



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD MÉRIDA  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA HUMANA**

El paisaje prehispánico en el distrito de Bolonchén,  
Yucatán. La mirada de Kiuic y sus alrededores.

**Tesis que presenta  
Rossana Beatriz May Ciau**

Para obtener el grado de

**Maestra en Ciencias**

En la especialidad de

**Ecología Humana**

**Director de Tesis:**

Dr. Lane Frederick Fargher

Mérida, Yucatán, México

Febrero de 2018

## **DEDICATORIA**

**A la “abuela” María del Socorro  
(q.e.p.d.)**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco inicialmente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por haberme concedido una beca para estudiar el posgrado. Al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) Unidad Mérida, en particular al Departamento de Ecología Humana, por aceptarme como estudiante de la maestría durante estos dos años y a los profesores que contribuyeron en mi formación.

Para la realización de esta investigación, agradezco infinitamente al Dr. Lane F. Fargher por haberme dirigido en este fascinante mundo de la Ecología Humana. Su motivación, dedicación y apoyo fueron invaluableles.

Reconozco también todo el apoyo de la Dra. Almira Hoogesteyn Reul, quien participó como miembro del Comité asesor. Sus comentarios y sugerencias en todas las reuniones fueron de mucha ayuda en el desarrollo de la investigación, y principalmente para mi formación profesional y personal.

A la Dra. Ana García de Fuentes por transmitirme su experiencia en cartografía. Muchas gracias por sus enseñanzas.

Un reconocimiento especial al Proyecto Arqueológico Regional de Bolonchén (PARB) y a los directores del mismo, Dr. Tomás Gallareta Negrón, Dr. William Ringle y Dr. George J. Bey III, por permitirme trabajar con ellos desde que inició el proyecto en el año 2000 y utilizar parte de su información para esta investigación. También por permitirme pernoctar en las instalaciones de *Millsaps Puuc Archaeological Research Center* (MPARC) en Oxkutzcab, Yucatán, durante el período del trabajo de campo.

Agradezco al Dr. William Ringle, el haber aceptado ser el Lector Externo de esta investigación. Su asesoría, comentarios y sugerencias enriquecieron este trabajo.

Al Sr. Daviniel Xool Sulub “Huech” y a su hijo Daviniel, al Sr. Liborio Domínguez Sulub “Don Li” y a Manuel Chí Nah “Nevy”, por haberme ayudado durante el trabajo de campo. Mi reconocimiento al Sr. Evelio Uc (custodio de la Reserva *Hellen Moyers*) por ayudarme a identificar algunas especies de árboles por su nombre en maya. En el caso de algunas especies, el árbol fue identificado por el Técnico José Luis Tapia Muñoz, Académico de Investigación de Recursos Naturales del CICY. De igual manera agradezco a David Castillo, estudiante del CICY, quién me ayudó en la identificación de otras especies.

A Don Pedro Góngora Interián, Coordinador de los custodios del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) en Oxkutzcab, por compartir conmigo su amplio conocimiento sobre las ruinas del Puuc y los árboles.

Gracias a Celeste y Leonor, de la Jefatura del Departamento de Ecología Humana; a Fabiola, asistente de la Dra. García, y muy especialmente, a Dalila, de la Coordinación Académica por su ayuda y asesoría en todo momento.

A mis amigos y compañeros de generación, en especial a Samantha, Mariela y Mario, les agradezco los momentos compartidos y su amistad.

A mi familia, Maru, Jorge, Irma, Silvia y Jorge, por todo el apoyo que siempre me han brindado. A Tomás Gallareta Negrón, pilar importante en mi vida, que me apoya y me anima a seguir creciendo.

## CONTENIDO

Agradecimientos .....	iii
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tablas.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	xi
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2. BASE TEÓRICA .....</b>	<b>4</b>
El enfoque de la ecología histórica.....	4
Postulados de la ecología histórica .....	5
Concepto de paisaje o medio ambiente construido .....	5
Origen del concepto paisaje .....	6
Dimensión temporal (el paisaje como palimpsesto) .....	7
Dimensión espacial (mosaico).....	8
Los paisajes prehispánicos mayas.....	10
La ecología cultural y los antiguos mayas .....	10
El paisaje antropogénico en las tierras bajas mayas .....	12
Estudios sobre bosques mayas cultivados .....	15
Justificación .....	20
Pregunta de investigación .....	21
Objetivos de la investigación .....	21
<b>CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>23</b>
La región Puuc y el distrito de Bolonchén.....	23
Geología y geomorfología .....	23
Fuentes de agua .....	24
Clima.....	25
Pedología.....	26
Vegetación .....	28
Sitio arqueológico de Kiuc .....	30
<b>CAPÍTULO 4. BASE METODOLÓGICA .....</b>	<b>33</b>
Tipo de estudio.....	33
La muestra .....	33
Área de muestreo .....	33
Unidad de muestreo .....	35
Método de muestreo.....	35
Tamaño de la muestra.....	36
Recolección de datos .....	39
Definición de árbol y de suelo.....	39
Localización de los cuadros.....	39
Identificación y registro de árboles .....	40
Identificación y registro de suelos.....	42

Análisis de los datos.....	43
<b>CAPÍTULO 5. RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
Objetivo 1. Registrar las especies de árboles y los tipos de suelos hallados en las muestras de cada una de las áreas rural, suburbana, urbana y Rancho Kiuic .....	46
Objetivo 2. Clasificar las especies de árboles por el uso actual humano con base en la descripción botánica obtenida .....	56
Objetivo 3. Determinar si hay diferencias de especies de árboles y de suelos entre las cuatro áreas y establecer sus correspondencias.....	60
<b>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO A.</b> Formato de registro de árboles y de suelos.....	104
<b>ANEXO B.</b> Papel de las especies de árboles en los bosques mayas actuales.....	106

## Lista de Figuras

Figura 3-1.	Ubicación de Kiuic en el distrito de Bolonchén, Yucatán, México (obtenida de los archivos del PARB).....	23
Figura 3-2.	Esquema de clasificación de suelos Maya Yucatecos modificado de Bautista y Zinck 2010, Figura 3.....	27
Figura 4-1.	Área de muestreo de este estudio (la imagen LiDAR fue obtenida de los archivos del PARB).....	34
Figura 4-2.	Ubicación de los cuadros de muestreo aleatorio e intencional en el área rural de ocupación prehispánica (la imagen LiDAR fue obtenida de los archivos del PARB).....	37
Figura 4-3.	Ubicación de los cuadros de muestreo aleatorio e intencional en las áreas suburbana y urbana de ocupación prehispánica (la imagen LiDAR fue obtenida de los archivos del PARB). .....	38
Figura 4-4.	Ubicación de los cuadros de muestreo aleatorio en el RKI (la imagen LiDAR fue obtenida de los archivos del PARB).....	38
Figura 4-5.	Ejemplo de un dibujo en planta de los árboles en este estudio .....	42
Figura 5-1.	Familias de las especies de árboles identificados en este estudio .....	47
Figura 5-2.	Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 94 especies de árboles identificados en este estudio .....	48
Figura 5-3.	Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 55 especies de árboles identificados en el área rural de este estudio.....	51
Figura 5-4.	Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 73 especies de árboles identificados en el área suburbana de este estudio .....	53
Figura 5-5.	Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 49 especies de árboles identificados en el área urbana de este estudio.....	54
Figura 5-6.	Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 62 especies de árboles identificados en el RKI de este estudio.....	55
Figura 5-7.	Distribución de las cuatro especies de árboles identificadas en la lista de bosques manejados en el área urbana de este estudio .....	66
Figura 5-8.	Distribución de las cuatro especies de árboles identificadas en la lista de bosques manejados en el RKI de este estudio.....	67
Figura 5-9.	Distribución de las tres especies de árboles identificados como de monte en las áreas rural y suburbana de este estudio .....	68
Figura 5-10.	Distribución de tres especies de árboles en las áreas rural, suburbana, urbana y RKI de este estudio .....	68
Figura 5-11.	Gráfica del análisis factorial en el área rural de este estudio.....	70
Figura 5-12.	Gráfica del análisis factorial en el área suburbana de este estudio .....	73
Figura 5-13.	Gráfica del análisis factorial en el área urbana de este estudio .....	75
Figura 5-14.	Gráfica del análisis factorial en el RKI de este estudio .....	78

## Lista de Tablas

Tabla 3-1.	Las 10 familias con mayor número de especies en Yucatán modificado de Carnevali <i>et al.</i> 2010b, Cuadro 2.....	29
Tabla 3-2.	Número total de taxones, número de taxones endémicos y porcentaje de endemismo de las familias con mayor porcentaje de endemismo en la Península de Yucatán Mexicana modificado de Carnevali <i>et al.</i> 2010a, Cuadro 8.....	29
Tabla 4-1.	Total de cuadros de muestreo visitados y registrados en este estudio.....	39
Tabla 5-1.	Número de unidades y superficie total reconocida en las áreas rural, suburbana, urbana y RKI de este estudio.....	46
Tabla 5-2.	Número de árboles incluidos en este estudio.....	47
Tabla 5-3.	Resumen porcentual de las especies incluidas en este estudio.....	49
Tabla 5-4.	Especies de árboles endémicas identificadas en este estudio.....	49
Tabla 5-5.	Especies de árboles de los bosques manejados identificados en este estudio.....	50
Tabla 5-6.	Especies de árboles que se localizan en el bosque y en los huertos familiares identificados en este estudio.....	50
Tabla 5-7.	Familias y número de especies de árboles mejor representadas en cada área.....	51
Tabla 5-8.	Distribución y superficie obtenida de los tipos de suelo en cada una de las áreas de este estudio.....	56
Tabla 5-9.	Número de usos y porcentaje de las 94 especies de árboles identificados en este estudio.....	57
Tabla 5-10.	Categorías de uso identificadas para las especies de árboles de este estudio.....	58
Tabla 5-11.	Tabla comparativa de las cuatro áreas con los porcentajes por el número de especies en cada categoría de uso.....	60
Tabla 5-12.	Especies de árboles que contribuyen al 50% superior de disimilaridad entre cada par de áreas comparadas en este estudio.....	64
Tabla 5-13.	Especies de árboles que contribuyen al 50% superior de disimilaridad en la composición entre las cuatro áreas (ordenadas por su contribución proporcional).....	64
Tabla 5-14.	Matriz de componentes en el área rural de este estudio.....	71
Tabla 5-15.	Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 1 del área rural.....	71
Tabla 5-16.	Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 2 del área rural.....	71
Tabla 5-17.	Índice de Alpha de Cronbach de los Factores 1 y 2 del área rural.....	72
Tabla 5-18.	Especies de árboles correlacionadas en las áreas rural, suburbana, urbana y RKI de este estudio.....	72
Tabla 5-19.	Matriz de componentes en el área suburbana de este estudio.....	74
Tabla 5-20.	Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 1 del área suburbana.....	74
Tabla 5-21.	Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 2 del área suburbana.....	74

Tabla 5-22.	Índice de Alpha de Cronbach de los Factores 1 y 2 del área suburbana ..	74
Tabla 5-23.	Matriz de componentes en el área urbana de este estudio .....	76
Tabla 5-24.	Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 1 del área urbana .....	76
Tabla 5-25.	Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 2 del área urbana.....	76
Tabla 5-26.	Índice de Alpha de Cronbach de los Factores 1 y 2 del área urbana.....	77
Tabla 5-27.	Porcentajes de las categorías principales de agrupación de estructuras arqueológicas y de especies por factores en las zonas rural, suburbana y urbana de este estudio.....	77
Tabla 5-28.	Matriz de componentes en el RKI de este estudio .....	78
Tabla 5-29.	Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 1 del RKI....	79
Tabla 5-30.	Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 2 del RKI....	79
Tabla 5-31.	Índice de Alpha de Cronbach de los Factores 1 y 2 del RKI.....	80
Tabla 6-1.	Especies de árboles en la zona densamente poblada y en la zona con poca o nada poblada de los grupos muestreados en El Pilar, Belice (elaborado a partir de Ross 2011, Figura 5).....	86

## RESUMEN

Esta tesis presenta los resultados de un estudio del paisaje de una franja de la selva moderna que cubre el asentamiento prehispánico de Kiuic. Este sitio está ubicado en el distrito de Bolonchén de la región Puuc de Yucatán, México. El Puuc es una región ideal para este tipo de estudio, debido a que fue abandonada tras el Clásico Terminal (800-1000 dC) y el posterior uso de la tierra ha tenido poco impacto en la composición de las especies de árboles y los suelos. Aunque estudios similares han sido realizados en Belice, Guatemala y la Amazonia, este estudio de caso es el primero de este tipo que se lleva a cabo en esta región.

Con base en investigaciones arqueológicas previas en la antigua ciudad de Kiuic, el equipo del Proyecto Arqueológico Regional de Bolonchén (PARB) dividió el asentamiento en tres zonas o áreas según la densidad y el tipo de arquitectura. Estas zonas fueron definidas como Urbana, Suburbana y Rural. Además, una pequeña parte del sitio, Rancho Kiuic (RKI), se volvió a ocupar durante los periodos Colonial y reciente. Por lo tanto, para llevar a cabo este estudio, utilicé los SIG del PARB para seleccionar un área de estudio que midió 2.50 km x 0.50 km, la cual incluye las zonas urbana, suburbana y rural, así como la del Rancho Kiuic (que mide 0.76 km x 0.56 km). Posteriormente, utilicé los SIG para cuadricular las áreas de estudio en cuadrantes de muestreo de 20 m x 20 m. Finalmente, utilicé una combinación de muestreo estratificado aleatorio y muestreo intencional para seleccionar 90 cuadrantes, cubriendo un total de 36,000 m<sup>2</sup>, para la recolección de datos.

Recopilé los datos de campo en ocho y media semanas (septiembre 2016 – noviembre de 2016). En el campo, ubiqué cada cuadrante de muestreo utilizando un Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS por sus siglas en inglés) y en cada uno de ellos, identifiqué, registré y cartografié cada árbol con un perímetro igual o mayor a 20 cm (o un diámetro  $\geq$  6.36 cm) medido a la altura de 1.30 m sobre el nivel del terreno. También identifiqué, registré y cartografié todos los suelos visibles en la superficie de cada cuadrante muestreado.

Los cuadrantes de muestreo incluyeron 3,434 árboles, clasificados en 33 familias y 94 especies. Las familias Fabaceae (Leguminosae), Rubiaceae, Malvaceae, Polygonaceae y Boraginaceae fueron las más comunes y representan el 48.92% de los árboles muestreados. La muestra contiene 90 especies nativas (95.74% de las especies muestreadas) y 12 especies endémicas (12.76% de las especies muestreadas). Además, se identificaron 26 categorías de usos para las especies de árboles, siendo el uso principal la apicultura (73 especies), seguida por las de usos medicinales (67 especies), combustibles (45 especies), construcción (42 especies), maderables (36 especies) y forrajeras (36 especies). Los tipos de suelos registrados en los cuadros de muestreo fueron *k'an kab lu'um* y *tzek'el lu'um*.

Está presente una asociación entre las especies de árboles y los tipos de suelos (chi cuadrado = 966.409;  $p < 0.001$ ). En cambio, no se encontró asociación entre las especies de árboles y los tipos de muestreo.

Una diferencia en la composición y distribución de especies de árboles entre las áreas rural, suburbana, urbana y RKI está presente en la muestra (chi cuadrado = 135.286;  $p < 0.0028$ ). El análisis SIMPER identificó la contribución de cada especie de árbol a la diferencia entre las áreas muestreadas. 10 especies (10.64% de 94 especies

en total) explican el 50% superior de la disimilaridad entre las áreas rural, suburbana, urbana y RKI. Cinco de estas 10 especies son especies de árboles comúnmente utilizados en los huertos (*forest garden*) y tres de las cinco especies tuvieron los porcentajes de mayor abundancia en la zona urbana, el área con la mayor densidad de estructuras arqueológicas, así como en el RKI. Cuatro especies se encontraron casi exclusivamente en suelo *k'an kab lu'um* y las seis restantes en ambos suelos.

Varias de las especies útiles presentes en este bosque moderno, comúnmente conocidas como especies de bosque manejado, tuvieron un papel importante en las diferencias de composición entre las cuatro áreas. Los procesos responsables de estos patrones podrían incluir: 1) la persistencia de los impactos antiguos en el bosque por parte de los residentes del período Clásico de Kiuic; 2) la influencia del registro arqueológico (estructuras abandonadas y otras modificaciones al paisaje físico) sobre el crecimiento preferencial de ciertas especies y 3) el uso reciente del bosque por las poblaciones cercanas. Sin embargo se requeriría hacer otro tipo de investigación para determinar el papel que tuvieron cada uno de estos posibles procesos. Por el momento, resalta la fuerte correlación entre la composición / distribución de las especies de árboles y los mosaicos definidos por los antiguos patrones de asentamiento.

## ABSTRACT

This thesis presents the results of the landscape study of a section of the modern forest that covers the prehispanic settlement of Kiuic. This site is located in the Bolonchen district of the Puuc region of Yucatan, Mexico. The Puuc is an ideal region for this type of study because it was abandoned after the Terminal Classic (A.D. 800-1000) and subsequent land use has had little impact on the composition of tree species and soils. Although similar studies have been conducted in Belize, Guatemala, and the Amazon area, this case study is the first of its kind to be carried out in this region.

Based on previous archaeological research in the ancient city of Kiuic, the Bolonchén Regional Archaeological Project (PARB by its initials (acronyms) in Spanish) team divided the site into three zones or areas based on the density and type of architecture. These zones are labeled Urban, Suburban, and Rural. In addition, a small part of the site, Rancho Kiuic (RKI), was reoccupied during the Colonial and recent Periods. I used the PARB's Geographical Information Systems (GIS) of the site to select a study area measuring 2.5 km x 0.5 km that cross-cuts the urban, suburban, and rural zones as well as Rancho Kiuic (measuring 0.76 km x 0.56 km). Next, I used the GIS to grid the study areas into 20 m x 20 m sampling quadrants. Finally, I used a combination of random stratified sampling and intentional sampling to select 90 quadrants, covering a total of 36,000 m<sup>2</sup>, for data collection.

I collected data during eight and one-half weeks of fieldwork, (September 216 – december 2016). I located each sampling quadrant using a GPS and, within each, I identified, recorded, and mapped each tree with a perimeter greater than or equal to 20 cm (or a diameter  $\geq$  6.36 cm), measured at a height of 1.30 m above the ground. I also identified, recorded, and mapped all soils visible on the surface in each sampling quadrant.

The sample quadrants contained 3,434 trees, classified in 33 families and 94 species. Fabaceae (Leguminosae), Rubiaceae, Malvaceae, Polygonaceae, and Boraginaceae are the most common families in the sample, accounting for 48.92% of sampled trees. The sample contained 90 native species (95.74% of sampled species) and 12 endemic species (12.76% of sampled species). In addition, 26 categories of uses were identified for tree species, the main ones being beekeeping (73 species), followed by medicinal uses (67 species), fuel (45 species), construction (42 species), timber (36 species), and forage (36 species). The types of soils recorded in the sampling quadrants were *k'an kab lu'um* and *tzek'el lu'um*.

An association between the tree species and soil types (chi square = 966.409;  $p < 0.001$ ) is present. On the other hand, there was no association between tree species and types of sampling.

A difference in the composition and distribution of tree species among the rural, suburban, urban, and RKI areas is also present in the sample (chi square = 135.286;  $p < 0.0028$ ). SIMPER analysis identified the contribution of each tree species to differences among the sampling areas. Ten species (10.64% of 94 total species) explain the top 50% of compositional dissimilarity among rural, suburban, urban, and RKI areas. Five of these 10 are species commonly used in the orchards (forest garden) and three of the five species have their highest abundance percentages in the urban area, the area with the highest density of archaeological structures, as well as in the RKI. Four of the 10 species

are distributed almost exclusively on *k'an kab lu'um* soil, while the remaining six in both soils.

Several of the useful species present in this modern forest, commonly known as “forest garden” species, play an important role in the compositional differences among the four areas. The processes responsible for these patterns may including: 1) the persistence of ancient impacts on the forest by Classic Period residents of Kiuic; 2) the influence of the archaeological record (abandoned structures and other modifications to the physical landscape) on the preferential growth of certain species; and 3) the recent use of the forest by near-living populations. However, current data and research design were insufficient to determine the role each of these possible processes is playing; therefore, future studies are necessary in the area. With the actual data I can only point to the strongest correlations among the composition / distribution of tree species and the mosaics defined by ancient settlement patterns.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

El área maya no es homogénea (Dunning *et al.* 1998), está formada por varios microambientes, que fueron alterados por los habitantes mayas antiguos de manera diferenciada por diversos motivos (Dunning *et al.* 1998; Fedick 1996). Algunos investigadores, sugieren que debido a siglos de manejo intensivo, es posible notar una diferencia en la distribución y composición de árboles en la selva moderna, pues esta huella aparentemente tarda siglos en desaparecer (Ross 2011).

En décadas recientes, las selvas altas dominadas por árboles útiles, han sido utilizadas para reconstruir un sistema de silvicultura hipotético de los antiguos mayas, basada en una serie de técnicas agrícolas y silvícolas que continúan utilizando los mayas actuales. El manejo antiguo estaba basado, principalmente, en el conocimiento de los atributos del suelo (Gómez-Pompa 1987, Gómez-Pompa, Flores y Aliphath-Fernández 1990). De hecho, el rico conocimiento ecológico y las prácticas actuales de los mayas, son, en cierta medida, un reflejo del conocimiento heredado de los ancestros (Ford y Nigh 2009).

Un rasgo de los más llamativos de las ciudades y poblados mayas hoy en día es la abundancia y diversidad de árboles en solares o huertos (*kitchen gardens / orchard gardens* en inglés). Su composición, estructura y función juegan un papel importante, ya que producen sombra, leña, flores, frutos, semillas, forraje verde, medicinas etc. Muchos de los árboles más comunes son las mismas especies que se encuentran en la vegetación que la gente llama bosque o vegetación “natural” (Gómez-Pompa 1987, Gómez-Pompa, Flores y Aliphath-Fernández 1990).

