



Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Posgrado en Ciencias Biológicas

**LOS USOS DE LAS PLANTAS DE BOSQUES
TROPICALES POR LA SOCIEDAD MAYA DURANTE
LA ÉPOCA PREHISPÁNICA**

Tesis que presenta

DAVID ARMANDO CASTILLO ACAL

En opción al título de

MAESTRO EN CIENCIAS

(Ciencias Biológicas: Opción Recursos Naturales)

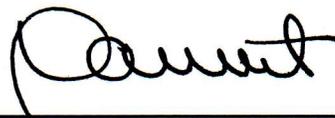
Mérida, Yucatán, México
2017

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN, A. C.
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS



RECONOCIMIENTO

Por medio de la presente, hago constar que el trabajo de tesis de **David Armando Castillo Acal** titulado “Los usos de las plantas de bosques tropicales por la sociedad maya durante la época prehispánica” fue realizado en la Unidad de Recursos Naturales, Línea de Sistemática y Florística del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. bajo la dirección del Dr. German Carnevali Fernández-Concha, dentro de la opción de Recursos Naturales, perteneciente al Programa de Posgrado en Ciencias Biológicas de este Centro, y la co-dirección del Dr. Armando Anaya Hernández del Centro de Investigaciones Históricas y Sociales de la Universidad Autónoma de Campeche.
Atentamente.



Dr. Manuel Martínez Estévez
Director de Docencia

Mérida, Yucatán, México, a 30 de Noviembre de 2017

DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en la sección de Materiales y Métodos Experimentales, los Resultados y Discusión de este documento proviene de las actividades de experimentación realizadas durante el período que se me asignó para desarrollar mi trabajo de tesis, en las Unidades y Laboratorios del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y que a razón de lo anterior y en contraprestación de los servicios educativos o de apoyo que me fueron brindados, dicha información, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, le pertenece patrimonialmente a dicho Centro de Investigación. Por otra parte, en virtud de lo ya manifestado, reconozco que de igual manera los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que deriven o pudieran derivar de lo correspondiente a dicha información, le pertenecen patrimonialmente al Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y en el mismo tenor, reconozco que si derivaren de este trabajo productos intelectuales o desarrollos tecnológicos, en lo especial, estos se regirán en todo caso por lo dispuesto por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, en el tenor de lo expuesto en la presente Declaración.

Firma:  _____

Nombre: David Armando Castillo Acal

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue realizada con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la beca con número de asignación 700205. Así mismo, quiero darle mi agradecimiento al Centro de Investigación Científica de Yucatán por permitirme realizar mis estudios de posgrado en sus instalaciones. Al personal de la Biblioteca del CICY quienes facilitaron la búsqueda de bibliografía especializada. Al personal de la Unidad de Recursos Naturales, en particular a los miembros del Herbario CICY por su amable orientación en la obtención de datos para la curación taxonómica de los registros arqueobotánicos.

A los miembros del comité tutorial les agradezco su tiempo y disposición por mejorar la presente tesis. Al Dr. Germán Carnevali por compartir sus conocimientos no solo de botánica y cladística, también del proceso de investigación. La perspectiva social de la presente tesis pudo esclarecerse gracias al apoyo del Dr. Armando Anaya, a quien también se deben los mapas obtenidos por el programa ArcGis. Al Dr. Rodrigo Duno por sus atentas lecturas del documento. Al Dr. Jaime Martínez por formar parte del segundo comité tutorial. Al Dr. Roger Orellana por compartir su conocimiento de las relaciones de la sociedad maya y el medio ambiente.

Estoy agradecido de haber contado con el apoyo de varias personas que contribuyeron en distintos aspectos de la tesis. A los coordinadores y compañeros de la Línea de Sistemática y Florística por las jornadas de discusión de artículos y temas relacionados a la investigación de los tesisistas. A Laura Mills por su apoyo en la redacción del abstract. A la Dra. María Teresa Pulido y a la Mtra. Mariana Vázquez por sus aclaraciones en la construcción de su propuesta del índice cultural para los restos botánicos. Al Dr. Felipe Trabanino por sus conocimientos de los análisis arqueobotánicos y permitirme ampliar su base de datos. Al Arqlgo. Carlos Matos por compartir su investigación con el fin de robustecer la base de datos. A la Dra. Lilia Fernández Souza y al Mtro. Mario Zimmermann de la UADY por su apoyo en la fase inicial del proyecto de investigación. Al Dr. Christopher Götz (q.e.p.d.) del Taller de Zooarqueología de la UADY por su apoyo en la empresa de posicionar a la arqueología en ámbitos interdisciplinarios.

A mi familia le estoy agradecido por su apoyo en todo momento de la maestría. A mi madre Beatriz Acal Molina, cuyas pláticas enriquecieron la claridad de las ideas aquí expuestas. A mi hermana Penélope Castillo Acal, cuyos conocimientos en la antropología me permitieron orientar de manera firme el planteamiento de la tesis. Finalmente, quiero reconocer mis respetos a los esfuerzos de todos los investigadores que han realizado estudios etnobotánicos y arqueobotánicos en el área maya, y a los grupos mayas de la Península de Yucatán y Centroamérica por la persistencia de sus saberes locales.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
ANTECEDENTES.....	3
1.1 ECOLOGÍA CULTURAL Y SOCIEDAD MAYA.....	3
1.1.1 Uso y manejo actual de la vegetación por los grupos mayas.....	4
1.1.2 Paleoecología de la región maya y adaptación cultural.....	6
1.1.3 Evidencia iconográfica de la diversidad de usos de las plantas.....	9
1.2 REGISTRO PALEOETNOBOTÁNICO EN EL ÁREA MAYA.....	13
1.2.1 Macrorrestos.....	18
1.2.2 Microrrestos.....	24
JUSTIFICACIÓN.....	27
PREGUNTAS E HIPÓTESIS.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
CAPÍTULO II.....	33
RESULTADOS.....	33
2.1 CUANTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA CULTURAL DE LAS PLANTAS	33
2.2 COMPARACIÓN DE LA RIQUEZA FLORÍSTICA ACTUAL Y DE RESTOS BOTÁNICOS.....	37
2.3 ANÁLISIS ESPACIAL DE LA FLORA APROVECHADA ENTRE SITIOS.....	39

CAPÍTULO III.....	51
DISCUSIÓN.....	51
3.1 PATRONES GENERALES DE LOS USOS DE LAS PLANTAS	51
3.1.1 Maíz (<i>Zea mays</i>).....	54
3.1.2 Cacao (<i>Theobroma cacao</i>).....	54
3.1.3 Pino (<i>Pinus spp.</i>).....	55
3.1.4 Nance (<i>Byrsonima crassifolia</i>).....	56
3.1.5 Jícara (<i>Crescentia cujete</i>).....	57
3.1.6 Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i>).....	58
3.1.7 Frijoles (<i>Phaseolus spp.</i>).....	59
3.1.8 Calabazas (<i>Cucurbita spp.</i>).....	60
3.1.9 Mamey (<i>Pouteria sapota</i>).....	61
3.1.10 Otras plantas culturalmente importantes.....	62
3.2 DIVERSIDAD FLORÍSTICA APROVECHADA POR LOS MAYAS ANTIGUOS...65	
3.3 IMPLICACIONES DE LA COMPARACIÓN ESPACIAL DE LA DIVERSIDAD VEGETAL Y SUS USOS.....	67
CAPÍTULO IV.....	70
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	70
4.1 CONCLUSIONES.....	70
4.2 PERSPECTIVAS.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72

ANEXO.....	97
-------------------	-----------

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Tres fases del colapso maya según Gill <i>et al.</i> (2007).....	7
Figura 1.2 Ubicación de la Meseta Kárstica Central (tomado de Reese-Taylor y Anaya, 2013).....	8
Figura 1.3 Glifo T506 (maíz, tamal) (Thompson, 1971; tomado de Taube, 1989).....	10
Figura 1.4 Persona del tamal de maíz (aj ixi'm). Escena SE-S2 de la esquina sureste de la estructura Chikk Nahb, Calakmul, México (Foto: Gene Ware/PAC y Rogelio Valencia Rivera/PAC) (Tomado de Carrasco y Cordeiro, 2012).....	11
Figura 1.5 Representación de tres ancestros de K'inich Janaan Pakal como árboles frutales (cf. nance, mamey y aguacate) descritos en el texto (dibujo de Merle Greene Robertson tomado de Schmidt <i>et al.</i> , 2008).....	12
Figura 2.1 Distribución de los valores de IIC de las identificaciones arqueobotánicas por la variable Usos.....	34
Figura 2.2 Distribución de los valores de IIC de las identificaciones arqueobotánicas por la variable Presencia de restos botánicos.....	35
Figura 2.3 Distribución de los valores de IIC de las identificaciones arqueobotánicas por la variable Representaciones iconográficas.....	35
Figura 2.4 Familias del registro arqueobotánico jerarquizadas por los valores acumulados del Índice de Importancia Cultural.....	36
Figura 2.5 Familias del registro arqueobotánico jerarquizadas por el número de identificaciones (presencia).....	36
Figura 2.6 Comparación del dendrograma de similitud de sitios mayas y la gráfica de agrupamiento de las primeras 100 plantas culturalmente importantes por cada sitio.....	40
Figura 2.7 Mapa de distribución de usos, expresados en porcentaje en gráfica de pastel, en el área maya.....	42

Figura 2.8 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) para el total del registro arqueobotánico, utilizando presencia/ausencia.....	43
Figura 2.9 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) para los registros arqueobotánicos con usos interpretados como alimento.....	44
Figura 2.10 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) para los registros arqueobotánicos con usos interpretados como combustible.....	44
Figura 2.11 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) para los registros arqueobotánicos con usos interpretados como materia prima.....	45
Figura 2.12 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) a distancia inversa para los registros arqueobotánicos con usos interpretados como uso social.....	46
Figura 2.13 Distribución del registro arqueobotánico utilizando un mapa de interpolación ponderada (IDW) y registros de precipitación pluvial.....	47
Figura 2.14 Distribución espacial de la diversidad de restos botánicos utilizando la técnica de Superficie de Tendencia.....	47
Figura 2.15 Distribución de los sitios con respecto a sus valores del IIC utilizando la técnica de Superficie de Tendencia.....	48
Figura 2.16 Elipse de desviación estándar para la distribución del registro arqueobotánico por la frecuencia de identificaciones y los valores acumulados del IIC.....	49
Figura 2.17 Agrupamiento espacial de sitios a partir de los valores del Índice de Importancia Cultural de las primeras 100 plantas.....	49
Figura 2.18 Dendrograma de obtenido por análisis de distancia Euclidiana entre sitios mayas por los valores del Índice de Importancia Cultural de las primeras 100 plantas.....	50
Figura 3.1 Logograma T709 interpretado como IB (Tokovinine, 2016).....	60
Figura 3.2 Logograma A27 interpretado como XAN (Prager y Wagner, 2016).....	63

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1 Listado de publicaciones de trabajos arqueobotánicos en el área maya que incluyen el análisis de macrorrestos y/o microrrestos botánicos en sus análisis.....	16
Tabla 1.2 Listado de las 20 primeras familias por regiones florísticas que incluyen sitios con evidencia de restos arqueobotánicos.....	32
Tabla 2.1 Plantas con valores altos del Índice de Importancia Cultural (IIC).....	33
Tabla 2.2 Composición y riqueza de la flora reconstruida a partir de restos botánicos de contextos arqueológicos en el Área Maya.....	37
Tabla 2.3 Comparación taxonómica entre las primeras 20 familias de la flora actual y el registro arqueobotánico (RA) de la PBPY, Belice, Honduras y el norte de Chiapas.....	38
Tabla 2.4 Tabla de contingencia para las primeras 20 familias del registro arqueobotánico (RA) de los sitios en la Península de Yucatán (PBPY), Belice, Honduras y Chiapas.....	39
Tabla 3.1 Sitios con evidencia de las primeras 10 plantas jerarquizadas por sus valores en el IIC.....	53

RESUMEN

El conocimiento y uso de la vegetación por los grupos mayas actuales es una construcción histórica basada en las adaptaciones de los mayas prehispánicos a un ambiente heterogéneo. La arqueobotánica provee la evidencia empírica para sustentar la importancia de las plantas utilizadas en la época prehispánica. Una de las problemáticas para interpretar la importancia cultural a partir de los restos arqueobotánicos es la preservación diferencial entre contextos y sitios. Al respecto, la relación entre la diversidad florística y sus usos etnobotánicos han permitido caracterizar la importancia de las plantas por los grupos mayas actuales y antiguos. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron a) realizar un balance actual de los trabajos arqueobotánicos en el área maya y b) comparar la diversidad de usos y riqueza florística en la región. Para documentar las plantas utilizadas por los mayas antiguos se realizó una revisión bibliográfica de la literatura especializada. Se elaboró un Índice de Importancia Cultural utilizando categorías de usos, presencia e iconografía. La comparación de la flora actual y el registro arqueobotánico se basó en la riqueza de familias en cuatro regiones florísticas. El análisis de agrupamientos y espacial se realizó utilizando el programa PAST y ArcGis. El presente estudio sustenta la importancia histórica de las plantas con usos múltiples. Por otra parte, se interpretó que las plantas utilizadas por los mayas antiguos están representadas por familias con baja riqueza florística. Finalmente, se identificó una correspondencia entre regiones florísticamente ricas y plantas con usos múltiples, y se discuten sus implicaciones analíticas. Este estudio permitió reportar las plantas identificadas con mayor frecuencia en los sitios arqueológicos mayas y su relación con la diversidad florística de la región, indicando la importancia de analizar categorías etnobotánicas de uso en la interpretación de restos botánicos.

ABSTRACT

The knowledge and use of the vegetation of contemporary Mayan groups is a historical construction based on the adaptations of the prehispanic Maya to a heterogeneous environment. Archeobotany provides empirical evidence to demonstrate the importance of the plants used in the pre-columbian era. A key issue with interpreting cultural importance from archaeobotanical remains is the differential preservation between contexts and sites. In this regard, the relationship between floristic diversity and its ethnobotanical uses have allowed for the characterization of the importance of plants by current and ancient Mayan groups. Therefore, the objectives of the present study were a) to perform a specialized literature review of archaeobotanical works within the ancient Mayan context to document uses and b) to compare the diversity of uses and floristic richness of this region. An Index of Cultural Importance was utilized incorporating categories of uses, presence and iconography. The comparison of the current flora and the archaeobotanical record was based on the floristic richness of families in four regions. Cluster and spatial analysis were performed using the PAST program and ArcGis. This study found that the historical continuity of the importance of plants with multiple uses has been sustained through time. Conversely, this study demonstrated that the plants used by the ancient Mayans are represented by families with low floristic richness. Finally, a correspondence between floristically rich regions and plants with multiple uses were identified, and their analytical implications were discussed. This study allowed us to report the most frequently identified plants in Mayan archaeological sites and their relationship to the floristic diversity of the region, indicating the importance of the analysis of ethnobotanical use categories in the interpretation of botanical remains.

INTRODUCCIÓN

La cultura maya se empezó a desarrollar hace aproximadamente 2,500 años (Coe y Houston, 2015), y uno de sus legados ha sido el uso de una diversidad de plantas por los grupos mayas contemporáneos (Toledo *et al.*, 2008; Caballero, 1992). Desde la perspectiva de la ecología humana, el estudio de las relaciones entre los grupos humanos, su biología, cultura y medio ambiente es abordado por distintas disciplinas (Sutton *et al.*, 2006). En el caso de los mayas prehispánicos, el estudio de sus relaciones con las plantas han sido interpretadas desde el uso y manejo de la vegetación por los mayas actuales (Toledo *et al.*, 2008; Atran *et al.*, 1993; Caballero, 1992; Alcorn, 1981b; Gómez-Pompa *et al.*, 1990; Gómez-Pompa, 1987; Nations y Nigh, 1980; Barrera-Vázquez *et al.*, 1977; Wilken, 1970), evidencias etnohistóricas (Reina y Hill, 1980; Álvarez, 1980), arqueológicas (Fedick, 1996; Turner y Harrison, 1978), iconográficas (Schele y Mathews, 1998) y arqueobotánicas (Morehart y Morell-Hart, 2013; Lentz, 1999; Wiseman, 1978).

La presente investigación se enfoca en la arqueobotánica, la cual es el estudio de las relaciones entre los seres humanos y las plantas mediante el análisis de los restos de plantas (semillas y madera preservada o carbonizada, gránulos de almidón, fitolitos, polen y todo tipo de elemento vegetal) depositados en los contextos arqueológicos (Pearsall, 2015; Marston *et al.*, 2014; Hastorf y Popper, 1988). Sin embargo, la importancia cultural de las plantas por los mayas antiguos es interpretada por la comparación de los taxones entre conjuntos de muestras, lo cual conlleva sesgos implícitos en el proceso analítico debido a la preservación diferencial (Popper, 1988). Dicho sesgo puede abordarse desde el concepto de la diversidad florística aprovechada culturalmente (Begossi, 1996; Turner; 1988). Por lo tanto, debido al reconocimiento de la influencia de la heterogeneidad ambiental en distintos sistemas de subsistencia prehispánica (Dunning, 1996; Fedick, 1996; Turner y Harrison, 1978) se propuso identificar la relación entre la diversidad florística y los usos etnobotánicos de los mayas antiguos.

El capítulo uno consiste en los antecedentes temáticos e históricos de la diversidad florística aprovechada por los mayas contemporáneos y prehispánicos. Para ello se dividió el capítulo en dos secciones: la primera sección consiste en los aspectos culturales asociados a los usos de las plantas por la sociedad maya, mientras que la segunda sección aborda la influencia de los procesos analíticos. Posteriormente se presenta la

justificación del trabajo, las preguntas, hipótesis y metodología diseñada con base en la revisión bibliográfica de los registros arqueobotánicos en el área maya. En el segundo capítulo se describen los resultados de la cuantificación de la importancia cultural de las plantas identificadas a partir de los restos botánicos, la comparación de la flora actual y del registro arqueobotánico, concluyendo con los análisis de similitud y espacial de los sitios mayas. En el tercer capítulo se discute la importancia cultural de las plantas con evidencia arqueobotánica. En un segundo sub-apartado se discute la correspondencia parcial del registro arqueobotánico y la flora actual. En la última sección del capítulo se argumentan algunas implicaciones de la co-ocurrencia de las frecuencias de restos botánicos con uso múltiple en regiones con alta riqueza florística. Finalmente, en el capítulo cuatro se sintetizan las conclusiones generales en torno a la relación de la variabilidad de usos de las plantas y los estudios arqueobotánicos en la región maya.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 ECOLOGÍA CULTURAL Y SOCIEDAD MAYA

La ecología cultural ha sido uno de los primeros enfoques desde el cual se analizaron sistemáticamente las relaciones entre los grupos humanos y su medio ambiente. Fue planteado originalmente por Steward (2006) y aplicado al área maya por Sanders (1963). La ecología cultural fue propuesta como un modelo analítico para comprender por qué las culturas pueden adaptarse y ser similares en distintos ecosistemas, pero también resultar en nuevas adaptaciones relacionadas a la evolución del paisaje natural (Sutton *et al.*, 2006).

Para analizar las formas de adaptación de los grupos humanos por medios culturales, la ecología cultural enfatiza la relación entre el tipo de tecnología utilizada, la distribución de los recursos naturales y la flexibilidad cultural (Sutton *et al.*, 2006). Para explicar el dinamismo de la cultura, Steward (2006) propuso el concepto del “núcleo cultural”, el cual hace referencia a las actividades económicas y de subsistencia que presentan un mayor grado de interdependencia con los comportamientos sociales, políticos y religiosos, y con respecto a otros patrones de comportamiento que pueden presentar variaciones independientemente de la configuración del núcleo. De esta manera, el dinamismo de los diferentes componentes culturales permitiría la incorporación de tecnologías, y con ello diferentes arreglos sociales a lo largo del tiempo en diferentes ecosistemas (Steward, 2006). Sin embargo, las tecnologías variarían dependiendo del grado de integración de las sociedades, y abarcando las manifestaciones materiales que reflejen las relaciones entre las sociedades humanas con el medio ambiente, como las fuentes de recursos naturales, pero también las técnicas agrícolas y sistemas de intercambio en sociedades más desarrolladas (Steward, 2006). Con el desarrollo de tecnologías para aprovechar los recursos bióticos del paisaje, se pueden incrementar las densidades de las poblaciones humanas locales (Lentz, 2000, Dincauze, 2000). Lo anterior resultaría en una modificación de los componentes ambientales necesarios para la productividad y subsistencia de la sociedad (Dincauze, 2000).

Por su parte, la arqueología tiene como uno de sus objetivos el estudio de las dinámicas entre las sociedades del pasado y el medio ambiente en el que vivieron (Reitz y Shackley, 2012; Dincauze, 2000). Una de las disciplinas que abordan dicho objetivo es la arqueobotánica (o paleoetnobotánica), la cual consiste en el análisis de restos botánicos recuperados en sitios arqueológicos (Reitz *et al.*, 2008). Sin embargo, más allá de la identificación de especies botánicas, la arqueobotánica permite aproximarse a las dinámicas entre los grupos humanos y la vegetación en diferentes contextos ambientales, sociales, culturales y políticos (Sayre y Bruno, 2017; Morehart y Morell-Hart, 2013; Reitz *et al.*, 2008). No obstante, como toda evidencia arqueológica, el registro arqueobotánico es fragmentario y está influenciado por los procesos de selección, procesamiento, consumo y descarte, así como las condiciones de preservación, y los enfoques teóricos y metodológicos desde los cuales se analiza (Reitz y Shackley, 2012). Además, mediante una perspectiva evolutiva no se puede abordar de manera integral las relaciones socio-ambientales del pasado (Wiseman, 1983). Al respecto, una de las críticas al concepto de adaptación de la ecología cultural es que los seres humanos no solo se adaptan a los ecosistemas, sino que forman parte activa en la evolución de un medio ambiente inestable y dinámico (Smith, 2014; Lentz, 2000; Mercuri, 2010).

La interpretación del uso de la diversidad de la vegetación como “tecnología” (*sensu* Steward, 2006) del conocimiento ecológico tradicional, permite entender los restos botánicos como artefactos culturales (Morehart y Morell-Hart, 2013) constituidos por un rango de plantas culturalmente importantes. Por lo tanto, en los siguientes apartados se abordan los antecedentes etnobotánicos, paleoecológicos e iconográficos del aprovechamiento de la diversidad de plantas por la sociedad maya a lo largo de su historia. La revisión de la literatura arqueobotánica permitirá identificar los procesos que influyen en la interpretación de los usos mediante los restos botánicos.

1.1.1 Uso y manejo actual de la vegetación por los grupos mayas

La etnobotánica se enfoca en las relaciones entre los humanos y las plantas para entender el conocimiento tradicional relacionado al uso y manejo de las plantas (Lira *et al.*, 2016; Barrera-Marin *et al.*, 1976). El concepto de uso hace referencia a diversas actividades que satisfacen las necesidades inmediatas de un grupo humano y que no requerirían de un conocimiento del entorno, a diferencia del concepto de manejo el cual

implica una estrategia de desarrollo a largo plazo (Sanchez, 1993). Sin embargo, sin la consideración del manejo, el uso de cualquier recurso natural queda aislado de significado cultural (Alcorn, 1981a). Además, los usos son tomados en cuenta en la clasificación de las plantas por distintos grupos mayas (Cook, 2016; Álvarez, 1980).

El registro del conocimiento etnobotánico maya revela el amplio rango de plantas aprovechadas para distintos fines (Cook, 2016; Lara-Ponce *et al.*, 2011; Zamora y Flores, 2009; Toledo *et al.*, 2008; Faust e Hirose, 2006; Arellano *et al.*, 2003; La Torre-Cuadros e Islebe, 2003; Flores, 2001; Balick *et al.*, 2000; García de Miguel, 2000; Terán y Rasmussen, 1995; Breedlove y Laughin, 1993; Rico-Gray *et al.*, 1991; Mendieta y del Almo, 1981; Alcorn, 1981a,b; Barrera-Vázquez *et al.*, 1977; Smith Jr. y Cameron, 1977; Barrera-Marin *et al.*, 1976; Roys, 1931). La revisión de la literatura etnobotánica maya indica tres principales formas de manejo de la vegetación: el cultivo en huertos, la milpa y el manejo forestal. Terán y Rasmussen (1995) reconocen la continuidad histórica de una alta diversidad de recursos genéticos manejados en el sistema milpa, principalmente el maíz (*Zea mays* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y calabazas (*Cucurbita spp.*). Recientes estudios ecológicos sobre las etapas de sucesión ecológica de la milpa, indican una correspondencia con el manejo tradicional de acahuals en distintas fases de regeneración y con especies importantes para la restauración forestal (Ford y Nigh, 2016; Diemont *et al.*, 2011; Hernández-Stefanoni y Valdes-Valadez, 2006). Esto último sugiere que la percepción cultural del medio ambiente por los grupos mayas, está constituido por la observación y experiencia de procesos ecológicos subyacentes a las actividades agrícolas tradicionales.

Los huertos constituyen otro tipo de manejo de los recursos, basado en la unidad doméstica familiar (García de Miguel, 2000). Los huertos presentan áreas de cultivos alimenticios, así como áreas de sucesión ecológica enriquecidas con árboles frutales (Caballero, 1992). El aprovechamiento vegetal intensivo en los huertos promueve la domesticación y la conservación de la diversidad de especies de árboles para usos alimenticios, leña para combustión, medicinales, entre otros usos (Salazar *et al.*, 2010). Además del componente florístico, se ha reconocido que la variabilidad de usos de las plantas en estos sistemas intensivos están influenciados por su grado de integración a los procesos económicos regionales (Salazar *et al.*, 2010; Rico-Gray *et al.*, 1990).

Las prácticas agroforestales se han considerado aparte del aprovechamiento de árboles frutales y maderables del sistema milpa y los huertos familiares (Barrera-Vázquez, 1977). Al respecto, el trabajo de La Torre-Cuadros e Islebe (2003) en la comunidad de Solferino en el estado de Quintana Roo, reconoció el manejo diferencial de la vegetación de acuerdo a los usos de las plantas. Los autores encontraron que el bosque mediano tiene una importancia, principalmente por la adquisición de árboles, palmeras y bejucos para fines constructivos y carbón. Además de las plantas maderables, los bosques son importantes para los mayas para la recolección de especies medicinales (Rico-Gray *et al.*, 1991).

Algunos autores han utilizado conceptos ecológicos en los estudios etnobotánicos para entender la relación entre la diversidad florística y los usos que hacen de ella los grupos humanos (de la Torre *et al.*, 2009, 2012; Begossi, 1996). Sin embargo, en el caso maya no existe un consenso de las plantas utilizadas. Una comparación general entre la flora aprovechada en el norte de Yucatán, en donde se reportan 132 especies utilizadas (Zamora y Flores, 2009) sugiere menor intensidad de uso con respecto a grupos mayas de Chiapas y Guatemala en donde se reportan de 205 a 233 especies utilizadas (Cook, 2016; Lara-Ponce *et al.*, 2012). Por lo tanto, los vacíos del conocimiento etnobotánico actual y la pérdida de la biodiversidad, sesga la interpretación de la importancia de las plantas por los mayas prehispánicos. Para solventar dicho sesgo, es necesario entender la relación a largo plazo de los usos etnobotánicos y la variabilidad ambiental en la región maya.

1.1.2 Paleoecología de la región maya y adaptación cultural

El área geográfica en la que se asentó la sociedad maya incluye la plataforma peninsular entre el Mar Caribe y el golfo de México, Chiapas, México; y el norte de Centroamérica, incluyendo los países de Honduras, El Salvador y el sur de Guatemala (Coe y Houston, 2015). La vegetación del área maya está constituida por selvas subcaducifolias y subperenifolias diferenciadas por su tolerancia a condiciones húmedas (Orellana *et al.*, 2002). Las condiciones locales como los suelos y las relaciones biológicas resultan en distintos tipos de vegetación como los bajos inundables, petenes, sabanas, así como vegetación secundaria (Carnevali *et al.*, 2011; Balick *et al.*, 2000; Standley, 1930). También existen subtipos de vegetación resultado de asociaciones edáficas específicas

(p.e. aguadas o cenotes) tales como los tasistales (*Acoelorrhaphe wrightii* (Griseb. & H. Wendl.), tulares (*Typha angustifolia* L.) y carrizales (Poaceae) (Carnevali *et al.*, 2011).

La historia de la vegetación en el área maya está asociada a una combinación de factores antropogénicos y climáticos. El Pleistoceno es considerado como el periodo de mayor influencia en la composición de la vegetación actual en la península de Yucatán, y en la porción del área maya en Centroamérica (Correa-Metrio *et al.*, 2012; Orellana *et al.*, 2002). Durante la transición al Holoceno las condiciones del área maya se volvieron más húmedas y permitieron el establecimiento de los bosques tropicales hacia el 8,600 A.P. (Douglas *et al.*, 2016; Brenner *et al.*, 2002; Piperno, 2006). Para el Holoceno medio y tardío los estudios paleoecológicos en la región indican periodos de sequía asociadas a las primeras evidencias de agricultura extensiva, procesos de erosión y fluctuaciones climáticas (Torrescano-Valle e Islebe, 2015; Wahl *et al.*, 2013, 2014; Aragón-Moreno *et al.*, 2012; Carrillo-Bastos *et al.*, 2012; Medina-Elizalde *et al.*, 2010; Gill *et al.*, 2007; Hodell *et al.*, 2005, 2007; Curtis *et al.*, 1998; Gunn *et al.*, 1995; Folan *et al.*, 1983). En particular, se han reconocido intervalos de sequía durante el Preclásico tardío (125 – 210 d.C) y del Clásico Tardío al Clásico terminal (800 – 1000 d.C). Gill *et al.* (2007) señalaron que el llamado colapso maya consistió en procesos repetitivos de sequía severa durante el Clásico tardío y terminal (760 – 930 d.C.) y la co-ocurrencia del abandono de ciudades mayas (Figura 1.1.).

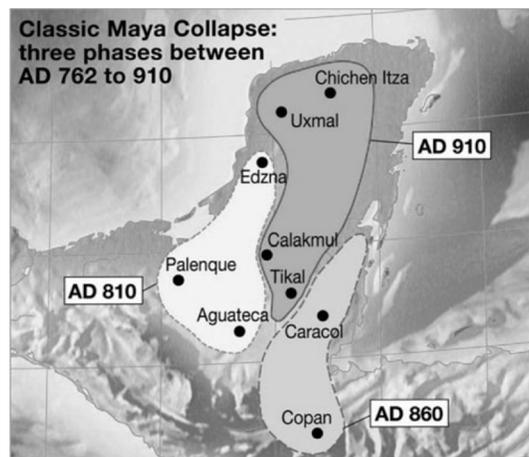


Figura 1.1 Tres fases del colapso maya según Gill *et al.* (2007). El mapa está elaborado considerando los sitios mayas y sus últimos registros epigráficos calendáricos

Uno de los impactos antropogénicos que ha sido interpretado como causa del “colapso” del Clásico es la deforestación como resultado de la demanda de combustible (Abrams y Rue, 1988). La deforestación es interpretada en función de la disminución en la bioestratigrafía de frecuencias de polen arbóreo como Moraceae-Combretaceae, Melastomataceae, y el aumento de especies de vegetación abierta o de disturbio como Asteraceae, Chenopodiaceae, Amaranthaceae, y el maíz (Ford y Nigh, 2016). No obstante, la mayoría de las especies del registro polínico son plantas anemófilas, lo que resulta en la sub-representación de las especies arbóreas cuya polinización es realizada por animales (Ford, 2008; Wiseman, 1978). En relación al incremento de la producción agrícola y forestal durante el periodo Clásico, el estudio de sistemas de canales y campos elevados durante los años 70’s del siglo XX, constituyó un cambio en el paradigma de la subsistencia maya prehispánica (Turner y Harrison, 1978; Siemens y Puleston, 1977; Wilken, 1970). Posteriormente, a través de los estudios paleocológicos se han identificado más evidencias de sistemas del manejo intensivo en la región denominada en la literatura arqueológica como Meseta Kárstica Central (Figura 1.2).

