez uno de los pocos estudios, en el trópico, que ha procurado elucidar el aporte del análisis de polen en suelos es el realizado por Horn et al (1999) en la estación biológica La Selva en Costa Rica. Tres Andisoles, ubicados en terrazas aluviales cubiertas por vegetación nativa pero con registro histórico de agricultura, fueron muestreados hasta una profundidad de 50 cm.

Uno de los terrenos fue utilizado para el cultivo de *Bactris gasipaes* (Palma) desde 1960 hasta 1962 AD, al tiempo de muestreo, es decir, durante 1996, registraba una cobertura boscosa. La translocación de material polínico desde 2,5 cm fue evidenciada al encontrar polen de esta palma hasta 25 cm de profundidad. Lo cual evidencia que lo que se calcula como edad de un estrato no necesariamente corresponde a la edad del material microbotánico encontrado (Horn et ál., 1999).

Horn et ál. (1999) encontraron que en los tres sitios muestreados, la concentración de polen decreció rápidamente con la profundidad, de 45.000 a 90.000 granos y esporas por centímetro cúbico a 1.000 granos y esporas por centímetro cúbico hacia los 50 cm de profundidad. En uno de los sitios, con cobertura de vegetación en recuperación, la concentración era tal como la observada en lagos es decir, 120.000 a 150.000 granos por centímetro cúbico; pero esta alta concentración solo se observó en las muestras a 0 y 2,5 cm de profundidad.

Las esporas monoletes y los granos de polen de Malpighiaceae (familia del árbol *Huesito*) y Moraceae-Urticaceae son los más resistentes a la oxidación. Los granos de polen perteneciente a la familia de Melastomataceae (sietecueros, amarrabollos) son los tipos polínicos menos resistentes de acuerdo con los resultados obtenidos en

el estudio realizado en Costa Rica. Es decir, lo que se asume como perturbación a causa de la abundancia de esporas de helechos no es más que la resistencia de estas a la actividad microbiana en el suelo, a la bioturbación y a procesos de oxidación (Horn et ál., 1999). Al igual que lo registró Cavalier et ál. (1995), el contenido de polen en el yacimiento desaparece a medida que se avanza en la profundidad.

Resultados similares fueron obtenidos por Monsalve (2009) al comparar en su núcleo de *Chorro Clarín* el porcentaje de fitolitos *versus* el porcentaje de polen (punto 13 en figura 1). Este estudio hace parte de la última prospección llevada a cabo en el altiplano de Santa Elena, más específicamente en la zona Norte del Parque Arvi (UIA 167, Monsalve (2009) en Botero, 2009).

En este núcleo de 56 cm de profundidad, el 80% del material polínico (*sensu lato*), son fitolitos. Analizando desde la base hasta la superficies, los fitolitos que más abundan son aquellos comunes en vegetación leñosa (según el autor Aculeolita, Braquiolita y Flabelolita) desde 56 cm hasta 28 cm de profundidad. Los fitolitos característicos de pastos y hierbas (según el autor Prismatolita, Halteriolita y Globulolita) aparecen desde los 26 cm mientras que los de especies leñosas mencionadas descienden a 60% acompañados de partículas de carbón.

El mayor porcentaje de las morfotibus de fitolitos, catalogadas como propias de alteración antrópica, se observa entre 12 y 5 cm de profundidad. En este caso la presencia de estos fitolitos, que parecen no estar sujetos a degradación a medida que se desciende en profundidad, van acompañados de esporas de helechos y granos de polen de especies pioneras.

Fuera del núcleo previamente descrito, se tomaron ocho muestras correspondientes a otros yacimientos y huellas de poste (rasgos). Para ninguna muestra se reporta evidencia de cultivos, pero siempre se observaron fitolitos y granos de polen de especies leñosas como *Podocarpus*, *Quercus* y *Viburnum* (pino colombiano, roble y sauco de monte respectivamente), además de fragmentos de carbón vegetal.