Investigaciones previas sobre esta temática en el área maya, específicamente

entre manejo del bosque y ocupación antigua, se han realizado en El Pilar, Belice (Ross 2011) y Tikal, Guatemala (Lentz *et al.* 2009, 2011), así como en Bolivia (Erickson y Balée 2006) y más recientemente en la Amazonia (Hans ter Steege *et al.* 2013). Los resultados han demostrado que la composición de las especies fue significativamente diferente; con abundancias altas de las especies comúnmente utilizadas en los huertos (*forest garden*) en áreas con una densidad alta de estructuras residenciales a pesar de siglos de abandono. De igual manera, en la Amazonia, los resultados han mostrado que muchas de las especies cultivadas durante la época prehispánica, son dominantes en los bosques y se encuentran cerca de los lugares donde la gente alguna vez vivió, es decir, cerca de las construcciones arqueológicas.

Desde esta perspectiva, esta tesis describe los resultados de una investigación sobre la vegetación y tipos de suelos en una franja de la selva moderna que ocupa el espacio de lo que fuera el asentamiento prehispánico de Kiuic, un sitio ubicado en la parte norte del distrito fisiográfico de Bolonchén, de la región Puuc de Yucatán, México. El objetivo fue describir si hay diferencias en la composición de las especies de árboles entre los diferentes usos de suelo: (i) rural, (ii) suburbano y (iii) urbano de la ocupación prehispánica y (iv) del Rancho Kiuic (RKI), ocupado en una época posterior.

Estos resultados se presentan en otros cinco capítulos, además del introductorio, y dos apéndices. En el segundo capítulo describo la base teórica, así como los antecedentes de estudios sobre bosques mayas cultivados, la justificación del estudio, la pregunta de investigación y los objetivos. El tercer capítulo está dedicado a la descripción del área de estudio y el cuarto capítulo comprende la metodología utilizada durante el trabajo de campo. En el quinto capítulo presento los resultados obtenidos, los

cuales fueron enlistados de acuerdo a cada uno de tres objetivos particulares de la investigación. El último capítulo incluye la discusión de los resultados y la conclusión, donde menciono los puntos más importantes de este trabajo, los cuales responden a la pregunta de investigación. En los anexos se presentan los formatos de registro de árboles y de suelos utilizados durante el trabajo de campo (Anexo A) y el papel de las especies de árboles (usos) en los bosques mayas actuales (Anexo C).

## **CAPÍTULO 2. BASE TEÓRICA**

### **El enfoque de la ecología histórica**

La ecología histórica se preocupa por entender las dimensiones temporales y espaciales de las interacciones dinámicas de las sociedades humanas y sus entornos biofísicos (Balée 1998, 2006), más que la adaptación del humano a un ambiente físico estático.

Cuando los humanos modifican o alteran el entorno ecológico, lo convierten en un paisaje o medio ambiente construido (Balée 1998; Fisher y Feinman 2005). Esta relación, entre medio ambiente y cultura, es un diálogo (no una dicotomía) que es renegociado en el tiempo y en el espacio (Balée 1998, 2006; Fisher y Feinman 2005).

La ecología histórica se distingue de otras disciplinas ecológicas debido a la agencia humana, ya que transforma el ambiente por diferentes razones: socioculturales, políticas, económicas, etc. (Balée 1998, 2006; Fisher y Thurston 1999). Por ejemplo, el materialismo histórico, si bien reconoce la acción humana en las transformaciones (Wolf 1982), no concibe que el medio ambiente una vez modificado, ejerza un efecto a largo plazo sobre las culturas humanas que se asientan posteriormente en la región dada. Por su parte, la ecología del paisaje, tiende a excluir las transformaciones realizadas al medio ambiente por el humano (Balée 1998, 2006).

En este sentido, la ecología histórica está más de acuerdo con la Nueva Ecología al cuestionar el concepto de equilibrio o falta de. El paisaje no es estático; cambia y se transforma por las decisiones tomadas por el humano y éstas, a su vez, también son afectadas por el medio ambiente mismo, al considerar también los fenómenos naturales que en él ocurren. En este sentido, la ecología histórica documenta procesos y los resultados de dicha interacción (Balée 1998; Fisher y Thurston 1999).

### *Postulados de la ecología histórica*

La ecología histórica incluye una serie de postulados para explicar las alteraciones mediadas por el humano de los ambientes naturales y las consecuencias de estas interacciones, en la formación de las culturas y los paisajes antiguos y contemporáneos (Balée 1998, 2006).

Uno de estos postulados indica que prácticamente todos los entornos de la Tierra se han visto afectados por los seres humanos (Balée 1998, 2006; Crumley 1994), cuestionando de esta forma la noción “bosques prístinos o vírgenes”. Esta última idea está siendo gradualmente reemplazada por una noción de bosque como resultado de procesos de sucesión natural (Balée 2006).

Otro postulado indica que los paisajes son construidos y definidos por objetivos socioeconómicos, políticos y culturales propios de cada sociedad humana (Balée 2006), por lo que resultan en paisajes diferentes, cada uno tiene su propia historia (Balée y Erickson 2006). De igual forma, la interacción dinámica y dialéctica de sociedad y paisaje en el tiempo y el espacio, representa un fenómeno total e integrador (Balée 1998, 2006; Balée y Erickson 2006).

### *Concepto de paisaje o medio ambiente construido*

Un término central utilizado en la ecología histórica para situar la agencia humana en el ambiente es el paisaje. Desde el momento en que los humanos se asientan en un ambiente comienza la modificación del mismo hasta convertirse en paisajes identificables en el tiempo y en el espacio, como una respuesta a sus objetivos políticos, socioculturales y económicos particulares (Balée 1998, 2006; Balée y Erickson 2006).

El paisaje es donde los elementos de la naturaleza (factores bióticos y abióticos) y los factores culturales convergen e interactúan entre sí, y en donde los humanos y el ambiente pueden ser vistos como una totalidad, dentro de una dimensión temporal que define esta interacción (Balée 1998, 2006; Urquijo-Torres y Barrera-Bassols 2009), se concibe como un ambiente construido (Balée y Erickson 2006; Erickson y Balée 2006).

Para la ecología histórica, el paisaje es un concepto amplio e inclusivo creado para incluir a los seres humanos, su ambiente construido y la manera en que estos paisajes son conceptualizados y simbolizados (Fisher y Thurston 1999). Se trata de una visión monista en la que se enfatiza la relación holística del humano en los procesos ecológicos (Urquijo-Torres y Barrera-Bassols 2009).

Esta concepción deriva de la geografía cultural, en lugar del ecosistema (que explica el funcionamiento biofísico de una sección de espacio) (Urquijo-Torres y Barrera-Bassols 2009), término utilizado en la ecología cultural como su unidad de análisis (paisaje = ecosistema) y también como una escala.

### *Origen del concepto paisaje*

El concepto de paisaje en la versión más reciente de la ecología histórica se origina en la geografía cultural. Los geógrafos definieron la inseparabilidad de los humanos y el ambiente en el contexto de paisaje (*Landschaft*), apoyados en los paisajistas y arquitectos del siglo XIX y de las escuelas de pintores de paisajes del siglo XIX en Europa, Norteamérica y Australia. A esto, los ecólogos históricos añaden el concepto de la escuela de historia francesa *Annales* donde el *paysage* (*paisaje*) experimenta varias formas de cambio temporal (corto y largo plazo) y cíclico. Sin embargo, la mayor

influencia proviene del geógrafo C. Sauer (24 de diciembre de 1889 - 18 de julio de 1975) (de la escuela norteamericana o de Berkeley) que propuso que en cualquier lugar donde los humanos han vivido e impactado el ambiente resulta en paisajes con determinadas historias; los denominados paisajes culturales (Balée 2006).

### *Dimensión temporal (el paisaje cómo palimpsesto)*

Las dimensiones temporales y espaciales son esenciales para entender la relación dinámica de la cultura y el ambiente, así como la formación de los paisajes antiguos y contemporáneos, y su heterogeneidad a través del tiempo (Balée 1998, 2006; Balée y Erickson 2006).

En este sentido, la ecología histórica adopta de manera metafórica el concepto de “palimpsesto” para “rehacer” las huellas que los humanos dejaron en el medio ambiente como parte del proceso de antropomorfización del paisaje (Erickson y Balée 2006). Se refiere a la acumulación de eventos que son el resultado de las interacciones de las sociedades humanas y los entornos a través del tiempo (específicamente la larga duración). Es el registro de una larga historia de manejo humano, las huellas de cuyos cambios continuos en el paisaje (las capas anteriores) pueden verse en las capas ulteriores (Balée 2006; Erickson y Balée 2006).

Para explicar la dimensión temporal de los palimpsestos, la ecología histórica utiliza las concepciones del tiempo humano de los Annales y de Braudel (1980): a) *longue durée* (Braudel 1980), o larga duración (tiempo geográfico), que en realidad es la acumulación de la modificación del paisaje (la historia del hombre con el medio que lo rodea que ocurre durante cientos o miles de años), b) *conjuncture* o coyuntura (tiempo

social), que se refiere a oscilaciones cíclicas que duran una década, cuarto de siglo, o tal vez medio siglo y c) *événement* o evento (tiempo individual) un fenómeno episódico de un corto plazo (algunos años) (Balée 2006).

Entender la suma total de la modificación natural y humana a través de miles de años (Fisher y Thurston 1999; Fisher y Feinman 2005) es la principal razón, por la que la ecología histórica aboga por la recolección de datos arqueológicos (Balée 2006; Fisher y Feinman 2005). Los paisajes pueden ser como textos, contienen la evidencia física de la historia de la conducta y de las acciones humanas (cultura) (Balée y Erickson 2006).

Por lo tanto, el registro físico es clave para entender la relación entre la sociedad humana y su ambiente, sobre todo, desde una perspectiva interdisciplinaria (Balée y Erickson 2006; Balée 2006; Fisher y Feinman 2005). Disciplinas como la arqueología, la etnografía, la etnobotánica, la genética, la geografía, la biología y la ecología, entre otras, han contribuido a documentar la historia a largo plazo del impacto humano sobre los ambientes y a entender como los paisajes llegaron a ser tan complejos en períodos de cientos y/o miles de años (Balée 2006; Erickson y Balée 2006).

### *Dimensión espacial (mosaico)*

Los paisajes antropogénicos, en la mayoría de los casos, están formados por mosaicos heterogéneos que tienen una historia / perspectiva de larga data (Fisher y Feinman 2005). Mosaico es un concepto abstracto, pero fundamental, para entender el medio ambiente construido.

En esta tesis, la unidad de análisis está formada por mosaicos, en particular de tres mosaicos prehispánicos: (i) rural, (ii) suburbano, (iii) urbano y un mosaico de una

época posterior (iv) Rancho Kiuic. Por razones prácticas en esta tesis los mosaicos son también llamados uso de suelo. Por ende, utilizaré los términos zonas de usos de suelo rural, suburbano, urbano y/o zona rural, suburbana y urbana; así como uso de suelo del Rancho Kiuic y/o zona del Rancho Kiuic, o áreas rural, suburbana y urbana para referirme a estos mosaicos.

Los investigadores han reconocido que la variación pluvial, edáfica, procesos geomorfológicos, y físicos (gradientes, drenaje) causados por las estructuras geológicas (Dunning *et al.* 1998) son algunos factores que marcan las diferencias en los mosaicos, así como los factores bióticos y culturales, especialmente vestigios arqueológicos como estructuras, terrazas, etc. Entre estos últimos, los procesos de cambio son:

a) Intensificación agrícola. Cambios en estrategias productivas que aumentan la productividad por unidad de tierra y que pueden ser de tres formas: cambios tecnológicos, cambios *laboresque* y cambios *landesque*. El primero puede ser por fertilización, introducción de maquinaria, semillas modificadas, domesticación, fuego, entre otros, que dejan suelos antropogénicos como un producto que dura en el ambiente. Estos suelos pueden ser más fértiles o menos fértiles que los suelos o sedimentos naturales. El segundo se refiere a la labranza, aumento de mano de obra, reducción de barbecho, etc., lo que a veces puede resultar en daños a largo plazo a la cobertura del bosque. El tercero se refiere a la modificación física de zonas con terrazas, estructuras para riego y drenaje, rellenos de suelos o espacios construidos para mantener huerto o jardines.

b) Extensificación. Incrementa el área bajo cultivo o manejo humano para aumentar la producción.

c) Diversificación. La inversión de mano de obra en diversas actividades además de la agrícola para aumentar la productividad del área (e.g. la producción de cal o miel).

Estos cambios o adaptaciones del ambiente por los humanos o para sus necesidades no es determinismo ambiental, lo que lo hace diferente, es el aspecto de planificación racional, la decisión tomada por el humano, para modificar el ambiente y lograr un aumento en la productividad, sobre la productividad del ambiente existente.

### **Los paisajes prehispánicos mayas**

#### *La ecología cultural y los antiguos mayas*

Hasta la década de los ´60 se mantuvo la idea de que los ambientes precolombinos no fueron modificados por los humanos y/o que sufrieran poca o ninguna alteración (Beach *et al.* 2006). Se pensaba que la antigua civilización Maya se apoyaba en la agricultura migratoria, conocida localmente como roza-tumba-quema o “milpa” en un bosque tropical homogéneo y ambientalmente limitado (Dumond 1961).

El neoevolucionismo de mitad del siglo XX ha sido una de las principales corrientes teóricas que trata de explicar que el progreso cultural / social y del hombre se ha dado por las mejoras alcanzadas por la inversión de energía y de la tecnología utilizada para su obtención. Los autores más representativos de esta corriente teórica son L. White (1982), M. Sahlins (1987), E. Service (1984) y J. Steward (1993).

Para White, el bienestar material evoluciona cada vez que aumenta la cantidad de energía aprovechada de los recursos naturales y menciona que hay varios niveles (desde la física individual hasta llegar a la energía nuclear). A menor energía menos bienestar físico (por ejemplo, cazadores-recolectores vs. sociedad con poder nuclear)

(White 1982). Mientras que E. Service (1984) hizo un modelo evolutivo en el que las sociedades pasan por diferentes etapas con adaptaciones y estructuras políticas específicas: bandas (cazadores y recolectores), tribus (agricultura extensiva), jefaturas (agricultura intensiva) y estados (intensificación de las especializaciones tecnológicas, por ejemplo, arado, metal, etc.).

Por su parte, J. Steward (1993) incorpora una herramienta metodológica, la ecología cultural, que permite entender la evolución multilineal así como el cambio cultural a través de la adaptación de los humanos al entorno (determinismo ambiental que significa un medio ambiente estático, no transformable, en el que los humanos se adaptan a las condiciones preexistentes, llegando a vivir en armonía con su ambiente). Para los ecólogos culturales (i.e., Sanders (1973), Steward (1955), Wittfogel (1955), etc.) el mecanismo del apogeo y de los cambios culturales fue la irrigación. Mediante el control del agua era posible una agricultura intensiva y por ende el aumento demográfico. La tecnología y la construcción de grandes sistemas hidráulicos para lograr lo anterior, según los investigadores, sólo podía ocurrir a través de una organización social y un poder bien establecido. La ecología cultural creó un modelo que generó una teoría para explicar un problema.

Basado en las influencias de la ecología cultural y los resultados de prospecciones en Sudamérica y el altiplano central de México (Millon 1964; Palerm 1955; Sanders 1956; Willey 1953), los arqueólogos interesados en los antiguos mayas empezaron a realizar prospecciones y estudios de patrones de asentamientos en la zona maya.

Gordon Willey y colaboradores (1965), influenciados directamente por Steward,

realizaron una prospección sistemática en la zona maya en el sitio de Barton Ramie (Willey *et al.* 1965). Esta prospección junto con otras documentó que los mayas vivieron en ciudades como Tikal (Puleston 1983), de aproximadamente 16 km<sup>2</sup> de extensión (Carr y Hazard 1961) y que las densidades demográficas alcanzaron a ser de más de 100 personas/km<sup>2</sup> en algunas zonas rurales.

Según la teoría de la ecología cultural, los arqueólogos conceptualizaron que la agricultura intensiva de riego fue necesaria en la zona maya para sostener poblaciones tan grandes y tan densas como las que documentaron las prospecciones. Para finales de los '60 y principios de los '70, los mayistas se dedicaron a estudiar las adaptaciones tecno-agrícolas de los mayas a sus ambientes (Flannery 1982; Sanders 1973, 1977; Siemens 1982; Turner y Harrison 1983). Sin embargo, no encontraron el manejo y los sistemas de canales esperados en las teorías de Wittfogel y Steward (1955). En su lugar, los investigadores documentaron ambientes heterogéneos y complejos, así como estrategias agrícolas heterogéneas, y complejas (Dunning *et al.* 1998).

Su sistema agrícola fue variado y no solo basado en el monocultivo del maíz o de su combinación con el frijol y la calabaza. Hellmuth (1977) menciona que las poblaciones, además de estos tres alimentos, cultivaron una gran variedad de tubérculos, especialmente la yuca (*Manihot esculenta*).

### *El paisaje antropogénico en las tierras bajas mayas*

Como es sabido, la sociedad maya, es una de las sociedades más complejas que floreció en un ambiente de bosque tropical (Gómez-Pompa 1987; Gómez-Pompa, Flores y Aliphath-Fernández 1990). Los investigadores han reconocido que el área en el que se

asentaron estos antiguos habitantes no es homogénea, varios factores abióticos condujeron al desarrollo de un mosaico de hábitats (Dunning *et al.* 1998). Debido a esta variedad de hábitats los antiguos mayas utilizaron diferentes sistemas de manejo (i.e. políticos, socioculturales y económicos).

En esta revisión de la región maya me remito únicamente a presentar dos ejemplos que apoyan el marco teórico de mi investigación relacionados con la distribución y alteración del paisaje, de manera diferenciada para sostener a sus poblaciones.

En Caracol, Belice, los estudios recientes muestran que fue un asentamiento ocupado desde 600 aC hasta 900 dC aproximadamente, aunque alcanzó su pico poblacional de más de 100,000 habitantes alrededor de 650 dC (Chase 2016; Chase y Chase 1994); es un sitio de gran escala, localizado dentro de un paisaje modificado antropogénicamente. Está ubicado entre los 450 y 600 m.s.n.m. (Chase y Chase 1987), no tiene agua superficial en un perímetro de 200 km<sup>2</sup> que constituye el sitio. Para solventar este reto, los antiguos pobladores mayas construyeron una gran cantidad de depósitos para almacenar agua y también manejaron la hidrología del paisaje construyendo terrazas. La intensidad de esta modificación y la construcción de terrazas agrícolas, en medio de su asentamiento urbano, en valles y colinas enteras, revelan una preocupación permanente de la seguridad alimentaria (Chase *et al.* 2011). Alteraron tanto el ambiente, que los efectos en la densidad y altura del bosque aún son medibles mil años después.

Otro ejemplo, es el asentamiento de Río Bec, en Campeche, México. No tiene un epicentro y una periferia residencial, y carece de un centro político-religioso (que suele

ser la organización más típica dentro de la cultura maya). La “zona nuclear” (159 hectáreas) muestra un patrón de asentamiento de tipo rural, con viviendas dispersas y espacios intermedios ocupados por rasgos de función agrícola; terrazas / camellones, así como canteras y aguadas. Esta constitución interna permitió plantear la existencia de una economía de producción basada en una agricultura *infield*, es decir, en torno a las viviendas, la cual pudo haber determinado la organización del asentamiento (Lemonnier y Vannièrè 2013).

De esta forma, podemos ilustrar que el sistema agrario estuvo construido y compuesto por unidades de producción agrícola distintas (UPA) (*farmstead*, en inglés). Cada una de ellas incluye una unidad residencial o *homestead*, asociada a cierta extensión de tierra delimitada por camellones, canteras y / o pendiente marcada, modificada y estructurada en parcelas. Así cada UPA fue distinta y autónoma de sus vecinos (Lemonnier y Vannièrè 2013; Arnauld *et al.* 2012). Con base en la caracterización de las estructuras, los espacios y los suelos, y mediante la identificación de las formas de aprovechamiento agrícola intensivas y la evaluación del grado de transformación y/o acondicionamiento del paisaje fue posible identificar la antropización del paisaje durante el auge de Río Bec en el Clásico Tardío (Fase Makan, 700-850 dC), (Lemonnier y Vannièrè 2013).

Dentro de la amplia variedad de estrategias de subsistencia y de intensificación agrícola (Gómez-Pompa 1987; McNeil, Burney y Burney 2010) reconocidas en las tierras bajas mayas durante el Período Clásico, además de las terrazas, se puede mencionar: la agricultura en humedales, campos drenados, cultivo de temporada (lluvias y/o combinación para diferenciar con labranza), manejos de solar, agroforestería y

silvicultura (Dunning y Beach 1994).

### *Estudios sobre bosques mayas cultivados*

La relación de los mayas con su ambiente condujo a prácticas de manejo en el que utilizaban la biodiversidad para sostener todos los aspectos de su vida, desde comida y medicinas hasta prácticas espirituales (Gómez-Pompa *et al.* 2003; Ross 2011).

Los antiguos mayas alteraron la composición de las especies de árboles, crearon suelos y construyeron rasgos agrícolas para conseguir una producción “sostenible”. Es decir, cambiaron la estructura y la composición del bosque para mejorar la productividad, mediante diferentes estrategias agrícolas (Dunning *et al.* 1998; Ross 2011; McNeil, Burney y Burney 2010; Ford y Nigh 2009; Gómez-Pompa 1987; Gómez-Pompa, Flores y Aliphath-Fernández 1990; Fedick 1996; Lentz *et al.* 2011). El bosque resultante es un paisaje altamente manejado y antropogénico al que se denomina *maya forest garden* (también conocido como *orchard gardens*), cuyo valor ecológico y económico se reconoce hoy en día (Gómez-Pompa 1987; Ford y Nigh 2009; Ross 2011).

Por ende, en algunas investigaciones, la presencia de selvas dominadas por árboles útiles económicamente en la zona maya ha sido utilizada para reconstruir un sistema de silvicultura hipotético (basado en una serie de técnicas agrícolas y silvícolas que usan los mayas actuales) del manejo del ambiente (Gómez Pompa 1997; Gómez-Pompa, Flores y Aliphath-Fernández 1990). Este sistema de silvicultura hipotético está basado en que el rico conocimiento ecológico, la conservación de la diversidad biológica y genética, y las prácticas de hoy en día de los mayas reflejan, en algún grado, el conocimiento acumulado por sus ancestros (Gómez-Pompa 1987; Gómez-Pompa,

Flores y Aliphath-Fernández 1990; Rico-Gray, Chemás y Mandujano 1991; Ford y Nigh 2009).