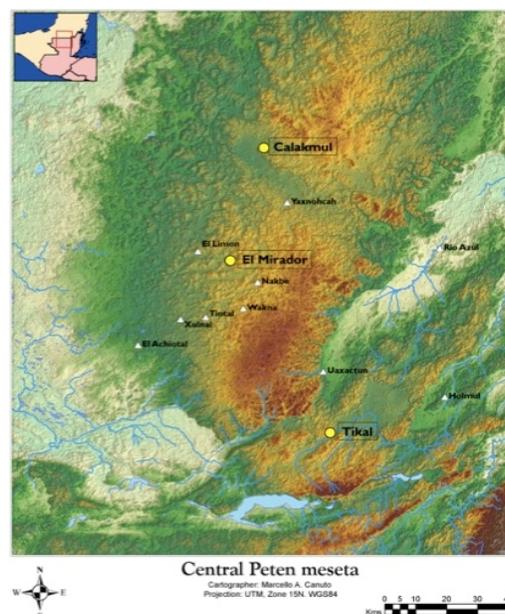


Figura 1.2 Ubicación de la Meseta Kárstica Central (tomado de Reese-Taylor y Anaya, 2013). Está caracterizada por tener bajos estacionales y humedales perennes en zonas bajas (Dunning *et al.*, 2013)

En conjunto, los estudios paleocológicos indican que la diversidad climática, geográfica y edafológica en el área maya influyó en las adaptaciones de las actividades de subsistencia de los mayas antiguos (Luzzader-Beach *et al.*, 2017; Beach y Dunning, 1997; Dunning *et al.*, 1997, 2002). En el Bajo La Justa, en El Peten guatemalteco, Dunning *et al.* (2002) encontraron evidencia de su manejo para fines agrícolas por la presencia del polen de maíz, especies acuáticas (lirio acuático, *Typha spp.*), polen de pino (*Pinus spp.*) y roble (*Quercus spp.*) acumulado por dispersión natural. Sin embargo, encontraron evidencia de su desecación como resultado de actividades de terraceo y deforestación (Dunning *et al.*, 2002). Por otra parte, se ha sugerido el uso de humedales estacionales, como áreas de obtención de arcillas para producción cerámica y recolección de plantas como nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth), cocoyol (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) y jícaro (*Crescentia cujete* L.), por que las condiciones secas el pasado pudieron incrementar la abundancia de estos recursos (Dahlin y Dahlin, 1994). Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, la interpretación del registro polínico conlleva sesgos analíticos y suelen ser difíciles de interpretar debido las fluctuaciones de sequía durante el periodo Clásico (Douglas *et al.*, 2016). Por lo tanto, es necesario considerar el rol que tuvieron las plantas en la sociedad maya.

1.1.3 Evidencia iconográfica de la diversidad de usos de las plantas

La relación de las plantas en la cosmovisión¹ de los mayas actuales, ha permitido reconocer su importancia en la vida cotidiana, actividades de subsistencia y rituales de los mayas prehispánicos. Más aún, la representación visual del ámbito vegetal por los mayas antiguos en esculturas, vasijas cerámicas (Schele y Mathews, 1998), permite interpretar el rol social que tuvieron las plantas entre los grupos de elite y también entre los miembros de toda la comunidad (Morehart, 2011; Carrasco *et al.*, 2009,).

Las representaciones iconográficas de las plantas han sido asociadas a deidades y actividades agrícolas. En particular, el maíz ha sido un componente fundamental siendo representado en vasijas cerámicas, arquitectura y códices (McNeil, 2016; Taube, 1989). En el Códice Dresde, Vail y Hernández (2013) han interpretado la representación de la

¹ La cosmovisión puede ser conceptualizada como una forma de ver y pensar el mundo, cuya expresión por medio de símbolos abordan nociones compartidas en una comunidad humana sobre el medio ambiente y su situación con respecto a otras entidades (Broda, 2001).

milpa por la presencia conjunta de los logogramas NAL (T663) y KAB'/KAB'NA (T526), asociados a la representación iconográfica del dios Chaak (40c - 41c). Otro tipo de interpretación de la asociación de las deidades y las plantas son las ofrendas rituales (Morehart, 2011). En el mencionado Códice Dresde, el dios del maíz (10b-10c) y el dios K'awil (12a-12a) aparecen sosteniendo una vasija de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.). En otras secciones del código (13b-14b), el dios del maíz sostiene el glifo “wah” (Figura 1.3), el cual es uno de los glifos que hacen referencia al maíz en asociación con el tamal como alimento principal en la sociedad maya (Vail y Hernández, 2013; Taube, 1989).



Figura 1.3 Glifo T506 (maíz, tamal) (Thompson, 1971, tomado de Taube, 1989)

La alimentación no solo es reflejo de los recursos bióticos disponibles, sino que refleja aspectos de identidad y poder (Staller y Carrasco, 2010; Reitz *et al.*, 2008). En un vaso cerámico proveniente del sitio de Xcalumkin (K8017), Zender (en Hull, 2010) ha interpretado la frase epigráfica *aj-ma'tz* (“el del maíz nuevo”), vinculando un tipo de alimento con base en el maíz con un título del gobernante maya del Clásico. El maíz, junto con el cacao, son dos de las plantas más identificadas en la epigrafía de vasijas del periodo Clásico (Hull, 2010; Stuart, 2006).

La evidencia iconográfica también sugiere el uso de productos vegetales en las actividades cotidianas por distintos grupos sociales de la sociedad maya. En la estructura denominada Chiik Nahb Sub1-4, en el sitio de Calakmul, Campeche, se han encontrado representaciones de hombres y mujeres realizando distintas actividades asociadas al consumo de alimentos u otros elementos orgánicos (Carrasco *et al.*, 2009). Cada imagen tiene asociada el término glífico “aj” seguido por el nombre de distintos alimentos. De esta manera, las imágenes y los textos asociados indican la representación de distintas personas en distintas actividades cotidianas: aj ul (persona del atole), aj waaj (persona del tamal de maíz) (Figura 1.4), aj ixim (persona del grano de maíz), aj mayh (persona del tabaco) y aj jaay (persona de la vasija cerámica) (Boucher y Quiñones, 2007).



Figura 1.4 Persona del tamal de maíz (aj ixi'm). Escena SE-S2 de la esquina sureste de la estructura Chikk Nahb, Calakmul, México (Foto: Gene Ware/PAC y Rogelio Valencia Rivera/PAC) (Tomado de Carrasco y Cordeiro, 2012)

Otro tipo de representación simbólica de la vegetación lo constituye la iconografía del árbol, interpretada como *axis mundi*, cuya función era vincular planos de existencia (cielo, tierra, inframundo) (Schele y Mathews, 1999). La representación del Árbol Mundo (*axis mundi*) no está limitada al maíz y la ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.). El predominio de la ceiba como *axis mundi* ha sido promovido por el registro etnohistórico y la representación de atributos florales y del tronco en vasos cilíndricos recuperados de entierros y depósitos especiales (McDonald, 2016; Zidar y Elisens, 2009). Según McNeil y colaboradores (2006), la función simbólica del Árbol Mundo es la de vincular a los ancestros con otro plano de existencia, aunque también los árboles pueden ser representaciones simbólicas de los mismos ancestros, o estar representados sobre sus cabezas como atributos simbólicos (Taube, 1994). McDonald (2016) indica que en los murales de San Bartolo, Guatemala, la representación floral de *Nymphaea ampla* (Salisb.) DC. sugiere la reencarnación de los ancestros en lirios acuáticos, asociados al simbolismo de estas flores con la deidad solar de los mayas prehispánicos. En relación a su función simbólica, en la lápida funeraria del gobernante Janaap Pakal en Palenque, Chiapas, México, Schele y Mathews (1999) identificaron a los ancestros del gobernante en asociación individual con árboles de cacao, nance, aguacate (*Persea americana* Mill.) y chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) (Figura 1.5).



Figura 1.5 Representación de tres ancestros de K'inich Janaan Pakal como árboles frutales (cf. nance, mamey y aguacate) descritos en el texto (dibujo de Merle Greene Robertson tomado de Schmidt *et al.*, 2008)

El culto a los ancestros con propiedades divinas es un patrón que predomina en el Clásico maya (McAnany, 1994), cuyas representaciones iconográficas incluyen plantas culturalmente importantes. En el sitio de Copan, Honduras, el Árbol Mundo se representa en estelas y cerámica como el maíz, la ceiba o el árbol de cacao, siendo esta última especie la más representada en cerámicas rituales asociadas a ancestros con atributos del fruto del cacao durante el Clásico tardío, en comparación con periodos más tempranos (McNeil *et al.*, 2006). Lo anterior ha sido interpretado por el aumento en la producción de cacao por la élite política de Copán, que plasmarían conceptos del ciclo de vida y el cacao en asociación con sus ancestros (McNeil *et al.*, 2006). En el sitio de Chichen Itzá, en el norte de Yucatán, Schmidt y colaboradores (2008) han reinterpretado la evidencia iconográfica y epigráfica de un edificio cívico-ceremonial (Castillo viejo), con iconografía de elementos florísticos y “bejucos” asociados a la personificación de un ancestro llamado Ak'bal. Con base en lo anterior, los autores interpretan los elementos botánicos como atributos simbólicos de la “montaña florida” (Schmidt *et al.*, 2008; Taube, 2004), cuya función además de representar el linaje sagrado de la élite política, sería dotar de sacralidad el edificio en el cual está representado (Schele y Mathews, 1999).

La evidencia epigráfica de los nombres asociados a las plantas también son interpretados como elementos referenciales de los componentes del paisaje (Tokovinine, 2008). Stuart (1997) propuso que las construcciones mayas o referencias a estas mediante el logograma WITZ (montaña), provee de sacralidad a estos espacios y los integra al paisaje de los mayas antiguos. En el muy conocido libro maya quiché del Popol Vuh, se menciona

que los Señores del Xibalbá descubrieron el cacao y el maíz en una montaña con diferentes árboles frutales como el nance, zapote (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn), ciruela (*Spondias purpurea* L.), entre otros (Gillespie y MacVean, 2002).

Considerando lo anterior, la evidencia iconográfica y epigráfica nos permite esbozar los esquemas de significación por los cuales los mayas percibían y utilizaban determinados recursos vegetales. En el siguiente sub-apartado se discutirá el proceso analítico que influye en la interpretación de los usos e importancia cultural de los restos botánicos.

1.2 REGISTRO PALEOETNOBOTÁNICO EN EL ÁREA MAYA

La arqueobotánica (o paleoetnobotánica) es la disciplina que estudia las relaciones entre las plantas y las sociedades en el pasado por medio de la identificación y análisis de los restos botánicos recolectados en los sitios arqueológicos (Popper, 1988). En este sentido, la arqueobotánica analiza individuos y grupos taxonómicos para reconstruir las condiciones ecológicas en el pasado y la influencia antropogénica por las actividades de subsistencia (Reitz y Shackley, 2012). En el área maya, el aprovechamiento de las plantas y su relación con el medio ambiente ha sido interpretada como una combinación de técnicas de subsistencia (Turner y Miksicek, 1984; Wiseman, 1978; 1983). Más adelante, Lentz (1999) realizó una síntesis de los restos botánicos recuperados en distintos contextos arqueológicos, permitiendo apoyar la hipótesis de la arboricultura como una forma alternativa de subsistencia (Wiseman, 1983; Puleston, 1978; Wilken, 1970). Pese a no abarcar específicamente el área maya, Morehart y Morell-Hart (2013) realizaron una síntesis de trabajos paleoetnobotánicos en la región, bajo la perspectiva social de la arqueología. Al considerar los restos botánicos como artefactos culturales, los autores distinguen las siguientes agendas de investigación arqueobotánica: ecología política, ritualización, materialidad, género y refinamiento metodológico (Morehart y Morell-Hart, 2013). Algunos trabajos que fueron excluidos de la síntesis anteriormente mencionada han sido registrados en la base de datos de Trabanino (2017).

Lentz (1999) reconoció que, pese a la escasez de los trabajos arqueobotánicos en el área maya, se puede identificar un patrón general del uso y manejo de plantas con importancia cultural. En particular, el autor considera como patrones generales el cultivo de la calabaza, chile y frijoles dentro de un sistema agrícola basado en el maíz, la arboricultura cerca de unidades domésticas, y el aprovechamiento de especies en bosques manejados

para obtener materiales de construcción y leña. Sin embargo, según el autor, existirán variaciones en los usos y manejo de las plantas debido a la heterogeneidad ambiental y cultural. En este sentido, diferentes autores (Cagnato, 2017b; Cavallaro, 2014) señalan que la variación de los usos de las plantas inferidos por medio del registro arqueobotánico, tiene mayor resolución interpretativa al compararse entre contextos de un mismo sitio. Lo anterior se atribuye a la falta de análisis sistemáticos que permitan la comparación regional entre sitios (Cagnato, 2016; Dedrick, 2013).

Que los conjuntos arqueobotánicos no puedan ser comparados de manera significativa para describir tendencias generales del uso de los recursos, debido a procesos analíticos diferenciales, ya ha sido señalado en los trabajos zooarqueológicos (Emery, 2003). No obstante, a diferencia de los restos de origen animal, factores de la biología de las plantas tales como la producción de semillas y distribución natural, y la influencia de factores bióticos en la formación del conjunto arqueobotánico (pH del suelo, temperatura, hongos), son aspectos que se deben considerar para determinar los métodos de análisis (VanDerwarker *et al.*, 2015; Wright, 2010). La revisión de guías metodológicas como Pearsall (2015), Marston y colaboradores (2014) y Hastorf y Popper (1988) indican una continuidad en la estandarización de los métodos y técnicas en la arqueobotánica. Los pasos secuenciados del procedimiento analítico incluyen el diseño del muestreo, la recuperación del material orgánico, identificación, cuantificación e interpretación (Marston *et al.*, 2014). En relación a lo anterior, cada uno de los pasos analíticos influirá en la interpretación final de los datos (Pearsall, 2015), siendo el tamaño de muestra y los procesos tafonómicos del material orgánico, los que influyen de manera directa en la cuantificación de los restos botánicos (Hastorf, 1999).

Las clases de restos vegetales que se pueden cuantificar e interpretar, se clasifican de acuerdo a la forma en que son recolectados (Wright, 2010). En relación a lo anterior, los macrorrestos son todos aquellos elementos botánicos que pueden ser observados a simple vista o con un microscopio de baja potencia como las semillas, frutos, tallos, carbón, raíces, hojas, fibras, espinas, flores, resinas, entre otros (Reitz *et al.*, 2008; Ford, 1979). Por su parte, los microrrestos consisten en elementos microscópicos de las plantas que ocupan diferentes funciones anatómicas y fisiológicas: granos de polen, gránulos de almidón, fitolitos, ADN antiguo y segmentos de ADN (Pearsall, 2015; Marston *et al.*, 2014).

Con el incremento de distintas clases de restos botánicos en los últimos años se ha abordado aspectos relacionados a la subsistencia, como el origen e intensificación de la agricultura (Zimmermann, 2013; Neff, 2008) y el manejo múltiple de la vegetación (Trabanino, 2014). Desde una postura diferente a los enfoques ecológicos y económicos predominantes en la arqueobotánica de Mesoamérica y maya en particular (Morehart y Morell-Hart, 2013), se han realizado trabajos que abordan procesos sociales como la alimentación (Morell-Hart *et al.*, 2014; Simms, 2013), el ritual (Morehart, 2011) y distribución espacial del uso de plantas (Farahani *et al.*, 2017a, 2017b; Matos, 2014; Morell-Hart, 2014).

Para abordar la problemática de la comparabilidad en el registro arqueobotánico, fue necesario utilizar como marco de referencia el proceso analítico de cada clase de resto botánico. Para realizar lo anterior se recopilaron las identificaciones arqueobotánicas en un total de 65 publicaciones mencionadas en la síntesis de Lentz (1999), Morehart y Morell-Hart (2013), Trabanino (2017), y de tesis no publicadas disponibles en bases de internet (p.e. ProQuest), permitiendo al mismo tiempo actualizar el conocimiento de plantas utilizadas por los mayas antiguos (ver Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Listado de publicaciones de trabajos arqueobotánicos en el área maya que incluyen el análisis de macrorrestos y/o microrrestos botánicos en sus análisis. Restos vegetales: Mac.=macrorrestos, Mic.=microrrestos.

Referencia	Sitios	Restos vegetales	Observaciones
Abramiuk <i>et al.</i> , 2011	Belice. Cayo District: Quebrada de Oro, Ek Xux y Muklebal Tzul	Mic. (polen y fitolitos)	
Beaubien, H. F., 1993; Lentz, D. L. <i>et al.</i> , 1996; Hood, A. H., 2012; Dixon, C. C., 2013	El Salvador: Cerén	Mac. (varios)	Residuos químicos, síntesis
Beltrán, F. L., 1987	México. Quintana Roo: Cobá	Mac. (semillas)	
Bellacero, C. M., 2010	México. Chiapas: Cantón Corralito, Chiapas	Mac. (semillas)	Cultura Mokaya
Cagnato C., 2016, 2017	Guatemala, Petén: Perú-Waka' y La Corona	Mac. (semillas y madera) y mic. (almidón)	
Cagnato C., 2017b	Guatemala. Petén: La Corona	Mac. (semillas)	
Cavallaro, D. A., 2013	Guatemala. Petén: Dos Pilas	Mac. (semillas y madera)	
Cliff, M. B. y Crane, C. J., 1989	Belice. Corozal: Cerros	Mac. (semillas y frutos) y mic. (polen)	
Collins, S. K., 2009	Guatemala. Pendiente del Pacífico	Mic. (polen y fitolitos)	Varios sitios
Cuddy Jr., T. W., 2000	Belice. Orange Walk: Chau Hiix	Mac. (madera)	
Dedrick, M., 2013	Belice. Orange Walk K'axob	Mac. (semillas y madera)	
Devio, J., 2016	Belice. Cayo District: Xunantunich	Mic. (gránulos de almidón)	
Dussol, L. <i>et al.</i> , 2016b, 2017	Guatemala. Petén: Naachtun	Mac. (madera)	
Dussol, L., <i>et al.</i> , 2016a	México. Campeche: Rio Bec	Mac. (madera)	Semillas
Fish, S. K., 1983	México. Campeche: Edzná	Mic. (polen)	
Goldstein D. J. y J. B. Hageman, 2009	Belice. Orange Walk: Gujarral	Mac. (semillas)	
Graham, E. <i>et al.</i> , 2015	Belice: Ambergris Caye	Mac. (semillas y madera)	Análisis preliminar
Gudiel, L., 2008	México. Quintana Roo: Vista Alegre	Mic. (almidón)	Análisis preliminar
Hare, L., 2011; Wyatt, A. R. <i>et al.</i> , 2012	Guatemala. Petén: Motul de San Jose	Mac. (semillas y madera) y mic. (fitolitos)	
Jones, J. G., 1991	Belice. Orange Walk: Cobweb Swamp	Mic. (polen)	
Lentz D. L. <i>et al.</i> , 2012;			
Lentz, D. L. y B. Hockaday, 2009	Guatemala. Petén: Tikal	Mac. (semillas, raíces y madera) y mic. (polen, fitolitos, almidón)	
Lentz <i>et al.</i> , 2012; Wyatt, A. R., 2008	Belice. Cayo District: Chan	Mac. (semillas y madera)	
Lentz, D. L. <i>et al.</i> , 2005	Belice. Cayo District: Xunantunich	Mac. (madera)	Pino
Lentz, D. L., 1991	Honduras. Valle de Copan: Copan	Mac. (semillas y madera)	
Lentz, D. L., <i>et al.</i> , 2014	Guatemala. Petén: Aguateca	Mac. (varios)	
Lentz, D. L., <i>et al.</i> , 2016	Belice. Orange Walk: Lamanai	Mac. (varios)	
Lentz, D. L., <i>et al.</i> , 1997	Honduras. Valle de Comayagua: Yarumela	Mac. (semillas, frutos y madera)	
McKillop, H. I., 1994	Belice. Toledo District: Wild Cane y Tiger Mound	Mac. (semillas, endocarpos y madera)	
Matos, C. Li., 2014	México. Yucatán: Sihó	Mic. (gránulos de almidón)	
Miksicek, C. H., 1983	Belice. Corozal: Pulltrouser Swamp	Mac. (semillas y madera)	
Miksicek, C. H., 1988	El Salvador: Cihuatán	Mac. (semillas y madera)	
Miksicek, C. H., 1991	Belice. Orange Walk: Cuello	Mac. (semillas y madera)	

Morehart C. T., 2011	Belice. Cayo District: Belize River Valley	Mac. (semillas y madera)	Cuevas
Morehart, C. T., 2002	Belice. Orange Walk: Avila	Mac. (semillas y madera)	
Morehart, C. T., 2006	Belice. Cayo District: Pook's Hill	Mac. (semillas y madera)	
Morell-Hart, S. <i>et al.</i> , 2014	Honduras: Los Naranjos	Mac. (varios) y mic. (varios)	
Neff, T., 2008	Belice. Cayo District: Xunantunich	Mac. (varios)	
Parker, M., 2014	Belice. Cayo District: Pacbitun	Mac. (madera)	Cuevas
Powis <i>et al.</i> , 1999	Belice. Cayo District: Cahal Pech	Mac. (madera y frutos)	
Powis <i>et al.</i> , 2002	Belice. Orange Walk: Colha	Residuos químicos	teobromina
Robin, C., 1999	Belice. Cayo District: Chan Nóohol y Dos Chombitos Cik'in	Mac. (semillas)	
Robinson, M. E. y H. I. Mckillop, 2013	Belice. Toledo District: Paynes Creek	Mac. (madera)	
Seinfeld, D. M., 2011	Belice. Orange Walk: San Estevan	Mac. (semillas y madera)	Maíz y pino
Simms, S. R., 2014	México. Yucatán: Escalera al Cielo	Mic. (gránulos de almidón y fitolitos)	
Thompson, T., 2015	Guatemala. Petén: Tikal	Mac. (semillas y madera)	
Trabanino, G. F., 2009	Guatemala. Petén: El Mirador	Mac. (semillas y madera)	
Trabanino, G. F., 2014	México. Chiapas: Chinikihá	Mac. (semillas y madera)	
Zimmermann, M., 2013	México. Yucatán: Aguada San Antonio	Mic. (polen)	

1.2.1 Macrorrestos

Los análisis de macrorrestos predominan en los trabajos arqueobotánicos debido a los requerimientos mínimos para su análisis (Gallagher, 2014); en particular, en el área maya identificamos que existe una mayor presencia de estudios de semillas (carbonizadas), fragmentos de frutos y madera carbonizada (Trabanino, 2017; Lentz, 1999). Los elementos vegetales mencionados han permitido reconstruir aspectos de la ecología y dieta maya prehispánica (Lentz, 1999). Tomando como modelo las síntesis de Pearsall (2015), VanDerwarker y colaboradores (2015) y Hastorf (1999) a continuación se describen los avances metodológicos en los análisis de macrorrestos en el área maya.

Las semillas y fragmentos de madera son parte de la materia orgánica de los suelos naturales y sedimentos culturales de un sitio arqueológico (Rapp y Hill, 1998; Stein, 1992). Los procesos biológicos, químicos y el intemperismo, así como los diferentes comportamientos humanos asociados a un contexto particular, contribuyen en la descomposición del material botánico (Wright, 2010; Ford, 1979). Por lo tanto, es importante analizar los factores tafonómicos que incluyen tanto las transformaciones ambientales y biológicas, como las culturales, los cuales determinan el origen y representatividad de los macrorrestos (Miksicek, 1987). En este sentido, los procesos post-deposicionales al uso de las plantas en el pasado, como intervalos de humedad, sequía, pisoteo, inundación, bioturbación y erosión, resultan en el agrietamiento y rompimiento de los elementos botánicos en fragmentos no identificables (Gallagher, 2014; Rapp y Hill, 1998).

En cuanto a la variabilidad del registro arqueobotánico debido al uso social de las plantas, se ha señalado la exposición al fuego del material orgánico como parámetro para evaluar la representatividad del material carbonizado (Hastorf, 1999). En relación a lo anterior, Dussol y colaboradores (2017) realizaron un experimento antracológico utilizando estadísticas no paramétricas para evaluar la relación entre el tiempo de combustión y la densidad de la madera. El diseño experimental incluyó madera actual de ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.), chicozapote (*Manilkara zapota*), palo tinto (*Haematoxylum campechianum* L.), guayabillo (*Eugenia spp.*) y chakah (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.); recolectados cerca del sitio Naachtun, Guatemala. Los autores obtuvieron como resultado

que, bajo condiciones similares de combustión, hay una variación de la cantidad de carbón producido entre las especies estudiadas; siendo las maderas del ramón y chakah las que produjeron menor cantidad de carbón en comparación con el guayabillo que produjo más carbón, y el chicozapote que resultó en muestras de carbón con mayor volumen. Dussol y colaboradores (2017) proponen una hipótesis, basados en la discrepancia entre maderas de baja y alta densidad con respecto al tiempo de combustión, en la cual la densidad no se puede considerar como el único parámetro que influye en la producción de carbón, sino en relación con otros procesos intrínsecos de las maderas. Lo anterior nos permite sugerir que los procesos de combustión para fines alimenticios u otro tipo de aprovechamiento vegetal, influyen en la representatividad del registro arqueobotánico.

Además del efecto de combustión, la variabilidad en el registro arqueobotánico está influenciada por las prácticas culturales del uso de las plantas. Hood (2012) analizó y comparó los conjuntos arqueobotánicos de basureros domésticos con los de otras áreas en el sitio de Cerén, El Salvador.² Mediante la cuantificación de la diversidad de los restos botánicos por medio del índice de diversidad de Shanon-Weaver, y por medio de la prueba de Mann-Whitney, Hood (2012) encontró diferencias significativas entre los restos de plantas; siendo la yuca (*Manihot esculenta*) un elemento ausente en los basureros pero presente en áreas de cultivo. La anterior permitió a la autora citada, interpretar la ausencia de yuca en función de procesos culturales de consumo alimenticio (hervido, molienda, fermentación) resultando en condiciones de preservación diferencial entre contextos arqueológicos. Por otra parte, se ha señalado que la recuperación de macrorrestos por medio del sistema de flotación, ha permitido el avance en las interpretaciones del registro arqueobotánico (Pearsall, 2015).

La recuperación de macrorrestos botánicos dependen del tamaño del contexto y la cantidad de sedimento, además de las condiciones ambientales y las variaciones entre técnicas de recolección de macrorrestos (cribado en seco o húmedo, flotación manual o asistida) (Chantel y Shelton, 2014). Al respecto, Hageman y Goldstein (2009) compararon

² El sitio de Cerén es uno de los pocos casos en el área maya en donde los restos botánicos se han preservado *in situ*, debido a la sedimentación de ceniza producida por la erupción del volcán La Caldera en el Clásico, de tal manera que se pueden identificar áreas de cultivo de yuca y maíz, áreas de preparación y consumo de alimentos, técnicas constructivas, entre otros aspectos culturales (Ramírez y Lentz, 1996; Farahani *et al.*, 2017a).

dos métodos de recuperación de macrorrestos, la flotación asistida por máquina (Flote-Tech A) y cribado en seco, provenientes de contextos de deshecho doméstico (basureros) del sitio de Barba, en Belice. El procedimiento consistió en que a cada nivel estratigráfico de los basureros se alternó entre un método y otro. Los resultados indicaron que el método de flotación recuperó 58 % más de semillas que en aquellas muestras que fueron cribadas en seco. Por otra parte, el cribado en seco resultó en muestras con el doble de carbón y madera que aquellas obtenidas por flotación. Pese a lo anterior, ambos métodos obtuvieron 17 taxones en común, mientras que hubo cinco taxones que se recuperaron solamente por flotación y 11 taxones únicamente en el cribado en seco (Hageman y Goldstein, 2009). La variabilidad de los conjuntos arqueobotánicos también es influenciada por el tamaño de muestras recolectadas y las técnicas de recuperación del material orgánico (Chantel y Shelton, 2014). Sin embargo, en el área maya no se ha evaluado el efecto del tamaño de muestras con respecto a la cantidad de macrorrestos botánicos recuperados.

En cuanto a la identificación de macrorrestos botánicos, existen pocas referencias taxonómicas con énfasis en plantas culturalmente importantes de la región (pero véase Lentz y Dickau, 2005). No obstante, las síntesis de Lentz (1999) y Trabanino (2017), ofrecen listados de especies botánicas recolectas e identificadas en distintos sitios mayas, los cuales pudieran servir como base para formar colecciones de referencia en herbarios y bancos de germoplasma (Trabanino y Pulido, 2017). VanDerwarker y colaboradores (2015) señalan la importancia de utilizar métodos estadísticos para poder identificar los restos botánicos. Pese a no ser una técnica estadística, Miksicek (1989) elaboró un sistema numérico para caracterizar la identificación de carbones arqueológicos del sitio de Cuello, Belice. Basándose en el tipo de parénquima axial, ancho de rayos, densidad, diámetro y promedio de los vasos, densidad del área fibrosa y anillos anuales, Miksicek (1989) encontró poca variación de los caracteres mencionados anteriormente entre los carbones arqueológicos, con excepción del tamaño y densidad de los vasos.

Cuantificación e interpretación. La selección de los métodos para cuantificar los restos botánicos dependen de las preguntas establecidas en cada investigación (Popper, 1988). En la arqueobotánica, los métodos de análisis más utilizados son el conteo absoluto, ubicuidad, rangos, proporciones e índices de diversidad (Popper, 1988; Pearsall, 2015).

En este sentido, Cagnato (2016) ha señalado que en el área maya no existe una estandarización de los métodos analíticos. En relación a lo anterior, la presencia/ausencia (Lentz *et al.*, 1997, 2015; Hammond y Miksicek, 1981), los conteos absolutos y frecuencias han sido los primeros métodos de análisis empleados para analizar los macrorrestos botánicos en la región maya, los cuales han sido y siguen siendo aplicados para correlacionar los taxones a determinados tipos de contextos arqueológicos (Lentz y Hockaday, 2009; Lentz y Ramírez-Sosa, 2002; Powis *et al.*, 1999; Robin, 1999; Miksicek, 1983, 1988; Mckillop, 1994; Cliff y Crane, 1989). En el pantano de Pulltrouser, en Belice, Miksicek (1983) empleó el conteo absoluto para comparar las frecuencias entre las plantas de contextos domésticos y áreas de campos elevados y canales. Además de la comparación entre contextos, las frecuencias de plantas basadas en conteos absolutos de muestras de determinado taxón, han sido utilizadas para asociar los restos botánicos con cambios cronológicos en las actividades de subsistencia. Cliff y Crane (1989) correlacionaron la evidencia de macrorrestos botánicos y polen (entre otras evidencias), con los cambios sociales ocurridos durante finales del Preclásico en Cerros, Belice. Los autores encontraron que para finales del Preclásico, hay una disminución de las frecuencias del maíz (y otros cultivos asociados al sistema de roza-tumba-quema), una disminución de especies arbóreas en el diagrama polínico, y un aumento en las frecuencias de macrorrestos dominados por el cocoyol (*Acrocomia aculeata*) y el nance. Los autores, indican cuales especies frutales (representadas por el nance y cocoyol) y los cultivos agrícolas, fueron parte de un sistema de un mercado comercial, en el cual los productos se obtuvieron de distancias más lejanas debido al incremento poblacional, el cambio en la cobertura forestal y el fortalecimiento de redes comerciales (Cliff y Crane, 1989).

Otro método de análisis utilizado es la ubicuidad, en el cual se cuantifica el número de muestras en las que aparece determinado taxón, con respecto al total de muestras analizadas (Popper, 1998). En la arqueobotánica maya ha sido utilizado para correlacionar cambios en las estrategias de subsistencia y manejo de la vegetación (Dussol *et al.*, 2016b; Trabanino, 2009, 2014; Morehart, 2006; Lentz, 1991). Morehart, (2006) aplicó el análisis de ubicuidad sobre una base estandarizada de muestras para flotación recolectadas en el sitio de Pook Hill 1, en Belice, resultando en un predominio de carbón de pino y especies frutales como aguacate (*Persea americana*), chicozapote

(*Manilkara zapota*) y mamey (*Pouteria sapota*). Mediante un análisis de ubicuidad, Trabanino (2014) encontró una alta diversidad de especies maderables asociadas a diferentes etapas de sucesión ecológica culturalmente percibidas por los mayas actuales ch'oles y lacandones. Lo anterior permitió interpretar que los mayas del Clásico en Chinikihá, Chiapas, no explotaron sus recursos maderables de tal manera que hayan causado presiones sobre la población (Trabanino, 2014).

Otro método para cuantificar los datos en la arqueobotánica son los rangos, basados en propiedades biológicas o de otra índole, extrapoladas a los restos botánicos (Popper, 1988). Robinson y McKillop (2013) utilizaron como rango la gravedad específica de las especies identificadas en los macrorrestos recuperados de dos antiguos asentamientos mayas productores de sal, Chan B'i y Atz'aam Na, en el sitio de Paynes Creek, Belice. Los autores citados anteriormente utilizan principios del modelo óptimo de forrajeo (Optimal foraging model), en el cual los grupos humanos utilizan una variedad de parches de vegetación en función de disponibilidad de recursos y la selección de especies de rango alto, pero en periodos de baja disponibilidad utilizarán especies de bajo rango. En este sentido, la gravedad específica permitió caracterizar la evidencia de *Symplocos martinicensis* Jacq. como resultado del cambio en las prácticas de forrajeo (Robinson y McKillop, 2013).