Es decir, es evidente que hubo intervención antrópica, ya que como Monsalve (2009) señala los restos de carbón indican fuegos sin posibilidad alguna de que hubiesen sido causados por igniciones naturales. La presencia actual de *Cyathea* (helecho arbóreo) y el registro de sus esporas aseguran condiciones húmedas (Tryon Y Tryon, 1982, en: Monsalve, 2004). La evidencia apunta a fuego generado por actividades humanas. Sin embargo, la ausencia de especies cultivadas tanto en el registro de polen, como en los registros de fitolitos y de semillas, corrobora la ocupación del altiplano de Santa Elena, lo cual conlleva la alteración del bosque pero probablemente no con fines agrícolas. Finalmente, y como dato seductor para arqueólogos, Monsalve (2009) reporta la presencia de fitolitos de *Erythroxylo* sp., (coca de monte), entre otros elementos que no corresponden al rango altitudinal de la zona de estudio, frente a lo cual caben al menos dos explicaciones: la primera que el rango de la expansión de *Erythroxylo* sp., haya alcanzado elevaciones hasta 2.500 msnm, o más probable y fácil de corroborar, que fue transportada, pues, no

se cuenta con registros climáticos que evidencien condiciones más cálidas que las actuales para el altiplano durante el Holoceno.

Conclusiones

La relación entre el registro polínico y la arqueología está mediada por aspectos metodológicos que es necesario reiterar. La interpretación del análisis de polen debe estar sujeta al análisis de las condiciones de sedimentación, al vertimiento de sedimentos aluviales o a los procesos de formación del suelo dependiendo del lugar de muestreo. Los suelos no son sedimentos que se han depositado con cierta tasa de acumulación, la definición de suelo suministrada por Jaramillo et ál. (1994), hace referencia a la cobertura terrestre que resulta de la interacción entre procesos biológicos y condiciones ambientales los cuales implican bioturbación, translocación y oxidación del material polínico.

La temporalidad de los restos vegetales tales como fitolitos y polen se puede inferir, limitándose en el muestreo al material encontrado dentro de vasijas o en estratos que con seguridad hagan referencia a pisos de casa. De lo contrario se debe datar el material fósil directamente.

La presencia de granos de polen, o de un solo grano de polen, de un determinado taxón, incluyendo las especies cultivadas, arroja información sobre la presencia de este, tanto en un contexto antrópico como en el contexto de su conservación en determinada área, como por ejemplo, *Alnus* (aliso) en el altiplano de Santa Elena. Sin embargo, la verificación de ello depende en gran medida de que los granos de polen y fitolitos de especies cultivadas que conllevan información relevante en términos arqueológicos y ecológicos esté sustentada por material fotográfico.

Finalmente, es importante insistir en el llamado de atención hecho por la doctora María Teresa Flórez (2001, 2006): cada zona de estudio debe contar con un catálogo de fitolitos ya que las variaciones morfológicas son amplias entre taxa y entre especies del mismo taxón; además los fitolitos, al igual que el polen, están sujetos a procesos pedogenéticos que varían de acuerdo a las condiciones ambientales imperantes.

Bibliografía

Botero Páez, Sofía (1999). "Gente antigua, piedras blancas, campos circundados. Vestigios arqueológicos en el altiplano de Santa Elena (Antioquia, Colombia)". En: *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*, Vol. 13, No. 30, pp. 287-305.

(2009) *Investigación arqueológica en el Núcleo Chorro Clarín Zona Norte del Parque Regional Arví. Síntesis final*. Informe de investigación. Caja de Compensación Familiar de Antioquia COMFAMA, Centro de Investigaciones Sociales y Humanas CISH, Universidad de Antioquia, Medellín.