Como varios investigadores han mencionado, el manejo de los bosques estuvo basado en los atributos de los suelos, tal y como todavía se sigue hoy día. Los sedimentos (medios abióticos), manipulados a través del tiempo (antrosuelos) como parte de la adecuación a los microambientes, existen a lo largo de las tierras bajas mayas. Por lo tanto, son claves para entender la variabilidad en las prácticas agrícolas mayas (Gómez-Pompa 1987; Dunning 1996).

Las ideas respecto al cultivo de árboles por los antiguos mayas también incluye la creación de selvas artificiales (*artificial rain forests*) conteniendo árboles utilizables económicamente y el uso de solares (como actualmente se conoce) (McKillop 1994). Su composición, estructura y función juegan un papel importante, ya que producen sombra, leña, flores, frutos, semillas, forraje verde, beneficios medicinales, etc. De hecho, muchos de los árboles más comunes son las mismas especies que se encuentran en la vegetación que la gente llama bosque o vegetación “natural” (Gómez-Pompa 1987; Gómez-Pompa, Flores y Aliphath-Fernández 1990).

Algunos investigadores que han realizado estudios en las tierras bajas mayas del sur, en particular en Belice y Guatemala, sugieren que estas huellas de la transformación todavía son visibles en el bosque moderno que cubre esta región. Mencionan que a través del conocimiento de la vegetación se pueden entender las prácticas agroforestales de los antiguos mayas, ya que éstas se reflejan en la distribución y el crecimiento de las especies de árboles que se encuentran en los bosques actuales (Lentz *et al.* 2011). Debido a que esta modificación es muy intensa, la

huella perdura por siglos y por lo tanto, la dominancia de algunas especies de árboles en el bosque modificado queda marcada, formando un sesgo (Dunning *et al.* 1998; Ross 2011; McNeil, Burney y Burney 2010; Ford y Nigh 2009; Gómez-Pompa 1987; Gómez-Pompa, Flores y Aliphath-Fernández 1990; Fedick 1996; Lentz *et al.* 2011).

Un trabajo pionero, es el realizado por Puleston en Tikal, Guatemala (1978, 1982). En su estudio, encontró que los espacios vacíos entre los grupos arquitectónicos de Tikal, pudieron haber sido utilizados como huertos, mientras que las áreas periféricas pudieron haber sido destinadas al sostenimiento agrícola. Este trabajo fue el primero en considerar el cultivo forestal y la posible persistencia de paisajes arbóreos. También notó, que la especie *Brosimum alicastrum* pudo haber servido como fuente de alimento, en particular, en tiempos de escasez.

Investigaciones más recientes han sido realizadas en la Reserva Arqueológica de El Pilar, en el noroeste de Belice (Ross 2011) y en Tikal, Guatemala (Lentz *et al.* 2009, 2011). Fuera del área maya, en Bolivia (Erickson y Balée 2006) y más recientemente en la Amazonia (Hans ter Steege *et al.* 2013).

En el caso de la Reserva El Pilar, Belice, la investigación integró la ecología y la etnobotánica para evaluar el impacto de los bosques manejados (*forest garden*) de los antiguos mayas en la composición moderna de las especies de árboles de este bosque. Los resultados indicaron que algunas especies de árboles jugaron un rol importante en las diferencias de composición entre áreas de alta densidad de estructuras arqueológicas y de baja o nula densidad de las mismas, con un uso de suelos uniforme en todas las áreas en la época reciente en este antiguo asentamiento maya (Ross 2011).

Veinte y ocho especies (de un total de 171 especies de árboles identificadas)

explicaron/formaron el 50% superior de la disimilitud entre ambas zonas (de alta o poca densidad). De estas 28 especies, 17 de ellas pertenecen a la lista de especies de los *maya forest garden* y 12 de ellas (el 42.85%) tienen un promedio más alto de abundancia en el área de alta densidad de estructuras arqueológicas. Correspondientemente, nueve especies de 11 que no están en la lista de *maya forest garden* tuvieron más abundancia en el área de baja o nula densidad de estructuras arqueológicas (25.20%) (Ross 2011). Estos datos sugieren que la composición de las especies fue significativamente diferente; con abundancias altas de las especies comúnmente utilizadas en los *forest garden* que todavía persisten en áreas de bastantes estructuras residenciales antiguas (densidad alta) de los bosques (Ross 2011).

Cabe mencionar que recientemente no se usan las zonas tradicionalmente usadas para *forest garden*. De esta forma, sugiere que existe un vínculo entre la composición de especies del bosque moderno y la densidad de ocupación maya antigua alrededor de El Pilar. Además, la investigadora también menciona que después de poco más de un milenio de abandono, se podría sugerir que la dispersión y la mortalidad podrían haber eliminado cualquier evidencia de los bosques manejados, sin embargo, los resultados de los análisis indican claramente que esto no ocurrió (Ross 2011).

Por su parte, el estudio realizado en Tikal, Guatemala, como parte del Proyecto de Silvicultura y Manejo de Aguas de los Antiguos Mayas de Tikal (Lentz *et al.* 2009, 2011), tuvo como finalidad determinar el grado en el que bosque de esta área tiene una profunda influencia antropogénica, cuáles árboles fueron utilizados en el pasado, como se administraron los bosques a través del tiempo y cuáles especies (si las hubieron) estaban tratando de domesticar los mayas prehispánicos. En otras palabras, determinar

si la distribución de árboles es un reflejo de las prácticas de silvicultura maya. Para ello, se registraron las especies de árboles en zonas que fueron ocupadas por los antiguos mayas (zonas de alta densidad de ocupación, con una gran cantidad de estructuras arqueológicas) y sin ninguna evidencia de ocupación humana antigua. En los informes técnicos de este proyecto arqueológico (Lentz *et al.* 2009, 2011) se menciona que los análisis están en proceso y que se esperaba encontrar que el bosque moderno en y alrededor del núcleo de Tikal, es, al menos en parte, el resultado de la ocupación maya antigua y de las prácticas de silvicultura que tuvieron una influencia duradera en la composición de especies de este bosque.

Otro estudio realizado recientemente (Hans ter Steege *et al.* 2013) en la Amazonia ha mostrado que ciertas especies de árboles fueron particularmente comunes o hiperdominantes en los bosques de esta área. La mitad de todos los árboles registrados a lo largo de toda la región pertenecen a 227 especies. Muchas de estas especies son todavía utilizadas por grupos indígenas modernos, como los Yanomami del norte de Brasil, principalmente como fuente de alimento.

También se realizó una lista de especies que tuvieron evidencia de domesticación, como las especies frutales. De las 85 especies registradas, 20 de ellas resultaron ser hiperdominantes. Para determinar si los humanos tuvieron influencia en esta dominancia se realizaron muestreos en áreas de sitios arqueológicos y áreas sin evidencia de ocupación humana. El resultado demostró que las especies domesticadas eran más abundantes cerca de lugares donde hubieron asentamientos humanos. También mostró que en partes del bosque amazónico en Bolivia, por ejemplo, las especies domesticadas representaron hasta el 61% de la diversidad arbórea.

En las tierras bajas mayas del norte, particularmente en Cobá, Quintana Roo, Folan y colaboradores (1979) realizaron un estudio cuyos resultados indicaron una fuerte relación entre la ubicación y la cantidad de árboles que producen frutos, fibra, corteza y resina con la arquitectura abovedada de alto estatus y la distancia del centro del sitio hacia los límites, sugiriendo que estas comunidades de árboles existentes pudieran ser vestigios de la composición arbórea de los antiguos asentamientos prehispánicos mayas.

En el noreste de Yucatán, se realizó un estudio sobre el cultivo intensivo de especies de valor como el cacao (*Theobroma cacao*) (McKillop 1994). Kepecs y Boucher (1996) demostraron que las rejolladas fueron importantes recursos agrícolas en épocas prehispánicas en cuyo interior se localiza un tipo de suelo particular (*k'an kab lu'um*) donde posiblemente se cultivó cacao. La presencia de cacao en Yucatán muestra la habilidad de los mayas para el manejo de los árboles en microambientes particulares (Gómez-Pompa, Flores y Aliphath-Fernández 1990), pues fueron capaces de adaptar métodos de intensificación agrícola en ambientes localizados (Kepecs y Boucher 1996). Sin la intervención de los humanos para construir paisajes para el cacao, este árbol con exigencias ecológicas particulares no hubiese podido haber crecido en el norte de Yucatán.

## **Justificación**

El interés de los investigadores por la ecología de la selva maya es cada vez mayor y hoy en día se tiene más información sobre los paisajes donde se asentaron los antiguos mayas (Ford y Nigh 2009; Dunning *et al.* 1998). Sin embargo, aún es poca la

comprensión que se tiene sobre el manejo del hábitat (Gómez-Pompa 1987; Gómez-Pompa, Flores y Aliphath-Fernández 1990; Lentz *et al.* 2011; Rico-Gray, Chemás y Mandujano 1991).

Las investigaciones presentadas con anterioridad mostraron diferencias en la composición de especies de árboles entre áreas que tuvieron alta densidad de ocupación prehispánica permanente y sin/o con baja evidencia de ocupación, o de ocupación temporal. Lentz *et al.* (2011) incluso han sugerido que posiblemente esta misma situación haya sido similar para otros sitios mayas.

Adicionalmente no se habían realizado investigaciones de este tipo en las tierras bajas mayas del noroeste. Este vacío de conocimiento e información, fue lo que me motivó a realizar esta investigación, integrada por la arqueología y la etnobotánica, con la finalidad de conocer la composición y distribución de especies de árboles y de suelos en un área de esta región.

### **Pregunta de investigación**

Tomando en cuenta lo que sabemos sobre los paisajes actuales en otros sitios mayas y el conocimiento del PARB del área del distrito de Bolonchén, la pregunta de investigación que guía este trabajo es la siguiente: ¿Hay diferencias de composición arbórea de la selva moderna entre los mosaicos de la antigua ocupación maya de Kiuic?

### **Objetivos de la investigación**

Para contestar la pregunta anterior se establecieron los siguientes objetivos.

### *Principal*

Realizar un estudio del paisaje que rodea a Kiuic, documentando las diferencias en la distribución de árboles entre las diferentes zonas ocupadas por los mayas prehispánicos y cómo se relaciona esta distribución con los patrones de asentamiento.

### *Específicos*

- 1) Registrar las especies de árboles y los tipos de suelos hallados en las muestras de cada una de las áreas: rural, suburbana, urbana y Rancho Kiuic.
- 2) Clasificar las especies de árboles por el uso actual humano con base en la descripción botánica obtenida.
- 3) Determinar si hay diferencias de especies de árboles y de suelos entre las cuatro áreas y establecer sus correspondencias.

### CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación fue realizada en el bosque moderno al oeste y sur del epicentro de Kiucic (Gallareta-Negrón, Bey y Ringle 2001), ubicado dentro de la Reserva Biocultural *Helen Moyers* de Kaxil Kiuc A.C.; en la parte norte del distrito fisiográfico de Bolonchén, de la región Puuc de Yucatán, México (Figura 3-1).

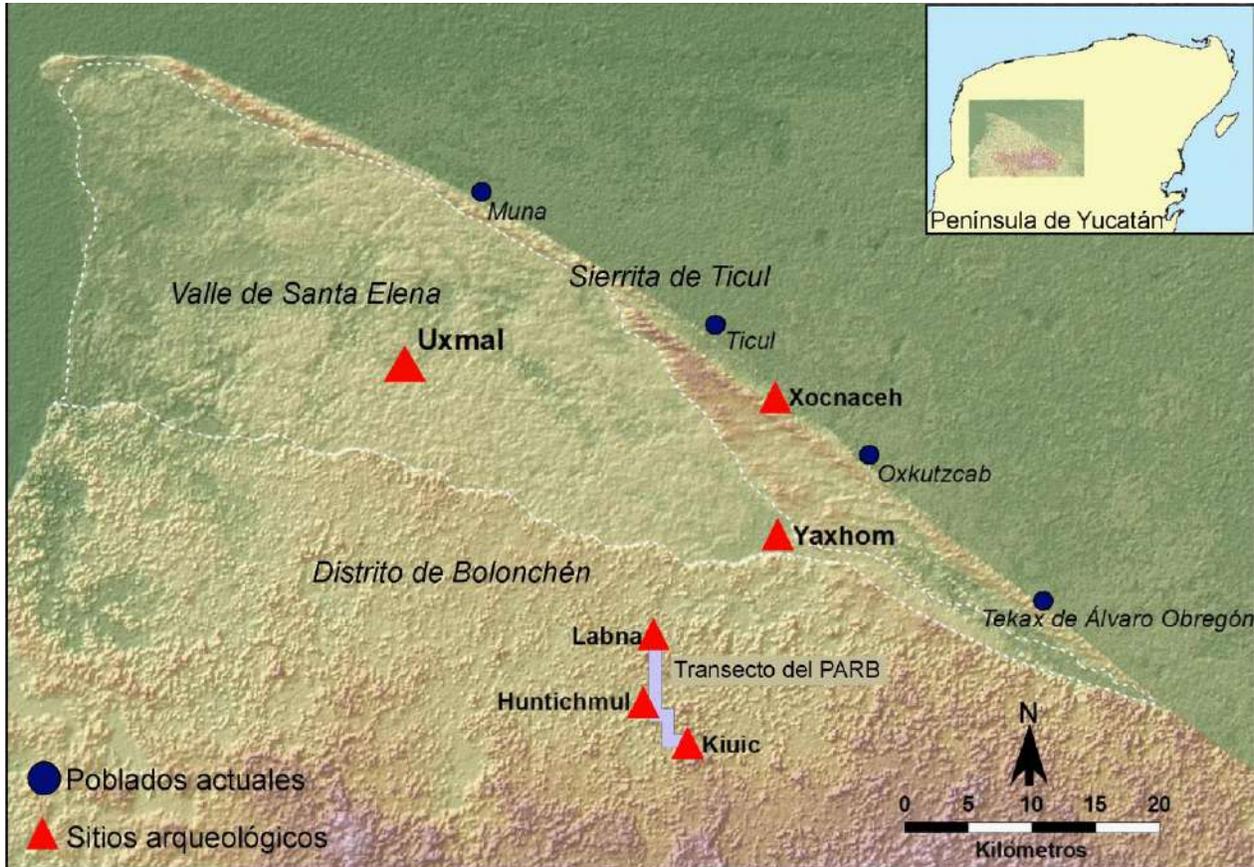


Figura 3-1. Ubicación de Kiucic en el distrito de Bolonchén, Yucatán, México (obtenida de los archivos del PARB).

#### La Región Puuc y el distrito de Bolonchén

##### *Geología y geomorfología*

La península de Yucatán es una gran plataforma parcialmente emergida de carbonatos y evaporitas del Mesozoico y Cenozoico (Dunning 1992). La naturaleza soluble de la gran

cantidad de carbonato de calcio y magnesio de calcio, ha resultado en un paisaje de depresiones, aberturas y cavernas a través de la península. Además de un bajo relieve en algunas áreas, como en la región Puuc (Wilson 1980; Dunning 1992).

La profundidad de las aguas subterráneas varía en toda la península, desde menos de 1 m cerca de la costa hasta 45-100 m de profundidad en el distrito de Bolonchén de la región Puuc (Wilson 1980). El norte de Yucatán se caracteriza por cuatro tipos de capas geológicas (de abajo hasta arriba): 1) un estrato de capa dura de roca caliza, 2) un estrato de marga blanda, conocida localmente como *sascab*, que varía en grosor, 3) un estrato de carbonato de calcio endurecido y 4) un estrato de suelo (Isphording y Wilson 1973; Dunning 1992).

La región serrana, también conocida como el Puuc, está formada por tres divisiones principales: a) la Sierrita de Ticul, un cordón de colinas que corre en dirección noroeste-sureste por casi 200 km que se eleva hasta 100 m.s.n.m., b) el Valle de Santa Elena, ubicado detrás de la sierrita, consiste de una zona de lomeríos bajos con grandes extensiones planas (Wilson 1980; Dunning 1992) y c) el distrito de Bolonchén (Wilson 1980), en donde se ubica Kiuic. Este distrito se caracteriza por una gran cantidad de colinas cárstico-cónicas, cubiertas con suelos delgados y pedregosos que en ocasiones alcanzan alturas cercanas a los 80 m.s.n.m. Dichas colinas bordean numerosas planadas con suelos profundos, aunque están limitadas en extensión (Duch-Gary 1988).

#### *Fuentes de agua*

La región Puuc carece de fuentes de agua superficiales permanentes y ésta casi totalmente ausencia de agua fue lo que llevó a los pobladores, a desarrollar tecnologías

de almacenamiento y manejo de agua para lograr asentamientos permanentes (Gallareta-Negrón, Ringle y Bey 2017).

La técnica más común fue la de construir cisternas subterráneas cortadas en la capa de *sascab* selladas con un recubrimiento de estuco (McAnany 1990; Zapata Peraza 1989). Estas cisternas (*chultunes*) estuvieron localizadas mayormente en la superficie de las plataformas basales de estructuras residenciales (McAnany 1990), de tal forma que las superficies estucadas de los patios y los techos de las habitaciones pudieran ser utilizadas como áreas de captación de agua de la cisterna.

Otras fuentes de agua en el Puuc las constituyen las aguadas (Dunning 1992), reservorios grandes y abiertos, que fueron formados a partir de depresiones poco profundas que se ubican en áreas planas (Isendhal 2011). Se han reportado 38 aguadas en el Puuc (Dunning 2008), aunque es posible que el número de aguadas prehispánicas sea mayor (Isendhal 2011). Las cuevas y las oquedades naturales en la laja, conocidas como *haltunes* o *sartenejas*, también fueron importantes para el aprovisionamiento de agua (Dunning 1992).

### *Clima*

El clima, según la clasificación Köppen y modificada por García (2004) es del subtipo Aw0 (i') gw, cálido y subhúmedo; con lluvias en verano y con poca oscilación térmica. Presenta períodos de lluvia y de sequía definidos. La temperatura media anual es de 26°C (Ramírez-Guardado 2015). La precipitación media anual en el Puuc es de 1,100 mm con temporadas de lluvia de mayo a octubre y un temporada seca de noviembre a

abril (Dunning 1992). Los meses más frescos ocurren al final de la estación lluviosa de noviembre a enero.

### *Pedología*

De acuerdo a Dunning (1992), factores como la piedra caliza, calor, lluvia, pendiente y drenaje, entre otros, fueron los principales factores en la formación de suelos, siendo los dos últimos mencionados, los que más afectan la diferenciación y la distribución de suelos en áreas localizadas, tales como el Puuc. Incluso, de acuerdo a este investigador, los suelos de esta región también pueden ser agrupados en cuatro clases diferentes de capacidad agrícola basadas principalmente en las características de pendiente y drenaje. Estas cuatro clases son:

- Clase 1: suelos poco profundos, rocosos y bien drenados en pendientes mayores a 10°. Estos suelos incluyen *tzek'el lu'um*, *kakkab lu'um* y *chak lu'um*.
- Clase 2: suelos bien drenados de 20 a 100 cm de profundidad y en pendientes de 3° a 15°. Incluye los suelos *pus lu'um* y *k'ankab lu'um-tzek'el lu'um*.
- Clase 3: suelos generalmente bien drenados de más de un metro de profundidad en terrenos bajos con pendientes de 0° a 5°. Incluye los suelos *k'ankab lu'um*, *ek' lu'um* y *yaxhom*.
- Clase 4: suelos pobremente drenados y estacionalmente inundables que ocurren en terrenos bajos. Incluye el suelo *ak'al che'* y suelos hidromórficos relacionados.

Una clasificación de estos suelos la presento en la Figura 3-2.

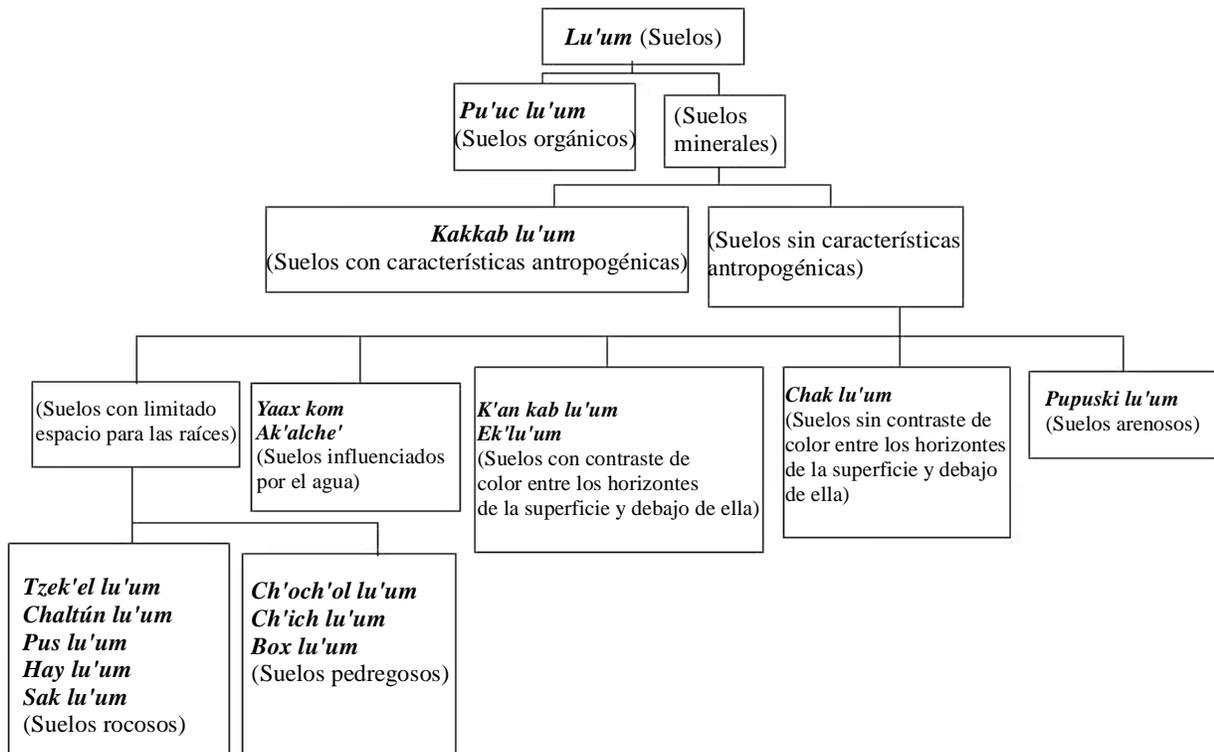


Figura 3-2. Esquema de clasificación de suelos Maya Yucatecos modificado de Bautista y Zinck 2010, Figura 3.