Distintos investigadores han combinado métodos de análisis para reconocer patrones en los conjuntos arqueobotánicos (Cagnato, 2017; Farahani, 2017b; Dussol *et al.*, 2016, 2016b; Slotten, 2015; Cavallaro, 2014; Parker, 2014; Dedrick, 2013; Seinfeld, 2011; Morehart, 2011; Goldstein y Hageman, 2010; Wyatt, 2008; Lentz *et al.*, 2005, 2016; Cuddy, 2000; Lentz, 1991). Lentz (1991) utilizó el análisis de ubicuidad para comparar las proporciones entre los restos de pino y especies de bosques de pino-roble en Copán, resultando en una predominancia del pino para uso combustible. Morehart (2011) analizó por medio de ubicuidad y pesos los restos botánicos provenientes de varias cuevas en el valle del río Belice. El autor encontró un patrón en donde hay un predominio de elementos maderables como el pino (*Pinus spp.*), copal (*Protium copal* Schltld. & Cham.) y el habín (*Piscidia piscipula* L.), cuya evidencia permitió su correlación con comportamientos rituales asociados al simbolismo de las cuevas interpretado en la iconografía y por analogía etnográfica.

Las proporciones son utilizadas en la arqueobotánica para correlacionar y comparar taxones con diferentes muestras o con respecto a otros taxones (Marston, 2014; Popper, 1988). En el área maya las proporciones del número de muestras por taxón y el peso de muestras han sido utilizadas para comparar los restos botánicos entre contextos (Hood, 2012) y fases cronológicas (Lentz, 1991). Mediante el uso de proporciones, Dussol y colaboradores (2016b) analizaron los carbones arqueológicos recuperados en el sitio de Naachtun, Guatemala. Los autores (Dussol *et al.*, 2016b) encontraron que, mediante las proporciones y no la ubicuidad, existen diferencias significativas de las muestras de ramón (*Brosimum alicastrum*) y chicozapote (*Manilkara sapota*) entre distintas fases cronológicas; siendo las especies mencionadas, abundantes durante el periodo de máxima presión demográfica de Naachtun. Lo anterior permitió interpretar que el uso del chicozapote formó parte de un sistema de manejo forestal debido a su importancia como leña y material constructivo, y por otra parte, el ramón fue seleccionado de manera indirecta para la alimentación de animales (Dussol *et al.*, 2016b).

La combinación de distintas técnicas estadísticas permite robustecer la comparabilidad del registro arqueobotánico. En este sentido, Cavallaro (2013) utilizó una variedad de métodos estadísticos (conteos absolutos y pesos, ubicuidad, proporciones (grano-cúpula, madera-no madera), medidas de diversidad (Shannon y Simpson, medida de igualdad de Pielou), además de métodos para evaluar los estadísticos (Mann-Whitney U, Chi cuadrada), con los cuales comparó y encontró diferencias significativas entre los ensamblajes arqueobotánicos de grupos sociales de Dos Pilas, y entre grupos de élite de Dos Pilas y el sitio de Aguateca. Lo anterior se interpreta en función de diferencias de preservación, al considerarse el contexto arqueobotánico en Aguateca como la deposición *in situ* de los elementos por el abandono repentino del asentamiento, en comparación con Dos Pilas, el cual acumularía los residuos de alimentos (usualmente no visibles) y de leña en el tiempo.

Otra técnica de cuantificación de los restos botánicos son los índices de diversidad, sin embargo estos no son muy utilizados en la arqueobotánica (Marston, 2014). En el área maya, el índice de Shannon ha sido utilizado para comparar los conjuntos arqueobotánicos de unidades domésticas de distintos grupos sociales (Cavallaro, 2013; Lentz, 1991), y entre contextos (Dussol *et al.*, 2016). Mediante el uso del índice de

Shannon, Dussol y colaboradores (2016) encontraron dos grupos basados en los patrones de su diversidad taxonómica en contextos domésticos y rituales del sitio Rio Bec, Campeche. El primer grupo consistió en incensarios cuyos carbones arqueológicos presentaron una baja diversidad taxonómica, y el segundo grupo consistió en entierros con mayor diversidad y contextos de preparación de alimentos con una baja cantidad de taxones (Dussol *et al.*, 2016). Cagnato (2016) aplicó el índice de Shannon a sitios con datos publicados, y encontró que solo existen datos suficientes para comparar los sitios de Copan, Santa Leticia, Pulltrouser Swamp, y los grupos de Guijarral y Barba. Basándonos en el conteo de muestras para obtener el índice de Shannon, la diversidad de los restos arqueobotánicos de sitios como K'axob, Rio Bec y Dos Pilas pueden ser calculados por el índice de Shannon (Dussol, 2014; Cavallaro, 2013; Dedrick, 2013). No obstante, el índice de Shannon tiene limitaciones ya que es sensible a la presencia de especies raras, dificultando su comparación entre contextos y sitios con preservación diferencial de restos botánicos (Marston, 2014).

1.2.2 Microrrestos

En el área maya, los análisis de los restos microrrestos botánicos han sido limitados, en comparación con otras regiones del Neotrópico (Piperno, 1998). En particular, el análisis de residuos químicos es escaso, aunque ha permitido sustentar la noción del uso de las cerámicas para el consumo de cacao (*Theobroma cacao*) (Kaplan, McNeil, 2012) y almacenar tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (Zagorevski y Loughmiller-Newman, 2012). Además, el análisis de ADN antiguo de plantas depositado en sedimentos arqueológicos ha empezado a ser aplicado solo recientemente (Reese-Taylor y Anaya, 2013). En los siguientes párrafos se describen los trabajos realizados en el área maya que incluyen polen, fitolitos y gránulos de almidón. Estos pueden ser recuperados en contextos naturales (p.e. lagos, cenotes), sedimentos arqueológicos (p.e. áreas agrícolas), o contextos culturales tales como restos óseos de entierros, basureros (Piperno, 1998).

Conviene mencionar brevemente en qué consisten los microrrestos botánicos utilizados en los trabajos que describiremos; las implicaciones biológicas en la formación del contexto arqueológico puede consultarse en Pearsall (2015). El polen es formado en las anteras de las plantas vasculares, siendo su cobertura (exina) la que permitirá reconocer caracteres para su identificación taxonómica. Los síndromes de polinización (bióticos vs

abióticos, particularmente la anemofilia) influenciarán en la deposición diferencial del polen en contextos naturales (sedimentos en lagos, cenotes) y culturales (entierros, vasijas, fogones, basureros) (Pearsall, 2014, 2015). Por otra parte, los fitolitos son cuerpos de sílice producidos por la deposición de ácido monosilícico en los tejidos de raíces, tallos, hojas e inflorescencias de las plantas (Pearsall, 2014). Los patrones de producción de los fitolitos resultan en caracteres diagnósticos asociados a diferentes tipos de plantas, y en algunos casos permiten discernir formas cultivadas como el maíz, de sus parientes silvestres (Pearsall, 2004; Piperno, 1998). Los gránulos de almidón son carbohidratos complejos formados por dos cadenas de polisacáridos (amilosa y amilopectina), los cuales son creados por las plantas en sus cloroplastos o por plastidos específicos (amiloplastos); suelen ubicarse en los tejidos de raíces, tubérculos y algunos frutos (Henry, 2014). Los gránulos de almidón se dividen en dos tipos (transitorios y de reserva), siendo los gránulos de reserva los que tendrán una morfología asociada a algún taxón (Henry, 2014).

Hasta ahora, la escasez de trabajos que realicen análisis de restos microrrestos en el área maya ha resultado en pocos trabajos experimentales para reconocer los parámetros metodológicos y tafonómicos que influyen en la variabilidad en las muestras de suelo. Una excepción es el trabajo de Zimmermann y Matos (2015), quienes aplican el análisis de carbohidratos a muestras de suelo, con el fin de saber cuáles tienen mayor material orgánico. Lo anterior fue comparado con la cantidad de gránulos de almidón entre muestras, permitiendo sugerir que dicha prueba pudiera ahorrar tiempo en su procesamiento. Pese a no ser parte de sus objetivos, el trabajo de Abramiuk y colaboradores (2011) abordó la preservación diferencial de restos microrrestos. Los autores citados analizaron los restos de polen y fitolitos de contextos de basureros y una terraza para cultivo intensivo. Como resultados, identificaron morfotipos de Asteraceae y *Canna spp.*, entre otras especies con usos medicinales interpretados por analogía etnográfica. El análisis de las muestras de suelo indicó que en contextos con presencia de carbón, hay una baja representación de polen con respecto a contextos sin evidencia de carbón. Lo anterior es interpretado por Abramiuk y colaboradores (2011) como resultado de actividades de fuego asociadas al cultivo las cuales habrían degradado el polen depositado (Abramiuk *et al.*, 2011).

En el apartado 1.1.2 se mencionó que el polen ha sido utilizado para abordar el desarrollo de la agricultura, aunque muchas investigaciones se realizaron en contextos naturales que no están integrados a los asentamientos prehispánicos (Zimmermann, 2013). Por otra parte, se ha analizado la frecuencia polínica en contextos culturales como canales prehispánicos (Fish, 1983), depósitos rituales (Zimmermann, 2008; McNeil, 2012) y vasijas cerámicas (McNeil, 2006). McNeil (2006) analizó el contenido polínico de contextos rituales en el sitio de Copan, Honduras. En el estudio se encontró en más de un depósito ritual una mayor frecuencia del polen de *Typha spp.*, maíz, cocoyol y *Bourreria spp.* Debido a que la dispersión del polen de las especies mencionadas, con excepción de *Bourreria spp.*, es por aire, el autor interpretó el uso ritual de dichas especies por los mayas antiguos de Copan (McNeil, 2012).

Los fitolitos y gránulos de almidón han sido estudiados de manera comparativa para abordar el entendimiento de prácticas asociadas al consumo alimenticio de los mayas antiguos (Devio, 2016; Matos, 2014; Simms, 2013; Morell-Hart, 2011, 2014). En un estudio preliminar, Cummings y Magennis (1997) utilizaron tanto fitolitos como gránulos de almidón de cálculos dentales de restos óseos provenientes de entierros en el sitio Kuchpana, Belice. El estudio encontró fitolitos de palmeras y pastos, mientras que los gránulos de almidón confirmaron el consumo de maíz y posible yuca (Cummings y Magennis, 1997). Lo anterior sugiere que la combinación de líneas de evidencia de restos botánicos, permite incrementar el número taxones identificados y ser analizados por estadísticos apropiados (ubicuidad). En relación a lo anterior, Simms (2014) evaluó por medio de análisis de ubicuidad la evidencia microbotánica del sitio Escalera al Cielo, Yucatán (México), con el fin de abordar el estudio de aspectos de la producción y consumo de alimentos por los mayas antiguos de la región Puuc. Entre los resultados de Simms (2014), se encontraron especies arbóreas, además de maíz, chiles (*Capsicum spp.*), yuca y *Zamia spp.*, en áreas adyacentes a estructuras domésticas. Lo anterior se interpretó como resultado de un aprovechamiento múltiple a nivel doméstico de parches de vegetación asociados al sistema de cultivo basado en el maíz. Lo anterior tiene relevancia en las reconstrucciones de subsistencia de los mayas prehispánicos por que, entre otras cosas, la evidencia de fitolitos y gránulos de almidón de yuca refutan los modelos de subsistencia basados únicamente en el maíz, implicando que la alimentación

de los mayas antiguos era más diversa, así como las prácticas de producción que la acompañaban (Matos, 2014; Simms, 2014).

Además de reconocer elementos vegetales susceptibles de degradarse en los sedimentos arqueológicos por procesos de consumo alimenticio, la combinación de diferentes líneas de evidencia botánica permite aproximarnos a un entendimiento de las variaciones de los usos de las plantas. Morell-Hart (2011) analizó restos macrorrestos (no carbón), microrrestos, y análisis de residuos de artefactos, asociados al Preclásico medio en el sitio Los Naranjos, Honduras. En el estudio se encontró una mayor ubicuidad de palmeras, tubérculos, entre otras plantas con usos no alimenticios; en comparación con la evidencia limitada de maíz, frijoles (*Phaseolus spp.*) escasos y la ausencia de macrorrestos de calabazas (Morell-Hart *et al.*, 2014). La variación espacial, así como las similitudes y diferencias de los restos botánicos en diferentes contextos y artefactos arqueológicos, permitió interpretar los patrones de usos de plantas como resultado de diversas prácticas asociados al uso alimenticio, ritual y medicinal (Morell-Hart, 2011, 2014). Lo anterior tiene importantes implicaciones para reconocer tendencias generales de los usos de las plantas en el área maya ya que la comparación entre los diferentes “arreglos” en la composición taxonómica de restos de plantas, es una aproximación a las variaciones de las prácticas etnobotánicas (Morell-Hart, 2011).

A manera de conclusión, la revisión del balance actual de la arqueobotánica maya nos sugiere la importancia de vincular distintos tipos de evidencia vegetal (Piperno, 1998). Sin embargo debido a la variabilidad de los métodos de análisis y la preservación diferencial de restos de plantas, es necesario reconocer el impacto que tienen en el registro arqueobotánico. Por ejemplo, el uso de estadísticas multivariadas que consideren diferentes variables afectando el patrón espacial y temporal de los restos botánicos, pudiera auxiliar en el reconocimiento de patrones de usos de las plantas en función de su distribución espacial (Farahani, 2017a).

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfoca en el estudio espacial de las relaciones entre la sociedad maya y su medio ambiente. En este sentido, la arqueobotánica ha contribuido al conocimiento del manejo cultural de las plantas por los mayas antiguos (Lentz, 1999). En

los últimos años se han incrementado el número de trabajos en sitios mayas con evidencias de restos botánicos, resultando necesario evaluar el estado de las investigaciones para formular nuevas preguntas e hipótesis sobre las dinámicas socio-ambientales de los mayas antiguos. Sin embargo, en muchos casos la información no se encuentra publicada o está dispersa entre diferentes publicaciones.

La presente tesis expande nuestro conocimiento sobre las plantas utilizadas por los mayas antiguos, mediante la síntesis de las evidencias arqueobotánicas en el área maya. Complementando las síntesis elaboradas para la región (Colunga GarciaMarin *et al.*, 2004; Lentz, 1999), nuestra investigación realiza un análisis comparativo del conjunto de restos arqueobotánicos, con el fin de identificar variaciones en los usos de las plantas asociadas a diferencias florísticas por regiones. Además, las similitudes y diferencias en el registro arqueobotánico son importantes para evaluar los efectos de la preservación diferencial y los métodos de análisis.

Por otra parte, la heterogeneidad ambiental en el área maya ha contribuido a la adaptación de estrategias de subsistencia desde la época prehispánica (Fedick, 1996). En la actualidad, la diversidad de usos de las plantas y el conocimiento ecológico tradicional de los grupos mayas, es reflejo parcial del desarrollo histórico del manejo de la vegetación (Toledo *et al.*, 2008). En relación a lo anterior, esta investigación aporta información para el estudio de la continuidad del uso de las plantas, en el marco del desarrollo histórico de las prácticas tradicionales de subsistencia y su influencia en la vegetación.

PREGUNTAS E HIPÓTESIS

A pesar de la heterogeneidad cultural y natural en Mesoamérica y el área maya en particular, existen patrones generales de usos de plantas reconocidos en grupos indígenas actuales y prehispánicos (Casas y Cortes, 2001; Lentz, 1999). Con respecto a la evidencia arqueológica, la preservación diferencial de restos botánicos en sitios arqueológicos es un factor importante que influye en la interpretación de sus usos etnobotánicos. Por lo tanto, las preguntas que nos planteamos son las siguientes:

1. ¿Cuáles fueron las plantas más importantes culturalmente en el área maya durante la época prehispánica?
 - a. **Hipótesis asociada:** Las 10 plantas con mayor índice de importancia cultural (IIC) consistirán en plantas con usos múltiples incluyendo el uso alimenticio, como el aguacate, nance, chicozapote, corozo, entre otras. Los valores medios y bajos del IIC consistirán en plantas que tengan otros usos que no sean fundamentalmente alimenticios.
 - b. **Hipótesis asociada:** Si lo anterior no se cumple, las 10 primeras plantas con mayor IIC consistirán en plantas con porcentaje alto de presencia en el registro arqueobotánico en el Área Maya.
 - i. **Objetivos asociados:**
 - Compilar en una base de datos las identificaciones de plantas en la iconografía y epigrafía maya prehispánica.
 - Elaborar un Índice de Importancia Cultural (IIC) por cada planta del registro arqueobotánico, utilizando categorías de usos, presencia de restos botánicos, y representaciones iconográficas.
 - Jerarquizar las plantas con base en sus valores del IIC.
2. ¿Estará la composición y diversidad de taxones en el registro arqueobotánico directamente relacionada con la diversidad florística actual?
 - a. **Hipótesis asociada:** Las primeras 20 familias en número de taxones del registro arqueobotánico estarán representadas dentro de las primeras 20 familias con mayor número de géneros y especies de la vegetación actual en la Provincia Biótica de la Península de Yucatán, Belice, Honduras y el norte de Chiapas.
 - i. **Objetivos específicos:**
 - Elaborar tablas de composición florística por grupos taxonómicos utilizando las evidencias arqueobotánicas y flora actual de la PBPY, Belice, Honduras y el norte de Chiapas.
 - Elaborar comparaciones, jerarquizaciones e intentar explicaciones de los patrones encontrados

3. ¿Existen diferencias en las frecuencias de plantas alimenticias o de otros usos, en función de la distribución espacial de los restos arqueobotánicos en el área maya?
 - a. **Hipótesis asociada:** No habrá diferencias significativas en los patrones de usos de plantas alimenticias entre sitios.
 - b. **Hipótesis asociada:** En cambio, sí habrá diferencias en los patrones de usos de plantas para combustión, materiales, medicinales y usos sociales en sitios con mayor diversidad de taxones.
 - i. **Objetivos específicos:**
 - Creación de una matriz fenética de presencia/ausencia, usos e IIC de taxones por sitios mayas.
 - Elaboración de mapas de distribución espacial con base en la matriz fenética.
 - Generación de dendrogramas utilizando el método de “paired-group” y la medida de similitud de Bray-Curtis y distancia euclidiana.
 - Identificar los sitios de mayor similitud y patrones de variación espacial de plantas culturalmente importantes.
 - Comparar frecuencias de plantas entre sitios con evidencia etnobotánica, paleoecológica e iconográfica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como se mencionó en el apartado 1.2, los registros de restos botánicos fueron recopilados de publicaciones en libros, informes técnicos y artículos científicos, así como tesis no publicadas de maestría y doctorado (Tabla 1.1).

Índice de Importancia Cultural. Los índices de valor etnobotánico parten del principio de que el inventario de plantas utilizadas por los grupos humanos refleja un rango de significación cuantificable (Turner, 1988). Recientemente, Vázquez *et al.* (2014) propusieron un Índice de Importancia Cultural para el registro arqueobotánico del sitio de Teotihuacán, México. La importancia de los taxones se basó en las variables de usos, presencia de restos botánicos, representaciones, si fue cultivada o importada. Para la presente tesis se utilizó una modificación del índice cultural de Vázquez *et al.* (2014), utilizando las variables usos, presencia de restos botánicos y representaciones. Las

variables están expresadas en porcentajes y multiplicadas por el número total de categorías empleadas (Vazquez, 2017, comunicación personal), resultando en el siguiente índice cultural:

$$IIC = (U+PRB+RE/3)$$

La variable U expresa el porcentaje de usos de las plantas por medio de las categorías de alimentación (1), combustión (2), construcción (3), medicina (4) y uso social (5), multiplicado por 5. Debido a que las interpretaciones de usos de los restos botánicos están basadas en analogías etnobotánicas e influenciadas por la preservación diferencial, se utilizaron los siguientes criterios:

1. El uso alimenticio (UAL) incluye principalmente a las plantas domesticadas, cultivadas o manejadas como árboles frutales y cultivares (p.e. yuca).
2. El uso como combustible (UCOM) incluye plantas maderables arbustivas y arbóreas en contextos domésticos (p.e. fogones).
3. El uso como material (UMAT) hace referencia al empleo de las plantas maderables y sus productos.
4. El uso medicinal (UMED) se refiere a cualquier planta que tenga este uso interpretado a partir de evidencia etnohistórica y etnobotánica.
5. El uso social (USOC) hace referencia a aquellas plantas utilizadas de manera limitada entre grupos sociales (p.e. cacao) y actividades rituales (p.e. *Protium copal* (Schltdl. & Cham.) Engl.).

Es importante señalar que debido a la alta ubicuidad del carbón arqueológico de pino en contextos domésticos y rituales, su uso fue interpretado en función de su disponibilidad ambiental local. Por otra parte, la variable PRB expresa la presencia de los restos botánicos de determinado taxón de acuerdo a la revisión bibliográfica. Se utilizó una sola categoría, Presencia (1), multiplicado por uno. Por último, la variable R expresa si determinado taxón es referenciado biológicamente o simbólicamente en las siguientes categorías: iconografía (incluyendo cerámica, pintura mural y escultura) (1), epigráfica (1), o en ambos modos de representación (2), multiplicado por 2.

Comparación entre el registro arqueobotánico y vegetación actual. Thompson *et al.* (2015) encontraron una correspondencia entre los restos botánicos y la vegetación actual en el sitio de Tikal, Guatemala. Lo anterior sugirió para los autores que la importancia de la diversidad vegetal era tan significativa como las plantas de manera individual. Para someter a prueba dicha hipótesis, en la presente tesis se realizó la comparación de la riqueza florística de las primeras 20 familias del registro arqueobotánico y la flora actual en cuatro regiones del área maya. En la tabla 1.2 se condensan las primeras 20 familias de las regiones con listados florísticos disponibles. No se incluyó la región de Guatemala debido a que no hay un listado florístico de la región de El Petén. Debido a las diferencias esperadas en la representación de las familias entre la flora actual y el registro arqueobotánico, se realizó una tabla de contingencia entre las familias compartidas en los registros arqueobotánicos de los sitios. La nomenclatura de los taxones identificados en el registro arqueobotánico fue curada por medio de los listados florísticos y bases de datos en línea (p.e. Tropicos).

Tabla 1.2 Listado de las 20 primeras familias por regiones florísticas que incluyen sitios con evidencia de restos arqueobotánicos. Entre paréntesis el número total de taxones. ¹ Carnevali *et al.* (2011), ² Balick *et al.* (2000), ³ listado florístico de Nahá (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2006), ⁴ Nelson-Sutherland (2008)

Belice ¹	PBPY ²	Norte de Chiapas ³	Honduras ⁴
Fabaceae (295)	Fabaceae (225)	Fabaceae (104)	Fabaceae (660)
Orchidaceae (279)	Poaceae (214)	Rubiaceae (68)	Orchidaceae (641)
Poaceae (248)	Asteraceae (142)	Acanthaceae (45)	Poaceae (519)
Asteraceae (153)	Orchidaceae (131)	Melastomataceae (40)	Asteraceae (414)
Cyperaceae (146)	Euphorbiaceae (112)	Orchidaceae (38)	Rubiaceae (266)
Rubiaceae (142)	Cyperaceae (109)	Malvaceae (32)	Euphorbiaceae (204)
Euphorbiaceae (104)	Convolvulaceae (76)	Asteraceae (31)	Solanaceae (173)
Melastomataceae (96)	Malvaceae (72)	Euphorbiaceae (31)	Piperaceae (164)
Myrtaceae (58)	Rubiaceae (68)	Moraceae (31)	Melastomataceae (149)
Solanaceae (57)	Apocynaceae (60)	Poaceae (25)	Bromeliaceae (125)
Convolvulaceae (50)	Solanaceae (45)	Solanaceae (24)	Malvaceae (118)
Bromeliaceae (50)	Boraginaceae (41)	Lauraceae (21)	Arecaceae (116)
Acanthaceae (47)	Acanthaceae (38)	Piperaceae (21)	Myrtaceae (106)
Piperaceae (45)	Sapindaceae (36)	Sapindaceae (19)	Acanthaceae (98)
Bignoniaceae (45)	Verbenaceae (36)	Cyperaceae (18)	Labiatae (97)
Araceae (45)	Amaranthaceae (35)	Bromeliaceae (15)	Araceae (94)
Malvaceae (44)	Bromeliaceae (33)	Myrtaceae (15)	Convolvulaceae (88)
Verbenaceae (40)	Bignoniaceae (30)	Verbenaceae (15)	Sapindaceae (77)
Arecaceae (39)	Myrtaceae (28)	Bignoniaceae (14)	Scrophulariaceae (73)
Sapindaceae (37)	Lamiaceae (26)	Meliaceae (14)	Bignoniaceae (72)

Análisis espacial del registro arqueobotánico. Los datos obtenidos por el IIC fueron utilizados para reconocer variaciones espaciales en la diversidad y usos de las plantas por

los mayas antiguos. Para realizar lo anterior, se seleccionaron las primeras 100 plantas obtenidas en la jerarquización del IIC. Los sitios analizados fueron seleccionados con base en su número de restos botánicos identificados y usos interpretados. La comparación de sitios se realizó mediante el análisis de agrupamientos (Shennan, 1997). Por lo tanto, se construyó una matriz fenética utilizando como “caracteres” la presencia/ausencia y los usos interpretados de cada taxón, lo cual resultó en una predominancia de valores 0. Debido a lo anterior, se optó por la medida de similitud Bray-Curtis, la cual permite reducir la dimensionalidad de los datos y comparar la abundancia relativa de especies tomando en cuenta valores dicotómicos (Höft *et al.*, 1999). Para la obtención del dendrograma se utilizó el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2017), utilizando el método de grupos apareados (paired-group). Para facilitar el reconocimiento de patrones, se comparó el dendrograma con una gráfica de agrupamientos obtenida con PAST y con base en la matriz construida previamente.

La distribución espacial de restos arqueobotánicos aportan información sobre el uso y manejo vegetal (Farahani, 2017b). Bajo una perspectiva etnobotánica, la diversidad florística también permitiría interpretar la variabilidad de usos por los grupos mayas. Para evaluar dicha premisa, se realizó el análisis espacial de los sitios por sus registros arqueobotánicos utilizando el programa ArcGis. Para reconocer la distribución general de las plantas se utilizó la interpolación ponderada a distancia inversa (IDW), la cual permitió interpretar la frecuencia de las identificaciones de plantas culturalmente importantes entre sitios. Para reconocer diferencias entre sitios por los usos de las plantas se realizaron matrices de datos para cada uso (UAL, UCOM, UMAT, USOC) y se analizaron espacialmente mediante el algoritmo IDW. Con el fin de identificar patrones en la distribución los restos arqueobotánicos, se realizaron mapas por medio del algoritmo de Tendencia de Superficie. Dicho algoritmo permite interpretar hacia dónde se presentan los sitios con valores altos de plantas culturalmente importantes. Debido a que la distribución de la vegetación está asociada a las condiciones climáticas del área maya, se realizó un mapa de interpolación con valores de precipitación de los sitios. La precipitación media anual para los sitios fue tomada de cartas climatológicas de Belice, Península de Yucatán, Guatemala y Honduras (National Meteorological Service of Belize, 2016; Proyecto Fondo de Adaptación, 2012; INSIVUMEH, 2003; Orellana *et al.*, 2002).

Para confirmar los patrones de los mapas de IDW y Tendencia de Superficie se obtuvo una elipse de desviación estándar y análisis de aglomerados con las matrices de los valores del IIC de las primeras 100 plantas. Con el fin de sustentar los resultados del análisis de agrupamiento por el programa ArcGis, se realizó un análisis de similitud utilizando el programa PAST y la distancia euclidiana, mediante el método de grupos pareados.

CAPÍTULO II

RESULTADOS

2.1 CUANTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA CULTURAL DE LAS PLANTAS

La elaboración del Índice de Importancia Cultural (Tabla 2.4) incluyó un total de 312 taxones reportados en los trabajos arqueobotánicos. Del total de valores del índice cultural, 37 taxones representan aproximadamente el 50 %. El otro 50 % consisten en 275 registros, de los cuales 136 registros representan el 1 % de los valores totales del índice cultural. En cambio, los primeros 10 registros representan aproximadamente el 22 % de los valores acumulados del índice cultural. Por lo tanto, consideramos que las primeras 10 plantas corresponden a especies con valores altos del índice cultural, los siguientes 27 registros representan valores medios, y los registros restantes constituyen los valores bajos.

Tabla 2.1 Plantas con valores altos del Índice de Importancia Cultural (IIC). PRB= Presencia de restos botánicos, RE= Representaciones iconográficas

TAXÓN	ÍNDICE USOS	ÍNDICE PRB	ÍNDICE RE	IIC
<i>Zea mays</i> (maíz)	3.8	4.2	18.2	8.8
<i>Theobroma cacao</i> (cacao)	5.7	1.7	18.2	8.5
<i>Pinus spp.</i> (pino)	5.7	2.2	9.1	5.7
<i>Byrsonima spp.</i> (nance)	5.7	1.6	9.1	5.5
<i>Byrsonima crassifolia</i> (nance)	5.7	1.1	9.1	5.3
<i>Crescentia spp.</i> (jícara)	5.7	0.9	9.1	5.2
<i>Gossypium hirsutum</i> (algodón)	5.7	0.8	9.1	5.2
<i>Phaseolus spp.</i> (frijoles)	3.8	1.9	9.1	4.9
<i>Cucurbita spp.</i> (calabazas)	3.8	1.8	9.1	4.9
<i>Pouteria sapota</i> (mamey)	3.8	1	9.1	4.6
TAXONES RESTANTES	450.2	82.6	90.9	207.9
TOTAL	500	100	200	266.7

Usos. El uso más frecuente fue el de leña para combustión (31.8 %), seguido del uso alimenticio (28.4 %), el uso social (19.5 %), el uso como material (16.9 %) y el uso medicinal (3.4 %). Considerando la jerarquización descendiente de las plantas por la variable Usos, las primeras 10 plantas representan aproximadamente el 17 % de los valores del índice (Figura 2.1). Por otra parte, algunas especies con valores medios (>2.0) y altos del índice (>4.5) como el maíz, frijoles, calabaza, mamey, aguacate (*Persea*

americana), *Astronium graveolens*, *Sabal spp.*, *Croton spp.*, *Tabebuia spp.*, *Ceiba pentandra*, *Pimenta dioica*, *Nymphaea sp.* y *Pterocarpus spp.*, tienen menos de dos usos interpretados.

Presencia de restos botánicos (PRB). Al realizar la jerarquización del registro arqueobotánico por la variable PRB, los valores acumulados del índice de las primeras 10 especies se redujeron del 22 % al 18 % (Figura 2.2). Otras especies como *Celtis spp.* y *Amaranthus spp.*, tienen bajos valores del índice (< 1.9) y se encuentran dentro del 50 % de los valores acumulados del índice jerarquizados por la variable PRB. De manera comparativa, las especies con valores medios del índice (>2.0) como el palo tinto (*Haematoxylum campechanum*), cedro (*Cedrela spp.*), *Crescentia cujete*, *Psidium spp.*, *Piper spp.*, *Manilkara spp.*, *Astronium graveolens*, *Sabal spp.*, entre otras, tienen menos de siete registros arqueobotánicos.

Representaciones iconográficas (RE). El 36 % de las plantas jerarquizadas por el índice tienen al menos una representación en la iconografía prehispánica maya. Las primeras 10 plantas jerarquizadas por la variable RE acumulan el 21 % del total de los valores del índice (Figura 2.3), en comparación con el 22 % de los valores acumulados por las primeras 10 plantas jerarquizadas del índice.