- Bukasov, S. M. (1981). *Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba (Costa Rica). Unidad de Recursos Genéticos, 173 p.
- Bush, Mark B; Piperno, Dolores R. y Colinvaux, Paul A. (1989). "A 6000 year history of Amazonian maize cultivation". En: *Nature*. Vol. 340, pp. 303-305.
- Bush, Mark; Piperno, Dolores; Colinvaux, Paul; De Oliveira, Paulo E; Krissek, Lawrence; Miller, Michael y Rowe, William (1992). "A 14 300 yr paleoecological profile of a lowland tropical lake in Panamá". En: *Ecological Monographs*. Vol. 62, No. 2, pp. 251-275.
- Bush, Mark. y Silman, Miles R. (2004). "Observations on Late Pleistocene cooling and precipitation in the lowland Neotropics". *Journal of Quaternary Science*. Vol. 19, No. 7, pp. 677-684.
- Bush, Mark; Silman, Miles; de Toledo, Mauro; Listopad, Claudia; Gosling, William y Williams, Christopher (2007). "Holocene fire and occupation in Amazonia: Records from two lake districts". En: *Philosophical Transactions of The Royal Society B*. Vol. 362, pp. 209-218.
- Bush, Mark. Profesor del Departamento de Biología. Florida Institute of Technology. Melbourne, Florida, EE. UU. Comunicación personal.
- Castillo Espitia, Neyla y Aceituno Bocanegra, Francisco (2006). "El bosque domesticado, el bosque cultivado: un proceso milenario en el valle medio del río Porce en el noroccidente colombiano". *Latin American Antiquity*. Vol. 17, No. 4, pp. 561-578.
- Cavalier, Inés; Rodríguez, Camilo; Herrera, Luisa Fernanda, Morcote Ríos, Gaspar y Mora, Santiago (1995). "No solo de caza vive el hombre. Ocupación del bosque amazónico, Holoceno Temprano". En: *Ámbito y ocupaciones tempranas de la América Tropical*, ICAN-Fundación Erigaie, Bogotá, pp. 27-44.
- Colinvaux, Paul A; de Oliveira, Paulo E; Moreno, Jorge E; Miller, Michael C. y Bush, Mark B. (1996). "A Long Pollen Record from Lowland Amazonia: Forest and Cooling in Glacial Times". En: *Science*. Vol. 274, pp. 85-88.
- Correa Salas, Luz Victoria y Bedoya Martínez, Omar Giovanni (2003). "Análisis palinológico de sedimentos hallados en el yacimiento 04 – corte 3 – perfil norte – cuadrícula q-12". En: *Proyecto Arqueológico Plan Parcial Pajarito*, Universidad de Antioquia, Medellín.
- Correa, Luz Victoria y Lozano, Gustavo (2004). "Análisis palinológico del Holoceno en la vereda alto del mercado, Marinilla, Antioquia". En: *Actualidades Biológicas*. Vol. 26, No. 80, Medellín, pp. 60-70.
- Correa, Luz Victoria (2005). "Análisis de microrrestos en sedimentos y artefactos arqueológicos hallados en área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Porce III– obras de infraestructura". En: *Las ocupaciones prehispánicas del cañón del río Porce. Prospección, rescate y monitoreo arqueológico. Proyecto hidroeléctrico Porce III obras de infraestructura. Anexo 3. Contrato 030417922*. Medellín, Colombia.
- Flórez, María Teresa y Parra, Luís Norberto (2001). "Espectros de fitolitos en tres suelos de la planicie de Puente Largo, Páramo de Frontino, departamento de Antioquia". En: *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*. No. 24, pp. Medellín, 132-148.
- Flórez, María Teresa; Parra, Luís Norberto y Jaramillo, Daniel (2006). En: *Suelos Ecuatoriales volumen 36 fascículo*, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá pp. 43-52.
- Hall, Stephen A. (1981). "Deteriorated pollen grains and the interpretation of Quaternary pollen diagrams". En: *Review of Palaeobotany and Palynology*, Vol. 32, pp. 193-206.
- Havinga, A.J. (1984). "A 20-year experimental investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores in various soil types = Etude expérimentale commencée en 1964 sur la