En el Valle de Santa Elena son notorias grandes extensiones de suelo oscuro (*pus lu'um*, *ek' lu'um* y *yaxhom*) que son las tierras más apreciadas por los agricultores locales, debido a que son muy fértiles y útiles para el cultivo de una gran variedad de maíz de crecimiento rápido y otros cultivos hortícolas, que no prosperan tanto en los uitzes o kancabales del distrito de Bolonchén (Dunning 1992; Gallareta-Negrón 2013). El valle de Yaxhom, en el extremo este del Valle de Santa Elena, es una cuenca natural y una región muy fértil, y hoy en día posee la mayoría de los huertos del Puuc.

Por su parte, las colinas de Bolonchén, indican la preponderancia de suelo *k'an kab lu'um* cuando el relieve es relativamente plano, particularmente en los valles, mientras que las pendientes de las cerros están cubiertas en su mayor parte por suelos *tzek'el*

*lu'um* (Dunning 1992).

El suelo *k'an kab lu'um* es un suelo mineral con amplio espacio para raíces y un Luvisol, basado en el marco WRB (*World Reference Base for Soil Resources* por sus siglas en inglés). Hay un contraste de color entre capas (amarillo arriba, rojizo abajo) (Dunning y Beach 2004), el cual se debe al contenido de sales de hierro, las cuales son disueltas por las aguas carbonatadas producidas en Yucatán. El contacto de las aguas pluviales con los diversos carbonatos que integran las abundantes rocas calizas de la región, permiten su uso agrícola (Bautista y Zinck 2010).

Por su parte, los suelos con espacio limitado para raíces se divide en dos grupos: rocosos y pedregosos. El suelo *tzek'el lu'um* se clasifica en el primer grupo y es un Leptosol lítico. Se describe como suelo negro, con muy poca tierra fina, sobre afloramientos rocosos en forma de promontorios (cerros) y piedras mayores de 25 de diámetro (Bautista y Zinck 2010). Tiene buen drenaje y el agua de percolación favorece la acumulación de elementos nutritivos en el perfil delgado y en la roca caliza. Relacionado con la agroforestería/cultivar frutas.

### *Vegetación*

El estado de Yucatán forma parte de una unidad biogeográfica llamada Provincia Biótica Península de Yucatán (PBPY) junto con Campeche y Quintana Roo, en México, y los departamentos del norte de Belice (Belice, Corozal y Orange Walk), y el departamento del Petén de Guatemala. Las diez familias de mayor riqueza (número de especies) del estado de Yucatán las presento en la Tabla 3-1. Estas diez familias (6%) incluyen el 50.16% de la riqueza total de plantas vasculares del estado (Carnevali *et al.* 2010b).

Tabla 3-1. Las 10 familias con mayor número de especies en Yucatán modificado de Carnevali *et al.* 2010b, Cuadro 2.

<b>Familia</b>	<b>Núm. de especies</b>	<b>%</b>
Leguminosae	139	9.91
Poaceae	118	8.41
Asteraceae	104	7.41
Euphorbiaceae	90	6.41
Malvaceae	57	4.06
Convolvulaceae	49	3.49
Apocynaceae	40	2.85
Orchidaceae	38	2.71
Rubiaceae	35	2.49
Cyperaceae	34	2.42
<b>Total</b>	<b>704</b>	<b>50.16</b>

La porción mexicana de la PBPY alberga cerca de 198 especies endémicas (especies que sólo crecen en uno o más de los tres estados: Yucatán, Campeche y Quintana Roo). De estas especies, 95 (casi 48%) crecen al interior de los límites de Yucatán y 14 son estrictamente endémicas de este estado. Estas últimas representan el 1.06% de todas las especies de Yucatán y el 7.17% de las endémicas de la porción mexicana de la península (Carnevali *et al.* 2010b). Las familias con mayor diversidad de endemismo las presento en la Tabla 3-2. Todas ellas, con la excepción de la familia Orchidaceae, son muy diversas y ricas en endemismo en todos los ambientes y ricas en especies en las selvas secas del Neotrópico (Carnevali *et al.* 2010a).

Tabla 3-2. Número total de taxones, números de taxones endémicos y porcentaje de endemismo de las familias con mayor porcentaje de endemismo en la Península de Yucatán Mexicana modificado de Carnevali *et al.* 2010a, Cuadro 8.

<b>Familia</b>	<b>No. Total de Taxones</b>	<b>No. Total de Endémicas</b>	<b>% Endemismo</b>
Euphorbiaceae	113	24	21.2
Fabaceae	230	19	8.2
Orchidaceae	132	17	12.8
Apocynaceae	60	13	21.6
Asteraceae	147	11	7.4
Acanthaceae	38	10	26.3

Dentro de la PBPY, el tipo de vegetación que caracteriza la región donde se ubica Kiuc, es selva mediana subcaducifolia. Esta selva está conformada por un estrato arbóreo cuya altura promedio oscila entre 10 y 15 metros, y del 50 a 75% de sus árboles dejan caer sus hojas en la época seca del año (Flores-Guido, Durán-García y Ortiz-Díaz 2010; Flores y Espejel 1994).

Entre las especies de árboles más comunes están: *Acacia cornigera*, *Acacia pennatula*, *Annona reticulata*, *Bursera simaruba*, *Bucida buceras*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Cochlospermum vitifolium*, *Gliricidia maculata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Caesalpinia gaumeri*, *Guazuma ulmifolia*, *Gymnopodium floribundum*, *Gyrocarpus americanus*, *Havardia albicans*, *Lysiloma latisiliquum*, *Mimosa bahamensis*, *Metopium brownei*, *Sapindus saponaria*, *Piscidia piscipula*, *Pithecellobium dulce*, *Simarouba glauca*, *Sphinga platyloba*, *Spondias mombin*, *Trema micrantha* y *Vitex gaumeri* (Flores-Guido, Durán-García y Ortiz-Díaz 2010).

### **Sitio arqueológico de Kiuc**

El núcleo central de kiuc se ubica dentro de un valle rodeado por colinas, muchas de ellas con evidencia de conjuntos arquitectónicos en su cima, como el grupo de cerro llamado Escalera al Cielo. Desde que el sitio fue visitado por Stephens y Catherwood (1843/1963) varios investigadores han aportado información del sitio, en particular sobre su arquitectura (Gallareta-Negrón, Bey y Ringle 2004).

El Proyecto Arqueológico Regional de Bolonchén, dirigido por el Dr. Tomás Gallareta-Negrón, el Dr. George Bey III y el Dr. William Ringle inició en el año 2000 con la finalidad de investigar la formación del regionalismo y la comunidad entre los antiguos

mayas de la región Puuc. El proyecto ha realizado el reconocimiento y la cartografía de las zonas urbanas de Kiuic, Huntichmul, y del Valle de Yaxhom, un reconocimiento intersitios entre Labná-Huntichmul-Kiuic, y excavaciones en complejos arquitectónicos de Kiuic y en el grupo de Cerro Escalera al Cielo.

El área de Kiuic representa la manifestación física de más de 1,000 años de intervención humana. Los resultados de las excavaciones realizadas en el Grupo Yaxché del núcleo central de Kiuic, junto con el material cerámico y los fechamientos obtenidos por radiocarbono, indicaron que la evidencia más temprana de asentamiento humano data para el Preclásico Medio (alrededor de 790 aC), y la ocupación continuó hasta alrededor de 950 dC. La ciudad alcanzó su pico en el período Clásico Tardío / Terminal (600-900 dC) y durante este período el grupo de cerro Escalera al Cielo también floreció así como la mayoría de las áreas aledañas (la muestra de este estudio se ubica dentro de esta zona y posiblemente se encuentra dentro de la unidad política de Kiuic de este período de tiempo) (Gallareta-Negrón, Bey y Ringle 2010).

De esta manera, es posible sugerir que la principal y última modificación del paisaje durante la época prehispánica fue durante su mayor apogeo (período Clásico Tardío / Terminal), ya que la cerámica asociada al período Posclásico posiblemente representa una veneración post-abandono de ciertas estructuras importantes del sitio (Gallareta-Negrón, Bey y Ringle 2010).

La siguiente ocupación inició cuando el área de Kiuic se convirtió en rancho. La evidencia histórica indica que este rancho fue manejado por generaciones de caciques que habitaron la zona y atendido por una población de otras familias maya hablantes, desde finales del período Colonial (1700s) hasta el siglo XX (Gallareta-Negrón, Bey y

Ringle 2016). La ubicación y extensión del área principal del rancho (hasta ahora registrada) sugiere que tuvo una ocupación menor a la de la época prehispánica; sin embargo, se asentó en algunas partes ocupadas previamente durante esta época. Incluso se ha encontrado evidencia de albarradas que atraviesan el núcleo principal del sitio arqueológico, a poco más de 700 m al norte, que sugieren fueron utilizados para encerrar ganado, posiblemente durante los siglos XIX y XX. El manejo de los recursos naturales de la selva debió obedecer a las necesidades de esta nueva ocupación histórica. Es posible que la modificación del paisaje hay sido menor en relación al de la ocupación prehispánica.

## **CAPÍTULO 4. BASE METODOLÓGICA**

### **Tipo de estudio**

En este estudio se siguen los cuatro criterios propuestos por Méndez-Ramírez *et al.* (2014) para clasificar una investigación. Por la temporalidad en la que se capta la información, se trata de un estudio prospectivo, ya que la información se obtuvo después de la planeación de la investigación. Por la evolución del fenómeno estudiado, es transversal, ya que las variables se midieron una sola vez, en un momento dado. La tesis es descriptiva, ya que cuenta con una sola población que se describe en función de un número de variables. Acorde con la interferencia del investigador, el trabajo es observacional, ya que sólo se describió o midió el fenómeno bajo estudio, sin haber modificado ninguno de los factores que intervinieron en el proceso.

### **La muestra**

#### *Área de muestreo*

Del reconocimiento intersitios de 10.50 km<sup>2</sup> realizado por el PARB entre los sitios de Labná, Huntichmul y Kiuic, escogí un área cercana a este último sitio para realizar la presente investigación. Esta área, que mide 2.50 km en dirección E-O por 0.50 km en dirección N-S (Figura 4-1), fue escogida debido a que los patrones zonales en la distribución y composición de conjuntos de elementos así como de los elementos arqueológicos aislados son muy claros; permitiendo distinguir bien las áreas rural, suburbana y urbana de la antigua ocupación prehispánica.

Las áreas con una mayor densidad residencial (urbana) se encuentran ubicadas en terrenos de baja pendiente o planos en la vecindad inmediata de los grupos

arquitectónicos principales de Kiuic. Esta extensión de asentamiento continuo se encuentra separada por una franja angosta vacía de grupos residenciales ubicados en cimas de cerros, igualmente conteniendo construcciones de alto status pero con una densidad poblacional menor (suburbana). La siguiente franja vacía de núcleos habitacionales es mucho más amplia y notoria, aunque contiene innumerables tipos de elementos que indican la explotación económica de este espacio, quizá por medio de la cultivación de temporal. Luego otra franja (rural), ahora conteniendo facilidades de tipo temporal pues carecen de agua almacenada que pudieron funcionar como apoyo para huertos familiares, además de aprovechar los recursos naturales en su vecindad, como la producción de materiales de construcción, considerando la accesibilidad de piedra caliza de alta calidad (Gallareta-Negrón, Bey y Ringle 2014). Además, escogí otra área con una ocupación posterior a la prehispánica. Esta área midió 0.76 km en dirección E-O por 0.56 km en dirección N-S que incluye el área del Rancho Kiuic (RKI).

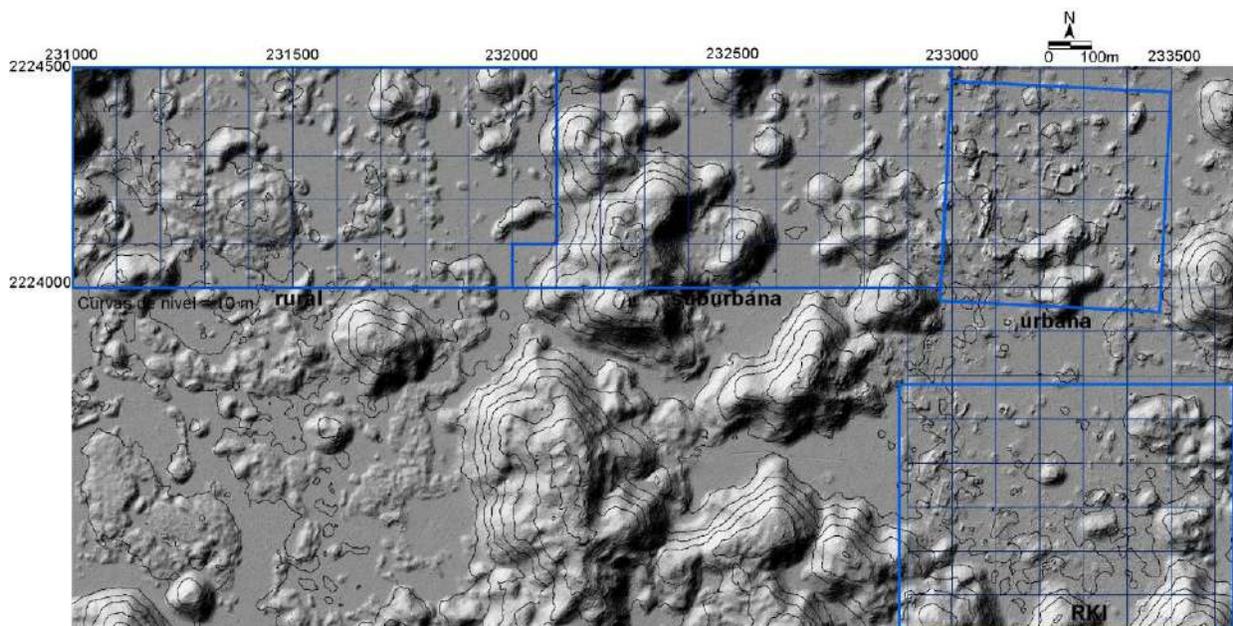


Figura 4-1. Área de muestreo de este estudio (la imagen LiDAR fue obtenida de los archivos del PARB).

### *Unidad de muestreo*

El área de 2.50 km (E-O) por 0.50 km (N-S) de ocupación prehispánica fue dividida de forma sistemática en cuadros de muestreo de 20m x 20m, o mecatres, dando como resultado 3,115 cuadros. La misma estrategia fue realizada en el área de 0.76 km (E-O) por 0.56 km (N-S) que incluye el área del Rancho Kiuic (RKI), dando como resultado 1,064 cuadros. Utilicé esta medida por la interacción, comunicación y comodidad con las personas con las que trabajé; es la medida que comúnmente utilizan en el campo para medir terrenos, etc.

### *Método de muestreo*

Para este estudio utilicé dos formas de muestreo: el estratificado aleatorio y el intencional.

*Muestreo estratificado aleatorio.* Méndez-Ramírez *et al.* (2014) menciona que para mejorar la representatividad es conveniente dividir a la población en estratos o subgrupos; cada uno de ellos son subdivisiones de la población que se muestrean por separado. Sin embargo, la población está formada por el mismo tipo de unidades. Así, esta metodología permite la comparación entre estratos. En este estudio los estratos del muestreo aleatorio son las áreas rural, suburbana, urbana y RKI.

*Muestreo intencional.* De acuerdo a Adamchak (2000) la muestra que se toma en este método es sobre la base de oportunidades. En este caso, realicé un muestreo intencional posterior al muestreo aleatorio, solamente en el área de ocupación prehispánica, para validar la información recopilada en el primer muestreo. Así como para llenar vacíos dejado por la muestra aleatoria (i.e., no había muestras en la cima de

las estructura, o cercas de los haltunes, etc.). Para la muestra intencional consideré tres aspectos importantes para seleccionar los cuadros de muestreo:

a) que estuvieran relacionados con unidades habitacionales y grupos con arquitectura de mampostería de la época prehispánica. La idea es saber si hay diferencias en la composición y distribución de árboles cuando están cerca de este tipo de grupos arquitectónicos o son similares, ya que en el muestreo aleatorio los cuadros de muestreo quedaron lejos de los grupos habitacionales;

b) el segundo aspecto estuvo relacionado con la industria de la transformación de la piedra en la época prehispánica. Para ello, escogí cuadros que estuvieran cerca de construcciones conocidas como canteras, *sascaberas* y estructuras anulares. De las dos primeras se extraen las piedras y el *sascab*, y las últimas se sugiere sirvieron para la producción de cal;

c) el tercer aspecto estuvo relacionado con el almacenamiento de agua en depósitos naturales en la época prehispánica. Los cuadros escogidos estuvieron cerca de haltunes que son oquedades naturales de diferentes tamaños en la roca madre que también fueron utilizados para almacenar agua.

### *Tamaño de la muestra*

Para escoger de manera aleatoria las  $n_1$  de las áreas rural, suburbana y urbana utilicé el *software Arcmap*. De los 3,115 cuadros de 20m x 20m del área de muestreo de ocupación prehispánica (Figuras 4-2 y 4-3) se seleccionaron 46 para la recolección de datos (rural  $n_1=20$ , suburbano  $n_1=17$  y urbano  $n_1=9$ ), con un grado de confianza de 90% y de error de 13%, asumiendo una distribución normal y estándar de desviación

idealizada. Basado en el teorema del límite central (Méndez-Ramírez 1992) así como en las limitantes de logística, de tiempo y de financiamiento elegí una fracción de muestreo en cada área de 1.5%. De esta manera, tuve el mínimo de cuadrantes de muestreo necesarios para realizar una primera aproximación estadísticamente válida de la distribución de especies de árboles y tipos de suelos en cada mosaico de estudio.

En el RKI, de los 1,064 cuadros de 20m x 20 m del área de muestreo (Figura 4-4) se seleccionaron 16 para la recolección de datos con un grado de confianza de 90% y de error de 21%. La fracción de muestreo elegida también fue de 1.5%.

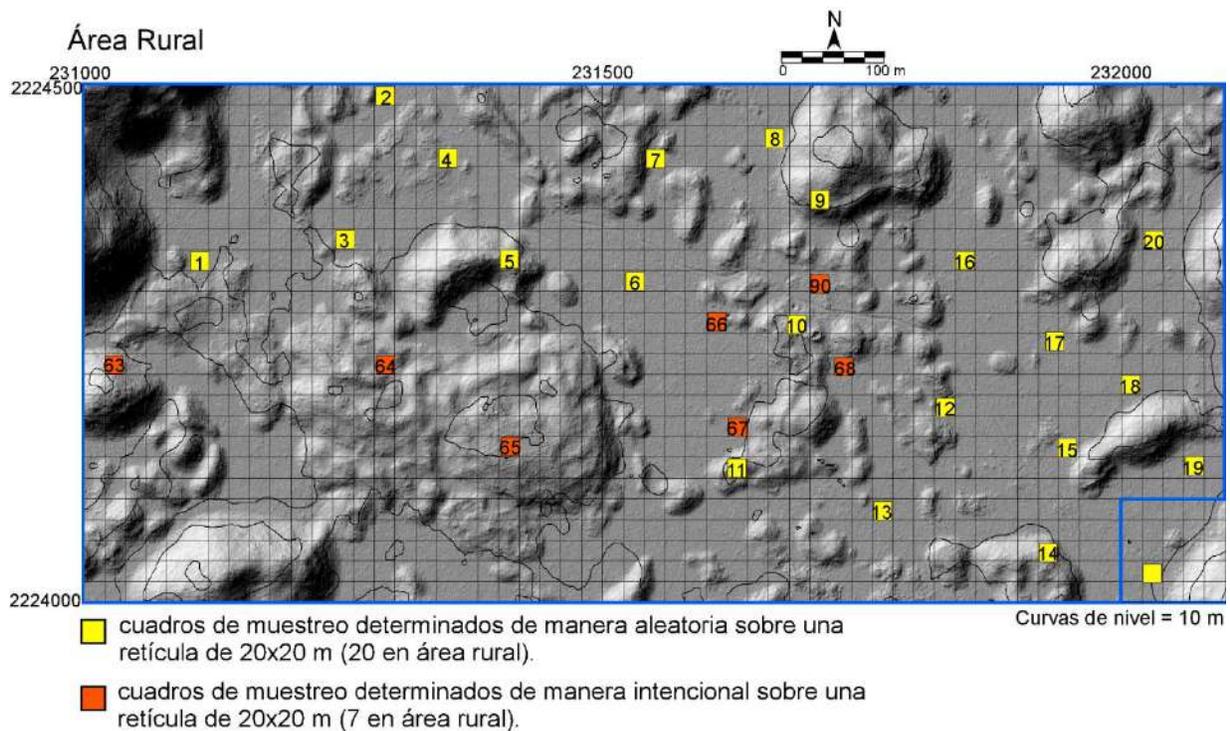


Figura 4-2. Ubicación de los cuadros de muestreo aleatorio e intencional en el área rural de ocupación prehispánica (la imagen LiDAR fue obtenida de los archivos del PARB).