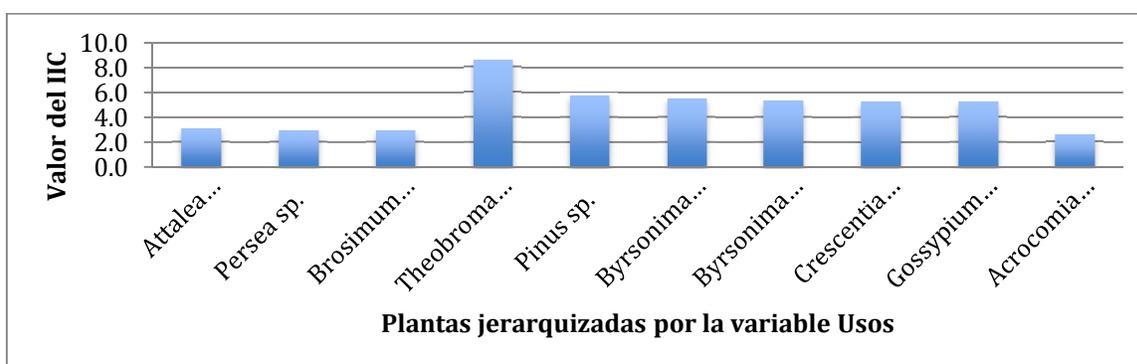


Figura 2.1 Distribución de los valores de IIC de las identificaciones arqueobotánicas por la variable Usos

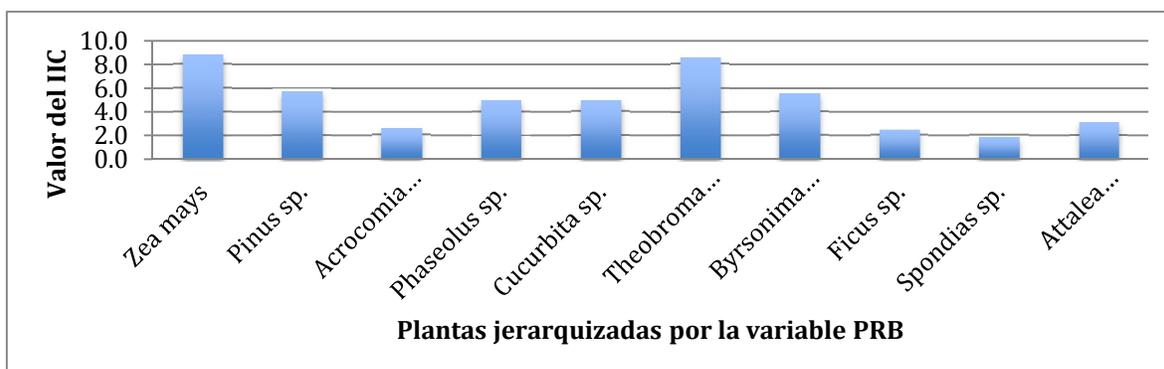


Figura 2.2 Distribución de los valores de IIC de las identificaciones arqueobotánicas por la variable Presencia de restos botánicos (PRB)

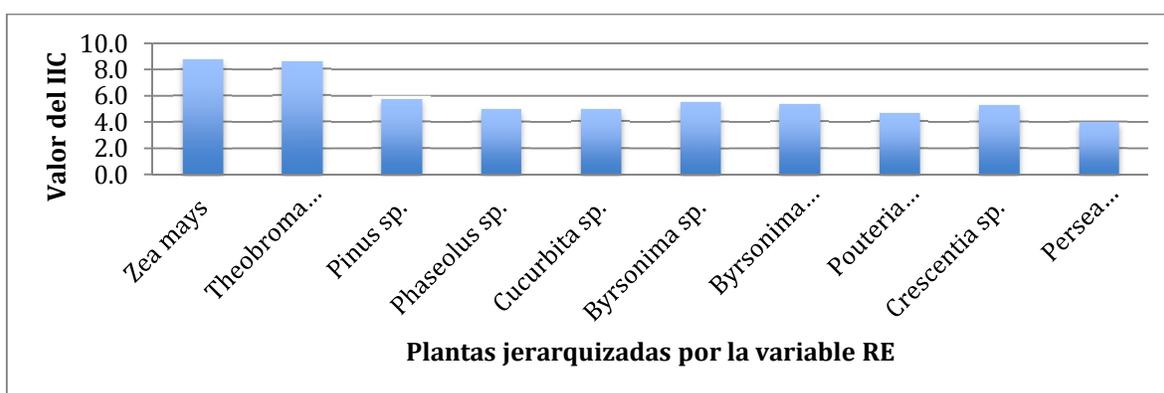


Figura 2.3 Distribución de los valores de IIC por la jerarquización de los taxones utilizando la variable Representaciones iconográficas (RE)

La jerarquización de las familias botánicas con respecto a los valores acumulados del índice indican que la familia Fabaceae representa aproximadamente el 13 % del total acumulado (Figura 2.4). Por otra parte, el 35 % está representado por familias con valores altos del índice acumulado (>10), las cuales son: Poaceae, Arecaceae, Malvaceae, Sapotaceae, Lauraceae, Malpighiaceae y Bignoniaceae.

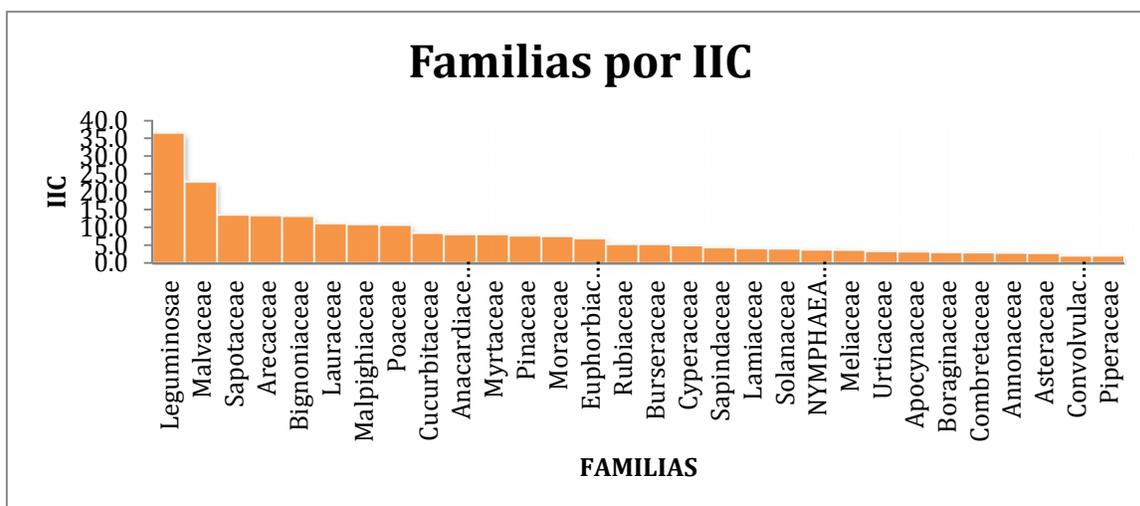


Figura 2.4 Familias del registro arqueobotánico jerarquizadas por los valores acumulados del Índice de Importancia Cultural

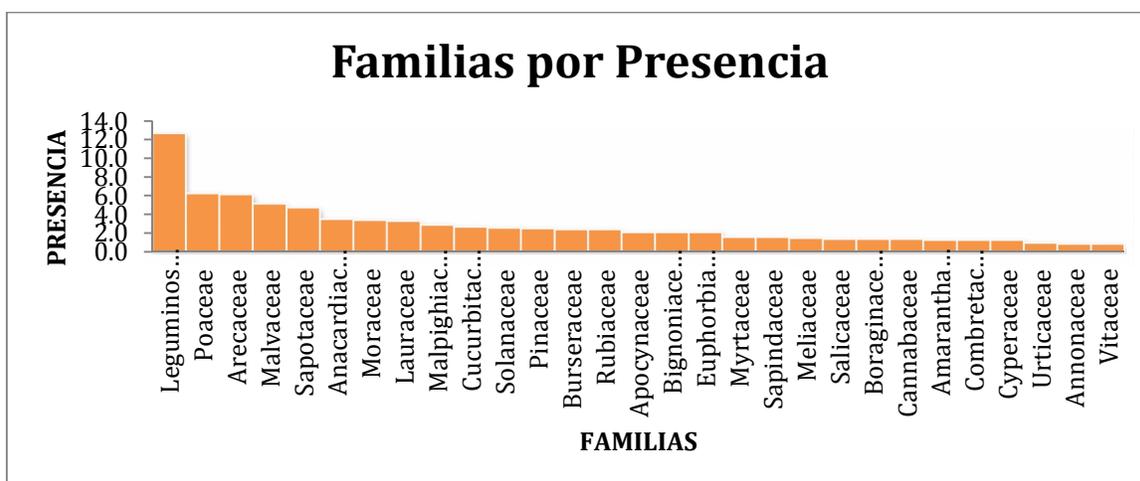


Figura 2.5 Familias del registro arqueobotánico jerarquizadas por el número de identificaciones (presencia)

No se encontraron diferencias al comparar las familias por sus valores acumulados del índice y por el número de identificaciones (Figura 2.5). En ambas jerarquizaciones se comparten las mismas familias con valores altos del índice acumulado (>10) y concentran el 87 % de los valores totales del índice. No obstante, las familias Salicaceae, Cannabaceae, Amaranthaceae y Vitaceae están presentes en la jerarquización de familias considerando la presencia y ausentes en la jerarquización por los valores del

índice acumulado. De manera similar, las familias Nymphaeaceae, Asteraceae, Convolvulaceae y Piperaceae están presentes en las primeras 30 familias por el índice acumulado, y ausentes en las primeras 30 familias jerarquizadas por su número de identificaciones en el registro arqueobotánico.

2.2 COMPARACIÓN DE LA RIQUEZA FLORÍSTICAS ACTUAL DE RESTOS BOTÁNICOS

Mediante la revisión bibliográfica se obtuvo un registro de 92 familias, 270 géneros y 309 especies de plantas potencialmente utilizadas por los mayas durante la época prehispánica (Anexo I). En la tabla 2.2 se resume la composición florística del registro arqueobotánico en el área maya:

Tabla 2.2 Composición y riqueza de la flora reconstruida a partir de restos botánicos de contextos arqueológicos en el Área Maya

Grandes grupos	Familias	Géneros	Especies
Gimnospermas	3	3	3
Angiospermas	89	267	306
TOTAL	92	270	309

Las gimnospermas en el registro arqueobotánico incluyen las siguientes plantas: palmita (*Zamia spp.*), pino y *Podocarpus guatemalensis* Standl. (Leigh, 2009; Simms, 2003). Para los fines de la presente investigación no se incluyeron las determinaciones taxonómicas solo al nivel de familia de las angiospermas, tales como Bromeliaceae (Simms, 2003) y Fabaceae (Dussol *et al.*, 2014). En cambio, sí se incluyeron registros identificados solo como miembros de las subfamilias de Poaceae: Bambusoideae, Chloridoideae, Panicoideae y Pooideae (Dussol *et al.*, 2016; Morell-Hart *et al.*, 2014; Simms, 2003).

En la Tabla 2.3 se muestran las comparaciones entre las primeras 20 familias del registro arqueobotánico y la vegetación actual por regiones florísticas.

Tabla 2.3 Comparación taxonómica entre las primeras 20 familias de la flora actual y el registro arqueobotánico (RA) de la PBPY, Belice, Honduras y el norte de Chiapas. En las columnas se muestran las familias de cada región con más identificaciones arqueobotánicas. Los números entre paréntesis indican el rango de las familias en los listados florísticos actuales, y los guiones entre paréntesis (-) su ausencia dentro de las primeras 20 familias en cada listado.

RA PBPY	RA Belice	RA Honduras	RA Chiapas
Fabaceae (1)	Fabaceae (1)	Fabaceae (1)	Fabaceae (1)
Poaceae (2)	Malvaceae (17)	Poaceae (3)	Malvaceae (6)
Euphorbiaceae (5)	Arecaceae (16)	Lauraceae (-)	Moraceae (9)
Amaranthaceae (16)	Sapotaceae (-)	Euphorbiaceae (6)	Sapindaceae (14)
Anacardiaceae (-)	Solanaceae (10)	Lamiaceae (-)	Anacardiaceae (-)
Burseraceae (-)	Bignoniaceae (15)	Sapotaceae (-)	Rubiaceae (2)
Cucurbitaceae (-)	Cucurbitaceae (-)	Amaranthaceae (-)	Sapotaceae (-)
Malvaceae (8)	Poaceae (3)	Anacardiaceae (-)	Burseraceae (-)
Apocynaceae (10)	Anacardiaceae (-)	Arecaeae (12)	Combretaceae (-)
Asparagaceae (-)	Apocynaceae (-)	Brassicaceae (-)	Lauraceae (12)
Bignoniaceae (18)	Cyperaceae (5)	Cucurbitaceae (-)	Malpighiaceae(-)
Bixaceae (-)	Lauraceae (-)	Cyperaceae (-)	Poaceae (10)
Cannabaceae (-)	Moraceae (-)	Muntingiaceae (-)	Annonaceae (-)
Caricaceae (-)	Myrtaceae (9)	Annonaceae (-)	Apocynaceae (-)
Convolvulaceae (7)	Sapindaceae (20)	Bignoniaceae (20)	Bignoniaceae (19)
Cyperaceae (6)	Amaranthaceae (-)	Cannabaceae (-)	Boraginaceae (-)
Dioscoreaceae (-)	Annonaceae (-)	Clusiaceae (-)	Calophyllaceae (-)
Ebenaceae (-)	Burseraceae (-)	Convolvulaceae (17)	Cannabaceae (-)
Lamiaceae (-)	Combretaceae (-)	Fagaceae (-)	Caricaceae (-)
Marantaceae (-)	Asteraceae (4)	Iridaceae (-)	Chrysobalanaceae (-)

Las familias de los registros arqueobotánicos que se comparten entre los sitios de la PBPY, Belice, Honduras y el norte de Chiapas son las siguientes: Fabaceae, Poaceae, Anacardiaceae y Bignoniaceae. Las familias compartidas entre los sitios y que no están representadas en la flora actual de los sitios son: Anacardiaceae, Burseraceae y Cucurbitaceae.

En la tabla 2.4 se muestran las comparaciones de las familias compartidas entre los sitios por las regiones florísticas consideradas. Los sitios del norte de Chiapas tienen una mayor afinidad con los sitios de Belice (0.48). A su vez, los sitios de Belice tienen mayor afinidad con Honduras con respecto a los sitios de la PBPY. Los sitios de la PBPY tienen una baja afinidad con el resto de los sitios.

Tabla 2.4 Tabla de contingencia para las primeras 20 familias del registro arqueobotánico (RA) de los sitios en la Península de Yucatán (PBPY), Belice, Honduras y Chiapas

Sitios	RA PBPY	RA Belice	RA Honduras	RA Chiapas
RA PBPY	1	*	*	*
RA Belice	0.25	1	*	*
RA Honduras	0.29	0.33	1	*
RA Chiapas	0.25	0.48	0.21	1

2.3. ANÁLISIS ESPACIAL DE LA FLORA APROVECHADA ENTRE SITIOS

Se analizaron los registros arqueobotánicos de 42 sitios de un total de 55 sitios con evidencias arqueobotánicas reportadas en distintas fuentes bibliográficas. La exclusión de algunos sitios (p.e. Kaminaljuyú), se debió a que tenían menos de cuatro identificaciones de restos arqueobotánicos. También se excluyeron del análisis aquellos sitios que no tienen usos interpretados para todo sus registros arqueobotánicos (p.e. Tikal). No obstante, dichos registros serán utilizados de manera comparativa en la interpretación de los resultados. Como se mencionó en el apartado de métodos, se seleccionaron las primeras 100 plantas de la jerarquización del Índice de Importancia Cultural, las cuales representan aproximadamente el 78 % de los valores totales del índice (Figura 2.6).

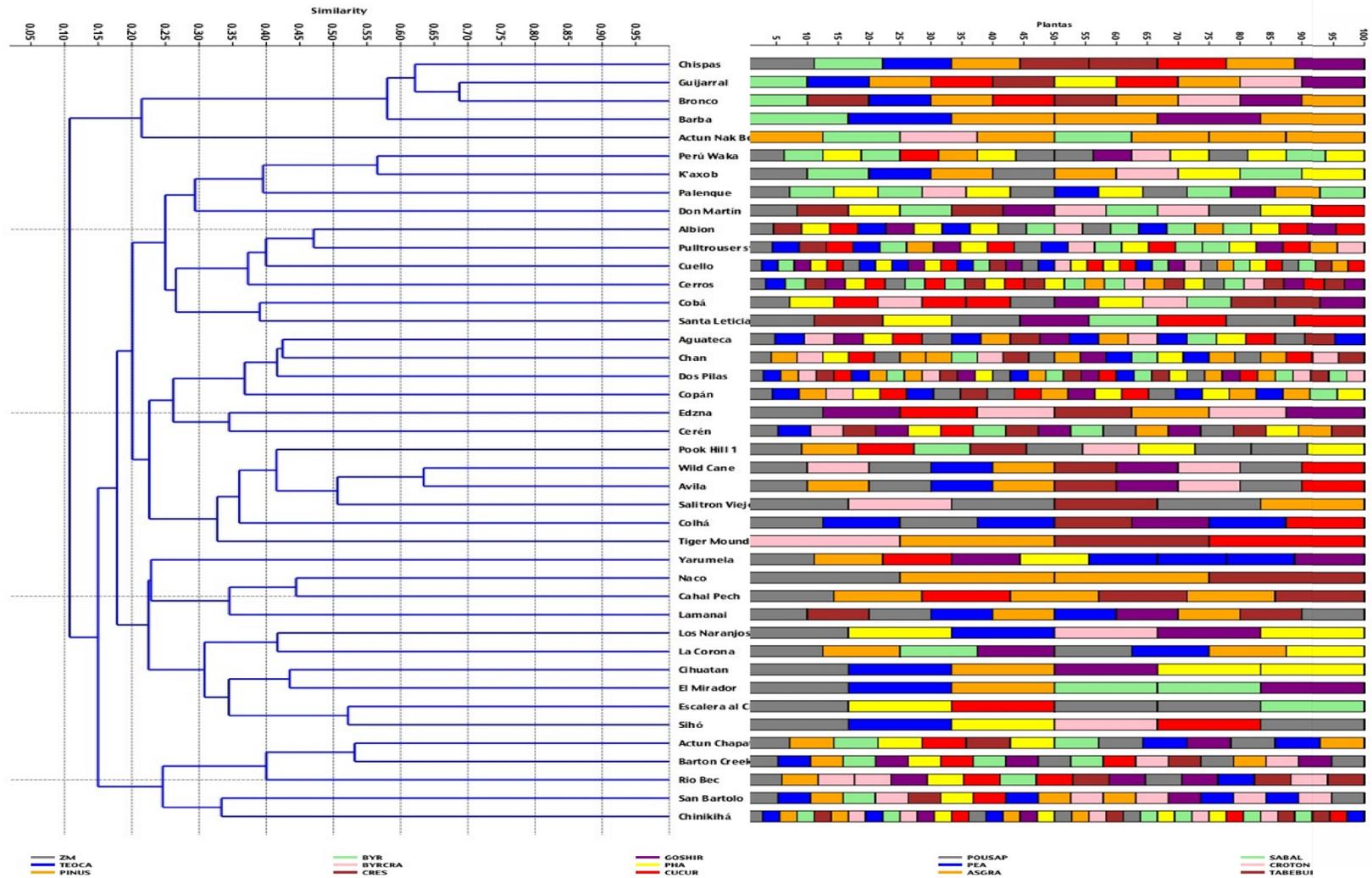


Figura 2.6 Comparación del dendrograma de similitud de sitios mayas y la gráfica de agrupamiento de las primeras 100 plantas culturalmente importantes por cada sitio. El eje horizontal del dendrograma expresa los valores de similitud entre sitios por sus registros arqueobotánicos. El eje horizontal de la gráfica de agrupamiento indica el número total de plantas utilizadas en el análisis, y cada barra de color representa una identificación taxonómica

Se consideró que los sitios tienen una similitud significativa a partir del 0.50. De esta manera, encontramos dos patrones asociados a los sitios con mayor similitud. El primer patrón está representado por los grupos de Barba (Chispas (Gujarral - Bronco), Salitrón Viejo (Wild Cane – Avila) y Escalera al Cielo - Sihó. El segundo patrón está representado por los agrupamientos de los sitios de Perú Waka' - K'axob, y Actun Chapat - Barton Creek.

El primer patrón consiste en sitios con baja representatividad de identificaciones y de plantas con valores altos del índice (>4.5). Los sitios de Gujarral (8.4 %) y Bronco (9.4 %), comparten la mayoría de sus registros arqueobotánicos como: *Asclepias spp.*, *Bursera sp.*, *Amaranthus spp.*, *Psidium sp.*, *Chusquea sp.*, *Zuelania sp.*, *Acoelorrhapha spp.*, corozo (*Attalea guacuyule* (Liebm. ex Mart.) Zona), *Celtis sp.*, *Byrsonima spp.*, *Oenothera sp.* y *Cecropia sp.* Los sitios de Wild Cane (13 %), Avila (13 %), Escalera al Cielo (7.8 %) y Sihó (10 %) solo tienen en común identificaciones de maíz.

El segundo patrón consiste en sitios con un mayor número de identificaciones y plantas con valores altos de importancia cultural (>4.5). Los sitios con mayor similitud de este patrón son Perú Waka' (15.9 %) y K'axob (10.3 %), los cuales comparten las siguientes especies: maíz, *Byrsonima spp.*, corozo, *Spondias spp.*, *Amaranthus spp.*, *Solanum spp.* y *Chenopodium spp.* Otros sitios que caracterizan al segundo patrón son Palenque (15.1 %), Don Martín (12.5 %), Albion Island (20 %), Pulltrouser Swamp (22.7 %), Cuello (35.2 %), Cerros (31.6 %), Cobá (13.2 %), Santa Leticia (13.3 %), Aguateca (26 %), Chan (34 %), Dos Pilas (24.8 %), Copán (24.8 %) y Cerén (23.9 %). El patrón también incluye a sitios con identificaciones de especies maderables con usos múltiples de valor medio y alto en el índice (>2.0) y porcentajes de los valores acumulados del índice de sus registros mayores al 10 %. Por ejemplo, Actun Chapat (17 %) y Barton Creek (24.6 %) son en realidad cuevas localizadas en el valle del río Belice, y comparten las siguientes especies: maíz, *Pinus spp.*, *Byrsonima spp.*, *Phaseolus spp.*, *Cucurbita spp.*, *Cedrela spp.*, *Protium spp.* y *Piscidia spp.* Lo anterior también incluye al grupo de los sitios de Rio Bec (16.3 %), San Bartolo (20.5 %) y Chinikihá (34.5 %).

Se elaboró un mapa general de porcentajes de usos por cada sitio (Figura 2.7). Se observó la predominancia de plantas con usos alimenticios y un patrón en el cual las

identificaciones de plantas con uso combustible y materia prima están representados de manera diferencial entre los sitios, mayormente en la región de la Meseta Kárstica Central. Para fines comparativos se representaron las frecuencias de registros por curvas de nivel (Figura 2.8). Mediante lo anterior, se observó una correspondencia de altas frecuencias entre los registros arqueobotánicos y sitios de las tierras bajas centrales del área maya.

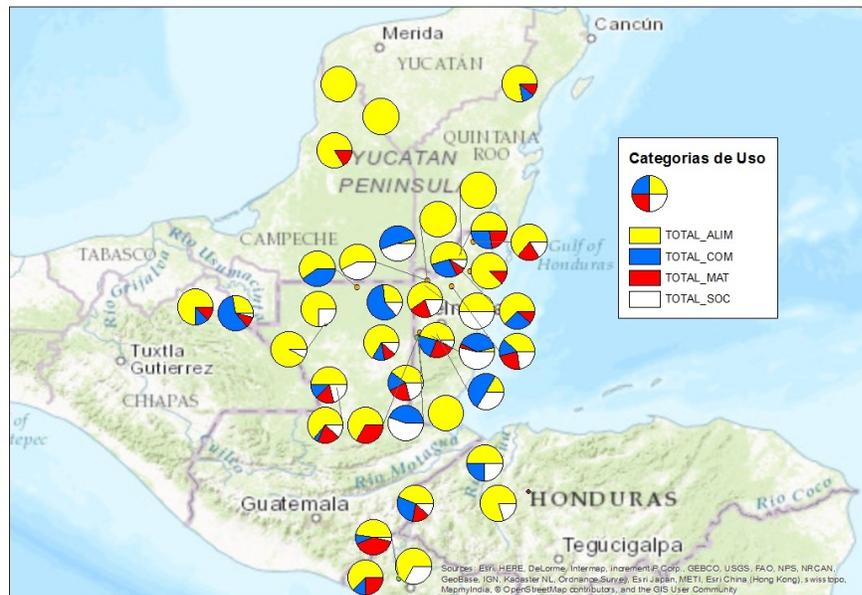


Figura 2.7 Mapa de distribución de usos, expresados en porcentaje en gráfica de pastel, en el área maya. TOTAL_ALIM = Plantas con uso alimenticio, TOTAL_COM = Plantas con uso combustible, TOTAL_MAT = Plantas para materia prima, TOTAL_SOC = Plantas con uso social.

La mayor frecuencia de restos botánicos se encuentra en los sitios del norte de Belice (p.e. Cerros, Pulltrouser Swamp), Chiapas (Chinikihá) y en el sur del Petén (Aguateca y Dos Pilas). Por otra parte, sitios del norte de Yucatán y la MKC presentan una menor frecuencia de restos arqueobotánicos (<13-18). Hacia la región central del área maya (norte de Guatemala y sur de Campeche) se observa una similitud de los sitios por su frecuencia de restos botánicos. En dirección al sur, los sitios de las Tierras altas (Cerén, Santa Leticia, Cihuatán), presentan altas frecuencias de restos botánicos.

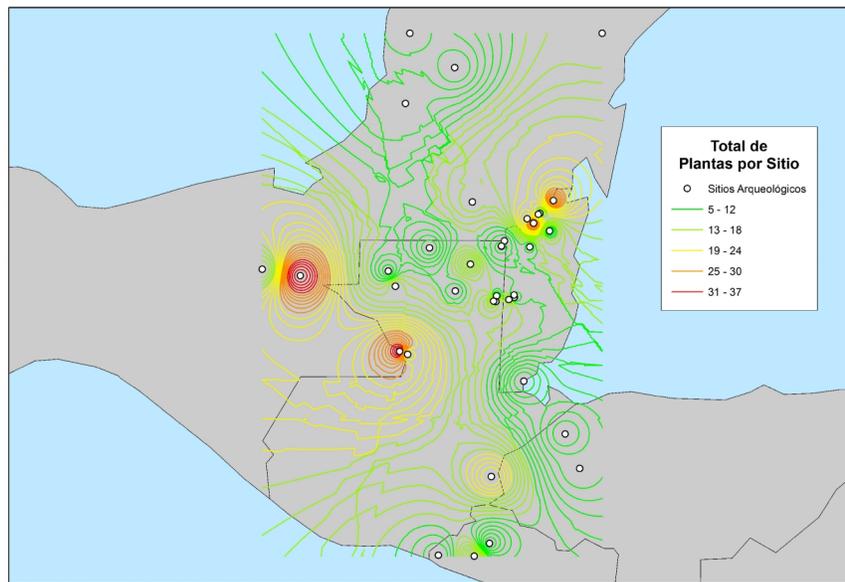


Figura 2.8 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) para el total del registro arqueobotánico, utilizando presencia/ausencia. El total de registros está representado por los rangos de frecuencias indicados por las barras de colores.

Al comparar el mapa de la frecuencia de plantas con usos alimenticios con el mapa de la frecuencia de restos arqueobotánicos (Figura 2.9) se observó la correspondencia entre sitios de la región central con altas frecuencias de restos botánicos y diversidad de usos interpretados. Se encontraron diferencias en la comparación de las frecuencias de plantas con uso alimenticio y el mapa de frecuencia de plantas con uso combustible (Figura 2.10). El sitio de Chinikihá presenta la mayor frecuencia de plantas con uso combustible. Los sitios del norte de Belice y la región al sur de El Peten guatemalteco, tienen mayor frecuencia de usos alimenticios pero menor frecuencia del uso combustible. Con excepción del sitio Rio Bec, la porción mexicana de la Península de Yucatán tiene bajas frecuencias de plantas tanto alimenticias como combustibles. En el norte de El Petén de Guatemala, los sitios tienen rangos medios de las frecuencias de plantas con uso alimenticio y combustible.

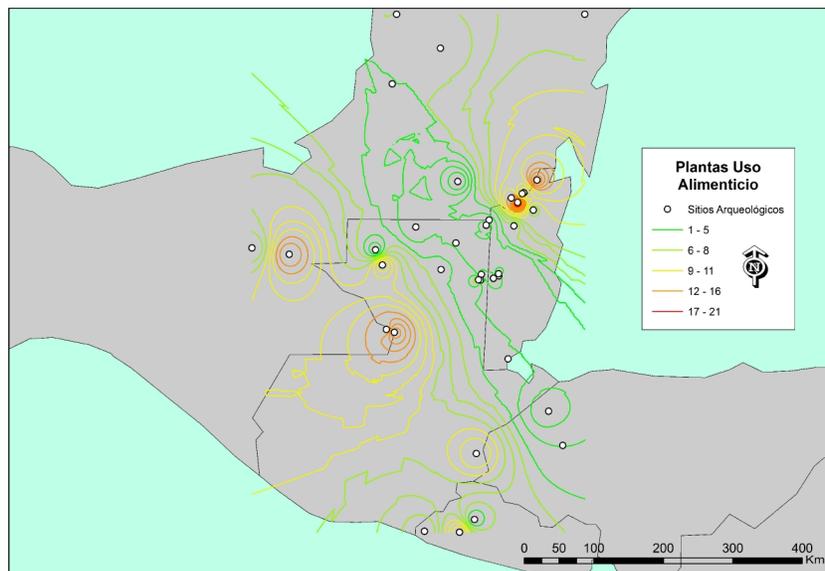


Figura 2.9 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) para los registros arqueobotánicos con usos interpretados como alimento. El total de registros está representado por los rangos de frecuencias indicados por las barras de colores

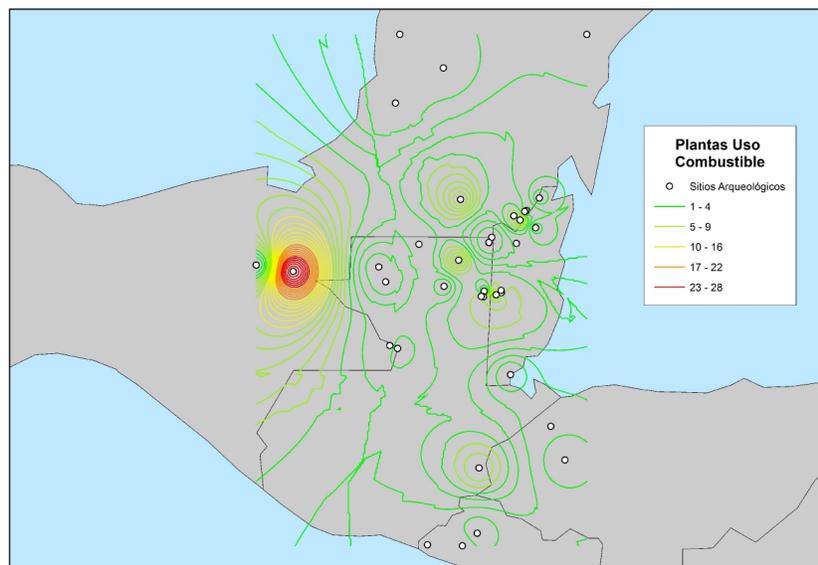


Figura 2.10 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) para los registros arqueobotánicos con usos interpretados como combustible. El total de registros está representado por los rangos de frecuencias indicados por las barras de colores.

Otro patrón se observa al comparar los mapas de las frecuencias de plantas para uso combustible (Figura 2.10), con las frecuencias de plantas con uso como materia prima

(Figura 2.11) y social (Figura 2.12). La distribución de la frecuencia de plantas con usos como materia prima presentó valores más bajos con respecto a los mapas de plantas con uso alimenticio, combustible, uso social y total de plantas por sitios. El sitio de Cerén presentó los valores más altos (8-9). Los sitios de Cerros, Chinikihá (4-5), Dos Pilas (4-5) y Aguateca (4-5) también tienen alta frecuencia de plantas con uso como materia prima, pero no como la frecuencia de Cerén.

Los sitios con mayor frecuencia de plantas con usos sociales son Rio Bec y las cuevas de Actun Chapat y Barton Creek. Las frecuencias de plantas en estos sitios tienen una correspondencia con sus frecuencias de plantas con uso combustible, y en menor medida con las plantas con uso alimenticio. Algunos sitios en el norte de Belice tienen rangos medios de las frecuencias de plantas con uso social, pero tienen correspondencia con las frecuencias de plantas con uso alimenticio, combustible y materia prima.

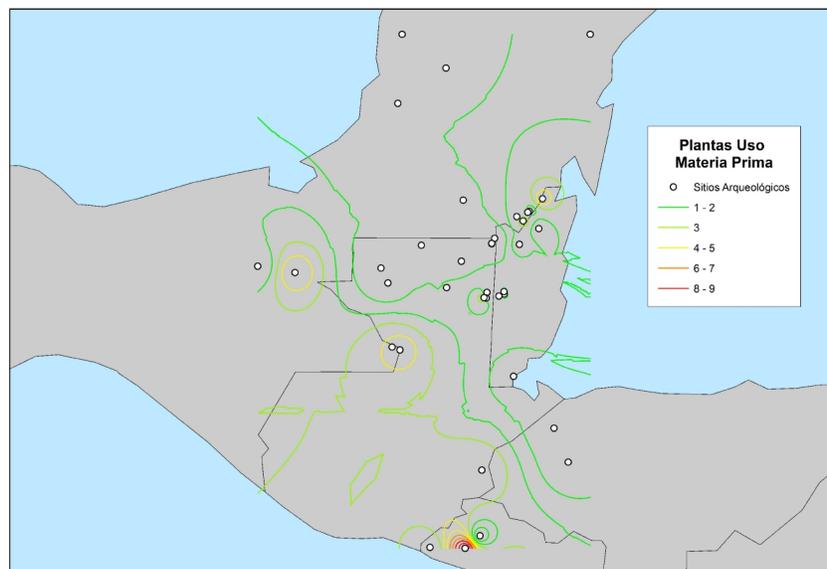


Figura 2.11 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) para los registros arqueobotánicos con usos interpretados como materia prima. El total de registros está representado por los rangos de frecuencias indicados por las barras de colores.