- susceptibilité de la corrosion différentielle du pollen et des spores dans des types de sols variés”. En: *Pollen et Spores*, Vol. 26, No. 3-4, pp. 541-557.
- Heimsath, Arjun M; Chappell, John; Spooner, Nigel A. y Questiaux, Danièle G. (2002). “Creeping soil”. En: *Geology*. Vol. 30, No. 2, pp. 111-114.
- Horn, Sally P; Orvis, Kenneth H; Rodgers, John C. y Northrop, Lisa A. (1998). “Recent land use and vegetation history from soil pollen analysis: testing the potential in the lowland humid Tropics”. En: *Palynology*. Vol. 22, pp. 167-180.
- Iriarte, José; Holst, Irene; Marozzi, Oscar Marozzi; Listopad, Claudia; Alonso, Eduardo; Rinderknecht, Andrés y Montaña, Juan (2004). “Evidence for cultivar adoption and emerging complexity during the mid-Holocene in the La Plata basin”. En: *Nature*. Vol. 432, pp. 614-617.
- Iriarte, José (2006). “Vegetation and climate change since 14,810 14C yr B.P. in southeastern Uruguay and implications for the rise of early Formative societies”. En: *Quaternary Research*. Vol. 65, pp. 20-32.
- Jaramillo, Justico Alexis y Lozano, Casabianca Gustavo (1996). “Registro palinológico de los yacimientos de Y30, Y32 (Barbosa)”. En: *Transmetano S.A. Proyecto Rescate Arqueológico Sebastopol* Centro de Investigaciones Sociales y Humanas, Universidad de Antioquia, Medellín.
- Jaramillo, Justinico Alexis y Mejía, Juan Carlos (2000a). “Estudio de polen sitio La Quinta (San Antonio de Prado)–Anexo 4”. En: *Prospección arqueológica del Valle de Aburrá y sus ecosistemas estratégicos. Estudio regional de cambios sociales en una región del occidente de Colombia*. Informe final de investigación. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia—Corantioquia-Unión Temporal Strata Ltda.-Centro de Investigaciones Socioculturales e Internacionales de la Universidad de los Andes (CESO), Medellín.
- Jaramillo Justinico, Alexis y Mejía, Juan Carlos (2000b). “Análisis Palinológicos. Prospección Arqueológica Cuchilla del Romeral. Sitios CR002 - La Argentina (Heliconia) y CR023 – Horizontes (Angelópolis)”. En: *Transformaciones Territoriales en los Ecosistemas estratégicos en el Valle del Aburrá*. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Corantioquia, Medellín.
- Jaramillo Justinico, Alexis y Mejía, Juan Carlos (2000c). “Análisis Palinológicos de los Sitios 314 (Casa Blanca), 286 (Aguas Claras), 226 (San Diego) y 356 (El Pinar)”. En: *Prospección arqueológica del Valle de Aburrá y sus ecosistemas estratégicos. Estudio regional de cambios sociales en una región del occidente de Colombia*. Informe final de investigación. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Corantioquia - Unión Temporal Strata Ltda.-Centro de Investigaciones Socioculturales e Internacionales de la Universidad de los Andes (CESO), Medellín.
- Jaramillo, Daniel F; Parra, Luis N. y Gonzales, Luis H. (1994). *El recurso suelo en Colombia: distribución y evaluación*. Instituto de Ciencias Naturales y Ecología (ICNE). Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Langebaek, Carl; Piazzini, Emilio; Dever, Alejandro y Espinosa, Iván (2000). *Prospección arqueológica del Valle de Aburrá y sus ecosistemas estratégicos. Estudio regional de cambios sociales en una región del occidente de Colombia. Informe final de investigación*. Área metropolitana del Valle de Aburrá, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Corantioquia, Unión Temporal Strata Ltda., Centro de Investigaciones Socioculturales e Internacionales de la Universidad de los Andes (CESO), Medellín.
- Leyden, Barbara W. (2002). “Pollen evidence for climatic variability and cultural disturbance in the Maya lowlands”. En: *Ancient Mesoamerica*. Vol. 13, pp. 85-101.
- Lozano Casabianca, Gustavo (2000). “Estudio de polen fósil en sedimentos de la cuenca media del río Santa Rita (suroeste antioqueño)”. En: *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*. Vol. 15, No.1, pp. 37-63.