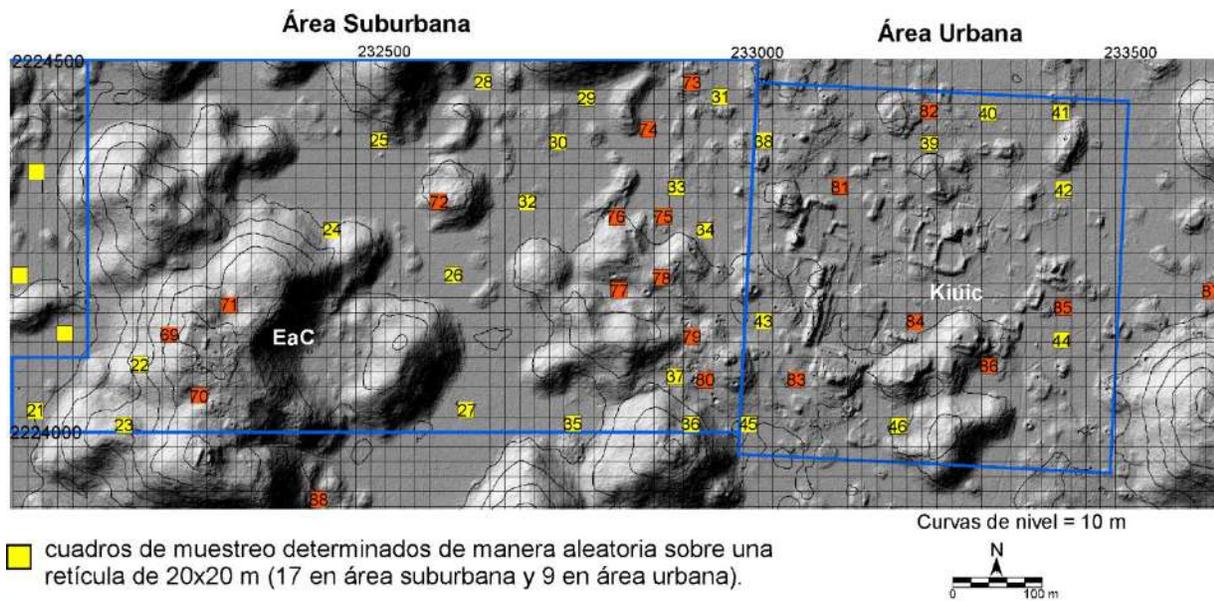


Figura 4-3. Ubicación de los cuadros de muestreo aleatorio e intencional en las áreas suburbana y urbana de ocupación prehispánica (la imagen LiDAR fue obtenida de los archivos del PARB).

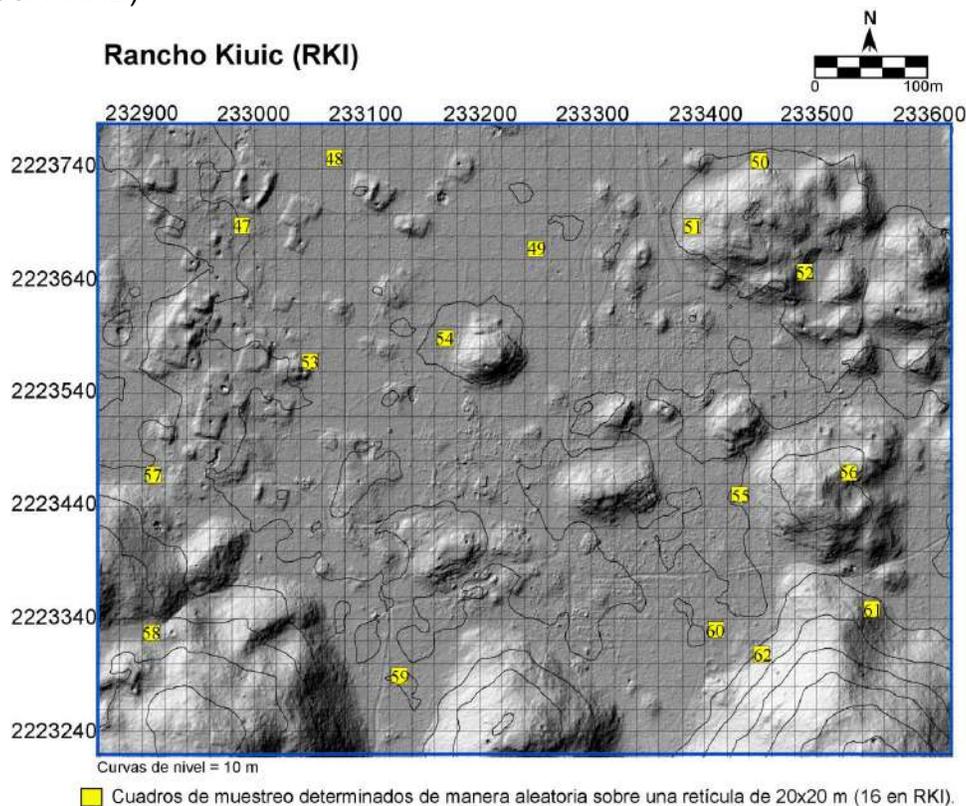


Figura 4-4. Ubicación de los cuadros de muestreo aleatorio en el RKi (la imagen LiDAR fue obtenida de los archivos del PARB).

En cuanto al muestreo intencional y siguiendo los criterios arriba mencionados, se escogieron 28 cuadros en total, siete rurales (n=7), 14 suburbanos (n=14) y siete urbanos (n=7). El total de cuadros de muestreo visitados lo presento en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Total de cuadros de muestreo visitados y registrados en este estudio.

<b>Área/ Muestreo</b>	<b>Rural</b>	<b>Suburbana</b>	<b>Urbana</b>	<b>RKI</b>	<b>TOTAL</b>
Aleatorio	20	17	9	16	62
Intencional	7	14	7	0	28
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>31</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>90</b>

## **Recolección de datos**

### *Definición de árbol y de suelo*

En este estudio incluí sólo árboles y suelos. El árbol se define como vegetal leñoso compuesto por raíz, tronco, copa (ramas, hojas) flores y frutos (Sánchez y Gándara 2011). El criterio mínimo para incluir a los árboles en la recolección de datos fue que tuvieran un perímetro igual o mayor a 20 cm (6.36 cm de diámetro) a la altura de 1.30 m.

El suelo se define, de acuerdo con la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA por sus siglas en inglés), como la capa superficial de material mineral y orgánico, que sirve de medio natural para el crecimiento de las plantas y presenta los efectos de los factores que le dieron origen (clima, topografía, biota, material parental y tiempo). No es roca ni sedimento geológico, sino un producto de las alteraciones e interacciones que experimentan estos materiales (Sumner 2000). En la recolección de datos incluimos la capa superficial de suelo observada en todos los cuadros de muestreo.

### *Localización de los cuadros*

El trabajo de campo lo realicé durante ocho y media semanas (del 14 de septiembre al 14 de noviembre de 2016). Durante todo ese tiempo, pernocté en las instalaciones de MPARC en la Ciudad de Oxkutzcab, Yucatán, realizando diariamente el recorrido Oxkutzcab-Kiuic, Kiuic-Oxcutzcab. Por razones de logística y tiempo decidí iniciar con los cuadros de muestreo más alejados que existe dentro del área de estudio, es decir, en el área rural, y así fui avanzando hacia el oeste, hasta llegar al área urbana, utilizando un camino moderno que atraviesa la zona.

Con un GPS en mano caminé hacia cada cuadro de muestreo seleccionado y al llegar a las coordenadas marqué el punto con una estaca. Luego establecí las otras tres esquinas del cuadro de 20m x 20m utilizando una brújula y dos cintas métricas de 50 m, las cuales después de haber sido utilizadas para medir, fueron colocadas en los cuatros lados del cuadro que facilitaron la obtención de los dibujos en planta. Cada cuadro de muestreo fue identificado con un número; los del muestreo aleatorio fueron numerados del 1 al 62, y los del muestreo intencional con los números 63-90.

#### *Identificación y registro de los árboles*

Todos los árboles que cubrieron la medida mínima de la definición de árbol fueron identificados, medidos y ubicados espacialmente en cada cuadro de muestreo visitado.

La identificación de la especie de cada árbol por su nombre en maya se hizo durante el registro de campo por un guía local que es experto en etnobotánica. Posteriormente identifiqué su nombre científico, utilizando la lista de las especies que existe para la Reserva *Helen Moyers* de la asociación civil Kaxil Kiuic (<http://oncampus.richmond.edu/academics/flora-kiuic/checklist.html>) y la reportada por el

Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) ([http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/indice\\_búsqueda.php](http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/indice_búsqueda.php)). En el caso de algunas

especies el árbol fue identificado por el Técnico José Luis Tapia Muñoz, Académico de Investigación de Recursos Naturales del CICY.

Para registrar la información obtenida en cada cuadro de muestreo utilicé un formato dividido en tres partes (Anexo A). En la primera parte se registraron aspectos generales como: tipo de mosaico (si era rural, suburbano, etc.), número de cuadro de muestreo (1, 2, 3, etc.), coordenadas de la esquina suroeste del cuadro de muestreo, área del cuadro de muestreo (20m x 20m) y la fecha de la recolección de los datos.

En la segunda parte se registró el número dado a cada árbol (1, 2, 3, etc.), la especie del árbol, la medida del tronco (diámetro), el nombre del árbol en maya, el nombre del árbol en español y observaciones, en caso necesario.

La tercera parte incluyó un cuadro con escala 1:100 para el dibujo en planta de los árboles en papel milimétrico. Un dibujo en planta es una vista aérea o una vista desde arriba que muestra la disposición espacial de los elementos, en este caso de los árboles (Figura 4-5). Para dibujar cada árbol, escogí dos de las cintas colocadas en los extremos del cuadro de muestreo que formaran un ángulo de 90°. Luego medí la distancia del árbol hacia cada una de las cintas, lo que me dio un punto de ubicación y a partir de este punto medí el diámetro del tronco.

Además de lo anterior, realicé un registro fotográfico de los troncos y las hojas de la mayoría de las especies de árboles identificadas y registradas en los cuadros de muestreo.

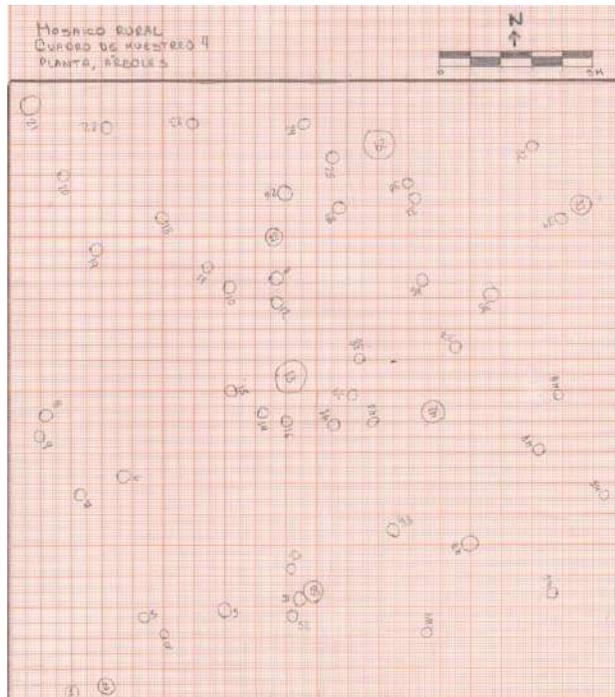


Figura 4-5. Ejemplo de un dibujo en planta de los árboles en este estudio.

### *Identificación y registro de suelos*

Al igual que los árboles, los suelos hallados en cada cuadro de muestreo fueron clasificados y dibujados. La identificación del suelo por su nombre en maya se realizó durante el registro de campo. El formato de suelo también estuvo dividido en tres partes (Anexo A). La primera parte del formato consistió de los mismos aspectos que en el formato de los árboles como: tipo de mosaico, número de cuadro de muestreo, coordenadas de la esquina suroeste del cuadro de muestreo, área del cuadro de muestreo y la fecha de la recolección de los datos. En la segunda parte se registró el número dado a cada suelo, el tipo de suelo (según la WRB), el nombre del suelo en maya, la descripción del suelo y observaciones. La tercera parte incluyó un cuadro con escala 1:100 para el dibujo en planta de los suelos en papel milimétrico.

Al final obtuve 90 formatos de registro de árboles, 90 formatos de registro de

suelo, 90 dibujos en planta de los árboles y 90 dibujos en planta de los suelos.

### **Análisis de los datos**

Para la captura, procesamiento y análisis de la información obtenida utilicé varios tipos de *software*. Para la base de datos utilicé Microsoft Access versión 2010 (para generar un formato *mdb*) y Excel de la misma paquetería (para generar un formato *xls*). Los dibujos en planta fueron digitalizados utilizando AutoCAD 2014.

Una vez que toda la información estuvo digitalizada, continué con los análisis estadísticos exportando la base de datos con el formato *xls* al *software* SAS-JMP versión 13 (2016) y al *software* PAST (*PA*leontological *ST*atistics) versión 3.15. Para obtener la distribución espacial utilicé los SIG y *ArcMap* versión 10.3. Para ello, exporté a este *software* la base de datos en formato *mdb* y los dibujos en planta elaborados en Autocad 2014. La edición final de los mapas la realicé con el programa Canvas X (2005).

Para el objetivo de determinar si hay diferencias de especies de árboles y de suelos entre las áreas, y establecer sus correspondencias, realicé distintas pruebas estadísticas: prueba de Chi cuadrado de Pearson, Análisis de Componentes Principales, Análisis Factorial, Correlación de Spearman y Alfa de Cronbach (con el *software* SAS-JMP). Además, de análisis ANOSIM y SIMPER (con el *software* PAST).

La prueba Chi cuadrado fue realizada para determinar la asociación entre las especies de árboles y tipos de muestreo (aleatorio e intencional), entre las especies de árboles y tipos de suelos, y la correlación entre las variables categóricas mosaicos y especies de árboles. Una vez obtenido el resultado, realicé los análisis ANOSIM (*AN*alysis *Of* *SIM*ilarities) y SIMPER (*SIM*ilarity *PER*centage). El primero, es una prueba

que examina la diferencia en conjunto de la composición de especies (Ross 2011). Se utiliza para especies en muestras de datos, donde los grupos de muestras van a ser comparados. Tiene un rango de disimilaridad que va de -1.0,+1.0; si  $R=0$  significa que no hay diferencia entre grupos, en cambio, si  $R>0$  indica que los grupos difieren en la composición de las especies (Clarke 1993). Sin embargo, el análisis ANOSIM sólo indica si los grupos comparados difieren en la composición de las especies sin hacer referencia a que especies causan estas diferencias.

Es por ello que realicé el análisis SIMPER. Esta prueba evalúa que especies (u otra variable) son las principales responsables de las diferencias y similitudes observadas entre dos o más grupos de muestras y en que proporción lo hace cada una de ellas (Clarke y Warwick 2001). Para la interpretación del significado del análisis SIMPER utilicé literatura etnobotánica, en particular de Rico-Gray, Chemás y Mandujano (1991), Ross (2011) y Ford (<http://mayaforestgardeners.org/db-plant.php>), quienes han recopilado información de varios estudios etnobotánicos realizados sobre el manejo de las especies de árboles tanto en bosques mayas antiguos como modernos.

Para establecer las correspondencias entre especies de árboles en cada uno de los mosaicos realicé varios pasos. El primer paso fue el Análisis de Componentes Principales (ACP) (De la Fuente-Fernández 2011; Cuadras 2014). Cuando se tiene una gran cantidad de datos, este análisis se utiliza para transformar el conjunto original de variables en otro conjunto de nuevas variables, que no repiten la información, llamadas componentes principales. El ACP es un método paramétrico, aunque las evaluaciones matemáticas han mostrado que es robusto en frente de desviaciones de la normalidad (Rencher 2002). Es por ello, que apliqué esta técnica a los datos numéricos no

paramétricos y considero que los resultados son válidos. En la mayoría de los casos, los primeros componentes principales, explican la mayor parte de la variación total (varianza) contenida en la muestra original. En esta investigación utilicé la matriz de correlaciones para dar la misma importancia a todas y a cada una de las especies de árboles (González-Martín *et al.* 1994).

El segundo paso consistió en realizar análisis factoriales para representar las relaciones entre el conjunto de especies de árboles. Con este análisis las relaciones se pueden explicar a partir de una serie de variables no observables (latentes) a las que se les denomina factores (Ferrando y Anguiano-Carrasco 2010). Por ejemplo, el Factor 1 (Variable 1) explica la mayor cantidad de variabilidad y el Factor 2 (Variable 2) explica la mayor variabilidad posible no explicada por el primer factor y así en lo sucesivo con los demás factores.

Para probar asociaciones significativas y positivas entre las variables (especies de árboles) que conforman los factores realicé Correlaciones de Spearman. La correlación de Spearman es una prueba no paramétrica que mide la asociación basada en un rango-orden entre dos variables. Estas pruebas permiten conocer la magnitud de la correlación con un valor máximo de 1. El valor de 1 sugiere una correlación perfecta. Por último, calculé el coeficiente alfa de Cronbach. Este coeficiente es un estimador de confiabilidad que prueba que tan fuertes son las correlaciones entre variables simples que conforma una variable latente.

El *software* ArcGIS lo utilicé para analizar la información geográfica y las relaciones entre los elementos espaciales, e interpretar posibles patrones y relaciones entre las especies de árboles, suelos y las áreas rural, suburbana, urbana y del RKI.

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS.

En este capítulo los resultados obtenidos los presento en tres apartados, cada uno corresponde a un objetivo particular de la investigación. El primer apartado incluye la descripción del número total de árboles registrados, la superficie reconocida, las especies y las familias identificadas, y los tipos de suelos registrados en las áreas rural, suburbana, urbana y RKI. En el segundo apartado, se describe el papel que juegan las especies de árboles en los bosques actuales con base en la información botánica obtenida. En el tercer apartado se describen los análisis estadísticos y sus resultados, que permitieron determinar la relación entre los tipos de árboles y los cuadros de muestreo (aleatorio e intencional), los tipos de suelos y las especies de árboles, las diferencias de especies dentro y entre las cuatro áreas, y la diversidad y relaciones entre las especies de árboles dentro y entre las áreas.

### **Objetivo 1. Registrar las especies de árboles y los tipos de suelos hallados en las muestras de cada una de las áreas rural, suburbana, urbana y Rancho Kiuic.**

La muestra final consistió en 90 unidades con un área superficial total de 36,000 m<sup>2</sup> (Tabla 5-1) y 3,434 árboles (Tabla 5-2) pertenecientes a 33 familias y 94 especies.

Tabla 5-1. Número de unidades y superficie total reconocida en las áreas rural, suburbana, urbana y RKI de este estudio.

Área	Superficie Total	No. de unidades	%
Rural	10,800 m <sup>2</sup>	27	30.00
Suburbana	12,400 m <sup>2</sup>	31	34.44
Urbana	6,400 m <sup>2</sup>	16	17.78
RKI	6,400 m <sup>2</sup>	16	17.78
<b>Total</b>	<b>36,000 m<sup>2</sup></b>	<b>90</b>	<b>100.00</b>

Tabla 5-2. Número de árboles incluidos en este estudio.

Área	No. de árboles	%
Rural	1,265	36.84
Suburbana	1,205	35.09
Urbana	432	12.58
RKI	532	15.49
<b>Total</b>	<b>3,434</b>	<b>100.00</b>

La familia Fabaceae fue la que registró el mayor número de especies (24.46 % que corresponde a 23 especies) seguida por Rubiaceae (9.57% con nueve especies) y en menor porcentaje Polygonaceae (5.32% con cinco especies), Malvaceae (5.32% con cinco especies) y Boraginaceae (4.25% con cuatro especies). Estas cinco familias forman el 48.92% de las especies identificadas (Figura 5-1).

La lista de las especies se presenta en la Figura 5-2 y el resumen porcentual de las 94 especies se presenta en la Tabla 5-3.

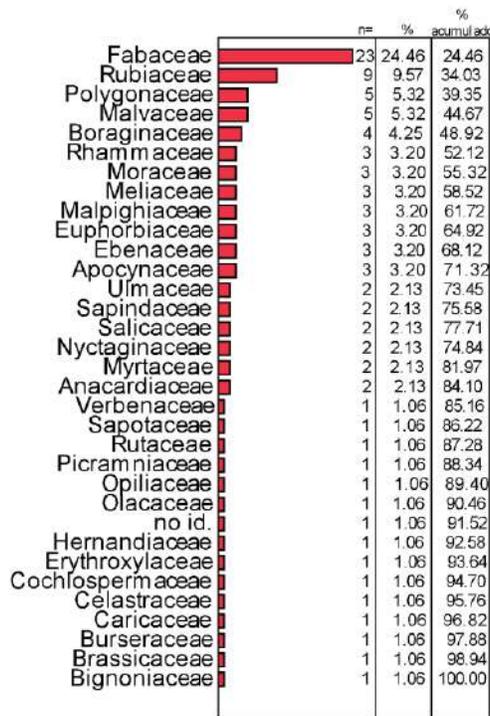


Figura 5-1. Familias de las especies de árboles identificados en este estudio.