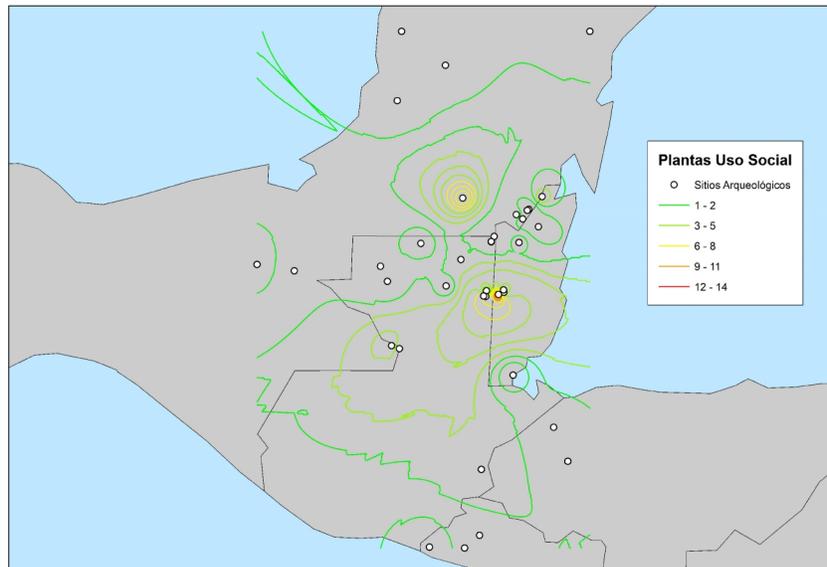


Figura 2.12 Mapa de Interpolación ponderada (IDW) a distancia inversa para los registros arqueobotánicos con usos interpretados como uso social. El total de registros está representado por los rangos de frecuencias indicados por las barras de colores

Para facilitar la interpretación visual el mapa de interpolación de los valores de la precipitación pluvial no se realizó con curvas de nivel. Esto permitió reconocer un gradiente de precipitación de norte a sur en el área maya (Figura 2.15). Algunos sitios de las tierras centrales y del sur presentan valores altos de precipitación, mientras que otros presentan valores bajos. Al comparar con los mapas de frecuencia de usos de plantas se observa una correspondencia, pero no se asume una relación causal de los valores entre los mapas mencionados. El mapa de tendencia de superficie con solo la presencia de restos botánicos, apoya la normalización de los valores hacia la región central del área maya (Figura 2.13). Los valores altos tienen dos distribuciones. Una hacia el suroeste, en donde se encuentran los sitios de Chinikiha, Aguateca y Dos Pilas. La segunda hacia el sur donde se encuentra el sitio de Cerén, Santa Leticia y Cihuatán. El mapa de superficie de tendencia obtenido a partir de los valores del IIC de los registros arqueobotánicos (Figura 2.14) presentó el mismo patrón que el mapa de superficie de tendencia con la frecuencia de registros arqueobotánicos. En ambos mapas, los sitios del noroeste de la Península de Yucatán y Honduras presentan valores bajos de las primeras 100 plantas del índice.

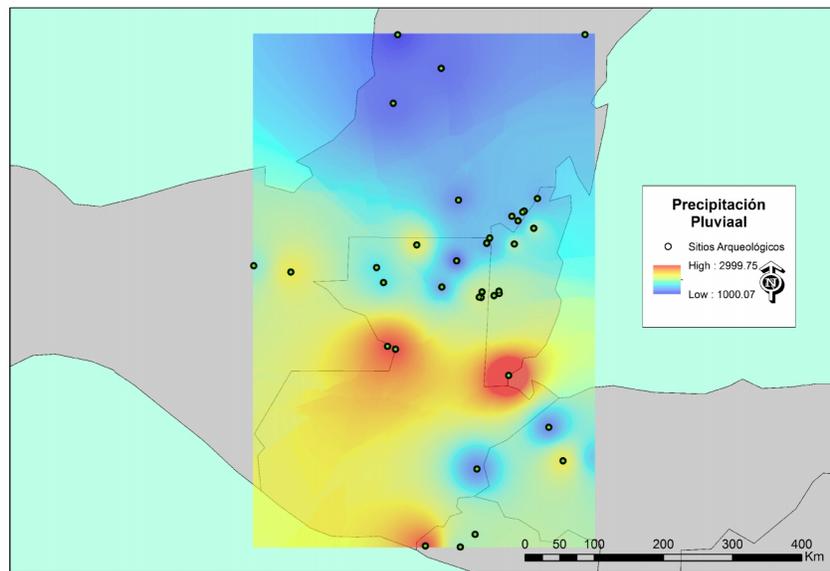


Figura 2.13 Distribución del registro arqueobotánico utilizando un mapa de interpolación ponderada (IDW) y registros de precipitación pluvial. Rango de valores corresponden a los niveles de precipitación media anual

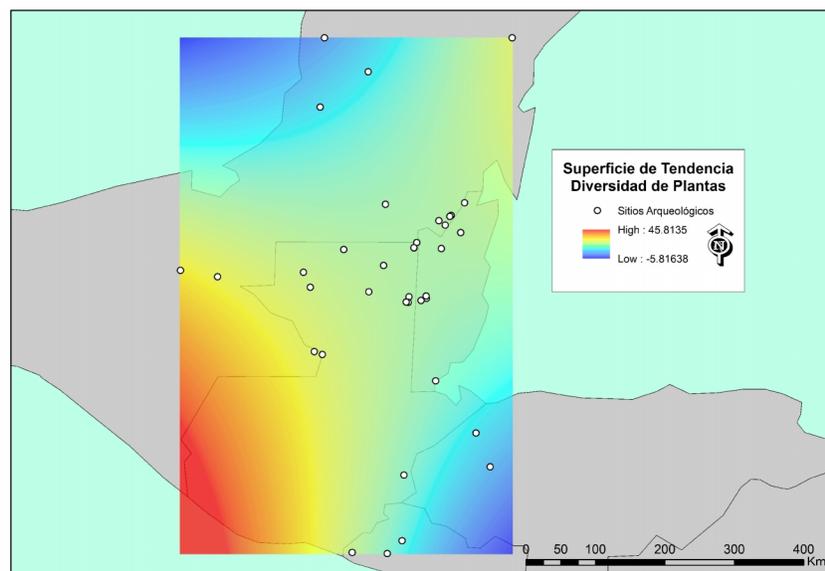


Figura 2.14 Distribución espacial de la diversidad de restos botánicos utilizando la técnica de Superficie de Tendencia. Rango de valores corresponden a la frecuencia acumulada de identificaciones por cada sitio

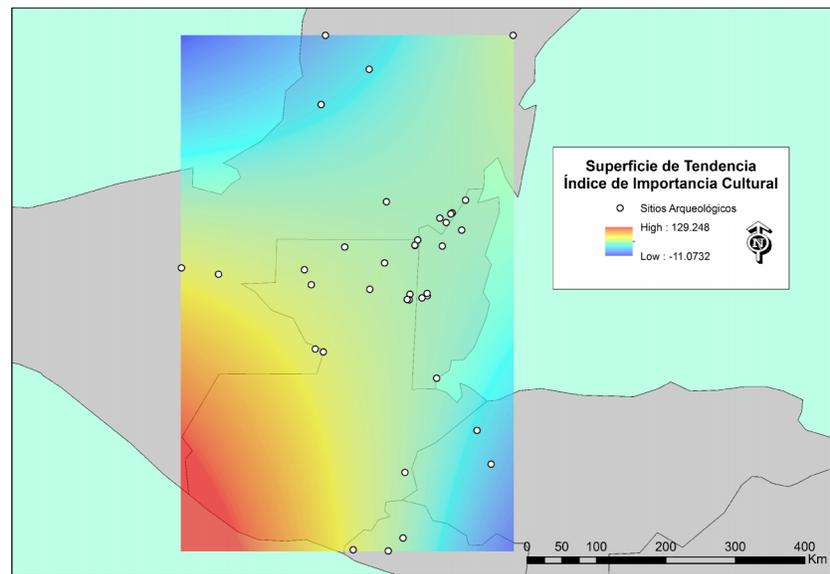


Figura 2.15 Distribución de los sitios con respecto a sus valores del IIC utilizando la técnica de Superficie de Tendencia. Rango de valores corresponde a la frecuencia acumulada de los valores del IIC por cada planta

El análisis espacial de los datos mediante la distribución direccional confirmó el patrón de distribución de los valores de las primeras 100 plantas del índice en la región central del área maya (Figura 2.16). El análisis de agrupamiento por su distribución espacial resultó en dos grupos: el grupo 1 que tiene una distribución extensiva a toda el área maya, y el grupo 2, que se distribuye del norte de Belice hacia el suroeste del área maya (Figura 2.17). El dendrograma resultante del análisis de similitud utilizando distancias euclidianas confirma los dos agrupamientos (Figura 2.18). No obstante, se observan diferencias en los sitios que son agrupados por cada uno de los dos métodos. Lo anterior podría ser resultado del método empleado, ya que la distancia euclidiana enfatiza en los valores compartidos entre poblaciones, en vez de sus diferencias.

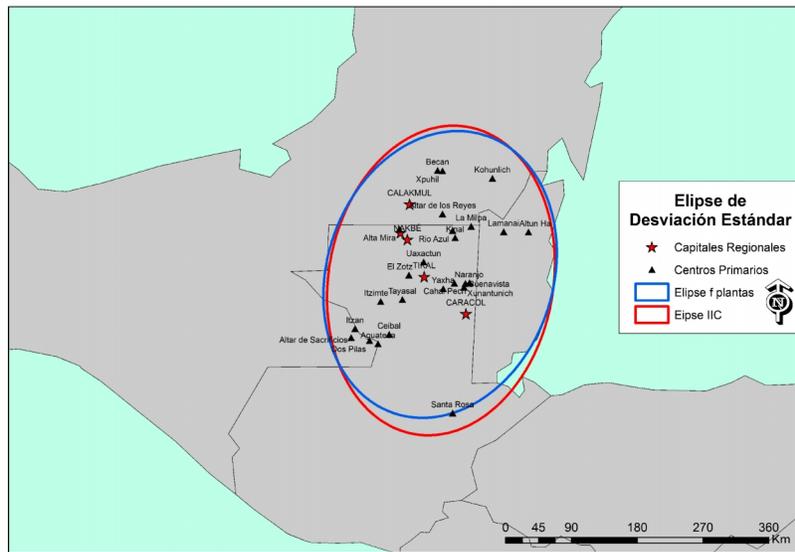


Figura 2.16 Elipse de desviación estándar para la distribución del registro arqueobotánico por la frecuencia de identificaciones y los valores acumulados del IIC

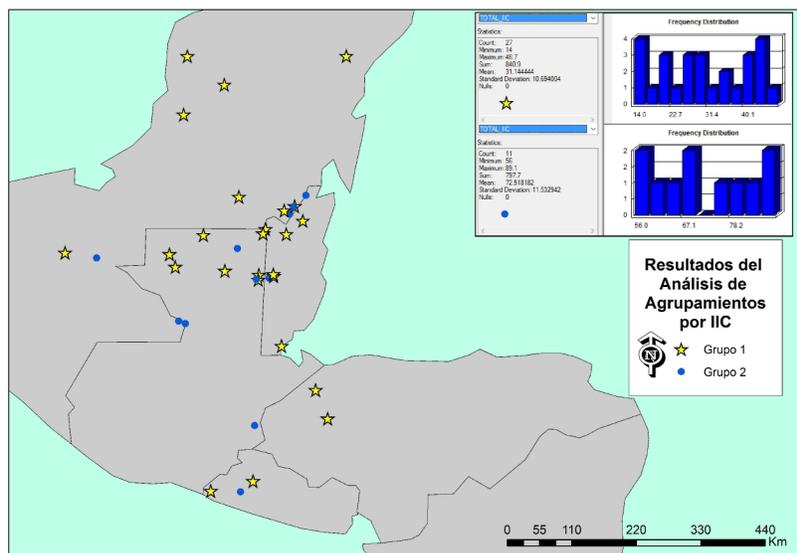


Figura 2.17 Agrupamiento espacial de sitios a partir de los valores del Índice de Importancia Cultural de las primeras 100 plantas. El grupo 1 indica sitios con valores bajos de valores acumulados del IIC. El grupo 2 indica sitios con altos valores acumulados del IIC

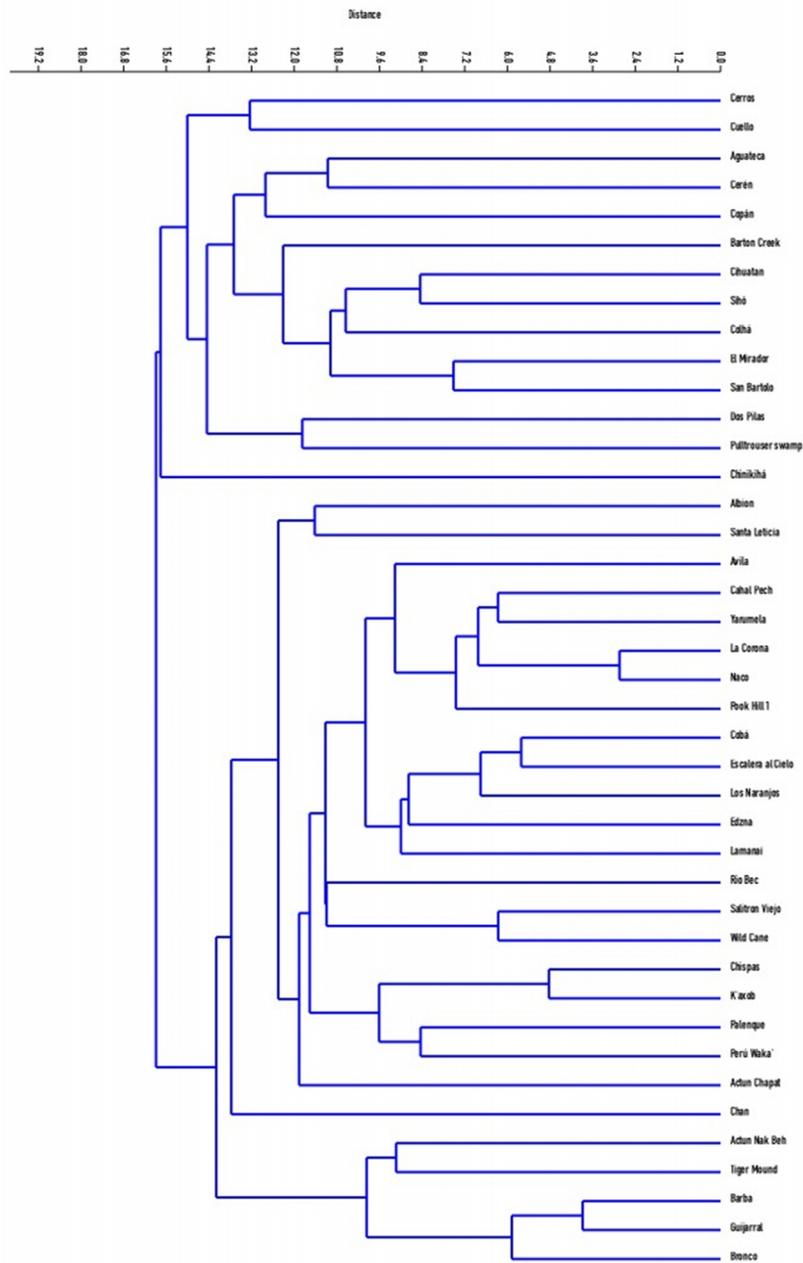


Figura 2.18 Dendrograma de obtenido por análisis de distancia Euclidiana entre sitios mayas por los valores del Índice de Importancia Cultural de las primeras 100 plantas. Coeficiente de correlación: 0.7986

CAPÍTULO III

DISCUSIÓN

3.1 PATRONES GENERALES DE LOS USOS DE PLANTAS EN EL ÁREA MAYA

Los estudios arqueobotánicos en el área maya, y en Mesoamérica en general, han abarcado principalmente el aspecto de la alimentación por su intersección en distintos aspectos de la organización social (Morehart y Morell-Hart, 2013). Lo anterior ha sido sustentado por la evidencia de macro y microrrestos de maíz, calabazas y frijoles y chiles desde periodos del Preclásico medio (Rosenswig *et al.*, 2015; Leyden, 2002; Pope *et al.*, 2001; Wiseman, 1978). Sin embargo, la importancia de las plantas en la época prehispánica no se limitó a las especies por sus usos alimenticios, sino también aquellas que fueron aprovechadas en distintos aspectos sociales (Morehart, 2011; Goldstein y Hageman, 2010).

Los resultados obtenidos indican que las primeras 10 plantas de la jerarquización del IIC consisten en plantas con múltiples usos como el nance, jícara y mamey. Sin embargo, también están representadas por el maíz, frijoles y calabazas, las cuales son tanto alimentos básicos como agentes activos de las actividades rituales mayas (Morehart, 2011). Otras especies con valores altos de IIC (>4.5) fueron el pino, el cual fue utilizado para construcción, combustible, elemento ritual y bien de intercambio (Lentz *et al.*, 2005; Morehart *et al.*, 2005); y el algodón que además de su uso como materia prima pudo haber tenido fines alimenticios o medicinales (Lentz *et al.*, 2014). Debido a que se había hipotetizado que los cultivos domesticados tendrían menor importancia por estar limitados al uso alimenticio, se rechaza la primera hipótesis.

Las primeras 10 especies de la jerarquización del IIC incluyen especies con alta representatividad en el registro arqueobotánico (>8). Sin embargo, algunas especies con valores medios en la jerarquización del IIC también presentan más de ocho registros, tales como el corozo (N=15), cocoyol (N=19), ficus (N=16), ciricote (N=12), jobo (N=16), entre otros. No obstante, las especies con menos de cinco registros como el *Sabal spp.* (N=5), *Croton sp.* (N=3), *Tabebuia sp.* (N=2), *Pimienta dioica* (N=2), *Nymphaeae sp.* (N=2), entre otros, tienen valores bajos del IIC (>2.0). En este sentido, la posición de los taxones

anteriormente mencionados en la jerarquización del IIC, pueden haber sido influenciados por la categoría de representaciones iconográficas. Por ejemplo, los atributos biológicos de *Nymphaea sp.* están representados ampliamente en cerámicas mayas del Clásico (McDonald, 2016), sin embargo se encuentra sub-representada en el registro arqueobotánico.

El patrón observado en la distribución de las plantas jerarquizadas por su valor del IIC sustenta la segunda hipótesis, debido a que el 22 % de los valores del IIC están representados por plantas con valores altos del IIC y tienen alta ubicuidad en el registro arqueobotánico (>8). Sin embargo, el 50 % de los valores del IIC están representados por alrededor de 40 taxones, las cuales no indican algún patrón específico. Por lo tanto, se propone que las especies culturalmente importantes tienen al menos dos usos y no necesariamente son las más ubicuas.

A continuación se discuten las implicaciones metodológicas y ecológicas subyacentes a la cuantificación de las especies en el IIC. Se presentan en dos sub- apartados: las primeras 10 especies de la jerarquización del IIC (Tabla 3.1), y una revisión general de los demás taxones registrados haciendo énfasis en su representatividad en el registro arqueobotánico.

Tabla 3.1. Sitios con evidencia de las primeras 10 plantas jerarquizadas por sus valores en el IIC. ¹= sitios con más de una publicación de sus registros arqueobotánicos (Ver Tabla 1.1), ²=contextos de cueva, ³= grupo de varias estructuras arqueológicas asociadas a un sitio principal, ⁴=incluye registros a nivel de género y especie.

Sitios	Maíz	Cacao	Pino	Nance ⁴	Jícara	Algodón	Frijoles	Calabazas	Mamey
Belize River Valley ²	x	x	x	x		x	x	x	
Aguateca ¹	x	x		x		x	x	x	x
Albion Island	x				x		x	x	
Avila	x		x						x
Guijarral ^{1, 3}	x			x					
Cahal Pech	x		x					x	
Cerén ¹	x	x		x	x	x	x	x	
Cerros ¹	x	x		x	x	x	x	x	x
Chan	x		x	x			x	x	x
Chinikihá	x	x	x	x	x				
Cihuatán	x	x	x			x	x		
Cobá	x						x	x	
Colhá	x	x							x
Copán ¹	x	x	x	x			x	x	
Don Martín	x				x		x		
Dos Pilas	x	x	x	x	x			x	
Edzna	x					x		x	
El Mirador	x	x	x	x					
Escalera al Cielo	x						x	x	
K'axob	x			x					
La Corona	x		x						
Lamanai	x		x						
Naranjos ¹	x						x		
Naco	x		x						
Palenque	x			x			x		
Perú Waka'	x			x			x		
Pook Hill ¹	x		x					x	
Psulltrouser Swamp	x	x			x			x	
Rio Bec	x		x	x					
Salitron Viejo	x			x					x
San Bartolo	x	x	x	x					
Santa Leticia	x				x		x		x
Sihó	x	x					x		
Tiger Mound				x					
Wild Cane	x			x					x
Yarumela	x		x					x	

3.1.1 Maíz (*Zea mays*)

El maíz es una de las plantas domesticadas con mayor presencia en toda Mesoamérica desde la época prehispánica resultando en la diversificación de variedades cultivadas (Staller, 2010; Tuxill *et al.*, 2010). Su importancia cultural radica, entre otros aspectos, por que ha sido utilizada en la preparación de diferentes platillos alimenticios que proveen cantidades suficientes de carbohidratos y proteínas (Zizumbo *et al.*, 2012). El cultivo del maíz ha formado parte del sistema agrícola de milpa en el área maya y Mesoamérica. En el área maya la evidencia temprana de polen del maíz se ha encontrado principalmente en la región del Peten en Guatemala desde el Holoceno medio (Leyden, 2002; Pope *et al.*, 2001) y para el Preclásico medio (300 a.C. – 250 d.C) en los sitios de Cuello y Cerros en Belice (Cliff y Crane, 1986; Miksicek *et al.*, 1981). Además de la importancia nutricional, los procesos asociados al cultivo del maíz se intersecta con elementos simbólicos y aspectos de la organización social de los mayas antiguos (Cagnato, 2017b; Cavallaro, 2013; Morehart, 2011). La alta representación del maíz en el registro arqueobotánico dificulta el reconocimiento de patrones regionales de uso. Su alta ubicuidad se debe tanto a factores de preservación como procesos culturales que permitieron la carbonización de granos, cúpulas y glumas del maíz. Otros procesos culturales como el desgrane del maíz, la nixtamalización, o la utilización de la mazorca como elemento ritual, pudieron haber favorecido la preservación diferencial de los elementos del maíz entre estructuras arqueológicas de un mismo sitio. Al respecto, Goldstein y Hageman (2010) señalan que el énfasis que han tenido las reconstrucciones de subsistencia mayas con base en el maíz ha conllevado a caracterizar su acceso y consumo de manera homogénea entre la sociedad maya. Lo anterior sugiere la importancia de analizar los restos arqueológicos del maíz en relación a otros taxones entre distintas muestras, bajo una perspectiva contextual que permita valorar el rol social del maíz en cada sitio (*sensu* Morell-Hart, 2014).

3.1.2 Cacao (*Theobroma cacao*)

Theobroma cacao es un árbol pequeño de la familia botánica Malvaceae (que incluye la familia Sterculiaceae donde antes se la ubicaba), cuyos frutos producen entre 25 y 40 semillas cada uno (McNeil, 2006). El árbol tiene como centro de diversificación el Amazonas en Sudamérica, y es la única especie del género *Theobroma* que se ha

cultivado extensamente (Wood y Lass, 2002). Las semillas y pulpa de los frutos son comestibles, y la pulpa puede ser utilizada para la preparación de bebidas combinadas con otros elementos vegetales (Ogata *et al.*, 2006). La evidencia etnobotánica y etnohistórica señalan su importancia en la sociedad maya por su valor ritual, medicinal y comercial (Gómez-Pompa *et al.*, 1990; Faust y Hirose, 2006; Thompson, 1956). Antes de los trabajos arqueobotánicos en el área maya, se había hipotetizado la importancia del cacao como “paleomoneda” y relacionada con el comercio itza y los enclaves cacaoteros de la región Chontalpa, Tabasco y Ulúa, Honduras (Piedad, 1990). Debido a las condiciones específicas para el cultivo del cacao, se había propuesto que los restos botánicos se recuperarían en contextos de terrazas agrícolas, sin embargo hasta el momento no se han encontrado dicha relación (Turner y Miksicek, 1984; Miksicek, 1983, 1988). Recientemente, la recuperación de restos de carbón y semillas de cacao en contextos domésticos en San Bartolo y Tikal en Guatemala (Santini, 2015; Lentz *et al.*, 2012) y Cerén, El Salvador (Lentz y Ramírez-Sosa, 2002), indican su cultivo en un sistema de arboricultura o en micronichos como rejolladas (Gómez-Pompa *et al.*, 1990). Evidencia indirecta de su cultivo doméstico o uso como leña se encuentra en los sitios de Chinikihá, Chiapas, y Chicolá, en Guatemala (Kaplan *et al.*, 2017; Trabanino, 2014). Por otra parte, la evidencia de restos de frutos (Cavallaro, 2013) y gránulos de almidón (Matos, 2014) en conjuntos domésticos de grupos sociales más modestos, plantea la pregunta de si era un recurso restringido o que permitía la integración de distintos grupos sociales.

3.1.3 Pino (*Pinus spp.*)

La distribución del pino en el área maya tiene una correspondencia con el aumento de diversidad florística desde la región central a las Tierras altas del sur. En la región central, incluyendo el norte de Chiapas y Guatemala, así como Belice, se reportan la presencia de dos especies de pino: *Pinus caribaea* Morelet y *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. (Carnevali *et al.*, 2011; Balick *et al.*, 2000). *Pinus oocarpa* se distribuye en regiones cálidas de Chiapas, Guatemala, El Salvador, Honduras, mientras que *Pinus caribaea* es dominante en Belice central y septentrional, en asociaciones edáficas en un área de sabana conocida como *El Jahuactal* en el sur de Quintana Roo y de manera limitada en el sur de Campeche, México (Lentz *et al.*, 2012; Carnevali *et al.*, 2011; Pennington y

Sarukhán, 2005; Martínez *et al.*, 2001). En cambio, en el resto de Chiapas y Guatemala, así como Honduras y El Salvador hay una mayor diversidad de especies de pinos (Farjon y Styles, 1997; Breedlove, 1986). En el registro arqueobotánico predominan las identificaciones a nivel del género *Pinus*. Una comparación entre el valor del IIC de *Pinus spp.* sin incluir las identificaciones a nivel de especies (5.7) y el valor del IIC combinando restos botánicos de *Pinus spp.*, *Pinus oocarpa* y *Pinus caribaeae* (5.0), confirma la importancia del pino como entidad biológica entre distintos grupos sociales en el área maya, manteniendo un valor alto del IIC (>4.5). La ubicuidad del pino entre distintos sitios, pese a su distribución natural limitada en las tierras bajas mayas, ha sido interpretado como evidencia de su participación en redes comerciales regionales (Lentz *et al.*, 2012). Lentz *et al.* (2005) encontraron evidencia del uso restrictivo del pino entre grupos sociales de una misma región asociados al sitio de Xunantunich, Belice, siendo limitada por las relaciones económicas locales. El valor simbólico del pino, también lo hacía un elemento básico en las actividades rituales como entierros y peregrinaciones a cuevas (Dussol *et al.*, 2016; Morehart, 2011). Más allá de su valor económico, la baja representatividad del pino en algunos sitios como San Bartolo (Santini, 2015) y Avila (Morehart, 2006), pudieran ser reflejo de la preservación diferencial influenciada por el tipo de aprovechamiento que se le daba en cada sitio.

3.1.4 Nance (*Byrsonima crassifolia*)

Byrsonima crassifolia es una especie sudamericana con distribución amplia incluyendo el área maya, presente de manera frecuente en sabanas tropicales en asociación con *Curatella americana* L. y jícara (*Crescentia cujete*), pero también en bosques secundarios, subperennifolios, inundables y caducifolios (Pennington y Sarukhán, 2005; Flores y Espejel, 1994). En el área maya también se encuentra *Byrsonima bucidifolia* Standl., la cual es endémica en la región y conocida en maya yucateco como chi' y sak paj (Carnevali *et al.*, 2011). La jerarquización de las plantas por el IIC indica la importancia cultural tanto de las especies identificadas a nivel del género *Byrsonima* (5.5) como a nivel de especie, como *Byrsonima crassifolia* (5.3). Lo anterior se debe principalmente a que se asignaron para las dos identificaciones un valor en la categoría de representación iconográfica. Sin embargo, hay una mayor predominancia de restos botánicos identificados a nivel de género (N=16) en comparación con las identificaciones a nivel de

especie (N=11). De manera comparativa, al incluir las dos identificaciones en un solo registro, el valor del IIC mantuvo un valor alto (>4.5). Dado que el nance se distribuye en una diversidad de tipos de vegetación, los mayas antiguos pudieron haberla aprovechado de sabanas naturales, cultivadas en huertos familiares o manejadas dentro del sistema de milpa (*sensu* Trabanino, 2014; Ford y Nigh, 2016). Los carbones arqueológicos son evidencia arqueobotánica que sustenta la hipótesis del cultivo de nance, los cuales se encuentran en los sitios de San Bartolo (Santini, 2015), Chinikihá (Trabanino, 2014), Chan (Lentz *et al.*, 2012). Distintos autores han reconocido la importancia de especies nativas en la regeneración ecológica de los bosques influenciados por la agricultura tradicional de los grupos mayas actuales (Diemont *et al.*, 2011). Al ser una especie nativa, el nance también pudo ser una especie importante en el mantenimiento de la diversidad biológica, ya que el aceite de sus flores son recolectadas por las abejas *Centris spp.*, las cuales polinizan otros árboles (Vinson *et al.*, 1997). En relación a lo anterior, se puede interpretar la importancia cultural del nance por que sus beneficios ecológicos eran percibidos y manejados por los mayas quienes realizaban una variedad de prácticas de subsistencia.

3.1.5 Jícara (*Crescentia kujete*)

El género *Crescentia* tiene seis especies ampliamente distribuidas en América tropical desde México y las Indias Orientales hasta el amazonas de Brasil (Gentry, 1980). En la península de Yucatán solo se tiene registro de *Crescentia kujete*, la cual tiene una distribución amplia en México hasta el sur de Brasil (Carnevali *et al.*, 2011; Balick *et al.*, 2000). *Crescentia alata* Kunth también tiene distribución amplia, pero en el área maya se encuentra principalmente en la costa del Pacífico (Gentry, 1980). El registro arqueobotánico reporta identificaciones de *Crescentia kujete* y *Crescentia alata*. Sin embargo existen registros cuya identificación solo pudo lograrse a nivel de género, por lo tanto pueden corresponder a cualquiera de las dos especies mencionadas. En el registro arqueobotánico hay una predominancia de identificaciones de *Crescentia spp.* a partir de fragmentos de la cáscara de su fruto. Al obtener el valor del IIC combinando los registros arqueobotánicos identificados a nivel de género (*Crescentia*) y a nivel de especie (*Crescentia alata* y *Crescentia kujete*), su valor disminuye de 5.2 a 4.8 pero sigue siendo un valor alto de importancia cultural (>4.5). Lo anterior sostiene la hipótesis de su importancia cultural como entidad biológica independientemente de la ocurrencia de

varias especies en una misma región. La evidencia arqueológica, iconográfica, etnohistórica y etnobotánica indican la importancia de los frutos de la jícara por sus frutos para elaboración de recipientes cotidianos y como elemento simbólico (Tedlock, 2002). Además, se ha encontrado evidencia de carbón de *Crescentia spp.* en contextos de basureros domésticos, lo cual sugiere su uso como materia prima y leña para combustión (Santini, 2015; Trabanino, 2014). *Crescentia cujete* es tolerante a ambientes saturados de agua, y pudo haber sido aprovechada localmente en sitios con ambientes inundados estacionalmente como Aguateca y Dos Pilas en el sur del peten guatemalteco, y en la región de tres ríos en el noroeste de Belice (Dunning *et al.*, 1998). El aprovechamiento local de especies de jícara se sustenta por la evidencia restringida de *Crescentia alata* en la costa del Pacífico, utilizada para almacenamiento y en actividades de preparación de alimentos (Farahani *et al.*, 2017a). Lo anterior plantea la posibilidad de su importancia como recurso de intercambio a sitios de la región del Petén y el norte de la Península de Yucatán, en donde no se ha encontrado evidencia de carbón o frutos.