- Macphail, Richard I; Cruise, G.M; Allen, Michael J; Linderholm, Johan y Reynolds, Peter (2004). "Archaeological soil and pollen analysis of experimental floor deposits; with special reference to Butser Ancient Farm, Hampshire, UK". En: *Journal of Archaeological Science*. Vol. 31, pp. 175-191.
- Monsalve Marín, Carlos Albeiro (2000). "Catalogo preliminar de fitolitos producidos por algunas plantas asociadas a las actividades humanas en el Suroeste de Antioquia, Colombia". En: *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*. Vol. 15, No. 1. pp. 1-14.
- Monsalve Marín, Carlos Albeiro (2004). *Estudio paleoambiental en la cuenca alta de la quebrada piedras blancas Parque Regional Arví, Antioquia Colombia. Contrato 5073 / 2003*. Corantioquia, Medellín, Colombia.
- Monsalve, Carlos A. (2006). "Estudio paleoambiental (polen, fitolitos y almidones) en Herramientas e instrumentos (metates, manos), fibras y suelo hallados en el sitio arqueológico Álamos del Escobero, municipio de Envigado Antioquia-Colombia". En: *Una tumba de cancel en el valle de Aburrá. Prospección y rescate arqueológico del área de la urbanización Álamos del Escobero, municipio de Envigado*. Vértice Ingeniería, Secretaría de Educación para la Cultura del municipio de Envigado, Sección Archivo Histórico. Envigado, Antioquia.
- Monsalve Marín, Carlos Albeiro (2009). *Análisis paleoambiental de muestras de sedimentos obtenidas del núcleo chorro clarín -zona norte, del Parque Arví Fase III. Informe de Investigación*. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Departamento de Antropología de la Universidad de Antioquia (CISH), Medellín, Colombia.
- Moore, Peter D; Webb, Judith A. y Collinson, Margaret E. (1991). *Pollen Analysis (Second Edition)*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Inglaterra. 16 p.
- Morcote-Ríos, Gaspar (2005). "Análisis de determinación taxonómica de semillas". En: *Las ocupaciones prehispánicas del cañón del río Porce. Prospección, rescate y monitoreo arqueológico. Proyecto hidroeléctrico Porce III Obras de infraestructura. Contrato 03041792*. Medellín, Colombia.
- Nieto Alvarado, Luis E. (2003). *Prospección arqueológica y plan de manejo en el área física donde se construirá el proyecto: Plan Parcial Pajarito - Informe Final -*. Centro de Investigaciones Sociales y Humanas. Departamento de Antropología. Laboratorio de Arqueología y Antropología. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Universidad de Antioquia. Medellín, 177 p. más anexos.
- Obregón Cardona, Mauricio; Cardona Velásquez, Luis Carlos y Gómez Londoño, Liliana Isabel (2000). *Ocupación y cambio social en territorios del Parque Regional Arví. Informe final. Contrato 5014/2000*. Corantioquia, Medellín, Colombia.
- Otero, Helda y Santos, Gustavo (2006). *Las ocupaciones prehispánicas del cañón del río Porce. Prospección, rescate y monitoreo arqueológico. Proyecto hidroeléctrico Porce III Obras de infraestructura. Contrato 030417922*. Informe Final. Empresas Públicas de Medellín E. S. P. Subgerencia Proyectos Generación Universidad de Antioquia Centro de Investigaciones Ciencias Sociales y Humanas CISH. Universidad de Antioquia, Medellín, 3 volúmenes.
- Piperno, Dolores R. (2006). *Phytoliths. A comprehensive guide for archeologists and paleoecologists*. Altamira Press, Lanham, Maryland, United States. 183 p.
- Piperno, Dolores R. (2009). "Identifying crop plants with phytoliths (and starch grains) in Central and South America: A review and an update of the evidence". En: *Quaternary International*. Vol. 193, pp. 146-159.
- Piperno, Dolores R. y Stothert, Karen E. (2003). "Phytolith evidence for Early Holocene *Cucurbita* domestication in Southwest Ecuador". En: *Science*. Vol. 299, pp. 1054-1057.
- Piperno, Dolores R; Bush, Mark B. y Colinvaux, Paul A. (1991). "Paleoecological perspectives on human adaptation in Central Panamá. II The Holocene". En: *Geoarchaeology*. Vol. 6, No. 3, pp. 227-250.