Familia	Especie	no	%	% acumulado
Polygonaceae	ts'its'liche' ( <i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe)	379	11.04	11.04
Fabaceae	ja'abin' ( <i>Pisadia piscipula</i> L.]Sarg.)	307	8.94	19.98
Burseraceae	chakaj' ( <i>Bursera simaruba</i> L.)	300	8.74	28.72
Sapindaceae	k'aan chun'up' ( <i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.)	242	7.05	35.77
Erythroxylaceae	ijk'che' ( <i>Erythroxylum rotundifolium</i> Lunan)	173	5.04	40.81
Malvaceae	kaas kaat' ( <i>Luehea candida</i> [Moc. & Sessé ex DC.]Mart.)	157	4.57	45.38
Fabaceae	tsalam' ( <i>Lysiloma latisiliquum</i> L.]Benth.)	141	4.11	49.49
Fabaceae	kitinche' ( <i>Caesalpinia gaumeri</i> [Britton & Rose]Greenm.)	135	3.93	53.42
Fabaceae	xuul' ( <i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell)	112	3.26	56.68
Myrtaceae	chac' pichi' che' ( <i>Psidium sartorianum</i> [O. Berg]Nied.)	89	2.59	59.27
Malpighiaceae	wayate' ( <i>Malpighia lundellii</i> C.V. Morton)	79	2.30	61.57
Polygonaceae	sak'itsa' ( <i>Neomillspaughia emarginata</i> [H. Gross] S.F. Blake)	76	2.21	63.78
Fabaceae	chak' te' ( <i>Caesalpinia mollis</i> [Kunth] Spreng.)	76	2.21	65.99
Rubiaceae	cruz k'iix' ( <i>Randia obcordata</i> S. Watson)	72	2.10	68.09
Fabaceae	box kaatsim' ( <i>Acacia gaumeri</i> Blake)	70	2.04	70.13
Fabaceae	ya'ax ek' ( <i>Chloroleucon mangense</i> [Jacq.]Britton & Rose)	57	1.66	71.79
Fabaceae	k'i'ik' che' ( <i>Apoplanesia paniculata</i> C. Presl.)	57	1.66	73.45
Nyctaginaceae	ta'tsi' ( <i>Neea psychotrioides</i> Donn. Sm.)	56	1.63	75.08
Euphorbiaceae	po'om' che' ( <i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.)	49	1.43	76.51
Ebenaceae	xkache' ( <i>Diospyros anisandra</i> Blake)	35	1.02	77.53
Polygonaceae	toj' yuub' ( <i>Coccoloba acapulcensis</i> Standl.)	35	1.02	78.55
Sapindaceae	wayan' ( <i>Melicococcus olivaeformis</i> Kunth)	34	1.00	79.55
Rubiaceae	subin' teel' ( <i>Guettarda gaumeri</i> Standl.)	34	1.00	80.55
Clusiaceae	chunio'k' ( <i>Semialanum mexicanum</i> [Miers]Menega)	33	.96	81.51
Boraginaceae	beek' ( <i>Ehretia tinifolia</i> L.)	32	.93	82.44
Myrtaceae	sak' pichi' che' ( <i>Eugenia biflora</i> [L.]DC.)	30	.87	83.31
Verbenaceae	ya'axnik' ( <i>Vitex gaumeri</i> Greenm.)	29	.84	84.15
Rubiaceae	k'uch' eel' ( <i>Machaonia lindeniiana</i> Baill.)	29	.84	84.99
Boraginaceae	bojum' ( <i>Cordia alliodora</i> [Ruiz & Pav.]Oken.)	29	.84	85.83
Ulmaceae	kan' che' ( <i>Phyllostylon brasiliense</i> Capán, ex Benth. & Hook.)	28	.82	86.65
Meliaceae	choben' che' ( <i>Tinchilia amencana</i> [Sesse & Moc.]T. D. Penn.)	28	.82	87.47
Fabaceae	piich' ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> [Jacq.]Griseb.)	25	.73	88.20
Sapotaceae	kaa' poch' ( <i>Sideroxylon obtusifolium</i> [Roemer & Schultes])	24	.70	88.90
Cochlospermaceae	chu' um' ( <i>Cochlospermum vitifolium</i> [Willd.]Spreng.)	24	.70	89.60
Rubiaceae	sabak' che' ( <i>Exostema caribaeum</i> [Jacq.]Roem. & Schult.)	23	.67	90.27
Rubiaceae	chak' sab' che' ( <i>Exostema mexicanum</i> A. Gray)	21	.61	90.88
Ebenaceae	sak'silil' ( <i>Diospyros cuneata</i> Standl.)	20	.58	91.46
Boraginaceae	ba'ka' che' ( <i>Bourenia pulchra</i> Millsp.)	20	.58	92.04
Fabaceae	tu' ja' che' ( <i>Senna afomaria</i> [L.]H.S. Irwin & Bameby)	18	.52	92.56
Fabaceae	chak' ts'uru' took' ( <i>Bauhinia unguifata</i> L.)	18	.52	93.08
Polygonaceae	boob' ( <i>Coccoloba spicata</i> Lundell)	18	.52	93.60
Piraniaceae	bel' siinik' che' ( <i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.)	15	.44	94.04
Bignoniaceae	k'an' loj' ( <i>Tecoma stans</i> [L.]Juss. ex Kunth)	13	.38	94.42
Ebenaceae	box'silil' ( <i>Diospyros yatesiana</i> Standl.)	12	.35	94.77
Fabaceae	sak' kaatsim' ( <i>Mimosa bahamensis</i> Benth.)	11	.32	95.09
Nyctaginaceae	pak' aal' che' ( <i>Neea</i> sp.)	10	.29	95.38
Apoecynaceae	nicte' cho' om' ( <i>Plumeria obtusa</i> [C. Wright ex Griseb.]Woodson)	10	.29	95.67
Hemantiaceae	ki'tis' ( <i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq.)	8	.23	95.90
Fabaceae	k'anasin' ( <i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.)	8	.23	96.13
Rubiaceae	subin' che' ( <i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.)	7	.20	96.33
Malvaceae	piin' ( <i>Ceiba aesculifolia</i> [Kunth]Britten & Bakerf.)	7	.20	96.53
Opiliaceae	naap' che' ( <i>Agonandra macrocarpa</i> L.O. Williams)	7	.20	96.73
Fabaceae	ts'uts' uk' ( <i>Diphysa yucatanensis</i> Hanan-Ajipi & M. Sousa)	6	.17	96.90
Salicaceae	tamay' ( <i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.)	6	.17	97.07
Malvaceae	pixoy' ( <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.)	6	.17	97.24
Malvaceae	lolol' ( <i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose)	6	.17	97.41
Rhamnaceae	chintok' ( <i>Krugiodendron ferreum</i> Urban)	6	.17	97.58
Fabaceae	ts'iu'che' ( <i>Pithecellobium unguis-cati</i> [L.]Benth.)	5	.15	97.73
Apoecynaceae	sak' nikte' ( <i>Plumeria rubra</i> L.)	5	.15	97.88
Rhamnaceae	puukin' ( <i>Colubrina greggii yucatanensis</i> S. Watson)	5	.15	98.03
Fabaceae	baal' che' ( <i>Lonchocarpus punctatus</i> Kunth)	5	.15	98.18
Fabaceae	ts'uru' tok' ( <i>Bauhinia divaricata</i> L.)	4	.11	98.29
Rubiaceae	taastaab' ( <i>Guettarda oombii</i> Urb.)	4	.11	98.40
Fabaceae	taa' k'in' che' ( <i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm.)	4	.11	98.51
Euphorbiaceae	k'uxub' che' ( <i>Croton lundellii</i> Standl.)	4	.11	98.62
Malpighiaceae	sip' che' (sac) ( <i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.)	3	.09	98.71
Meliaceae	ku' che' ( <i>Cedrela odorata</i> L.)	3	.09	98.80
Salicaceae	ix'im' che' ( <i>Casearia corymbosa</i> Kunth)	3	.09	98.89
Rutaceae	yuy' ( <i>Casimiroa tetrameria</i> Millsp.)	2	.06	98.95
Meliaceae	ts'im'in' che' ( <i>Trichilia minutiflora</i> Standl.)	2	.06	99.01
Ulmaceae	sac' pixoy' ( <i>Trema micrantha</i> [L.]Blume)	2	.06	99.07
Euphorbiaceae	p'e' es' k'uuch' ( <i>Croton arboreus</i> Millsp.)	2	.06	99.13
Moraceae	ox' ( <i>Brosimum alicastrum</i> Sw.)	2	.06	99.19
Cariaceae	ku' um' che' ( <i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.)	2	.06	99.25
Moraceae	kooppo' ( <i>Ficus cotinifolia</i> Kunth)	2	.06	99.31
Rubiaceae	kakaw' che' ( <i>Alseis yucatanensis</i> Standl.)	2	.06	99.37
Fabaceae	ch'i' may' ( <i>Acacia pennatula</i> [Schlecht. & Cham.]Benth.)	2	.06	99.43
Malpighiaceae	box' sip' che' ( <i>Bunchosia</i> ?)	2	.06	99.49
Anacardiaceae	abal' ak' ( <i>Spondias mombin</i> L.)	2	.06	99.55
Malvaceae	ya'ax' che' ( <i>Ceiba pentandra</i> [L.]Geertn.)	1	.03	99.58
Rubiaceae	xpay' lu' uch' ( <i>Hintonia octomeria</i> [Hemsl.]Bullcock)	1	.03	99.61
Fabaceae	waxim' ( <i>Leucaena leucocephala</i> [Lam.]de Wit.)	1	.03	99.64
Apoecynaceae	uts' um' pek' ( <i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> Jacq.)	1	.03	99.67
Brassicaceae	tres' marias' ( <i>Forchhammeria trifoliata</i> Radlk.)	1	.03	99.70
Oleaceae	sac'nap' che' ( <i>Schoepfia schreberi</i> J.F. Gmel.)	1	.03	99.73
Rhamnaceae	sac'nache' ( <i>Colubrina elliptica</i> [Sw.]Brizicky & W. L. Stern)	1	.03	99.76
No id.	pixhuay' (no id.)	1	.03	99.79
Fabaceae	kantemo' ( <i>Acaciella angustissima</i> (Mill.) Britton & Rose)	1	.03	99.82
Boraginaceae	k'oopte' ( <i>Cordia dodecandra</i> DC.)	1	.03	99.85
Polygonaceae	ch'i'ich' bob' ( <i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.)	1	.03	99.88
Moraceae	chak' oox' ( <i>Maclura tinctoria</i> [L.]D. Don ex Steud.)	1	.03	99.91
Fabaceae	chac' mo'ol' che' ( <i>Erythrina standleyana</i> Krukoff)	1	.03	99.94
Fabaceae	chac' bal' che' ( <i>Lonchocarpus luteomaculatus</i> Pittier)	1	.03	99.97
Anacardiaceae	abal' juntura' ( <i>Spondias radkofeni</i> Donn. Sm.)	1	.03	100.00

Figura 5-2. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 94 especies de árboles identificados en este estudio.

Tabla 5-3. Resumen porcentual de las especies incluidas en este estudio.

<b>Especies de árboles n=94</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
9 especies (más de 100 ejemplares)	1,946	56.68
38 especies (de 10 a 100 ejemplares)	1,339	38.99
32 especies (de dos a ocho ejemplares)	134	3.90
15 especies (con un ejemplar)	15	0.43
<b>Total</b>	<b>3,434</b>	<b>100.00</b>

De las 94 especies de árboles, el 95.74% (90 especies) son nativas. La especie wayan (*Melicoccus olivaeformis*) fue identificada como naturalizada. No fue posible obtener información sobre las tres restantes debido a que dos de ellas (*box sipche* y *pak'aalche*) sólo se identificaron a nivel de género y la tercera fue identificada únicamente por su nombre en maya (*pixhuay*). Además, 12 de las especies de árboles fueron reconocidas como endémicas (Tabla 5-4).

Tabla 5-4. Especies de árboles endémicas identificadas en este estudio.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
Fabaceae	<i>ts'uts'uk</i> ( <i>Diphysa yucatanensis</i> Hanan-Alipi & M. Sousa)
	<i>xuul</i> ( <i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell)
Rubiaceae	<i>kakaw che'</i> ( <i>Alseis yucatanensis</i> Standl.)
	<i>k'uch'eel</i> ( <i>Machaonia lindeniana</i> Baill.)
	<i>subin t'eel</i> ( <i>Guettarda gaumeri</i> Standl.)
	<i>xpay lu'uch</i> ( <i>Hintonia octomera</i> [Hemsl.] Bullock)
	<i>subin che'</i> ( <i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.)
Euphorbiaceae	<i>p'e'es k'uuch</i> ( <i>Croton arboreus</i> Millsp.)
	<i>pomol ché</i> ( <i>Jatropha gaumeri</i> Greenm)
Polygonaceae	<i>sak iitsa</i> ( <i>Neomillspaughia emarginata</i> [H. Gross] S.F. Blake)
Rhamnaceae	<i>puukin</i> ( <i>Colubrina greggii yucatanensis</i> S. Watson)
Sapindaceae	<i>k'aan chunuup</i> ( <i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.)

Se identificó un conjunto de 27 especies de árboles conocidos y utilizados en los *forest gardens* (bosques manejados) (22 especies según Ross (2011) y Ford (<http://mayaforestgardeners.org/db-plant.php>), y cinco especies según Rico-Gray, Chemás y Mandujano 1991) (Tabla 5-5). También se identificaron 15 especies que

pueden estar tanto en el monte / bosque “natural” como en los huertos familiares (según la clasificación de Rico-Gray, Chemás y Mandujano 1991) (Tabla 5-6).

Tabla 5-5. Especies de árboles de los bosques manejados identificados en este estudio.

<b>Especies de bosque manejado</b>	<b>Especies de bosque manejado</b>
<i>abal juntura (Spondias radlkoferi)*</i>	<i>ox (Brosimum alicastrum)**</i>
<i>abal ak (Spondias mombin)*</i>	<i>chac pichi' che' (Psidium sartorianum)*</i>
<i>sak nikte' (Plumeria rubra)**</i>	<i>kakaw che' (Alseis yucatanensis)*</i>
<i>k'oopte' (Cordia dodecandra)*</i>	<i>taastaab (Guettarda combsii)</i>
<i>chakaj (Bursera simaruba)</i>	<i>tamay (Zuelania guidonia)</i>
<i>pomolché (Jatropha gaumeri)</i>	<i>k'aan chunuup (Thouinia paucidentata)</i>
<i>ts'uru'tok' (Bauhinia divaricata)</i>	<i>sac pixoy (Trema micrantha)</i>
<i>piich (Enterolobium cyclocarpum)**</i>	<i>ya'axnik (Vitex gaumeri)</i>
<i>kitinche' (Caesalpinia gaumeri)</i>	<i>uts'um pek' (Tabernaemontana amygdalifolia)</i>
<i>ja'abin (Piscidia piscipula)</i>	<i>k'anlol (Tecoma stans)</i>
<i>ya'axché (Ceiba pentandra)</i>	<i>beek (Ehretia tinifolia)</i>
<i>pixoy (Guazuma ulmifolia)</i>	<i>tres marías (Forchammeria trifoliata)</i>
<i>ku che' (Cedrela odorata)</i>	<i>ch'i'may (Acacia pennatula)</i>
<i>koop'o' (Ficus cotinifolia)</i>	

\*\*comestible \*frutal

Tabla 5-6. Especies de árboles que se localizan en el bosque y en los huertos familiares identificados en este estudio.

<b>Especies de bosque manejado</b>	<b>Especies de bosque manejado</b>
<i>ku'umche' (Jacaratia Mexicana)*</i>	<i>box káatsim (Acacia gaumeri)</i>
<i>sak silil (Diospyros cuneata)**</i>	<i>ki'is (Gyrocarpus americanus)</i>
<i>xkaché (Diospyros anisandra)</i>	<i>sip che' (sac) (Bunchosia swartziana)</i>
<i>chac mo'ol che' (Erythrina standleyana)**</i>	<i>piin (Ceiba aesculifolia)</i>
<i>waxim (Leucaena leucocephala)</i>	<i>bel siinik che' (Alvaradoa amorphoides)</i>
<i>taa k'in che' (Caesalpinia yucatanensis)</i>	<i>sak iitsa (Neomillspaughia emarginata)</i>
<i>sak káatsim (Mimosa bahamensis)</i>	<i>ts'its'ilche' (Gymnopodium floribundum)</i>
<i>k'i'ik' che' (Apoplanesia paniculata)</i>	

\*\*comestible \*frutal

### Área rural

En el área rural se identificaron 26 familias y 55 especies de árboles. En la Tabla 5-7 se muestran las familias mejor representadas y en la Figura 5-3 la lista de las especies de árboles.

Tabla 5-7. Familias y número de especies de árboles mejor representadas en cada área.

Familia	Área Rural 26 familias 55 especies	Área Suburbana 29 familias 73 especies	Área Urbana 23 familias 49 especies	RKI 26 familias 62 especies
Fabaceae	13	23	14	15
Rubiaceae	5	8	4	4
Polygonaceae	4	4	4	3
Ebanaceae	3	3		3
Malvaceae	3		4	5
Boraginaceae		3		
Euphorbiaceae				3
Moraceae				3



Figura 5-3. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 55 especies de árboles identificados en el área rural de este estudio.

Nueve especies de las 55 especies tienen un porcentaje mayor al 3% con respecto a la muestra del área y juntas forman el 70.51% (n=892). Estas especies son: *ts'its'ilche'* (*Gymnopodium floribundum*; n=208), *kitinche'* (*Caesalpinia gaumeri*; n=115), *chakaj* (*Bursera simaruba*; n=112), *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*; n=99), *iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*; n=92), *ja'abin* (*Piscidia piscipula*; n=91), *tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*; n=86), *xuul* (*Lonchocarpus xuul*; n=49) y *wayate'* (*Malpighia lundellii*; n=40). El restante 29.49% (n=373) lo forman 46 especies.

### Área suburbana

En el área suburbana se identificaron 29 familias y 73 especies (Figura 5-4). Diez especies tienen un porcentaje mayor al 3% con respecto a la muestra del área y juntas forman el 59.83% (n=721). Estas especies son: *chakaj* (*Bursera simaruba*; n=128), *ts'its'ilche'* (*Gymnopodium floribundum*; n=112), *ja'abin* (*Piscidia piscipula*; n=106), *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*; n=89), *iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*; n=61), *xuul* (*Lonchocarpus xuul*; n=55), *sak iitsa* (*Neomillspaughia emarginata*; n=45), *kaas kaat* (*Luehea candida*; n=44), *tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*; n=43) y *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*; n=38). El restante 40.17% (n=484) lo forman 63 especies.

	n=	%	% acumulado
chakaj ( <i>Bursera simaruba</i> )	128	10.63	10.63
ts'its'ilche' ( <i>Gymnocodium floribundum</i> )	112	9.29	19.92
ja'abin ( <i>Piscidia piscipula</i> )	106	8.80	28.72
k'aanchunuup ( <i>Thouinia paucidentata</i> )	89	7.39	36.11
iikche' ( <i>Erythroxylum rotundifolium</i> )	61	5.06	41.17
xuul ( <i>Lonchocarpus xuul</i> )	55	4.56	45.73
sakiitsa ( <i>Neomillspaughia emarginata</i> )	45	3.73	49.46
kaaskaat ( <i>Luehea candida</i> )	44	3.65	53.11
tsalam ( <i>Lysiloma latisiliquum</i> )	43	3.57	56.68
chac pichi' che' ( <i>Psidium sartorianum</i> )	38	3.15	59.83
boxkaatsim ( <i>Acacia gaumeri</i> )	35	2.95	62.78
ya'axeK' ( <i>Chloroleucon mangense</i> )	29	2.41	65.19
cruz k'iix ( <i>Randia obcordata</i> )	27	2.24	67.43
tojyuub ( <i>Coccoloba acapulcensis</i> )	23	1.91	69.34
wayate' ( <i>Malpighia lundellii</i> )	21	1.74	71.08
k'i'ik'che' ( <i>Apoplanesia paniculata</i> )	21	1.74	72.81
chakte' ( <i>Caesalpinia mollis</i> )	21	1.74	74.56
sakpichi' che' ( <i>Eugenia biflora</i> )	20	1.66	76.22
kitrinche' ( <i>Caesalpinia gaumeri</i> )	20	1.66	77.88
wayan ( <i>Melicoccus olivaeformis</i> )	16	1.33	79.21
ta tsi' ( <i>Neea psychotrioides</i> )	15	1.24	80.45
xkaché ( <i>Diospyros anisandra</i> )	14	1.16	81.61
beek ( <i>Ehretia tinifolia</i> )	13	1.08	82.69
subin'teel ( <i>Guettarda gaumeri</i> )	12	1.00	83.69
pomol'che' ( <i>Jatropha gaumeri</i> )	12	1.00	84.69
bojum ( <i>Cordia alliodora</i> )	12	1.00	85.69
chunlok ( <i>Semialarium mexicanum</i> )	11	0.91	86.60
ya'axnik ( <i>Vitex gaumeri</i> )	10	0.83	87.43
tu'ja'che' ( <i>Senna atomaria</i> )	10	0.83	88.26
k'uch'eel ( <i>Machaonia lindeniana</i> )	10	0.83	89.09
K'an'lo' ( <i>Tecoma stans</i> )	10	0.83	89.92
choben che' ( <i>Trichilia americana</i> )	10	0.83	90.75
kaa poch ( <i>Sideroxylon obtusifolium</i> )	8	0.66	91.41
chu'um ( <i>Cochlospermum vitifolium</i> )	8	0.66	92.07
boob ( <i>Coccoloba spicata</i> )	8	0.66	92.73
sak'silil ( <i>Diospyros cuneata</i> )	7	0.58	93.31
sabakche' ( <i>Exostema caribaeum</i> )	6	0.50	93.81
baka che' ( <i>Bourreria pulchra</i> )	6	0.50	94.31
ts'uts'uk ( <i>Diphysa yucatanensis</i> )	5	0.42	94.73
ki'is ( <i>Gyrocarpus americanus</i> )	5	0.42	95.15
tamay ( <i>Zuelania guidonia</i> )	4	0.33	95.48
chakts'uru'took ( <i>Bauhinia unguolata</i> )	4	0.33	95.81
bel'siinikche' ( <i>Alvaradoa amorphoides</i> ssp. <i>Amorphoides</i> )	4	0.33	95.14
ts'uru'tok' ( <i>Bauhinia divaricata</i> )	3	0.25	96.39
subin che' ( <i>Platymiscium yucatanum</i> )	3	0.25	96.64
sakkaatsim ( <i>Mimosa bahamensis</i> )	3	0.25	96.89
piich ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> )	3	0.25	97.14
k'anasin ( <i>Lonchocarpus rugosus</i> )	3	0.25	97.39
boxsilil ( <i>Diospyros yatesiana</i> )	3	0.25	97.64
baal che' ( <i>Lonchocarpus punctatus</i> )	3	0.25	97.89
sacpixoy ( <i>Trema micrantha</i> )	2	0.17	98.06
puukin ( <i>Colubrina greggii yucatanensis</i> )	2	0.17	98.23
chintok' ( <i>Krugiodendron ferreum</i> )	2	0.17	98.40
xpaylu'uch ( <i>Hintonia octomera</i> )	1	0.08	98.48
waxim ( <i>Leucaena leucocephala</i> )	1	0.08	98.56
uts'um pek' ( <i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> )	1	0.08	98.64
tsiimin che' ( <i>Trichilia minutiflora</i> )	1	0.08	98.72
ts'iu'che' ( <i>Pithecellobium unguis-cati</i> )	1	0.08	98.80
taastaab ( <i>Guettarda combsii</i> )	1	0.08	98.88
taa k'in che' ( <i>Caesalpinia yucatanensis</i> )	1	0.08	98.96
saknikte' ( <i>Plumeria rubra</i> )	1	0.08	99.04
sacnapche' ( <i>Schoepfia schreberi</i> )	1	0.08	99.12
pixhuay (no id.)	1	0.08	99.20
naap che' ( <i>Agonandra macrocarpa</i> )	1	0.08	99.28
kan'temo ( <i>Acaciella angustissima</i> )	1	0.08	99.36
kan che' ( <i>Phyllostylon brasiliense</i> )	1	0.08	99.44
jolol ( <i>Heliocarpus donnell-smithii</i> )	1	0.08	99.52
ixiim che' ( <i>Casearia corymbosa</i> )	1	0.08	99.60
ch'i'may ( <i>Acacia pennatula</i> )	1	0.08	99.68
chaksab che' ( <i>Exostema mexicanum</i> )	1	0.08	99.76
chac mo'ol che' ( <i>Erythrina standleyana</i> )	1	0.08	99.84
chac baiché ( <i>Lonchocarpus luteomaculatus</i> )	1	0.08	99.92
abal ak ( <i>Spondias mombin</i> )	1	0.08	100.00

Figura 5-4. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 73 especies de árboles identificados en el área suburbana de este estudio.