3.1.6 Algodón (*Gossypium hirsutum*)

Las fuentes etnohistóricas y etnográficas indican que el algodón *Gossypium hirsutum* L. fue ampliamente cultivado en toda Mesoamérica durante la época prehispánica para la elaboración de textiles (Wegier, 2016). Pese a su importancia como materia prima, el algodón tiene una baja representación en el registro arqueobotánico maya (N=8) pero un alto valor de IIC (5.2). Lo anterior es explicado por la ubicuidad de las representaciones iconográficas de ropas de algodón en vasijas cerámicas del periodo Clásico (Chase *et al.*, 2008). Sin embargo, no se incluyeron en el índice las evidencias de textiles de algodón recuperados en distintos contextos arqueológicos (Morehart, 2011). La evidencia iconográfica sustenta el uso restringido de textiles de algodón por grupos de elite, y su función como recurso tributario durante el periodo Clásico. Con respecto a la importancia de la elaboración de textiles, las fuentes etnohistóricas indican que los mayas de la montaña estaban encomendados a la producción de mantas de algodón (patí) para su posterior comercio (Bracamonte, 2001). Pese a la omisión de las evidencias textiles en el Índice de Importancia Cultural, el registro arqueobotánico sustenta el cultivo de algodón para varios fines. Se ha interpretado por analogía etnobotánica que la presencia de semillas en contextos domésticos e los sitios en Cerén y Aguateca, pudieran ser indicio de

su uso alimenticio o medicinal (Lentz *et al.*, 2014; Lentz y Ramírez-Sosa, 2002; Lentz, 1999). Actualmente, distintos elementos vegetales de la planta de algodón son utilizados por los grupos mayas en el padecimiento de asma, dolor de huesos, dolor de oído y convulsiones (Wegier, 2016). Además del uso medicinal, se ha interpretado su empleo como material de ofrendas rituales agrícolas en la cueva de Barton Creek, Belice (Morehart, 2011). Con los datos obtenidos, no es posible evaluar la importancia del algodón de manera satisfactoria. Una posterior reevaluación de la evidencia macrobotánica en conjunto pudiera correlacionarse con las rutas de comercio prehispánicas.

3.1.7 Frijoles (*Phaseolus spp.*)

El frijol (*Phaseolus spp.*) fue utilizado desde la época prehispánica por sus beneficios nutricionales (proteínas, minerales y vitaminas) y ecológicos al ayudar a fijar nitrógeno en el suelo y promover el crecimiento de las calabazas y el maíz en el sistema milpa (Zizumbo *et al.*, 2012). Además de su importancia en la alimentación cotidiana, los mayas prehispánicos incluían el frijol como parte de los elementos que daban significado a los rituales en cuevas (Morehart, 2011) y en depósitos especiales (Lentz *et al.*, 2016). En cuanto al registro arqueobotánico del frijol, predominan las identificaciones a nivel de género las cuales tienen un valor alto en el IIC (4.9), en comparación las identificaciones del frijol común tienen un valor del IIC de 1.5. Por otra parte, el registro del frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) no fue incluido en la construcción del IIC por omisión, sin embargo se han encontrado evidencias en Ceren (Kaplan *et al.*, 2015), K'axob (Dedrick, 2013) y Tikal (Lentz *et al.*, 2012). Al combinar el valor del IIC de las diferentes identificaciones del género *Phaseolus* (4.4) se observó una disminución con respecto al valor del IIC con solo las identificaciones a nivel de género (4.9). No obstante, la importancia de los frijoles a nivel de género en el IIC se debe a la propuesta de lectura del logograma T709 como IB, frijol lima (Tokovinine, 2016) y bu'ul, frijoles en general (Donatiello, 2015). En particular, la lectura hipotética del logograma IB (Figura 3.1) está sustentada por su referencia en vasijas cerámicas, como topónimo y parte de títulos de gobernantes predominantemente en el Clásico, y específicamente en el Clásico tardío (Tokovinine, 2016).



Figura 3.1 Logograma T709 interpretado como IB (Tokovinine, 2016)

Pese a las condiciones de preservación diferencial, la revisión general del registro arqueobotánico sustenta el consumo de frijoles cultivados y silvestres por los mayas antiguos. Al respecto, las diferencias en el tamaño de cotiledones carbonizados del frijol común en el sitio de Cerén sugieren que en ese sitio los mayas del Clásico tardío integraron a su dieta elementos silvestres (Kaplan *et al.*, 2015). En este sentido, evidencia de *Phaseolus coccineus* L. también ha sido recuperado en Tikal, Guatemala (Lentz *et al.*, 2012). La alta diversidad de frijoles para el Clásico maya sugiere que su cultivo formaba parte del manejo múltiple de la vegetación, o de manera alternativa los frijoles estaban sometidos a procesos diferenciales de domesticación.

3.1.8 Calabazas (*Cucurbita spp.*)

Las calabazas fueron uno de los tres cultivos básicos en la alimentación prehispánica (Zizumbo-Villareal *et al.*, 2012; Lira *et al.*, 2016). Además de la importancia nutricional, el cultivo de la calabaza ofrece beneficios ecológicos ya que el habito rastrero y la secreción de cucurbitacinas protege el área cultivada de insectos (Zizumbo-Villareal *et al.*, 2012). En la actualidad se cultivan cuatro especies cuya domesticación ocurrió fuera de Mesoamérica: *Cucurbita argyrosperma* K. Koch., *Cucurbita pepo* L. (ts'ool), *Cucurbita moschata* Duchesne (k'uum) y *Cucurbita ficifolia* Bouché (chilacayote) (Lira, 2016; Carnevali *et al.*, 2011). En el registro arqueobotánico predominan las identificaciones a nivel del género *Cucurbita*, las cuales tienen un valor alto del IIC (4.9). Por su parte, los valores bajos de *Cucurbita pepo* (1.5) y *Cucurbita moschata* (0.7) sugieren procesos de preservación diferencial. Sin embargo, al comparar los valores del IIC combinando los géneros y especies de las calabazas, se observa una disminución del valor del IIC de las calabazas (4.4) con respecto a los valores del IIC de solo las identificaciones genéricas. El patrón de disminución de valores del IIC combinando el número de identificaciones en los frijoles y las calabazas sugiere que hay procesos culturales que están influyendo en la representación regional de restos botánicos. Morell-Hart (2011) encontró microrrestos de

distintas especies de calabazas (*Cucurbita spp.*, *Cucurbita andreana* Naudin, *Cucurbita máxima* Duchesne y *Cucurbita moschata*), pero no recuperó macrorrestos botánicos de calabazas cultivadas. Lo anterior es interpretado como reflejo de los procesos culturales de alimentación como la preparación, consumo y descarte en distintas áreas de actividad. La importancia cultural de las calabazas por sus usos alimenticios y como elemento de actividades rituales (Morehart, 2011), sugiere que los mayas reconocían distintas especies pero no había una selección específica. De manera alternativa, los mayas antiguos pudieron haber utilizado distintas formas de calabazas dependiendo de los requerimientos locales para su cultivo o preferencias culturales. En este sentido, las diferencias en la preservación de los restos botánicos y los daños térmicos en gránulos de almidón asociados a prácticas de alimentación en cada sitio (Simms, 2014; Simms y Bey, 2008), pudieran dar indicios de las presiones selectivas en distintas variedades de calabazas.

3.1.9 Mamey (*Pouteria sapota*)

El mamey es una especie de la familia Sapotaceae, ampliamente distribuida y utilizada en el área maya por sus frutos para consumo alimenticio y también por su madera para distintos fines, entre ellos la construcción y fines medicinales (Carnevali *et al.*, 2011; Balick *et al.*, 2000). El registro arqueobotánico de *Pouteria sapota* tiene un valor alto del IIC (4.6) con respecto a las identificaciones de restos botánicos a nivel del género *Pouteria* (2.3.). En la PBPY que incluye el norte del Petén guatemalteco y el norte de Belice, se encuentran otras especies de *Pouteria*, las cuales son: *Pouteria amygdalina* (Standl.) Baehni, k'aniste' (*Pouteria campechiana* (Kunth) Baehni), *Pouteria durlandii* (Standl.) Baehni, chóhch (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk. *ssp. glomerata*) y zapotillo (*Pouteria reticulata* (Engl.) Eyma *ssp. reticulata*). Al incluir los registros arqueobotánicos con identificaciones a nivel de especie y género el valor de *Pouteria spp.* aumentó de 4.6 a 5.5. La presencia de carbón y semillas en contextos de elite (Trabanino, 2014) y no elite (Cavallaro, 2013) no permite reconocer restricciones en cuanto a su uso. En relación a lo anterior, la evidencia arqueobotánica sustenta el cultivo de especies de *Pouteria spp.* bajo un sistema de manejo de arboricultura desde el Preclásico hasta el Posclásico (Trabanino, 2014; Lentz y Hockaday, 2009; Cliff y Crane, 1989). Sin embargo, la ubicuidad del mamey pudiera ser explicado por su preferencia como combustible. En este

sentido, Dussol *et al.* (2016) encontraron evidencia de condiciones favorables de preservación del chicozapote, otra especie de la familia Sapotaceae y que pudiera compartir propiedades de combustión con *Pouteria spp.* La importancia del mamey como miembro de la familia Sapotaceae se sustenta por su abundancia en sitios distribuidos desde el Peten a El Salvador y Honduras (Thompson *et al.*, 2015; Trabanino, 2014).

3.1.10 Otras plantas culturalmente importantes

La discusión de las primeras 10 plantas del IIC demuestra que existen procesos de preservación diferencial que están influyendo en la interpretación de su importancia cultural. Por lo tanto, no se está representando la variación de las plantas con múltiples usos. Los valores medios del IIC (<4.5) están constituidos por 22 taxones que acumulan aproximadamente el 22 % de los valores totales del IIC. Los grupos de plantas que están en este grupo son: maderables, acuática (*Nymphaea ampla*) y palmeras. Entre las especies maderables se encuentran *Persea spp.*, *Astronium graveolens*, *Croton spp.*, *Tabebuia sp.*, *Ceiba pentandra*, *Pimienta dioica*, *Pterocarpus sp.*, *Cecropia sp.*, ramón, *Ficus spp.*, siricotes (*Cordia spp.*), chaka' (*Bursera spp.*), anonas (*Annona spp.*), palo tinto (*Haematoxylum campechianum*). Los valores medios del IIC de las especies mencionadas es explicado en parte por los usos interpretados de sus registros arqueobotánicos. Por ejemplo, las identificaciones del aguacate a nivel de especie (*Persea americana*) predominan sobre las identificaciones a nivel del género *Persea*. Sin embargo, al combinar las identificaciones por género y especie un IIC compuesto, se observó un incremento de los valores del IIC (5.3). De este modo, los aguacates son caracterizados como plantas con uso múltiple, ya que las identificaciones a nivel de especie solo tenían un uso interpretado como alimento, en comparación con las identificaciones a nivel de género con cuatro usos interpretados. No obstante, los valores del IIC de los siricotes (2.3) y el palo tinto (2.1) disminuyen al combinar las identificaciones de géneros y especies de sus registros arqueobotánicos (2.2 y 2.0 respectivamente). Pese a lo anterior, las plantas con uso múltiple, incluyendo el alimenticio, contribuyen al 50 % de los valores totales del IIC.

De las plantas con valores medios, el ramón es un ejemplo de la influencia de subrepresentación arqueobotánica en la cuantificación de su importancia cultural. Con base en la evidencia etnohistórica, etnográfica y ecológica se había hipotetizado la

importancia del ramón en la época prehispánica por ser una especie con uso múltiple (Puleston, 1982, Terán y Rasmussen, 1995), sin embargo se carecía de sustento arqueobotánico (Lentz, 1999). La revisión comparativa de la literatura arqueobotánica indica que pese a las condiciones de preservación, el ramón tiene representación media (<10) en el registro arqueobotánico del área maya (N=9) (Dussol *et al.*, 2016b; Santini, 2015; Matos, 2014; Trabanino, 2014; Cavallaro, 2013; Lentz *et al.*, 2012; Beltrán Frias, 1987).

Otras plantas de uso múltiple con valores medios y bajos en el IIC (>4.5), son las palmeras: sabales (*Sabal spp.*) (3.8), corozo (3.1), el cocoyol (2.6) y *Bactris spp.* (1.5). En comparación con el número de registros arqueobotánicos de corozo (N=15) y cocoyol (N=19), los sabales tienen baja representación de restos botánicos (N=5). Lo anterior se explica por la consideración de la lectura hipotética del logograma A27 como XAN (Prager y Wagner, 2016), nombre empleado en el área maya para varias especies del género *Sabal*, las cuales son aprovechadas por sus hojas para construcción de techos y artesanías, sus frutos como alimento, entre otros usos (Caballero, 1993).



Figura 3.2 Logograma A27 interpretado como XAN (Prager y Wagner, 2016)

Sin embargo, Prager y Wagner (2016) mencionan que la lectura XAN del logograma A27 hace referencia al término genérico de palmera (*uch'ibalil xa'an*), y constituye una imagen prototípica de cualquier palmera o elemento vegetal de palma en el sistema de escritura de los mayas antiguos. Los autores sustentan su hipótesis en la representación del logograma como topónimo, un término botánico nativo, indicador de materiales en vasijas cerámicas y como elemento de nombres de los gobernantes o personajes de elite (Prager y Wagner, 2016). Lo anterior implica que la omisión del logograma A27 a otras palmeras representadas en el registro arqueobotánico, influyó en la jerarquización de los registros por el IIC.

Los valores bajos del IIC (<2.0) están constituidos por algunas plantas con un solo uso interpretado y con presencia media en el registro arqueobotánico (<10 registros), los

cuales pueden ser agrupados en tres grupos: maderables, herbáceas y cultivos anuales. Entre las especies maderables están las siguientes especies: *Spondias spp.*, *Aspidosperma spp.*, copal (*Protium spp.*), *Terminalia spp.*, *Lonchocarpus sp.*, *Casearia spp.*, *Anacardium occidentale*, *Licaria sp.* *Acacia sp.*, *Metopium sp.* El bajo valor de especies maderables que incluyen árboles frutales y con valor simbólico (Morehart, 2011) puede explicarse no por el número de registros arqueobotánicos, sino por los usos interpretados. Por ejemplo, al combinar las identificaciones por género y especie del copal (*Protium spp.*) se observa el incremento de su representatividad en el registro arqueobotánico (N=13), pero no de su valor del IIC (1.6). En cuanto al grupo de plantas herbáceas con presencia baja en el registro arqueobotánico (>4) se encuentran los siguientes taxones: *Amaranthus spp.*, *Chenopodium spp.*, chiles (*Capsicum spp.*), *Scleria spp.*, *Ipomoea spp.*, *Oenothera spp.*, *Solanum spp.*, *Passiflora spp.*, *Typha spp.*, *Cyperus spp.*, *Portulaca spp.*, *Helianthus spp.*, *Cladium spp.*, *Scirpus spp.*, *Baltimora recta*, *Melampodium sp.*, *Tihonia sp.*, entre otras. Todas las especies mencionadas tienen al menos un uso interpretado y están asociadas al sistema milpa, vegetación halófila y abierta.

La evidencia arqueobotánica en el área maya sustenta la hipótesis del uso de especies herbáceas para distintos fines como elementos comestibles, medicinales y como elementos constructivos. Por ejemplo, hasta la síntesis de Lentz (1999), no se había encontrado evidencia del uso de *Amaranthus spp.* por lo mayas antiguos. Sin embargo, restos arqueobotánicos de amaranto han sido recuperados en sitios de Belice y Honduras (Morell-Hart *et al.*, 2014; Dedrick, 2013; Hageman y Goldstein, 2009), los cuales son interpretados como parte de las plantas aprovechadas por los mayas durante el Clásico.

Los bajos valores del IIC de especies para fines medicinales en el registro arqueobotánico coincide con la baja representación de restos botánicos con uso medicinal en el sitio de Teotihuacán, México (Vázquez *et al.*, 2014). Lo anterior se explica por la diversidad de especies medicinales y la falta de evidencias arqueobotánicas comparativas (Cagnato, 2017b; Vázquez *et al.*, 2014).

A modo de resumen, la evidencia arqueobotánica provee evidencia de que los mayas antiguos aprovechaban principalmente especies con usos múltiples, las cuales aportaron los valores más altos al IIC (>4.5). Lo anterior está sustentado por la evidencia

etnobotánica de los grupos indígenas en Mesoamérica, en donde el 50 % de las plantas reportadas tienen más de un uso, y el 25 % tienen más de cinco usos (Caballero *et al.*, 1998).

3.2 DIVERSIDAD FLORÍSTICA APROVECHADA POR LOS MAYAS ANTIGUOS

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican una correspondencia parcial entre la riqueza florística y la diversidad de usos de las familias del registro arqueobotánico. Lo anterior puede ser explicado por la preservación diferencial de los restos botánicos, sin embargo, de la Torre *et al.* (2009) han indicado que la riqueza florística es un estimador pobre de la intensidad de usos etnobotánicos. Pese a lo anterior, se encontraron patrones de similitud entre las familias de los sitios por regiones florísticas.

Las familias con mayor riqueza florística en la PBPY, Belice, Honduras y el norte de Chiapas, y que tienen correspondencia con todos los sitios son Fabaceae, Poaceae y Bignoniaceae. La familia Fabaceae es una de las más utilizadas en el área maya actualmente y en el pasado (Thompson *et al.*, 2015; Flores, 2001; Balick, 2000). Los sitios analizados tienen en común las identificaciones del frijol (*Phaseolus spp.*), y de manera limitada *Acacia spp.* y *Lysiloma spp.* Los registros de *Lysiloma* son los únicos con más de dos usos interpretados y menor presencia de restos botánicos, pero se encuentran en los sitios de la PBPY y Belice, los cuales tienen baja similitud. De manera comparativa, los registros de *Acacia* tienen mayor presencia de restos botánicos y menos usos interpretados, pero se encuentran en los sitios de Belice y el norte de Chiapas, los cuales tienen la mayor similitud con respecto a las otras regiones. El mismo patrón ocurre para el grupo de Poaceae y Bignoniaceae. Lo anterior sugiere que hay una correspondencia limitada entre la flora aprovechada por los mayas antiguos y las familias con mayor riqueza en las regiones analizadas.

Al comparar las diferencias entre las familias por los sitios de las regiones florísticas, se encontraron correspondencias parciales con sus floras locales. La familia Moraceae y Lauraceae están compartidas en los sitios de las regiones de Belice y el norte de Chiapas. Sin embargo, solo en el norte de Chiapas hay una correspondencia con las especies de la familia Lauraceae como el aguacate (*Persea americana*) y de Moraceae como el *Ficus*

spp. y el ramón (*Brosimum alicastrum*). En el sitio de Tikal, Guatemala, la familia Lauraceae es la más abundante entre los restos botánicos y la flora circundante, mientras que el ramón es la especie de la vegetación actual del sitio con mayor frecuencia de usos (Thompson *et al.*, 2015). Pese a lo anterior, la familia Lauraceae y Moraceae están representadas por menos de siete taxones. Esto conlleva a sugerir que los mayas antiguos utilizaban de manera limitada especies de familias con baja riqueza florística.

La correspondencia entre familias del registro arqueobotánico explica la co-ocurrencia del uso de plantas culturalmente importantes en distintas regiones florísticas. La familia Arecaceae, la cual contiene las especies con más usos interpretados, se corresponden con las primeras 20 familias de Belice y Honduras. Sin embargo, de los 10 taxones de Arecaceae identificados en el registro arqueobotánico del área maya, nueve se reportan en los sitios de Belice y solo dos en los sitios de Honduras. Las especies compartidas incluyen el cocoyol, el cual se hipotetiza fue introducido en el valle Copán en el período Clásico por los grupos mayas (Lentz, 1990). Pese a la alta diversidad florística actual de palmas en Honduras con respecto a Belice (Balick *et al.*, 2000), no se observó una correspondencia entre familias con baja diversidad florística y un incremento de las especies utilizadas. Lo anterior puede corroborarse con las comparaciones entre los grupos de Apocynaceae, la cual es la más abundante en el registro arqueobotánico de Tikal (Thompson *et al.*, 2015), y Bignoniaceae que se comparten en las cuatro regiones analizadas.

La correspondencia de sitios por familias con especies culturalmente importantes y que no están representadas en las primeras 20 familias de su flora, sugiere el uso de especies locales en distintas formas de manejo. En los estudios de la subsistencia maya prehispánica se han propuesto dos modelos asociados al manejo de la vegetación: el “bosque artificial” (Wiseman, 1978) y el mosaico manejado (Lentz *et al.*, 2014; Fedick, 1996;). Estos modelos permiten interpretar la plantas aprovechadas de familias con alta y baja riqueza, en términos del aprovechamiento múltiple de una diversidad de ambientes y micronichos (*sensu* Coe y Flannery, 1972). Sin embargo, se reconoce que hay una tendencia hacia el uso de plantas de familias con baja riqueza florística. Debido a los sesgos metodológicos, no es posible abordar satisfactoriamente la hipótesis del manejo

de la diversidad florística en el pasado (Thompson *et al.*, 2015; Trabanino, 2014; Ross, 2011).

3.3. IMPLICACIONES DE LA COMPARACIÓN ESPACIAL DE LA DIVERSIDAD VEGETAL Y SUS USOS

La literatura etnobotánica de los grupos mayas indica que las plantas con uso múltiple conllevan el reconocimiento de categorías de calidad compartidas entre un conjunto de plantas (Sánchez, 1993; Álvarez, 1980). La correspondencia entre sitios de la región de la Meseta Kárstica Central y diversidad de especies con uso múltiple, sugiere la importancia del maíz, cacao, algodón y las palmeras por su uso extensivo durante el periodo Clásico. En cambio, también las especies maderables se encontraron correspondidas con el patrón de uso múltiple en la región central pero de manera diferencial entre sitios. Por lo tanto, se apoya la hipótesis de que los sitios tendrán más frecuencia de plantas con uso maderable que el conjunto de plantas alimenticias.

Con excepción de los sitios Rio Bec y Perú-Waka', los sitios con mayor diversidad de plantas culturalmente importantes se distribuyen desde el norte de El Petén guatemalteco y Chiapas, hacia Belice central y el Salvador. Por lo tanto, no hay una correspondencia total entre los sitios y la Meseta Kárstica Central. Sin embargo, sí incluye una porción significativa de la Meseta Kárstica Central, asociada a la intersección de seis regiones fisiográficas (Wilson, 1980) asociadas a 13 regiones con potencial agrícola diferencial (Dunning *et al.*, 1998). En conjunto, estas regiones incluyen una diversidad de tecnologías para el manejo del agua asociadas a la demanda agrícola por el incremento poblacional durante el periodo Clásico (Seefeld, 2017; Scarborough *et al.*, 1991, 2012). En relación al impacto en el ambiente como consecuencia de la intensificación agrícola, se ha señalado que el registro polínico no es un buen indicador de cambios en la vegetación y sí lo es para indicar la composición florística de los sistemas de subsistencia pasados (McNeil, 2012; Ford, 2008). Los resultados obtenidos apoyan la hipótesis del uso de especies de distintas fases de regeneración y formas de manejo de la vegetación (*sensu* Ford, 2008). Entre las especies arbóreas culturalmente importantes que se corresponden con los registros polínicos de núcleos de sedimentos están el nance, sapotáceas, fabáceas, pino, y entre las herbáceas los amarantos y poáceas (Douglas *et al.*, 2016; Leyden, 2002).

La amplia distribución de los registros de especies con uso múltiple, sugiere el reconocimiento de propiedades específicas aprovechadas entre distintos grupos sociales. Desde la perspectiva agroecológica, los grupos sociales que mantuvieron una relación con sistemas regionales de mercado y alianzas económicas, se diferencian de pequeños productores que fomentarían una mayor diversidad de plantas (Netting, 2006; Pyburn, 1988). La concentración de la diversidad de especies en la región central está distribuida entre contextos de elite y gente común, lo cual sugiere que estaban involucrados en sistemas regionales de intercambio comercial (Lentz *et al.*, 2014, 2015). Lo anterior pudiera explicar la importancia cultural de plantas con poca evidencia de su producción local como el cacao y pino; y especies involucradas en subproductos vegetales como la jícara, palo tinto y algodón.

Otros procesos además de los culturales y climáticos estarían influenciando la concentración de especies con uso múltiple en la región central. Dussol *et al.* (2016) han reconocido como factores de preservación diferencial las propiedades físicas y químicas de algunas maderas culturalmente importantes. Por ejemplo, bajo condiciones de combustión, el ramón tiene menor representación con respecto al chicozapote. Los resultados del IIC en la presente investigación indican que el ramón tiene más importancia cultural que el chicozapote. Sin embargo, la familia Sapotaceae tiene más registros de especies con importancia cultural que Moraceae. La importancia histórica de la familia Sapotaceae en la sociedad maya se sustenta por la variedad de usos del mamey el chicozapote entre grupos mayas actuales (Breedlove y Laughlin, 1993; Sanchez, 1993; Mendieta y del Almo, 1981; Barrera-Marin *et al.*, 1976).

En relación a los sesgos analíticos, la concentración de la diversidad de usos en la región de la MKC, es mejor explicado como un artefacto metodológico. La literatura arqueobotánica indica que pese a los métodos de recuperación, existe una influencia del tipo y cantidad de contextos muestreados. Una comparación entre dos de los sitios con mayor porcentaje de valores acumulados del IIC, Chinikihá y San Bartolo, revela que existe una menor representatividad de restos botánicos en San Bartolo. Lo anterior puede ser explicado por que en el sitio de San Bartolo se incluyeron muestras *in situ* de un depósito de agua y basurero doméstico, mientras que en Chinikihá se tomaron muestras para flotación en un basurero doméstico, entierros y pozos de sondeo (Santini, 2015;

Trabanino, 2014). Otra posibilidad de variación en el registro arqueobotánico es la limitada cantidad de estudios multi-proxys (Morehart y Morell-Hart, 2013). Con respecto a las diferencias de estudios de distintos restos botánicos, uno de los agrupamientos del análisis de similitud resultó en sitios enfocados en los carbones arqueológicos (Dussol, 2016; Santini, 2015; Trabanino, 2014). Pese a las limitaciones metodológicas, el entendimiento de la variabilidad de usos de plantas a partir de restos botánicos debería considerar categorías de calidad (*sensu* Sánchez, 1993) asociadas a la representatividad de los restos de plantas culturalmente importantes.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

4.1 CONCLUSIONES

La presente investigación abordó el estudio del conocimiento de la flora de los mayas prehispánicos, tal como lo indica la evidencia de restos botánicos y sustentada por los registros etnobotánicos y florísticos de la región. La primera hipótesis planteó que debido al uso múltiple de la vegetación y la diversidad de plantas utilizadas por los mayas contemporáneos, las plantas más importantes fueron las de uso múltiple. Los resultados confirman la hipótesis, y sugieren la continuidad histórica de un rango de plantas conocidas por estudios etnobotánicos, etnohistóricos y arqueobotánicos. La segunda hipótesis planteó que existe una correspondencia entre la diversidad florística de la PBPY, Belice, Honduras, el norte de Chiapas y la diversidad de plantas aprovechadas en el pasado. La comparación entre las floras actuales con los restos botánicos indican una baja similitud, permitiendo rechazar la hipótesis. Sin embargo, se encontró una co-ocurrencia entre familias del registro arqueobotánico, indicando el aprovechamiento selectivo de plantas independientemente de la riqueza florística de sus familias. La tercera hipótesis abordó la relación de la variabilidad de usos y los sitios mayas. Se identificó una mayor frecuencia de plantas con uso múltiple para fines maderables en la región central maya. Por lo tanto, se apoya la hipótesis y se sugiere que la variabilidad de usos es reflejo parcial de las presiones selectivas de un rango de plantas.

Con la pérdida progresiva de la biodiversidad y el conocimiento tradicional relacionado al uso y manejo de las plantas, la arqueobotánica permite entender la continuidad y los cambios históricos de las relaciones de los mayas prehispánicos con su vegetación. Por lo tanto, la presente investigación resalta la importancia que tienen evaluar los factores metodológicos, analíticos y tafonómicos que influyen en las interpretaciones de los restos arqueobotánicos de sitios mayas. La revaluación de las interpretaciones de los usos de las plantas conforme se reporten más evidencias, permitirán la formulación de nuevas preguntas sobre el impacto antropogénico en la vegetación.

4. 2 PERSPECTIVAS

Una consideración general de la influencia de la preservación diferencial en los análisis comparativos permite proponer las siguientes observaciones para futuros trabajos arqueobotánicos relacionados al uso y manejo de la diversidad de plantas en la época prehispánica.

1. Se deben incluir las cuantificaciones de las plantas por distintos grupos taxonómicos, y por su abundancia entre distintas muestras y contextos. Para identificar las relaciones entre grupos de plantas es necesario replantear las categorías y procesos analíticos para incorporar distintas clases de restos botánicos dependiendo de cada contexto arqueológico.
2. Considerando la baja preservación de caracteres diagnósticos, es necesario realizar tratamientos taxonómicos para los géneros cuya identificación resulte problemática a nivel de especie, como los macrorrestos del pino, la familia Sapotaceae, nance y jícara. Para relacionar la preservación de un resto con su uso, es necesario establecer y evaluar los efectos de la variabilidad de usos en distintas plantas con propiedades químicas y físicas comparables (p.e. Dussol *et al.*, 2016; Robinson y McKillop, 2013).
3. Es necesario continuar con estudios etnobotánicos acordes con evidencias arqueobotánicas, en orden de reconstruir los contextos culturales en los cuales son utilizadas. Dichos estudios permitirán un diálogo más cercano entre el conocimiento tradicional de los grupos mayas y las dinámicas históricas con el medio ambiente

BIBLIOGRAFÍA

- Abramiuk, M. A., P. S. Dunham, L. C. Cummings, C. Yost, y T. J. Pesek (2011). Linking Past and Present: A Preliminary paleoethnobotanical study of Maya nutritional and medicinal plant use and sustainable cultivation in the Southern Maya Mountains, Belize. *Ethnobotany Research & Applications* 9. 257 – 273.
- Abrams, E. M. y D. J. Rue (1988). The Causes and Consequences of Deforestation Among the Prehistoric Maya. *Human Ecology* vol. 16 (4). 377 – 395.
- Alcorn, J. B. (1981). Factors Influencing Botanical Resource Perception Among the Huastec: Suggestions for Future Ethnobotanical Inquiry. *Journal of Ethnobiology* 1 (2). 221-230.
- Álvarez, C. (1980). *Diccionario etnolingüístico del idioma maya yucateco colonial. Volumen I: Mundo Físico*. UNAM. México. D. F. pp 385.
- Aragón-Moreno, A. A., G. A. Islebe y N. Torrescano-Valle (2012). A ~3800, high resolution record of vegetation and climate change on the north coast of the Yucatan Peninsula. *Review of Paleobotany and Palynology* 178. 35 – 42.
- Arellano, R., J. S. Flores, J. T. Garrido y M. M. Cruz Bojórquez (2003). *Etnoflora Yucatenense. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. pp. 815.
- Atran, S., A. F. Chase, S. L. Fedick, G. Knapp, H. McKillop, J. Marcus, N. B. Schwartz y M. C Webb (1993). Itza maya tropical agro-forestry [and comments and replies]. *Current Anthropology* vol. 34 (5). 633 – 700.
- Balick, M. J., M. H. Nee y D. E. Atha (2000). *Checklist of the vascular plants of Belize*. *Memories of New York Botanical Garden* 85. pp. 246.
- Barrera-Bassols, N. y V. M. Toledo (2005). Ethnoecology of the Yucatec Maya: Symbolism, Knowledge and Management of Natural Resources. *Journal of Latin American Geography* 4(1). 9-41.