- Pohl, Mary (2009). "Los fundamentos económicos de la civilización olmeca en las tierras bajas de la costa del Golfo de México". [En línea] <http://www.famsi.org>. (consultada 3 de octubre de 2005).
- Ramírez, Luisa Fernanda; González, Catalina; Urrego, Dunia Heidi; Lema, Luisa Fernanda y Urrego, Ligia Estela (2000). "Análisis palinológico de una columna de sedimentos en la quebrada Guaduas". En: *Estudios Ecológicos en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Porce II*, Medellín, pp. 217-232.
- Restrepo, Alejandra (1998). *Análisis polínico de una columna estratigráfica hecha en la Laguna de Guarne, municipio de Medellín (Estudio Preliminar)*. Trabajo de Grado: Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Medellín.
- Restrepo, Alejandra (1998). *Estudio de polen para cien especies de flora del Parque Regional Arví, Contrato 1706/1999*. Corantioquia, Medellín, Colombia.
- Rodríguez, Camilo (1995). "Asentamientos de los bosques subandinos durante el Holoceno Medio". En: *Ámbito y ocupaciones tempranas de la América Tropical*, ICAN-Fundación Erigaie, Bogotá, pp. 115-123.
- Sandweiss, Daniel H. (2007). "Small is big: The microfossil perspective on human-plant interaction". En: *PNAS*. Vol. 104, No. 9, pp. 3021-3022.
- Santos Vecino, Gustavo (2006). *Una tumba de cancel en el valle de Aburrá. Prospección y rescate arqueológico del área de la urbanización Álamos del Escobero, municipio de Envigado*. Vértice Ingeniería, Secretaría de educación para la Cultura del municipio de Envigado, Sección Archivo Histórico. Envigado-Antioquia. 136 p. más anexos.
- Toro, Juan Lázaro (2000). *Árboles y arbustos del Parque Regional Arví*. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia). Medellín.
- Urrego, Ligia Estela (1991). "Sucesión holocénica de un bosque de *Mauritia flexuosa* L.F. en el valle del río Caquetá (Amazonia colombiana)". En: *Colombia Amazónica*. Vol. 5, No. 2, pp. 99-118.
- Van der Hammen, Thomas; Urrego, Ligia Estela; Espejo, N.; Duivenvoorden, Joost F. y Lips, Johanna M. (1991). "Fluctuaciones del nivel del agua del río y de la velocidad de sedimentación durante los últimos 13000 años en el área del medio Caquetá (Amazonia Colombiana). En: *Colombia Amazónica*. Vol. 5, No.1, pp. 91-118.
- Van der Hammen, Thomas y Absy, María Lucía (1994). "Amazonia during the last glacial". En: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. 109, pp. 247-261.
- Velásquez, César. Profesor del Instituto de Ciencias Naturales y Ecología, Universidad Nacional. Medellín, Colombia. Comunicación personal.
- Yamamura, Kohji (2004). "Dispersal distance of corn pollen under fluctuating diffusion coefficient". En: *Population Ecology*. Vol. 46, pp. 87-101.