## Área urbana

En el área urbana, se identificaron 23 familias y 49 especies de árboles (Figura 5-5).

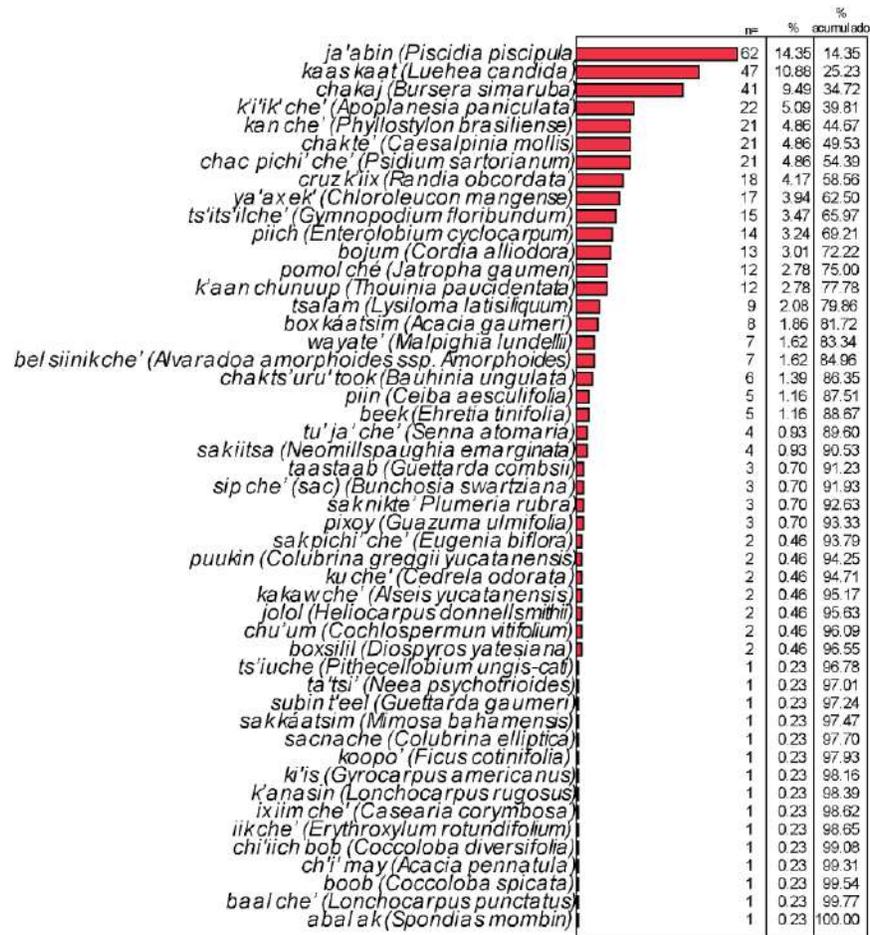


Figura 5-5. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 49 especies de árboles identificadas en el área urbana de este estudio.

Doce especies tienen un porcentaje mayor al 3% con respecto a la muestra del área y juntas forman el 72.22% (n=312). Estas especies son: *ja'abin* (*Piscidia piscipula*; n=62), *kaas kaat* (*Luehea candida*; n=47), *chakaj* (*Bursera simaruba*; n= 41), *k'i'ik' che'* (*Apoplanesia paniculata*; n=22), *kan che'* (*Phyllostylon brasiliense*; n=21), *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*; n=21), *chak te'* (*Caesalpinia mollis*; n=21), *cruz k'iix* (*Randia obcordata*; n=18), *ya'ax ek'* (*Chloroleucon mangense*; n=17), *ts'its'ilche'* (*Gymnopodium*

floribundum; n=15), piich (*Enterolobium cyclocarpum*; n=14) y bojum (*Cordia alliodora*; n=13). El restante 27.78% (n=120) lo forman 37 especies.

### Rancho Kiuc

En el RKI se identificaron 26 familias y 62 especies de árboles (Figura 5-6).

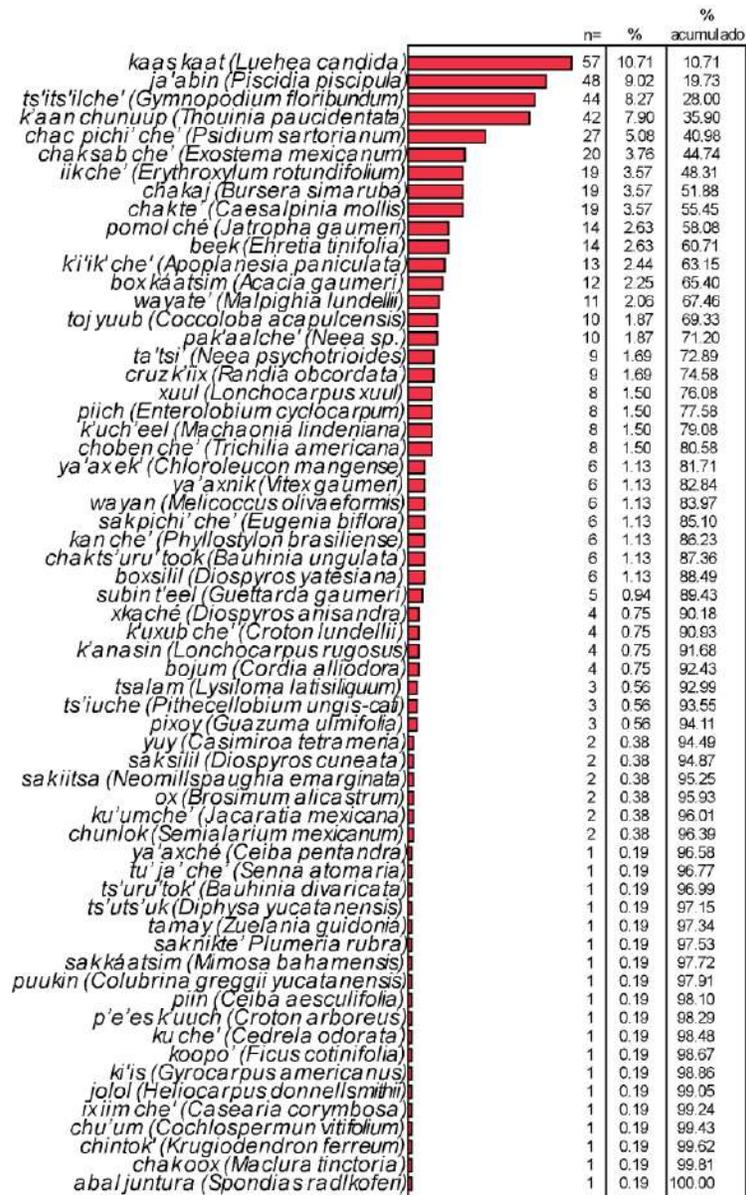


Figura 5-6. Frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de las 62 especies de árboles identificadas en el RKI de este estudio.

Nueve especies tienen un porcentaje mayor al 3% con respecto a la muestra del área y juntas forman el 55.45% (n=295). Estas especies son: *kaas kaat* (*Luehea candida*; n=57), *ja'abin* (*Piscidia piscipula*; n=48), *ts'its'ilche'* (*Gymnopodium floribundum*; n=44), *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*; n=42), *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*; n=27), *chak sab che'* (*Exostema mexicanum*; n=20), *iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*; n=19), *chakaj* (*Bursera simaruba*; n= 19) y *chak te'* (*Caesalpinia mollis*; n=19). El restante 44.55% (n=227) lo forman 53 especies.

#### *Tipos de suelos*

Los tipos de suelos registrados en los cuadros de muestreo, aleatorio o intencional, fueron *tzek'el lu'um* y *k'an kab lu'um*. El suelo *tzek'el lu'um* ocurre en las laderas y cimas de los cerros, y el suelo *k'ankab lu'um* en los valles o planadas que encierran los anillos de cerros. El área superficial y el porcentaje de los dos tipos de suelos hallados en cada una de las áreas se presenta en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8. Distribución y superficie obtenida de los tipos de suelo en cada una de las áreas de este estudio.

<b>Área/ tipo de suelo</b>	<b>RKI</b>	<b>rural</b>	<b>suburbana</b>	<b>urbana</b>	<b>Total</b>
<i>K'an kab lu'um</i> (observado)	4,752 m <sup>2</sup> 18.33%	6,680 m <sup>2</sup> 25.76%	8,198 m <sup>2</sup> 31.62%	6,298 m <sup>2</sup> 24.29%	25,928 m <sup>2</sup> 100.00%
<i>Tzek'el lu'um</i> (observado)	1,648 m <sup>2</sup> 16.36%	4,120 m <sup>2</sup> 40.91%	4,202 m <sup>2</sup> 41.72%	102 m <sup>2</sup> 1.01%	10,072 m <sup>2</sup> 100.00%
Total	6,400 m <sup>2</sup> 17.78%	10,800 m <sup>2</sup> 30.00%	12,400 m <sup>2</sup> 34.44%	6,400 m <sup>2</sup> 17.78%	36,000 m <sup>2</sup> 100.00%

**Objetivo 2. Clasificar las especies de árboles por el uso actual humano con base en la descripción botánica obtenida.**

La información sobre el papel de las especies de árboles en los bosques actuales se basa en: Rico-Gray, Chemás y Mandujano (1991), Arellano-Rodríguez *et al.* (2003), Carnevali *et al.* (2010a), Alfaro-Bates, Ortíz-Díaz y González-Acereto (2010), Montañez-Escalante *et al.* (2010), Méndez-González *et al.* (2016) y la lista de las especies del CICY ([http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/indice\\_busqueda.php](http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/indice_busqueda.php)).

Del total de las especies identificadas (94), 12 especies (12.77%) tienen un uso y 82 especies entre dos y 11 tipos de usos (Tabla 5-9). Los usos actuales por especie de árbol se presenta en el Anexo B.

Tabla 5-9. Número de usos y porcentaje de las 94 especies de árboles identificados en este estudio.

No. de usos	No. de especies de árboles	%
1	12	12.77
2	14	14.89
3	17	18.08
4	8	8.51
5	12	12.77
6	14	14.89
7	7	7.45
8	3	3.19
9	4	4.26
10	2	2.13
11	1	1.06
<b>Total</b>	<b>94</b>	<b>100.00</b>

Las 94 especies de árboles se agruparon en 26 categorías de usos. Las categorías con el mayor número de especies son seis y son: apícola con 73 especies (77.66%; n=3,079 árboles), seguida por las especies medicinales con 67 especies (71.28%), las especies utilizadas como combustibles con 45 especies (47.87%), las especies para construcción (42 o 44.68%), las especies maderables (36 o 38.30%) y las

especies forrajeras (36 especies o 38.30%) (Tabla 5-10). Cabe señalar que el número total de especies (94) enlistadas en las 26 categorías de uso no corresponde al 100% debido a una especie puede tener más de un uso. Lo mismo para el número total de árboles (3,434), es decir, los enlistados en los diferentes usos no corresponden al 100% debido a que un árbol tiene más de un uso.

Tabla 5-10. Categorías de uso identificadas para las especies de árboles de este estudio.

<b>Uso</b>	<b>No. especies</b>	<b>%</b>	<b>No. árboles</b>
Apícola	73	77.66	3,079
Medicinal	67	71.28	2,444
Combustible	45	47.87	2,248
Construcción	42	44.68	2,492
Maderable	36	38.3	1,505
Forrajera	36	38.3	1,990
Comestible	15	15.96	221
Ornamental	15	15.96	164
Herramienta de trabajo	13	13.82	817
Mágico / ritual	11	11.7	747
Artesanal	9	9.57	856
Cerca viva	8	8.51	504
Utensilios	5	5.32	115
Muebles	4	4.25	336
Látex	4	4.25	10
Juguetes	3	3.19	357
Colorante	3	3.19	185
Sombra	3	3.19	174
Curtir pieles	3	3.19	152
Instrumentos	3	3.19	60
Fibras	3	3.19	35
Tóxico	2	2.13	50
Para hacer escobas	1	1.06	173
Cajas de abejas	1	1.06	157
Bebida ritual	1	1.06	5
Pegamento	1	1.06	2

Para comparar las categorías de uso entre los cuatro mosaicos primero obtuve el porcentaje de las categorías en cada área (tomando en consideración el número total de especies por área; por ejemplo, 45 de 55 especies identificadas en el área rural son de uso apícola, 38 de 55 especies son de uso medicinal, etc.).

Los resultados de la comparación de las categorías de uso entre los cuatro mosaicos mostraron que el uso apícola tuvo los porcentajes más altos en las zonas urbana (89.80%), suburbana (86.11%) y RKI (85.48%) y el más bajo en la zona rural (81.82%) (Tabla 5-11). Las especies de uso medicinal (rural=69.09%, suburbano=70.83%, urbano=69.39%, RKI=70.96%) y maderable (rural=41.82%, suburbano=40.27%, urbano=40.81%, RKI=40.32%) tuvieron porcentajes similares. En cambio, las especies utilizadas como combustible tuvieron el porcentaje más alto en el área suburbana (51.39%) y el más bajo en el área urbana (46.94%).

En cuanto a las especies utilizadas para construcción, la comparación mostró que las áreas rural, suburbana y urbana tuvieron un porcentaje similar (52.73%, 52.77% y 51.02%, respectivamente) y el RKI tuvo el porcentaje más bajo (48.38%). Por su parte, las especies utilizadas como forraje y las especies ornamentales tuvieron sus porcentajes más altos en el RKI (46.77% y 14.52%, respectivamente).

En cuanto a las especies comestibles el RKI tuvo 14.52%, seguido por el área suburbana con el 13.89%, el área urbana con el 12.24% y el área rural con el 10.91%. Ocho de las 15 especies comestibles (ya sea la flor, la semilla, el fruto y la pulpa) son especies frutales. Estas especies son: *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*), *wayan* (*Melicoccus olivaeformis*), *kaa poch* (*Sideroxylon obtusifolium*), *ku'umche'* (*Jacaratia Mexicana*), *abal ak* (*Spondias mombin*), *kakaw che'* (*Alseis yucatanensis*), *k'oopte'*

(*Cordia dodecandra*) y *abal juntura* (*Spondias radlkoferi*).

Tabla 5-11. Tabla comparativa de las cuatro áreas con los porcentajes por el número de especies en cada categoría de uso.

Uso	Rural	%	Uso	Suburbano	%	Uso	Urbano	%	Uso	RKI	%
Apícola	45	81.82	Apícola	62	86.11	Apícola	44	89.8	Apícola	53	85.48
Medicinal	38	69.09	Medicinal	51	70.83	Medicinal	34	69.39	Medicinal	44	70.96
Construcción	29	52.73	Construcción	38	52.77	Construcción	25	51.02	Combustible	30	48.38
Combustible	28	50.9	Combustible	37	51.39	Combustible	23	46.94	Construcción	30	48.38
Maderable	23	41.82	Maderable	29	40.27	Forrajera	21	42.85	Forrajera	29	46.77
Forrajera	18	32.73	Forrajera	29	40.27	Maderable	20	40.81	Maderable	25	40.32
Herramienta de trabajo	10	18.18	Herramienta de trabajo	13	18.05	Mágico / ritual	9	18.37	Comestible	9	14.52
Ornamental	7	12.72	Comestible	10	13.89	Herramienta de trabajo	8	16.33	Ornamental	9	14.52
Comestible	6	10.91	Ornamental	10	13.89	Artesanal	7	14.28	Herramienta de trabajo	9	14.52
Mágico / ritual	5	9.09	Mágico / ritual	9	12.5	Comestible	6	12.24	Mágico / ritual	7	11.29
Artesanal	5	9.09	Artesanal	7	9.72	Ornamental	4	8.16	Artesanal	7	11.29
Cerca viva	5	9.09	Cerca viva	6	8.33	Cerca viva	4	8.16	Cerca viva	6	9.67
Colorante	3	5.45	Utensilios	4	5.55	Utensilios	3	6.12	Utensilios	4	6.45
Muebles	2	3.64	Colorante	3	4.16	Muebles	3	6.12	Muebles	3	4.84
Fibras	2	3.64	Instrumentos	3	4.16	Colorante	3	6.12	Látex	3	4.84
Utensilios	1	1.81	Juguetes	3	4.16	Curtir pieles	3	6.12	Sombra	3	4.84
Instrumentos	2	3.64	Muebles	2	2.78	Juguetes	3	6.12	Colorante	3	4.84
Sombra	1	1.81	Látex	2	2.78	Látex	2	4.08	Fibras	3	4.84
Curtir pieles	1	1.81	Sombra	2	2.77	Sombra	2	4.08	Curtir pieles	3	4.84
Juguetes	1	1.81	Fibras	2	2.78	Fibras	2	4.08	Instrumentos	3	4.84
Tóxico	1	1.81	Curtir pieles	2	2.78	Instrumentos	1	2.04	Juguetes	3	4.84
Bebida ritual	1	1.81	Tóxico	2	2.78	Tóxico	1	2.04	Tóxico	1	1.61
Para hacer escobas	1	1.81	Bebida ritual	1	1.39	Bebida ritual	1	2.04	Para hacer escobas	1	1.61
Para cajas de abejas	1	1.81	Para hacer escobas	1	1.39	Para hacer escobas	1	2.04	Para cajas de abejas	1	1.61
			Para cajas de abejas	1	1.39	Para cajas de abejas	1	2.04	Pegamento	1	1.61
						Pegamento	1	2.04			

**Objetivo 3. Determinar si hay diferencias de especies de árboles y de suelos entre las cuatro áreas y establecer sus correspondencias.**

*Especies de árboles y tipo de muestreo (aleatorio e intencional)*

El análisis de chi cuadrado para determinar si existía asociación entre las especies de

árboles y el tipo de muestreo (aleatorio e intencional) mostró que no existe tal asociación (chi cuadrado=5.846;  $p=0.999$ . La razón de verosimilitud=6.633;  $p=0.999$ . Asociado a 93 grados de libertad y a una n de 75).

### *Especies de árboles y tipos de suelos*

El análisis de chi cuadrado para determinar si existía asociación entre la distribución de especies de árboles y los tipos de suelo mostró que si existe tal asociación (chi cuadrado=966.409;  $p<0.001$ . La razón de verosimilitud=1111.191;  $p<0.001$ . Asociado a 93 grados de libertad y a una n de 3,434).

Aunque algunas especies estuvieron casi exclusivamente en suelo *k'an kab lu'um* y otras en suelo *tzek'el lu'um*, la mayoría fue identificada en ambos suelos con diferente porcentaje en uno u otro suelo. A continuación menciono algunos ejemplos de las 47 especies de árboles que tuvieron más de 10 ejemplares.

Las especies de árboles que tuvieron más del 85% de ejemplares en suelo *k'an kab lu'um* son: *kaas kaat* (*Luehea candida*), *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*), *kitinche'* (*Caesalpinia gaumeri*), *wayate'* (*Malpighia lundellii*), *sak iitsa* (*Neomillspaughia emarginata*), *ya'ax ek'* (*Chloroleucon mangense*), *piich* (*Enterolobium cyclocarpum*), *chu'um* (*Cochlospermum vitifolium*), *chak sab che'* (*Exostema mexicanum*), *chak ts'uru' took* (*Bauhinia unguolata*), *tu' ja' che'* (*Senna atomaria*), *bel siinik che'* (*Alvaradoa amorphoides*), *sak káatsim* (*Mimosa bahamensis*), *cruz k'iix* (*Randia obcordata*), *kan che'* (*Phyllostylon brasiliense*) y *pomol ché* (*Jatropha gaumeri*).

Las especies de árboles que tuvieron más del 85% de ejemplares en suelo *tzek'el lu'um* son: *xuul* (*Lonchocarpus xuul*), *kaa poch* (*Sideroxylon obtusifolium*), *sak silil*

(*Diospyros cuneata*), *wayan* (*Melicoccus olivaeformis*) y *choben che'* (*Trichilia americana*).

Las especies que a continuación menciono están en ambos tipos de suelo, sin embargo, tienen un mayor número de ejemplares en suelo *k'an kab lu'um*. Estas especies son: *ts'its'ilche'* (*Gymnopodium floribundum*), *ja'abin* (*Piscidia piscipula*), *chakaj* (*Bursera simaruba*), *chak te'* (*Caesalpinia mollis*), *k'i'ik' che'* (*Apoplanesia paniculata*), *subin t'eel* (*Guettarda gaumeri*), *bojum* (*Cordia alliodora*) y *sak pichi' che'* (*Eugenia biflora*).

Las especies que a continuación menciono están en ambos tipos de suelo, sin embargo, tienen un mayor número de ejemplares en suelo *tzek'el lu'um*. Estas especies son: *iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*), *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*), *tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*), *box káatsim* (*Acacia gaumeri*), *ta'tsi'* (*Neea psychotrioides*), *toj yuub* (*Coccoloba acapulcensis*), *xkaché* (*Diospyros anisandra*), *chunlok* (*Semialarium mexicanum*) y *sabak che'* (*Exostema caribaeum*).