- Barrera-Marín, A., A. Barrera-Vázquez y R. M. Lopez-Franco (1976). *Nomenclatura etnobotánica maya. Una interpretación taxonómica*. Colección Científica 36. INAH. Centro Regional del Sureste. pp 537.
- Barrera-Vázquez, A., A. Gómez-Pompa, C. Vázquez-Yanes (1977). El manejo de las selvas por los Mayas, sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biótica* vol. 2 (2). 47-61.
- Begossi, A. (1996). Use of ecological methods in ethnobotany: diversity indices. *Economic Botany* 50 (3). 280 – 289.
- Beltrán, F. L. (1987). Subsistencia y aprovechamiento del medio, en: *Cobá, Quintana Roo. Análisis de las unidades habitacionales Mayas*, Manzanilla, L. (ed). Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 213-232.
- Boucher, S., y L. Quiñonez (2007). Entre mercados, ferias y festines: los murals de la Sub 1-4 de Chiik Nahb, Calakmul. *Mayab* 19. 27 – 50.
- Bracamonte, P. (2001). *La conquista inconclusa de Yucatán. Los mayas de la montaña, 1560-1680*. Colección Peninsular. CIESAS. México. 385 pp.
- Breedlove, D. E. (1986). *Listados Florísticos de México IV. Flora de Chiapas*. Disponible en: <http://www.ibiologia.unam.mx/BIBLIO68/fulltext/lfl4.html> [Acceso 24 noviembre 2017)
- Breedlove, D. E. y R. M. Laughlin (1993). *The Flowering of Man. A Tzotzil Botany of Zinacantán* vol. 1. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. pp 283.
- Brenner, M., M. F. Rosenmeier, D. A. Hodell, J. H. Curtis (2002). Paleolimnology of the Maya Lowlands. Long-term perspectives on interactions among climate, environment, and humans. *Ancient Meosamerica* 13. 141-157.
- Broda, J. (2001). Introducción, en: *Cosmovisión, ritual e identidad de los pueblos indígenas de Mexico*, Broda J. y F. Báez-Jorge (coord). CONACULTA. Fondo de Cultura Económica. México. pp 15 – 26.

- Bruno, M. C. y Sayre, M. P (2017). Social Paleoethnobotany: New Contributions to Archaeological Theory and Practice, en: *Social Perspectives on Ancient Lives from Paleoethnobotanical Data*, Sayre, M y M. Bruno (ed). Springer. pp. 1-14.
- Caballero, J. (1992). Maya homegardens: Past, present and future. *Etnoecológica* vol. 1 (1). 35-54.
- Caballero, J. (1993). El caso de uso y manejo de la palma de guana (*Sabal spp.*) entre los mayas de Yucatán, México, en: *Cultura y Manejo Sustentable de los Recursos Naturales*, Leff, E. y Carabias J. (ed). CII – UNAM. Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa. pp 203 – 428.
- Caballero, J., A. Casas, L. Cortés, y C. Mapes (1998). Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños* 16. 181 – 195.
- Cagnato, C. (2016). *A Paleoethnobotanical Study of Two Classic Maya Sites, El Perú-Waka' and La Corona*. Tesis de Doctorado no publicada. Department of Anthropology. Washington University in St. Louis. USA. pp. 359.
- Cagnato, C. (2017a). Underground Pits (chultunes) in the Southern Maya Lowlands: Excavation Results from Classic Period Maya Sites in Northwestern Petén. *Ancient Mesoamerica*. 1-20.
- Cagnato, C. (2017b). Sweet, weedy and wild: macrobotanical remains from a Late Classic (8th century AD) feasting deposit discovered at La Corona, an ancient Maya settlement. *Vegetation History and Archaeobotany*. 1-12.
- Carnevali, F. C., G., J. L. Tapia-Muñoz, R. Duno de Stefano, & I. Ramírez Morillo (2010). *Flora ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico*. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida. Yucatán, México. pp 328.
- Carrasco, V. R., V. A. V. López, y S. Martin (2009). Daily life of the ancient Maya recorded on murals at Calakmul, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Vol. 196(46). 19247 – 19249.

- Carrasco, V. R., y M. Cordeiro Baqueiro (2012). The Murals of Chiik Nahb Structure Sub 1-4, Calakmul, Mexico, en: *Maya Archaeology 2*, Golden, C., Houston, S. y J. Skidmore (ed). Precolumbia Mesoweb Press. pp 9 – 59.
- Carrillo-Bastos, A., G. A. Islebe, y N. Torrescano-Valle (2012). Geospatial analysis of pollen records from the Yucatán península, Mexico. *Vegetation History and Archaeobotany* vol. 21 (6). pp 429 – 437.
- Casas, A., Blancas, J. y Lira, R (2016). Mexican Ethnobotany: Interactions of People and Plants in Mesoamerica, en: *Ethnobotany of Mexico. Interactions of People and Plants in Mesoamerica*, Lira, R., Blancas, J. y A. Casas (ed). Springer. pp. 1 – 20.
- Cavallaro, D. A (2013). *Reconstructing the past: paleoethnobotanical evidence for ancient maya plant use practices at the Dos Pilas site, Guatemala*. Master of Science in Biological Sciences. University of Cincinnati. USA. pp. 116.
- Chase, A. F., D. Z. Chase, E. Zorn, y W. Teeter (2008). Textiles and the maya archaeological record. Gender, power, and status in the Classic Period Caracol, Belize. *Ancient Mesoamerica* 19. 127 – 142.
- Cliff, M. B., y Crane, C. J. (1989). Changing Subsistence Economy at a Late Preclassic Maya Community. *Research in Economic Anthropology* vol. 11 (4). 295-324.
- Coe, M. D., y K. V. Flannery (1972). Microenvironments and Mesoamerican Prehistory. Fine-scale ecological analysis clarifies the transition to settled life in pre-Columbian times. *Science* vol. 143. 650 – 654.
- Coe, M. D., y S. Houston (2015). *The Maya*, 9th edition. Thames & Hudson.
- Colunga-GarcíaMarín, P., R. Ruenes-Morales, D. Zizumbo-Villareal (2003). Domesticación de plantas en las Tierras Bajas Mayas y recursos filogenéticos disponibles en la actualidad, en: *Naturaleza y sociedad en el Área Maya: Pasado, presente y futuro*, Colunga-García Marín, P. y Larqué Saavedra (ed). Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida. pp 145 – 158.

- Comisión Nacional de Área Naturales Protegidas (2006). *Programa de Conservación y Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nahá*. Dirección General de Manejo para la Conservación, CONANP. 1ª edición. Tlalplan C.P. México. pp 178.
- Cook, S. (2016). *The Forest of the Lacandon Maya. An Ethnobotanical Guide*. Springer. pp 379.
- Correa-Metrio, A., M. B. Bush, K. R. Cabrera, S. Sully, M. Brenner, D. Hodell, J. Escobar, T. Guilderson (2012). Rapid climate change and no-analog vegetation in lowland Central America during the last 86,000 years. *Quaternary Science Review* 38. 63 – 75.
- Cuddy Jr, T. W. (2000). *Socioeconomic Integration of the Classic Maya State: Political and Domestic Economies in a Residential Neighborhood*. Tesis de doctorado no publicada. Graduate School of Arts and Sciences. Columbia University. pp. 362.
- Cummings, L. S., y A. Magenes (1997). A phytolith and starch record of food and grit in mayan human tooth tartar. *Estado actual de los estudios en suelos y plantas*. Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid. 211 – 218.
- Curtis, J. H., M. Brenner, D. A. Hodell, R. A. Balsler (1998). A multi-proxy study of Holocene environmental change in the Maya Lowlands of Peten, Guatemala. *Journal of Paleolimnology* 19. 139 – 159.
- de la Torre, L., L. M. Calvo-Irabién, C. Salazar, H. Baslev, F. Borchsenius (2009). Contrasting palm species and use diversity in the Yucatan Peninsula and the Ecuadorian Amazon. *Biodiversity and Conservation* 18. 2837 – 2853.
- de la Torre, L., C. E. Cerón, H. Balslev, F. Borchsenius (2012). A biodiversity informatics approach to ethnobotany: Meta-analysis of plant use patterns in Ecuador. *Ecology and Society* 17 (1). 1 – 15.
- Dedrick, M. (2013). *The distributed household: plant and mollusk remains from K'axob, Belize*. Master of Arts in Anthropology. University of North Carolina at Chapel Hill, USA. pp. 145.

- Devio, J. (2016). *Reconstructing Late Classic Food Preparation at Xunantanich, Belize, using starch grains analysis*. Tesis de maestría no publicada. College of Liberal and Fine Arts. Department of Anthropology. The University of Texas at San Antonio. pp. 146.
- Diemont, S. A. W., J. L. Bohn, D. D. Rayome S. J. Kelsen, K. Cheng (2011). Comparison of Mayan forest management, restoration, and conservation. *Forest Ecology and Management* 261. 1696-1705.
- Dincauze, D. F. (2006). *Environmental Archaeology: Principles and Practice*. Cambridge University Press. pp. 587.
- Donatiello, C. (2005). Short epigraphic notes on the base K2914. *Wayeb Notes* 20. 1 – 4.
- Douglas, P. M. J., M. Brenner, J. H. Curtis (2016). Methods and future directions for paleoclimatology in the Maya Lowlands. *Global and Planetary Change* 138. 3 - 24.
- Dunning, N., T. Beach, y D. Rue (1997). The Paleoecology and Ancient Settlement of the Petexbatun Region, Guatemala. *Ancient Mesoamerica* vol. 8(2). 255 – 266.
- Dunning, N., D. J. Rue, T. Beach, A. Covich, y A. Traverse (1998). Human-Environment Interactions in a Tropical Watershed: The Paleoecology of Laguna Tamarindito, El Petén, Guatemala. *Journal of Field Archaeology*. 139 – 151.
- Dunning, N., T. Beach, P. Farrell y S. Luzzadder-Beach (1998). Prehispanic Agrosystems and Adaptative Regions in the Maya Lowlands. *Culture & Agriculture* vol. 20 (2/3). 87 – 101.
- Dunning, N. P., S. Luzzadder-Beach, T. Beach, J. G. Jones, V. Scarborough, P. Culbert (2002). Arising from the Bajos: The Evolution of a Neotropical Landscapes and the Rise of Maya Civilization. *Annals of the Association of American Geographers* 92 (2). 267 – 283.
- Dunning, N. P., T. Beach, L. Grasiozo Sierra, J. G. Jones, D. L. Lentz, S. Luzzadder-Beach, V. L. Scarborough, M. P. Smyth (2013). A tale of two collapses:

- environmental variability and cultural disruption in the maya lowlands. *Diálogo Andino* 41. 171-183.
- Dussol, L., M. Elliott, G. Pereira y D. Michelet (2016a). The Use of Firewood in Ancient Maya Funerary Rituals: A Case Study from Rio Bec (Campeche, Mexico). *Latin American Antiquity* 27 (1). 51-73.
- Dussol, L., M. Elliott, D. Michelet y P. Nondédéo (2016b). Ancient Maya silviculture of breadnut (*Brosimum alicaatrum* Sw.) and sapodilla (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) at Naachtun (Guatemala): a reconstruction based on charcoal analysis. *Quaternary International* vol. 457. 1-14 pp.
- Dussol, L., Elliott, M., Théry-Parisot (2017). Experimental anthracology: Evaluating the role of combustion processes in the representivity of archaeological charcoal records in tropical forests, a case study from the Maya Lowlands. *Journal of Archaeological Science: Reports* 12. 480-490.
- Emery, K. F. (2004). In Search of the “Maya Diet”: Is Regional Comparison Possible in the Maya Tropics?. *Archaeofauna* 13. 37-55.
- Farahani, A., K.L. Chiou, R. Q. Cuthrell, A. Harkey, S. Morell-Hart, C. Hastorf y P. Sheets (2017a). Chapter 5. Exploring Culinary Practices Through GIS Modeling at Joya de Cerén, El Salvador, en: *Social Perspectives on Ancient Lives from Paleoethnobotanical Data*, Sayre, M. y M. C. Bruno (ed). Springer. pp 101-120.
- Farahani, A., K. L. Chiou, A. Harkey, C. A. Hastorf, D. L. Lentz y P. Sheets (2017b). Identifying “plantscapes” at the Classic Maya village of Joya de Cerén, El Salvador. *Antiquity* 91 (358). 980-997.
- Farjon, A. y B. T. Styles (1997). *Flora Neotropica*, Vol. 75, Pinus (Pinaceae). New York Botanical Garden Press on behalf of Organization for flora Neotropica. pp 291.
- Faust, B. B. y J. Hirose (2006). Cacao in the yukatek maya healing ceremonies of Don Pedro Ucán Itzá, en: *Chocholate in Mesoamerica. A Cultural History of Cacao*, McNeil, C. L. (ed). University Press of Florida. pp 408 – 428.

- Fedick, S. L. (1996). *The Managed Mosaic: Ancient Maya Agriculture and Resource Use*. University of Utah Press.
- Fish, S. K. (1983). Appendix B. Pollen analysis at Edzná, Campeche, en: *Investigations at Edzna, Campeche, Mexico, vol. 1. The hydraulic system*, Matheny, R. T. (ed). New World Archaeological Foundation. Brigham Young University. pp 221 – 232.
- Flores, J. S. (2001). *Leguminosae. Florística, Etnobotánica y Ecología*. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 18. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Flores, J. S. y J. K. Balam (1997). Importance of Plants in the Ch'a Chaak Maya Ritual in the Peninsula of Yucatan. *Journal of Ethnobiology* 17. 97-108.
- Folan, W. J., J. Gunn, J. D. Eaton, R. W. Patch (1983). Paleoclimatological Patterning in Southern Mesoamerica. *Journal of Field Archaeology* 10 (4). 453 – 468.
- Ford, A. (2008). Dominant Plants of The Maya Forest And Gardens of El Pilar: Implications for Paleoenvironmental Reconstructions. *Journal of Ethnobiology* 28 (2). 179 – 199.
- Ford, Richard I. (1979). Paleoethnobotany in american archaeology. *Advances in archaeological method and theory* vol. 2. 285-336.
- Ford, A., y R. Nigh (2016). *The Maya Forest Garden. Eight Millenia of Sustainable Cultivation of the Tropical Woodlands*. Left Coast Press, Inc.
- Gallagher, D. E. (2014). Formation Processes of the Macrobotanical Record, en: *Method and Theory in Paleoethnobotany*, Marston J. M., J. D'Alpoim Guedes y C. Warinner (ed). University Press of Colorado. pp 19-34.
- García de Miguel, L. (2000). *Etnobotánica maya: origen y evolución de los huertos familiares de la Península de Yucatán, México*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos. Departamento de Ingeniería Rural. pp 247.

- Gill, R. B., P. A. Mayewski, J. Nyberg, G. H. Haug, L. C. Peterson (2007). Drought and the maya collapse. *Ancient Mesoamerica* 18. 283 – 302.
- Gillespie, S. D., y A. L. de MacVean (2002). Las Flores en el Popol Vuh. *Revista Universidad del Valle de Guatemala* (12). 10-17.
- Goldstein, D. J., y Hageman J. B. (2010). Power Plants: Paleobotanical Evidence of rural Feasting in Late Classic Belize, en: *Pre-Columbian Foodways. Interdisciplinary Approaches to Food, Culture, and Markets in ancient Mesoamerica*, Staller J. E. y M. Carrasco (ed). Springer. pp 421-440.
- Gómez-Pompa, A. (1987). On Maya Silviculture. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, vol. 3 (1). 1-17.
- Gómez-Pompa, A., J. S. Flores y M. Aliphath-Fernández (1990). The sacred cacao groves of the maya. *Latin American Antiquity* 1 (3). 247 – 257.
- Gunn, J. D., W. J. Folan, y H. R. Robichaux (1995). A Landscape Analysis of the Candelaria Watershed in Mexico: Insights into Paleoclimates Affecting Upland Horticulture in the Southern Yucatan Peninsula Semi-Karst. *Georarchaeology: An International Journal* vol. 10(1). 3 – 42.
- Hageman, J. B. y D. J. Goldstein, D. J. (2009). An integrated assessment of archaeobotanical recovery methods in the Neotropical rainforest of northern Belize: flotation and dry screening. *Journal of Archaeological Science* 36. 2841-2852.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper, y P. D. Ryan (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica* 4 (1). 1 - 9.
- Hammond, N., y C. H. Miksicek (1981). Ecology and Economy of a Formative Maya Site at Cuello, Belize. *Journal of Field Archaeology* vol. 8 (3). 250-269.
- Harrison, P. D. y B. L. Turner II (1978). *Pre-Hispanic Maya Agriculture*. University of New Mexico Press. Alburquerque. pp 414.

- Hastorf, C. A. (1999). Recent Research in Paleoethnobotany. *Journal of Archaeological Research* vol. 7 (1). 55-103.
- Hood, A. N. (2012). *Testing the Veracity of Paleoethnobotanical Macroremain Data: A Case Study from the Cerén, Site, El Salvador*. Tesis de maestría no publicada. University of Cincinnati. pp. 138.
- Henry, A. G. (2014). Formation and Taphonomic Processes Affecting Starch Granules, en: *Method and Theory in Paleoethnobotany*, Marston J. M., J. D'Alpoim Guedes y C. Warinner (ed). University Press of Colorado. pp. 35 – 50.
- Hernandez-Stefanoni, J. L., J. B. Pineda y G. Valdez-Valadez (2006). Environmental assessment. Comparing the use of indigenous knowledge with classification and ordination techniques for assessing the species composition and structure of vegetation in a tropical forest. *Environmental Management* vol. 37(5). 686-702.
- Höft, M., S. K. Barik, y A. M. Lykke (1999). *Quantitative Ethnobotany. Applications of multivariate and statistical analyses in ethnobotany*. People and Plants Working Paper 6. pp. 46.
- Hodell, D. a., M. Brenner, y J. H. Curtis (2005). Terminal Classic drought in the northern Maya lowlands inferred from multiple sediment cores in Lake Chichancanab (Mexico). *Quaternary Science Reviews* 24. 1413 – 1427.
- Hodell, D. A., M. Brenner, J. H. Curtis (2007). Climate and cultural history of the Northeastern Yucatan Peninsula, Quintana Roo, Mexico. *Climatic Change* 83. 215 – 240.
- Hull, K. (2010). An Epigraphic Analysis of Classic-Period Maya Foodstuffs, en: *Pre-Columbian Foodways. Interdisciplinary Approaches to Food, Culture, and Markets in ancient Mesoamerica*, Staller J. E. y M. Carrasco (ed). Springer. pp 235-257.
- INSIVUMEH. 2003. Mapa de isoyetas de promedio anual. *Atlas Climatológico*. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Guatemala. Escala 1:2,000,000

Disponible en:

http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Clima.htm

[Acceso 27 mayo 2017]

Kaplan, L., D. L. Lentz, V. Sloten, P. Sheets, y A. Hood (2015). Phaeolus from Cerén – A Late Classic Maya Site. *Economic Botany* 69 (2). 150 – 160.

Kaplan, J., F. Paredes Umaña, W. J. Hurst, D. Sun, B. Stanley, L. B. Pingarrón, M. O. Cardona (2017). Cacao residues in vessels from Chocolá, an early Maya polity in the southern Guatemalan piedmont, determined by semi-quantitative testing and high-performance liquid chromatography. *Journal of Archaeological Science: Reports* 13. 526 – 534.

La Torre-Cuadros, M. y G. A. Islebe, G. A. (2003). Traditional ecological knowledge and use of vegetation in southern Mexico: a case study from Solferino, Quintana Roo. *Biodiversity and Conservation* 12. 2455-2476.

Lambert J. D. H., y J. T. Arnason (1982). Ramón and Maya Ruins: An Ecological, Not and Economic, Relation. *Science* vol. 216. 298-299.

Lara-Ponce, E., B. L. Caso, F. M. Aliphath (2011). El Sistema Milpa Roza, Tumba y Quema de los Maya Itzá de San Andrés y San José, Petén, Guatemala. *Ra Ximhai* vol. 8 (2). 71-92.

Lentz, D. L. (1990). Acrocomia mexicana: palm of the ancient mesoamericans. *Journal of Ethnobiology* 10 (2). 183 – 194.

Lentz, D.L. (1991). Maya Diets of the Rich and Poor: Paleoethnobotanical Evidence from Copan. *Latin American Antiquity* 2 (3). 269-287.

Lentz, D. L. (1999). Plant Resources of the Ancient Maya. The Paleoethnobotanical Evidence, en: *Reconstructing Ancient Maya Diet*, White C. D. (ed). The University of Utah Press.

- Lentz, D. L. (2000). 1. Introduction. Definitions and Conceptual Underpinnings, en: *An Imperfect Balance: Landscape Transformations in the Precolumbian Americas*, Lentz D. L. (ed). Columbia University Press, pp. 1-12.
- Lentz, D. L. y R. Dickau (2005). *Seeds of Central America and Southern Mexico. The Economic Species*. Memoirs of the New York Botanical Garden vol. 91.
- Lentz, D. L., J. Yaeger, C. Robin, y W. Ashmore (2005). Pine, prestige and politics of the Late Classic Maya at Xunantunich, Belize. *Antiquity* 79. 573 – 585.
- Lentz, D. L., y B. Hockaday (2009). Tikal timbers and temples: ancient Maya agroforestry and the end of time. *Journal of Archaeological Science* 36. 1342-1353.
- Lentz, D. L., S. Woods, A. Wood, M. Murph (2012). Agroforestry and Agricultural Production of the Ancient Maya at Chan, en: *Chan. An Ancient Maya Farming community*, Robin C. (ed). University Press of Florida. 89 – 109.
- Lentz, D. L. B. Lane, K. Thompson (2014). Food, Farming, and Forest Management at Aguateca, en: *Life and Politics at the Royal Court of Aguateca: Artifacts, Analyticals Data, and Synthesis*, Inomata T. y Triadan D. (ed). Monographs of the Aguateca Archaeological Project First Phase vol. 3. The University of Utah Press. pp 201 – 215.
- Lentz, D. L. y C. R. Ramírez-Sosa (2002). Chapter 4. Cerén plant Resources: Abundance and Diversity, en: *Before the Volcano Erupted*, Sheets P. (ed). University of Texas Press. pp 33-42.
- Lentz, D. L., C. R. Ramírez, y B. W. Griscom (1997). Formative-period subsistence and forest-product extraction at the Yarumela site, Honduras. *Ancient Mesoamerica* 8. 63-74.
- Lentz, D. L., K. Magae., E. Weaver, J. G. Jones, K. B. Tankersley, A. Hood, G. Islebe, C. E. Ramos Hernández, N. P. Dunning (2015). Agroforestry and Agricultural Practices of the Ancient Maya at Tikal, en: *Tikal: Paleoecology of an Ancient Maya City*, Lentz D. L., Dunning N. P. y V. L. Scarborough (ed). Cambridge University Press. USA.

- Lentz, D. L., E. Graham, X. Vinaja, V. Slotten, y R. Jain (2016). Agroforestry and ritual at the ancient Maya center of Lamanai. *Journal of Archaeological Science: Reports* 8. 284-294.
- Leyden, B. W (2002). Pollen Evidence for Climatic Variability and Cultural Disturbance in the Maya Lowlands. *Ancient Mesoamerica* 13. 85 – 101.
- McKillop, H. I. (1994). Ancient Maya Tree Cropping: a Viable Subsistence Adaptations for the Island Maya. *Ancient Mesoamerica* 5. 129-140.
- McKillop, H. I. (1996) Prehistoric Maya Use of Native Palms: Archaeobotanical and Ethnobotanical Evidence, en: *The Managed Mosaic: Ancient Maya Agriculture and Resource Use*, Fedick S. L. (ed). University of Utah Press. pp 278 – 294.
- McNeil, C. L. (2012). Recovering the color of ancient Maya floral offerings at Copan, Honduras. *Res: Anthropology and Aesthetics* 61 (1). 300 – 314.
- McNeil, C. L., D. A. Burney y L. P. Burney (2009). Evidence disputing deforestation as the cause for the collapse of the ancient Maya polity of Copan, Honduras. *Proceedings of the National Academy of Sciences* vol. 107 (3). 1017 – 1022.
- McNeil, C. L., W. J. Hurst, y R. J. Sharer (2006). The Use and Representation of Cacao During the Classic Period at Copan, Honduras, en: *Chocholate in Mesoamerica. A Cultural History of Cacao*, McNeil C. L. (ed). University Press of Florida . 224-252 pp.
- McAnany, P. A. (1995). *Living with the Ancestors. Kingship in Ancient Maya Society*. University of Texas Press, Austin. 213 pp.
- McDonald, J. A. (2016). Deciphering the symbols and symbolic meaning of the maya world tree. *Ancient Mesoamerica* 27. 333-359.
- Marston, J. M., C. Watrinnner, J. D'Alpom Guedes (2014). Paleoethnobotanical Method and Theory in the Twenty-First Century, en *Method and Theory in Paleoethnobotany*, Marston J. M., y J. D'Alpoim Guedes y C. Warinner (ed). University Press of Colorado. pp. 1-15.

- Martínez, E., M. S. Sousa, y C. H. Ramos Álvarez (2001). *Listados Florísticos de México. XII. Región de Calakmul, Campeche*. UNAM. pp 55.
- Matos, L. C. M. (2014). *Alimentación Vegetal y Áreas de Actividad en la Unidad Habitacional 5d72 de Sihó, Yucatán. Etnoarqueología, Análisis Químico de Suelos y Paleoetnobotánica como Herramientas de Aproximación*. Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad Autónoma de Yucatán. México. pp. 156.
- Medina-Elizalde, M., S. J. Burns, D. W. Lea, Y. Asmerom, L. von Gunten, V. Polyak, M. Vuille, A. Karmalkar (2010). High resolution stalagmite climate record from the Yucatán Peninsula spanning the Maya terminal classic period. *Earth and Planetary Science Letters* 298. 255 – 262.
- Mendieta, R. M. y S. del Almo (1981). *Plantas medicinales del estado de Yucatán*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bioticos. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. Xalapa. Veracruz. pp 428.
- Mercuri, A. M. Sadori y L. Blasi (2010). Editorial: Archaeobotany for Cultural Landscape and Human Impact Reconstructions. *Plant Biosystems* vol. 144 (4). 860-864.
- Miksicek C. H. (1983). Macrofloral Remains of the Pulltrouser Area: Settlements and Fields, en: *Pulltrouser swamp: ancient maya habitat, agriculture, and settlement in northern Belize*, Turner B. L. y P. D. Harrison (ed). University of Texas Press.
- Miksicek, C. H. (1986). Paleobotanical Identifications, en: *The Archaeology of Santa Leticia and the Rise of Maya Civilization*. Demarest A. A. (ed). Tulane University Press. pp 199 – 200.
- Miksicek, C. H. (1987). Formation Processes of the Archaeobotanical Record. *Advances in Archaeological Method and Theory* vol. 10. 211-247.
- Miksicek, C. H. (1988). Man and Environment at Cihuatán, en: *Cihuatán, El Salvador: A Study in Intrasite Variability*, Kelley, J. H. (ed). Vanderbilt University Press. USA. pp 149-155.

- Miksicek, C. H. (1989). The Ecology and Economy of Cuello, en: *Cuello: An Early Maya Community in Belize*, Hammond N. (ed). Cambridge University of Press.
- Morehart, C. T. (2003). Paleoethnobotany at Avila, en: *Belize Postclassic Project 2002: Investigation of the Shore Settlements of Progreso Lagoon, and San Estevan. Report to the Department of Archaeology, Belmopan, Belize*, Ferguson J. M., M. H. Oland y M. Masson (ed). Institute of Mesoamerican Studies Occasional Publication No. 9. The University at Albany – SUNY.
- Morehart, C. T. (2007). Continued Paleoethnobotanical Research at Pook's Hill, Belize, en: *The Belize Valley ARchaeological Reconnaissance Project. A Report of the 2006 Field Season*, Helmke C. G. B. y J. J. Awe (ed). Institute of Archaeology, Belmopan. Belice.
- Morehart, C. T. (2011). *Food, Fire and Fragrance: A Paleoethnobotanical Perspective on Classic Maya Cave Rituals*. BAR International Series 2186. pp 117.
- Morehart, C. T., y C. G. B. Helmke (2008). Situating Power and Locating Knowledge: A Paleoethnobotanical Perspective on the Late Classic Maya Gender and Social Relations. *Archaeological Papers of the American Anthropological Association* vol. 18 (1). 60 – 75.
- Morehart, C. T. y S. Morell-Hart (2013). Beyond the Ecofact: Toward a Social Paleoethnobotany in Mesoamerica. *Journal of Archaeological Method and Theory* vol. 22 (2). 483-551.
- Morehart, C T., D. L. Lentz, K. M. Prufer (2005). Wood of the Gods: The Ritual Use of Pine (*Pinus spp.*) by the Ancient Lowland Maya. *Latin American Antiquity* vol. 16 (3). 255 – 274.
- Morell-Hart, S. (2011). *Paradigms and Syntagms of Ethnobotanical Practice in Pre-Hispanic Northwestern Honduras*. Tesis de Doctorado no publicada. Graduate Division of the University of California. Berkeley. USA.
- Morell-Hart, S., R. A. Joyce, y J. S. Henderson (2014). Multi-proxy analysis of plant use at formative period Los Naranjos, Honduras. *Latin American Antiquity* 25 (1). 65 – 81.

- Morse, M. L. (2009). *Pollen from Laguna Verde, Blue Creek, Belize: Implications for Paleoecology, Paleoethnobotany, Agriculture, and Human Settlement*. Tesis de Doctorado no publicada. Texas A&M University. pp 445.
- National Meteorological Service of Belize (2016). Mapa de precipitación anual de Belice. *Yearly Weather Summary*.
Disponible en: <http://www.hydromet.gov.bz/climatology/yearly-weather-summary>
[Acceso 27 mayo 2017]
- Nations, J. D. y R. B. Nigh (1980). The evolutionary potential of lacandon maya sustained-yield tropical forest agriculture. *Journal of Anthropological Research* vol. 36 (1). 1-30.
- Nelson-Sutherland, C. H. (2008). *Catálogo de las plantas vasculares de Honduras. Espermatofitas*. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente. Editorial Guaymuras. Tegucigalpa. pp 1576.
- Neff, L. T. (2008). *A Study of Agricultural Intensification: Ancient Maya Agriculture Terracing in the Xunantunich Hinterland, Belize, Central America*. Tesis de Doctorado no publicada. University of Pennsylvania. USA.
- Netting, R. (2006). Smallholders, Householders, en: *The Environment in Anthropology: A Reader in Ecology, Culture, and Sustainable Living*, Haenn N. y R. Wilk (ed). New York University Press. pp. 10 -14.
- Orellana, R., G. Islebe y C. Espadas (2002). Presente, pasado y futuro de los climas de la Península de Yucatán, en: *Naturaleza y sociedad en el Área Maya: Pasado, presente y futuro*, Colunga-García Marín, P. y A. Larqué Saavedra (ed). Centro de Investigación Científica de Yucatán. México. pp 37 – 52.
- Parker, M. (2014). *A Paleoethnobotanical Perspective on Late Classic Maya Cave Ritual at the Site of Pacbitun, Belize*. Tesis de Maestría no publicada. Georgia State University. pp. 221.
- Pearsall, D. M. (2015). *Paleoethnobotany: A Handbook of Procedures* (tercera edición). Left Coast Press Inc.

- Pearsall, D. M. (2014) Formation Processes of Pollen and Phytoliths, en: *Method and Theory in Paleoethnobotany*, Marston J. M., J. D'Alpoim Guedes y C. Warinner (ed). University Press of Colorado. pp 51 – 76.
- Piperno, D. R. (1998). Paleoethnobotany in the Neotropics from Microfossils: New Insights into Ancient Plant Use and Agricultural in the Tropical Forest. *Journal of World Prehistory* vol. 12 (4). 393-449.
- Piperno, D. R. (2006). Quaternary environmental history and agricultural impact on vegetation in central america. *Annals of Missouri Botanical Garden* 93. 274-296.
- Pintaud, J. (2008). An overview of the taxonomy of *Attalea* (Arecaceae). *Revista Peruana de Biología* vol. 15 (1). 53 – 61.
- Pope, K. O., M. E. D. Pohl, J. G. Jones, D. L. Lentz, C. von Nagy, F: J. Vega, I. R. Quitmayer (2002). Origin and Environmental Setting of Ancient Agriculture in the Lowlands of Mesoamerica. *Science* vol. 292. 1370 – 1373.
- Popper, V. S. (1988). Selecting Quantitative Measurements in Paleoethnobotany, en: *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*, Hastorf C. A. y V. S. Popper. The University of Chicago Press, Chicago. pp 53-71.
- Powis, T. G., N. Stanchly, C. D. White, P. F. Healy, J. J. Awe, y F. J. Longstaffe (1999). A Reconstruction of Middle Preclassic Maya Subsistence Economy at Cahal Pech, Belize. *Antiquity* 73. 364-376.
- Powis, T., F. Valdez, Jr., T. R. Hester, W. J. Hurst, S. M. Tarka (2002). Spouted Vessels and Cacao Use among the Preclassic Maya. *Latin American Antiquity* vol. 13 (1). 85-106.
- Prager, C. y E. Wagner (2016). A Possible Logograph XAN “Palm” in Maya Writing. Textdatenbank und Wörterbuch des Klassischen Maya.
Disponible en: <http://mayawoerterbuch.de>
[Acceso 29 septiembre 2017]

- Proyecto del Fondo de Adaptación (2012). *Mapa de precipitación media anual de Honduras*. Proyecto del Fondo de Adaptación-PNUD-Gobierno de la República de Honduras. Escala 1:1,700,000
Disponible en: <https://acchonduras.wordpress.com/fondo-de-adaptacion/>
[Acceso 27 mayo 2017]
- Puleston, D. E (1978). Terracing, raised fields, and tree cropping in the maya lowlands: a new perspective on the geography of power, en: *Pre-Hispanic Maya Agriculture*, Harrison P. D. y B. L. Turner (ed). University of New Mexico Press. pp 225 – 245.
- Puleston, D. E. (1982). Appendix 2. The Role of Ramon in Maya Subsistence, en: *Maya Subsistence: Studies in Memory of Dennis E. Puleston*, Flannery K. (ed). Academia Press. pp. 353-366.
- Pyburn, K. A. (1998) Smallholders in the Maya Lowlands: Homage to a Garden Variety Ethnographer. *Human Ecology* vol. 26 (2). 267 – 286.
- Rapp, G. R., y C. L. Hill. (1998). Sediments and soils and the creation of the archaeological record. *Geoarchaeology: the earth-science approach to archaeological interpretation*. Yale University Press. 18-49.
- Reese-Taylor, K. y A. Anaya Hernández (2013). *Proyecto Arqueológico Yaxnocah, 2011. Informe de la Primera Temporada de Investigaciones*. University of Calgary. Canada.
- Reitz, E. J. y M. Shackley (2012). Introduction to Environmental Archaeology, en: *Environmental Archaeology*, Reitz E. J. y Shackley M. (ed). Springer. pp. 1-33.
- Reitz, E. J., L. A. Newson, S. J. Scudder y C. M. Scarry (2008). Introduction to Environmental Archaeology, en: *Case Studies in Environmental Archaeology*, Reitz E. J., M. Scarry y S. J. Scudder (ed). Segunda edición. Springer. pp. 3-20.
- Reina, R. E. y R. M. Hill, II (1980). Lowland maya subsistence: notes from ethnohistory and ethnography. *American Antiquity* vol. 45 (1). 74 – 79.

- Rico-Gray, V., A. Chemás, y S. Mandujano (1991). Uses of tropical deciduous forest species by the Yucatecan Maya. *Agroforestry Systems* 14. 149-161.
- Rico-Gray, V., J. G. Garcia-Franco, A. Chemas, A. Puch y P. Sima (1990). Species composition, similarity, and structure of maya homegardens in Tixpeual and Tixcacaltutyub, Yucatan, Mexico. *Economic Botany* 44 (4). 470 – 487.
- Robin, C. (1999). *Towards and Archaeology of Everyday Life: Maya Farmers of Chan Nòohol and Dos Chombitos Cik'in. Belize*. Tesis de Doctorado no publicada. University of Pennsylvania. pp. 645.
- Robinson, M. E., y H. I. McKillop (2013). Ancient Maya wood selection and forest exploitation: a view from the Paynes Creek salt works, Belize. *Journal of Archaeological Science* 40. 3584 – 3595.
- Rosenswig, R. M., A. M. VanDerwarker, B. J. Culleton, y D. J. Kennett (2015). Is it agriculture yet? Intensified maize-use at 1000 cal BC in the Soconusco and Mesoamerica. *Journal of Anthropological Archaeology* 40. 89 – 108.
- Ross, N. J. (2011). Modern tree species composition reflects ancient Maya “forests gardens” in northwest Belize. *Ecological Applications* 21 (1). 75-84.
- Roys, R. L. (1931). *The Ethno-Botany of the Maya*. The Department of Middle American Research. The Tulane University of Louisiana, New Orleans. pp. 352.
- Salazar, C., C. F. Vargas-Mendoza y J. S. Flores (2010). Estructura y diversidad genética de *Annona squamosa* en huertos familiares maya de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81. 759-770.
- Sanchez, G. M. C. (1993). Uso y manejo de la leña en X-uilub, Yucatán. *Etnoflora Yucatanense*. Fascículo 8. Universidad Autónoma de Yucatán. pp 117.
- Sanders, W. T. (1962). Cultural Ecology of the Maya Lowlands. Part I. *Estudios de la Cultura Maya* vol. 2. 70-121.

- Santini, L. M. (2015). *The Fabricated Forest*. Tesis de Doctorado no publicada. Harvard University. Cambridge. USA. pp. 607.
- Scarborough, V. L., y G. G. Gallopín (1991). A Water Storage Adaptation in the Maya Lowlands. *Science* vol. 251. 658 – 662.
- Scarborough, V. L., N. P. Dunning, K. B. Tankersley, C. Carr, E. Weaver, L. Grazioso, B. Lane, J. G. Jones, P. Buttles, F. Valdez, D. L. Lentz (2012). Water and sustainable land use at the ancient tropical city of Tikal, Guatemala. En *Proceedings of the National Academy of Sciences* vol. 109 (31). 12408 – 12413.
- Schele, L., y P. Mathews (1998). *The Code of Kings: The Language of Seven Sacred Maya Temples and Tombs*. Scribner, New York.
- Schmidt, P., D. Stuart, B. Love (2010). Inscripciones e iconografía del Castillo Viejo de Chichen Itzá. *The PARI Journal* 9 (2). 1 – 17 pp.
Disponible en:
<http://www.mesoweb.com/pari/publications/journal/902/CastilloViejo.pdf>
[Acceso 6 enero 2017]
- Seefeld, N. P. (2017). *The hydraulic system of Uxul. Origins, functions, and social setting*. Tesis de Doctorado. Bonn, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität.
- Seinfeld, D. M. (2011). *Agricultural Consumption Patterns and Formative Period Sociopolitical Developments at the Maya Site of San Estevan, Belize*. Tesis de Doctorado no publicada. The Florida State University. USA. pp. 280.
- Shennan, S. (1997). *Quantifying Archaeology*. University of Iowa Press.
- Siemens, A. H. y D. E. Puleston (1972). Ridged fields and associated features in southern Campeche: new perspectives on the lowland maya. *American Antiquity* vol. 37 (2). 228 – 239.
- Simms, S. R. (2014). *Prehispanic Maya Foodways: Archaeological and Microbotanical Evidence from Escalera al Cielo, Yucatán, México*. Tesis de Doctorado no publicada. Boston University. Graduate School of Arts and Sciences. USA. pp. 381.

- Slotten, V. M. (2015). *Paleoethnobotanical Remains and Land Use Associated With the Sacbe at the Ancient Maya Village of Joya de Cerén*. Tesis de Maestría no publicada. University of Cincinnati. pp. 185.
- Smith, C. E. y M. L. Cameron (1977). Ethnobotany in the Puuc, Yucatan. *Economic Botany* 31. 93-110.
- Smith, B. D. (2014). Documenting Human Niche Construction in the Archaeological Record, en: *Method and Theory in Paleoethnobotany*, Marston J. M., J. D'Alpoim Guedes y C. Warinner (ed). University Press of Colorado. pp. 355-370.
- Standley, P. C. (1930). *Flora of Yucatan*. Field Museum, Botanical Series vol. 3 (3). 55-492 pp.
- Stein, J. K. (1992). Organic matter in archaeological contexts, en: *Soils in archaeology*, Holliday V. T (ed). Smithsonian Institution Press. pp. 193-216.
- Steward, J. (2006). The Concept and Method of Cultural Ecology, en: *The Environment in Anthropology: A Reader in Ecology, Culture, and Sustainable Living*, Haenn N. y R. Wilk (ed). New York University Press. pp. 5-9.
- Stoffle, R. W., D. B. Halmo, M. J. Evans, J. E. Olmsted (1990). Calculating the Cultural Significance of American Indian Plants: Paiute and Shoshone Ethnobotany at Yucca Mountain, Nevada. *American Anthropologist* 92 (2). 416 - 432.
- Stuart, D. (1997). The Hills are Alive: Sacred Mountains in the Maya Cosmos. *Symbols*. 13- 17.
- Stuart, D. (2006). The Language of Chocolate: References to Cacao on Classic Maya Drinking Vessels, en: *Chocolate in Mesoamerica. A Cultural History of Cacao*, McNeil C. L. (ed). University Press of Florida. pp 184-201.
- Sutton, M. Q., E. N. Anderson (2014). Introduction, en: *Introduction to Cultural Ecology*, Sutton M. Q. y E. N. Anderson (ed). Tercera edición. Altamira Press. pp. 1-41.

- Taube, K. A. (1989). The Maize Tamale in Classic Maya Diet, Epigraphy, and Art. *American Antiquity* vol. 54 (1). 31-51.
- Taube, K. A. (2004). Flower Mountain. Concepts of life, beauty, and Paradise among the Classic Maya. *RES: Anthropology and Aesthetics* 45 (1). 69-98.
- Teran, S., y C. H. Rasmussen (1995). Genetic diversity and agricultural strategy in 16th and present-day Yucatecan Milpa Agriculture. *Biodiversity and Conservation* 4, 363-381.
- Thompson, J. E. S. (1956). Notes on the Use of Cacao in Middle America. *Notes of Middle American Archaeology and Ethnology* no. 128. Carnegie Institution of Washington Division of Historical Research.
- Thompson, K., A. Hood, D. Cavallaro, D. L. Lentz (2015). Connecting Contemporary Ecology and Ethnobotany to Ancient Plant Use Practices of the Maya at Tikal, en: *Tikal. Paleoecology of an Ancient Maya City*, Lentz D. L. N. P. Dunning y V. L. Scarborough. Cambridge University Press.
- Tokovinine, A. (2008). *The Power of Place: Political Landscape and Identity in Classic Maya Inscriptions, Imagery, and Architecture*. Tesis de Doctorado no publicada. Harvard University, Cambridge, Massachusetts.
- Tokovinine, A. (2014). Beans and Glyphs. A Possible IB Logogram in the Classic Maya Script. *The PARI Journal* 14(4). 10 – 16.
- Toledo, V. M., N. Barrera-Bassols, E. García-Frapolli, P. Alarcón-Chaires (2008). Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México). *Interciencia* vol. 33 (5). 345-352.
- Torrescano-Valle, N., y G. A. Islebe (2015). Holocene paleoecology, climate history and human influence in the southwestern Yucatan Peninsula. *Review of Paleobotany and Palynology* 217. 1 – 8.
- Trabanino, F. (2014). *El Uso de las Plantas y el Manejo de la Selva por los Antiguos Mayas de Chinikihá*. *Interacciones Sociedad y Medio Ambiente a través de la*

- Paleoetnobotánica y de la Antracología*. Tesis de Doctorado no publicada. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 228.
- Trabanino, F. (2017). *Bases de Datos de Evidencias Arqueobotánicas*. Programa de Becas Posdoctorales de la UNAM, CEPHCIS.
Disponible en: <https://unam.academia.edu/FelipeTrabanino>
[Acceso 3 noviembre 2016]
- Trabanino, F. y M. T. Pulido-Salas (2017). La Xiloteca en el Banco de Germoplasma-CICY: referencia arqueobotánica para el área maya y para el uso sustentable de maderas de la península de Yucatán. *Desde el Herbario CICY* 9. 147-151.
- Turner, N. J. (1988). "The Importance of a Rose": Evaluating the Cultural Significance of Plants in Thompson and Lillooet Interior Salish. *American Anthropologist* vol. 90 (2). 272 – 290.
- Turner II, B. L. y C. H. Miksicek (1984). Economic Plant Species Associated with Prehistoric Agriculture in the Maya Lowlands. *Economic Botany* 38 (2). 179-193.
- Vail, G., y C. Hernández (2013). *The Maya Codices. Database, Versión 4.1*.
Disponible en: <http://www.mayacodices.org/>
[Acceso 28 agosto 2017]
- VanDerwarker, A. M., D. N. Bardolph, K. M. Hoppa, H. B. Thakar, L. S. Martin, A. L. Jaqua, M. E. Biber, K. M. Gill (2015). New World Paleoethnobotany in the New Millennium (2000-2013). *Journal of Archaeological Research* 24 (2). 125-177.
- Vázquez-Alonso, M. T., R. Bye, L. López-Mata, M. T. P. Pulido-Salas, E. McClung de Tapia, S. D. Koch (2014). Etnobotánica de la Cultura Teotihuacana. *Botanical Sciences* 92 (4). 563 – 574.
- Vinson, S. B., H. J. Williams, G. W. Frankie, y G. Shrum (1997). Floral Lipid Chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) and a Use of Floral Lipids by Centris Bees (Hymenoptera: Apidae). *Biotropica* 29(1). 76 – 83.

- Wahl, D., F. Estrada-Belli, L. Anderson (2013). A 3400 year paleolimnological record of prehispanic – environment interactions in the Holmul region of the southern Maya Lowlands. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 379-380. 17 – 31.
- Wahl, D., R. Byrne, y L. Anderson (2014). An 8700 year paleoclimate reconstruction from the southern Maya lowlands. *Quaternary Science Reviews* 103. 19 – 25.
- White, C. E. y C. P. Shelton (2014). Recovering macrobotanical remains. Current Methods and Techniques, en: *Method and theory in paleoethnobotany*, Marston J. M., J. D'Alpoim Guedes y C. Warinner (ed). University Press of Colorado. USA. pp. 95 – 114.
- Wilson, E. M. (1980). Physical geography of the Yucatan Peninsula, en: *Yucatan. A World Apart*. Moseley E. H. y E. D. Terry (ed). The University of Alabama Press. pp 5 – 40.
- Wilken, G. C. (1971). Food-producing systems available to the Ancient Maya. *American Antiquity* vol. 36 (4). 432 – 448.
- Wiseman, F. M. (1978). Agricultural and historical ecology of the maya lowlands. En *Pre-Hispanic Maya Agriculture*, Harrison P. D. y B. L. Turner II. (ed). University of New Mexico Press. pp. 63 – 116.
- Wiseman, F. M. (1983). Subsistence and Complex Societies: The Case of the Maya. *Advances in Archaeological Method and Theory* vol. 6. 143-189.
- Wood, G. A. R. y R. A. Lass (2001). *Cocoa*. 4ª edición. Blackwell Science.
- Wright, P. J. (2010). Methodological issues in paleoethnobotany: a consideration of issues, methods, and cases, en: *Integrating zooarchaeology and paleoethnobotany*, VanDerwarker A. M. (ed). Springer. pp. 37 – 64.
- Wyatt, A. R. (2008). *Gardens on Hills: Ancient Maya Terracing and Agricultural Production at Chan, Belize*. Tesis de Doctorado no publicada. University of Illinois at Chicago. pp. 471.

- Zamora, C. P. y G. J. S. Flores (2009). Flora Útil y su Manejo en el Cono Sur de Estado de Yucatán, México. *Polibotánica* 28. 227-250.
- Zidar, C., y W. Elisens (2009). Sacred Giants: Depiction of Bombacoideae on Maya Ceramis in Mexico, Guatemala, and Belize. *Economic Botany* 63 (2). 119-129.
- Zagorevski, D. V., y J. A. Loughmiller-Newman (2012). The detection of nicotine in a Late Mayan period flask by gas chromatohraphy and liquid chromatopgraphy mass spectrometry methods. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 26 (4). 403-411.
- Zimmermann, M. (2013). *La Aparición de las Plantas Domésticas en el Norte de la Península de Yucatán*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad Autónoma de Yucatán. México. pp. 164.
- Zimmermann, M., y C. Matos Llanes (2015). La prueba de carbohidratos como herramienta prospectiva para la paleoetnobotánica. *Revista de Investigaciones Arqueométricas* vol. 2 (2). 1-13.
- Zizumbo-Villareal, D., A. Flores-Silva, y P. Colunga-García Marin (2012). The Archaic Diet In Mesoamerica: Incentive for Milpa Development and Species Domestication. *Economic Botany* 66 (4). 328 – 343.

ANEXO

Registros arqueobotánicos del área maya cuantificados por el Índice de Importancia Cultural (IIC) y las categorías usos, presencia de restos botánicos (PRB), y representaciones iconográficas (RE). ¹ Las identificaciones del corozo en la literatura arqueobotánica son *Attalea cohune* Mart. y *Orbignya cohune* (Mart.) Dahlgren ex Standl. pero son analizados en la presente investigación como *Attalea guacuyule* (Pintaud, 2008).

FAMILIA	TAXON	USOS	PRB	RE	IIC
Poaceae	<i>Zea mays</i>	3.8	4.2	18.2	8.8
Malvaceae	<i>Theobroma cacao</i>	5.7	1.7	18.2	8.5
Pinaceae	<i>Pinus sp.</i>	5.7	2.2	9.1	5.7
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sp.</i>	5.7	1.6	9.1	5.5
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	5.7	1.1	9.1	5.3
Bignoniaceae	<i>Crescentia sp.</i>	5.7	0.9	9.1	5.2
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i>	5.7	0.8	9.1	5.2
Leguminosae	<i>Phaseolus sp.</i>	3.8	1.9	9.1	4.9
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita sp.</i>	3.8	1.8	9.1	4.9
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i>	3.8	1.0	9.1	4.6
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	1.9	0.9	9.1	4.0
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	1.9	0.5	9.1	3.8
Arecaceae	<i>Sabal sp.</i>	1.9	0.5	9.1	3.8
Euphorbiaceae	<i>Croton sp.</i>	1.9	0.3	9.1	3.8
Bignoniaceae	<i>Tabebuia sp.</i>	1.9	0.2	9.1	3.7
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	1.9	0.2	9.1	3.7
Myristaceae	<i>Pimenta dioica</i>	1.9	0.2	9.1	3.7
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea sp.</i>	1.9	0.2	9.1	3.7
Leguminosae	<i>Pterocarpus sp.</i>	1.9	0.1	9.1	3.7
Urticaceae	<i>Cecropia sp.</i>	0.0	0.9	9.1	3.3
Arecaceae	<i>Attalea guacuyule</i> ¹	7.7	1.5	0.0	3.1
Lauraceae	<i>Persea sp.</i>	7.7	1.0	0.0	2.9
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	7.7	1.0	0.0	2.9
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i>	5.7	1.9	0.0	2.6
Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	5.7	1.6	0.0	2.5
Boraginaceae	<i>Cordia sp.</i>	5.7	1.2	0.0	2.3
Burseraceae	<i>Bursera sp.</i>	5.7	1.1	0.0	2.3
Sapotaceae	<i>Pouteria sp.</i>	5.7	1.1	0.0	2.3
Annonaceae	<i>Annona sp.</i>	5.7	0.8	0.0	2.2
Leguminosae	<i>Haematoxylum campechanum</i>	5.7	0.6	0.0	2.1
Meliaceae	<i>Cedrela sp.</i>	5.7	0.6	0.0	2.1

Bigoniaceae	<i>Crescentia cujete</i>	5.7	0.5	0.0	2.1
Myrtaceae	<i>Psidium sp.</i>	5.7	0.5	0.0	2.1
Piperaceae	<i>Piper sp.</i>	5.7	0.5	0.0	2.1
Sapotaceae	<i>Manilkara sp.</i>	5.7	0.5	0.0	2.1
Leguminosae	<i>Lysiloma sp.</i>	5.7	0.3	0.0	2.0
Anacardiaceae	<i>Spondias sp.</i>	3.8	1.6	0.0	1.8
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	3.8	0.8	0.0	1.5
Apocynaceae	<i>Aspidosperma sp.</i>	3.8	0.7	0.0	1.5
Burseraceae	<i>Protium copal</i>	3.8	0.7	0.0	1.5
Combretaceae	<i>Terminalia sp.</i>	3.8	0.7	0.0	1.5
Leguminosae	<i>Lonchocarpus sp.</i>	3.8	0.7	0.0	1.5
Salicaceae	<i>Casearia sp.</i>	3.8	0.7	0.0	1.5
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	3.8	0.6	0.0	1.5
Arecaceae	<i>Bactris sp.</i>	3.8	0.6	0.0	1.5
Burseraceae	<i>Protium sp.</i>	3.8	0.6	0.0	1.5
Lauraceae	<i>Licaria sp.</i>	3.8	0.6	0.0	1.5
Leguminosae	<i>Phaseolus vulgaris</i>	3.8	0.6	0.0	1.5
Combretaceae	<i>Bucida sp.</i>	3.8	0.5	0.0	1.4
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i>	3.8	0.5	0.0	1.4
Lauraceae	<i>Nectandra sp.</i>	3.8	0.5	0.0	1.4
Leguminosae	<i>Piscidia sp.</i>	3.8	0.5	0.0	1.4
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	3.8	0.5	0.0	1.4
Rubiaceae	<i>Hamelia sp.</i>	3.8	0.5	0.0	1.4
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i>	3.8	0.5	0.0	1.4
Leguminosae	<i>Enterolobium sp.</i>	3.8	0.4	0.0	1.4
Leguminosae	<i>Hymenea courbaril</i>	3.8	0.4	0.0	1.4
Leguminosae	<i>Inga sp.</i>	3.8	0.4	0.0	1.4
Sapotaceae	<i>Sideroxylon sp.</i>	3.8	0.4	0.0	1.4
Asparagaceae	<i>Agave sp.</i>	3.8	0.3	0.0	1.4
Cyperaceae	<i>Scleria sp.</i>	3.8	0.3	0.0	1.4
Lamiaceae	<i>Vitex sp.</i>	3.8	0.3	0.0	1.4
Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>	3.8	0.3	0.0	1.4
Leguminosae	<i>Albizia sp.</i>	3.8	0.3	0.0	1.4
Leguminosae	<i>Dalbergia sp.</i>	3.8	0.3	0.0	1.4
Malvaceae	<i>Pachira sp.</i>	3.8	0.3	0.0	1.4
Myrtaceae	<i>Pimenta sp.</i>	3.8	0.3	0.0	1.4
Sapindaceae	<i>Melicoccus sp.</i>	3.8	0.3	0.0	1.4
Chrysobalanaceae	<i>Licania sp.</i>	3.8	0.2	0.0	1.3
Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp.</i>	3.8	0.2	0.0	1.3
Cucurbitaceae	<i>Lagenaria sp.</i>	3.8	0.2	0.0	1.3
Leguminosae	<i>Piscidia piscipula</i>	3.8	0.2	0.0	1.3

Pinaceae	<i>Pinus caribaeae</i>	3.8	0.2	0.0	1.3
Leguminosae	<i>Leucaena sp.</i>	3.8	0.1	0.0	1.3
Cannabaceae	<i>Celtis sp.</i>	1.9	1.2	0.0	1.0
Leguminosae	<i>Acacia sp.</i>	1.9	0.9	0.0	0.9
Amaranthaceae	<i>Amaranthus sp.</i>	1.9	0.8	0.0	0.9
Anacardiaceae	<i>Metopium sp.</i>	1.9	0.7	0.0	0.9
Oxalidaceae	<i>Oenothera sp.</i>	1.9	0.7	0.0	0.9
Solanaceae	<i>Solanum sp.</i>	1.9	0.7	0.0	0.9
Arecaceae	<i>Bactris major</i>	1.9	0.6	0.0	0.8
Solanaceae	<i>Capsicum sp.</i>	1.9	0.6	0.0	0.8
Fagaceae	<i>Quercus sp.</i>	1.9	0.5	0.0	0.8
Leguminosae	<i>Cassia sp.</i>	1.9	0.5	0.0	0.8
Papavaraceae	<i>Passiflora sp.</i>	1.9	0.5	0.0	0.8
Polygonaceae	<i>Coccoloba sp.</i>	1.9	0.5	0.0	0.8
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum sp.</i>	1.9	0.5	0.0	0.8
Typhaceae	<i>Typha sp.</i>	1.9	0.5	0.0	0.8
Amaranthaceae	<i>Chenopodium sp.</i>	1.9	0.4	0.0	0.8
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	1.9	0.4	0.0	0.8
Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i>	1.9	0.4	0.0	0.8
Rubiaceae	<i>Psychotria sp.</i>	1.9	0.4	0.0	0.8
Arecaceae	<i>Cryosophila sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Cyperaceae	<i>Cyperus sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Dilleniaceae	<i>Curatella sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Ebenaceae	<i>Diospyros sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Euphorbiaceae	<i>Manihot sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Pithecellobium sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Muntingiaceae	<i>Muntingia sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Portulacaceae	<i>Portulaca sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Rhizophora	<i>Rhizophra sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Rubiaceae	<i>Guettarda sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Sapindaceae	<i>Cupania sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Sapotaceae	<i>Mastichodendron sp.</i>	1.9	0.3	0.0	0.7
Apocynaceae	<i>Cameraria sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Asteraceae	<i>Helianthus sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Cactaceae	<i>Mammillaria sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Cyperaceae	<i>Cladium sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Cyperaceae	<i>Scirpus sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7

Dioscoreaceae	<i>Dioscorea sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Andira inermis</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Dialium sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Haematoxylum sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Indigofera sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Platymiscium sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Malvaceae	<i>Trichospermum sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Moraceae	<i>Pseudolmedia sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Rosaceae	<i>Rubus sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Rubiaceae	<i>Simira sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Sapindaceae	<i>Sapindus sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Sapindaceae	<i>Matayba sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Vitaceae	<i>Vitis sp.</i>	1.9	0.2	0.0	0.7
Annonaceae	<i>Mosannonna depressa</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Araceae	<i>Syngonium podophyllum</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Arecaceae	<i>Geonoma sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Asteraceae	<i>Baltimora recta</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Asteraceae	<i>Melampodium sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Asteraceae	<i>Tithonia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Bignoniaceae	<i>Stizophyllum riparium</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Bignoniaceae	<i>Parmentiera aculeata</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Brassicaceae	<i>Lepidium sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Cactaceae	<i>Opuntia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Commelinaceae	<i>Tradescandia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita moschata</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Cyperaceae	<i>Bulbostylis sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Cyperaceae	<i>Carex sp. Cf.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Euphorbiaceae	<i>Sapium sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Lamiaceae	<i>Cornutia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Lamiaceae	<i>Salvia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Lamiaceae	<i>Salvia hispanica</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Lecythidae	<i>Grias cauliflora</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Lecythidae	<i>Couratari sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Canavalia cf.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Cojoba sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Hymenea sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Leguminosae	<i>Leucaena leucocephala</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Malvaceae	<i>Malva sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7

Malvaceae	<i>Melochia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Marantaceae	<i>Schoenocaulo sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Marantaceae	<i>Calathea sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Melanthiaceae	<i>Maranta arundinaceae</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Meliaceae	<i>Guarea excelsa</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Menispermaceae	<i>Cissampelos sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Moraceae	<i>Dorstenia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Moraceae	<i>Maclura sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Oxalidaceae	<i>Oxalis sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Poaceae	<i>Guadua sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Poaceae	<i>Trachypogon plumosus</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Rubiaceae	<i>Sickingia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Rubiaceae	<i>Randia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Rutaceae	<i>Amyris sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Sapindaceae	<i>Blomia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Solanaceae	<i>Nicotiana tabacum</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Zamiaceae	<i>Zamia sp.</i>	1.9	0.1	0.0	0.7
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana sp.</i>	0.0	0.6	0.0	0.2
Rutaceae	<i>Zanthoxylum sp.</i>	0.0	0.5	0.0	0.2
Vitaceae	<i>Vitis tilifolia</i>	0.0	0.5	0.0	0.2
Arecaceae	<i>cf. Acoelorrhaphe wirgthii</i>	0.0	0.4	0.0	0.1
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i>	0.0	0.4	0.0	0.1
Clusiaceae	<i>Garcinia intermedia</i>	0.0	0.4	0.0	0.1
Malvaceae	<i>Sida sp.</i>	0.0	0.4	0.0	0.1
Salicaceae	<i>Zuelania sp.</i>	0.0	0.4	0.0	0.1
Clusiaceae	<i>Clusia sp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Euphorbiaceae	<i>Acalypha sp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Leguminosae	<i>Desmodium sp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Leguminosae	<i>Gliricidia speium</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Leguminosae	<i>Mimosa sp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Meliaceae	<i>Trichilia spp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Moraceae	<i>Trophis spp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Myricaceae	<i>Eugenia spp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Poaceae	<i>Chusquea sp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Poaceae	<i>Panicoideae</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Poaceae	<i>Paspalum sp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Solanaceae	<i>Nicotiana sp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Solanaceae	<i>Physalis sp.</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
Apocynaceae	<i>Asclepias sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1

Apocynaceae	<i>Thevetia sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Cannabaceae	<i>Canna sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Euphorbiaceae	<i>Sebastiana sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Juncaceae	<i>cf. Juncus marginatus</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Leguminosae	<i>Swartzia sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Malvaceae	<i>Corchorus sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Malvaceae	<i>Heliocarpus sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Molluginaceae	<i>Mollugo sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Phytolaccaceae	<i>Rivinia sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Picramniaceae	<i>Alvaradoa sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Poaceae	<i>Bambusoideae</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Poaceae	<i>Chloridoideae</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Poaceae	<i>Pooideae sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Rhamnaceae	<i>Colubrina sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Rubiaceae	<i>Morinda sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Salicaceae	<i>Salix sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Sapindaceae	<i>Allophylus sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Zingiberales	<i>Heliconia sp.</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Amaranthaceae	<i>Alternanthera sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Anacardiaceae	<i>Tapirira sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Apocynaceae	<i>Lacmallea sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Apocynaceae	<i>Rauvolfia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Araliaceae	<i>Oreopanax sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Araliaceae	<i>cf. Schefflera morototoni</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Arecaceae	<i>Chamaedorea sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Arecaceae	<i>Reinhardtia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Asteraceae	<i>Xanthium sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Asteraceae	<i>Zinnia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Bignoniaceae	<i>Cydista diversifolia</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Brassicaceae	<i>Brassica sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Calophyllaceae	<i>Calophyllum sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Cannaceae	<i>Trema sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Celastraceae	<i>Hippocratea volubilis</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	0.0	0.1	0.0	0.0

Convolvulaceae	<i>Convolvulus sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Cucurbitaceae	<i>Momordica sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Cyperaceae	<i>Cyperus canus</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Dilleniaceae	<i>Davilla kunthii</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Euphorbiaceae	<i>Jatropha sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Euphorbiaceae	<i>Alchornea sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Iridaceae	<i>Sisyrinchium sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Juglandaceae	<i>Carya sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Lamiaceae	<i>Hyptis sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Utricularia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Acosmium sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Bauhinia herrerae</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Bauhinia divaricata</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Bauhinia purpurea</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Caesalpinia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Crotalaria sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Dalbergia stevensonii</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Erythrina sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Gliricidia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Guaiacum sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Machaerium seemannii</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Melilotus sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Senna sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Leguminosae	<i>Trifolium sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Lentibulariaceae	<i>Vigna sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Liliaceae	<i>Lilium sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Malpighiaceae	<i>Bunchosia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Malpighiaceae	<i>cf. Heteropterys laurifolia</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Malvaceae	<i>Luehea sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Malvaceae	<i>Malvastrum sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Malvaceae	<i>Ochroma pyramidale</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Malvaceae	<i>Trema sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Meliaceae	<i>Carapa sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Meliaceae	<i>Guarea glabra</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Meliaceae	<i>Swietenia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Moraceae	<i>Coussapoa sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Myrtaceae	<i>Virola sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Myrtaceae	<i>Myrica sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Nyctaginaceae	<i>Pisonia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Onagraceae	<i>Oxalis corniculata</i>	0.0	0.1	0.0	0.0

Passifloraceae	<i>Argemone aculeata</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Picramniaceae	<i>Picramnia antidesma</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Plantaginaceae	<i>Veronica sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Plantaginaceae	<i>Plantago sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Poaceae	<i>Eleusine sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Poaceae	<i>Panicum sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Poaceae	<i>Setaria sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Podocarpaceae	<i>Podocarpus guatemlanensis</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Primulaceae	<i>Ardisia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Putranjivaceae	<i>Drypetes sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Rosaceae	<i>Prunus sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Rubiaceae	<i>Borreria sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Rubiaceae	<i>Erithalis sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Rubiaceae	<i>Faramea sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Rubiaceae	<i>Alseis sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Rubiaceae	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Salicaceae	<i>Banara guianensis</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Sapindaceae	<i>Exothea diphylla</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Sapindaceae	<i>Talisia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Sapindaceae	<i>Thinouia myriantha</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Sapotaceae	<i>Micropholis sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Solanaceae	<i>Markea sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Symplocaceae	<i>Symplocos martinicensis</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Ulmaceae	<i>Ampelocera sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Ulmaceae	<i>Ulmus sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Urticaceae	<i>Coussapoa sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Verbenaceae	<i>Verbena sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Verbenaceae	<i>Avicennia sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Verbenaceae	<i>Lantana sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Verbenaceae	<i>Phyla sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Violaceae	<i>Rinorea squamata</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Vitaceae	<i>Cissus sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i>	0.0	0.1	0.0	0.0