### *Especies de árboles y mosaicos*

Inicié con un análisis de chi cuadrado para determinar si existía diferencia en la composición de especies de árboles y las áreas rural, suburbana, urbana y RKI basado en la presencia / ausencia de cada especie registrada en cada área, y el resultado arrojó que si existe tal diferencia (chi cuadrado=135.286;  $p < 0.0028$ . La razón de verosimilitud=167.433;  $p < 0.001$ . Asociado a 93 grados de libertad y a una n de 376).

Esta diferencia fue confirmada por el análisis ANOSIM ( $R=0.315$ ,  $p < 0.001$ ). Esta prueba también proporcionó la información de la combinación de cada par de mosaicos.

Los resultados indicaron que la composición arbórea del área rural resultó significativamente diferente de la zona urbana ( $R=0.722$ ,  $p<0.001$ ) y del Rancho Kiuic ( $R=0.503$ ,  $p<0.001$ ) pero no del área suburbana ( $R=0.162$ ,  $p=0.005$ ). En tanto que la composición arbórea del área suburbana difiere estadísticamente de la zona urbana ( $R=0.2216$ ,  $p<0.002$ ) pero no del Rancho Kiuic ( $R=0.215$ ,  $p=0.006$ ).

Los resultados del análisis SIMPER realizado para identificar las especies que contribuyeron a las diferencias observadas entre cada par de mosaicos se presenta en la Tabla 5-12. Para explicar el 50% superior de la variabilidad entre el mosaico rural de manera individual con los otros mosaicos (rural vs. suburbano, rural vs. urbano y rural vs. RKI) sólo se necesitan ocho especies, mientras que para explicar el mismo porcentaje en las otras tres comparaciones (suburbano vs. urbano, suburbano vs. RKI y urbano vs. RKI) se necesitan 10 / 11 especies.

Además de la comparación entre cada par de mosaicos, también realicé la comparación entre las cuatro áreas. Los resultados mostraron que 10 especies contribuyeron al 50% superior de la disimilaridad entre todos los mosaicos (Tabla 5-13). Estas 10 especies son las que aparecen con porcentajes mayores al 10% en la Tabla 5-12, es decir, las que tuvieron una mayor contribución en las diferencias de composición. Las restantes cinco especies que aparecen enlistadas en la misma tabla contribuyeron con un porcentaje menor, y sobre todo, a las diferencias particulares de la comparación en tres pares de mosaicos.

Tabla 5-12. Especies de árboles que contribuyeron al 50% superior de disimilaridad entre cada par de áreas comparadas en este estudio.

Especie de árbol	rural vs. suburbano	rural vs. urbano	rural vs. RKI	suburbano vs. urbano	suburbano vs. RKI	urbano vs. RKI	total
<i>ts'its'ilche'</i> ( <i>Gymnopodium floribundum</i> )•	12.01%	13.13%	10.79%	7.72%	7.87%	6.47%	57.99%
<i>ja'abin</i> ( <i>Piscidia piscipula</i> ) †	4.72%	4.43%	5.40%	6.16%	6.56%	8.06%	35.33%
<i>k'aan chunuup</i> ( <i>Thouinia paucidentata</i> )†	5.63%	5.17%	5.89%	5.61%	5.85%	5.42%	33.57%
<i>chakaj</i> ( <i>Bursera simaruba</i> ) †	5.46%	5.42%	5.41%	6.07%	6.01%	4.79%	33.15%
<i>kaas kaat</i> ( <i>Luehea candida</i> )	----	4.98%	6.04%	5.74%	6.86%	8.71%	32.32%
<i>iik che'</i> ( <i>Erythroxylum rotundifolium</i> )	5.32%	5.30%	5.02%	3.65%	3.95%	----	23.24%
<i>kitinche'</i> ( <i>Caesalpinia gaumeri</i> ) †	7.47%	7.96%	7.47%	----	----	----	22.90%
<i>tsalam</i> ( <i>Lysiloma latisiliquum</i> )	5.20%	4.79%	4.56%	3.02%	----	----	17.57%
<i>chac pichi' che'</i> ( <i>Psidium sartorianum</i> ) †	----	----	----	3.96%	4.61%	5.79%	14.36%
<i>xuul</i> ( <i>Lonchocarpus xuul</i> )	4.47%	----	----	3.15%	3.21%	----	10.83%
<i>chak te'</i> ( <i>Caesalpinia molli</i> )	----	----	----	3.31%	----	3.74%	7.05%
<i>sak iitsa</i> ( <i>Neomillspaughia emarginata</i> )•	----	----	----	3.22%	2.70%	----	5.92%
<i>chak sab che'</i> ( <i>Exostema mexicanum</i> )	----	----	----	----	2.57%	3.22%	5.79%
<i>kan che'</i> ( <i>Phyllostylon brasiliense</i> )	----	----	----	----	----	3.39%	3.39%
<i>k'i'ik' che'</i> ( <i>Apoplanesia paniculata</i> )•	----	----	----	----	----	2.95%	2.95%
<b>total</b>	<b>50.28%</b>	<b>51.19%</b>	<b>50.58%</b>	<b>51.59%</b>	<b>50.19%</b>	<b>52.54%</b>	

† Especies identificadas en la lista de bosques manejados • Especies que pueden estar en los huertos o en el monte

Tabla 5-13. Especies de árboles que contribuyeron al 50% superior de disimilaridad en la composición entre las cuatro áreas (ordenadas por su contribución proporcional).

Especie	Promedio de disimilitud	% Contribución	% Acumulación
<i>ts'its'ilche'</i> ( <i>Gymnopodium floribundum</i> )•	7.621	10.09	10.09
<i>ja'abin</i> ( <i>Piscidia piscipula</i> ) †	4.252	5.627	15.71
<i>k'aan chunuup</i> ( <i>Thouinia paucidentata</i> )†	4.243	5.614	21.33
<i>chakaj</i> ( <i>Bursera simaruba</i> ) †	4.219	5.583	26.91
<i>kaas kaat</i> ( <i>Luehea candida</i> )	4.008	5.304	32.21
<i>kitinche'</i> ( <i>Caesalpinia gaumeri</i> ) †	3.618	4.788	37.00
<i>iik che'</i> ( <i>Erythroxylum rotundifolium</i> )	3.394	4.491	41.49
<i>tsalam</i> ( <i>Lysiloma latisiliquum</i> )	2.934	3.883	45.38
<i>chac pichi' che'</i> ( <i>Psidium sartorianum</i> ) †	2.526	3.343	48.72
<i>xuul</i> ( <i>Lonchocarpus xuul</i> )	2.378	3.147	51.87

† Especies identificadas en la lista de bosques manejados • Especies que pueden estar en los huertos o en el monte

Cinco de las diez especies son especies de monte manejado, cuatro especies son de monte y una especie, de acuerdo a Rico-Gray, Chemás y Mandujano (1991) puede ser hallada en el monte o en los huertos.

Tres de las cinco especies de bosque manejado tuvieron los porcentajes de mayor abundancia en los cuadros de muestreo de la zona urbana (Figura 5-7). La especie *ja'abin* (*Piscidia piscipula*) tuvo el porcentaje mayor de abundancia (14.35%) y las especies *chakaj* (*Bursera simaruba*) y *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*) el segundo mayor porcentaje (9.49% y 4.86%, respectivamente) de las cuatro áreas. La especie *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*) tuvo el menor porcentaje.

En el RKI, las especies *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*) y *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*) tienen el mayor porcentaje (5.08% y 7.90%, respectivamente), la especie *ja'abin* (*Piscidia piscipula*) el segundo porcentaje de abundancia (9.02%) y la especie *chakaj* (*Bursera simaruba*) el porcentaje más bajo (3.57%) (Figura 5-8).

Tres de las cuatro especies consideradas de monte tuvieron una mayor abundancia en el área rural (Figura 5-9). Las especies *iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*) y *tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*) tuvieron los mayores porcentajes de abundancia (7.27% y 6.80%, respectivamente) y *xuul* (*Lonchocarpus xuul*) tuvo el segundo porcentaje de abundancia (3.87%). La especie *tsalam* parece que crece mejor sobre piedras, ya sea de cerro natural o sobre construcciones arqueológicas.

Las tres especies restantes de las 10 especies tienen una distribución interesante (Figura 5-10). La especie *kitinche'* (*Caesalpinia gaumeri*), considerada una especie de bosque manejado, tuvo su mayor porcentaje de abundancia en el área rural (9.09%) y un porcentaje muy bajo en el área suburbana (1.66%). No se identificó ningún ejemplar en

el área urbana o en el RKI. La especie *kaas kaat* (*Luehea candida*) es clasificada como especie de monte. Sin embargo, tuvo su mayor porcentaje de abundancia en la zona urbana y en el RKI (10.88% y 10.71%, respectivamente). Por su parte la especie *ts'its'ilche'* (*Gymnopodium floribundum*) tuvo el porcentaje más alto en el área rural (16.44%) (incluso el porcentaje más alto de la muestra), seguido por la zona suburbana (9.29%) y por el RKI (8.27%). La zona urbana tuvo el menor porcentaje (3.47%).

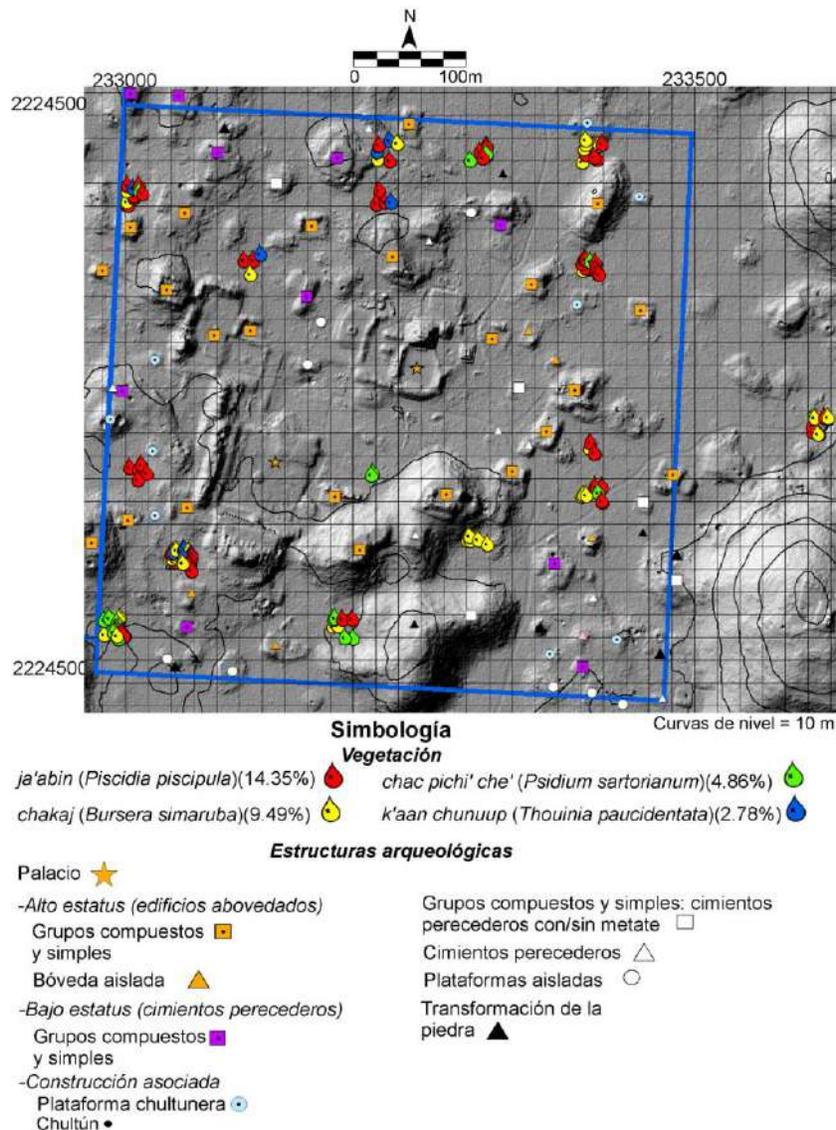
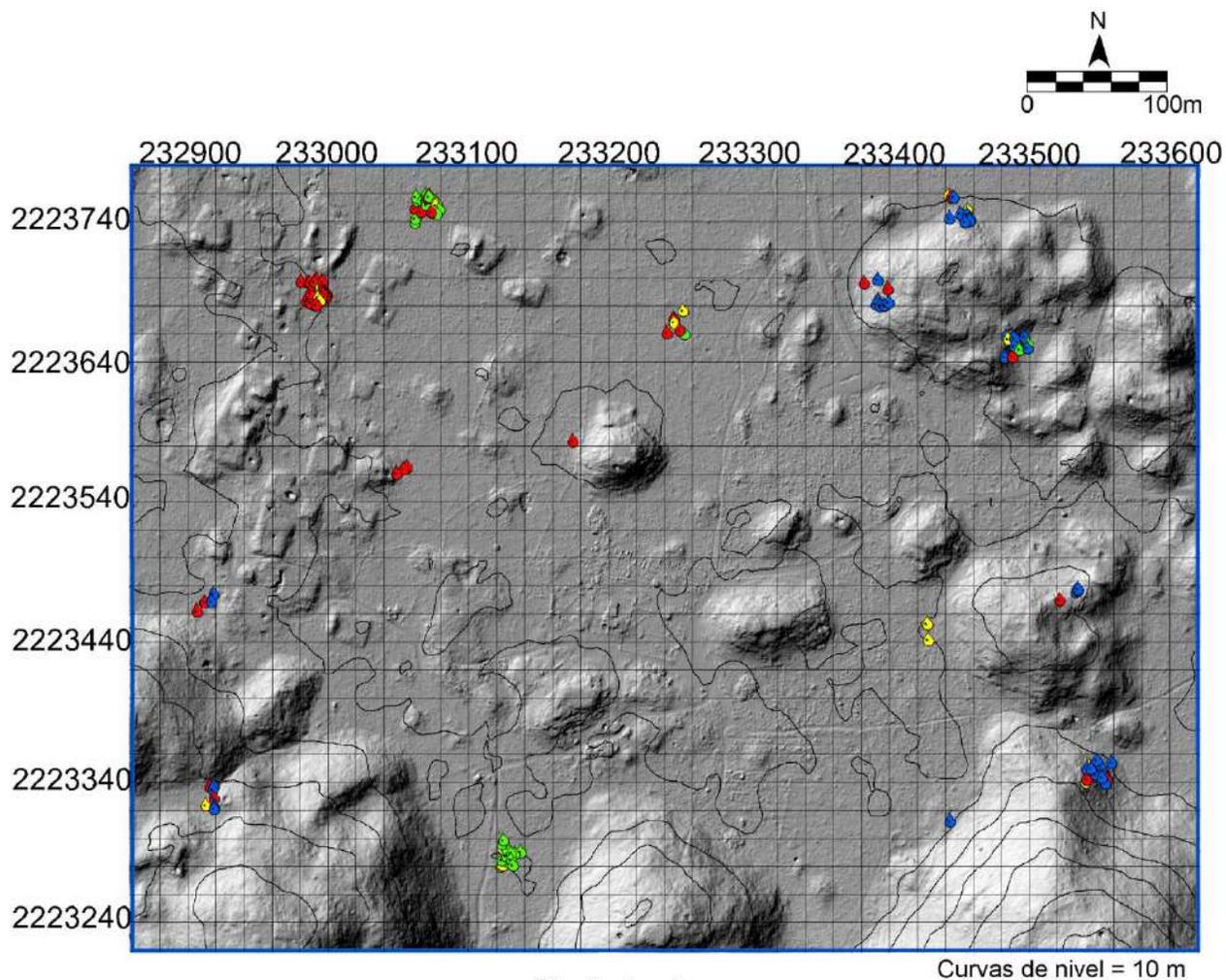


Figura 5-7. Distribución de las cuatro especies de árboles identificadas en la lista de bosques manejados en el área urbana de este estudio.

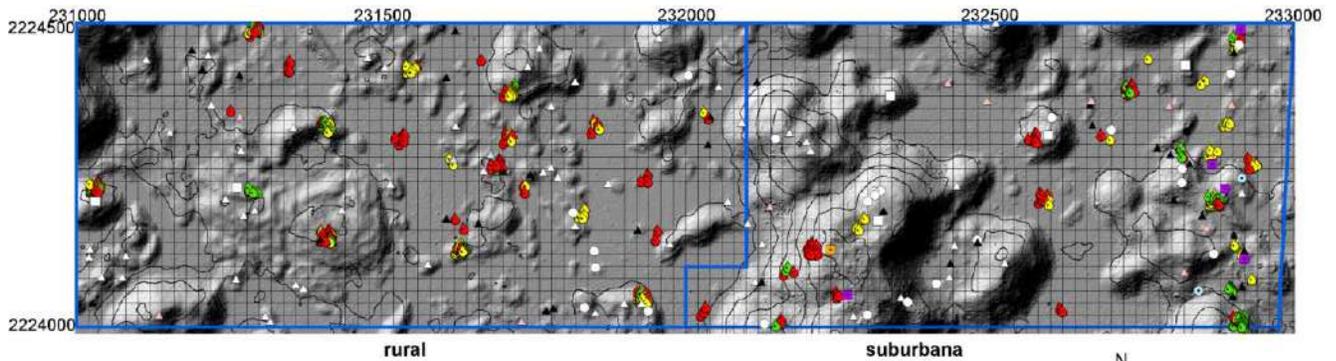


### Simbología

#### Vegetación

- chac pichi' che' (Psidium sartorianum)* 5.08% 
- k'aan chunuup (Thouinia paucidentata)* 7.90% 
- ja'abin (Piscidia piscipula)* 9.02% 
- chakaj (Bursera simaruba)* 3.57% 

Figura 5-8. Distribución de las cuatro especies de árboles identificadas en la lista de bosques manejados en RKI de este estudio.



**Simbología**

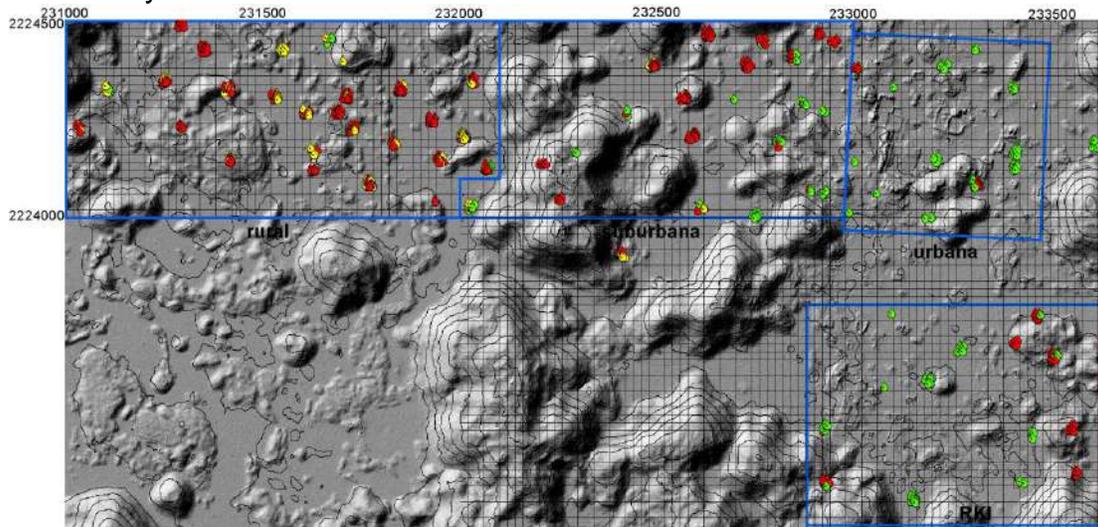
**Vegetación**

*iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*) (7.27%)  *xuul* (*Lonchocarpus xuul*) (3.87%)   
*tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*) (6.80%) 

**Estructuras arqueológicas**

- Alto estatus (edificios abovedados)
  - Grupos compuestos y simples 
  - Grupos compuestos y simples 
- Bajo estatus (cimientos perecederos)
  - Grupos compuestos y simples 
  - Cimientos perecederos 
  - Plataformas aisladas 
  - Transformación de la piedra 
- Construcción asociada
  - Plataforma chultunera 
  - Chultún 
- Varios
  - Haltún 
  - Estructuras especiales y otros 

Figura 5-9. Distribución de las tres especies de árboles identificados como de monte en las áreas rural y suburbana de este estudio.



**Simbología**

**Vegetación**

*ts'its'ilche'* (*Gymnopodium floribundum*)  *kaas kaat* (*Luehea candida*)   
 †*kitinche'* (*Caesalpinia gaumeri*)  † Especie identificada en la lista de bosques manejados

Figura 5-10. Distribución de tres especies de árboles en las áreas rural, suburbana, urbana y RKI de este estudio.

En cuanto a la relación de las 10 especies con los tipos de suelo noté que las especies *kaas kaat* (*Luehea candida*), *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*) y *kitinche'* (*Caesalpinia gaumeri*) se encontraron casi exclusivamente en suelo *k'an kab lu'um* (solo unos pocos ejemplares de las dos últimas especies se hallaron en suelo *tzek'el lu'um* de las áreas rural y suburbana). En cambio la especie *xuul* (*Lonchocarpus xuul*) se halló casi exclusivamente en suelo *tzek'el lu'um* (excepto por unos cuantos ejemplares).

Por su parte, las especies *ja'abin* (*Piscidia piscipula*), *chakaj* (*Bursera simaruba*) y *ts'its'ilche'* (*Gymnopodium floribundum*) se encontraron en ambos tipos de suelos, aunque con una mayor proporción en suelo *k'an kab lu'um*. De la misma manera, las especies *iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*), *tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*) y *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*) se encontraron en ambos tipos de suelos, aunque con una proporción mayor en suelo *tzek'el lu'um* (por ejemplo, en los cerros ubicados en el área del RKI esta especie tuvo el mayor porcentaje de abundancia).

Las 10 especies de árboles son de usos múltiples. Ocho de las especies tienen entre cuatro y 10 usos, y solo las especies *kaas kaat* (*Luehea candida*) e *iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*) tienen dos y tres usos, respectivamente.

#### *Relaciones de las especies de árboles en cada una de las cuatro áreas*

Además de establecer las diferencias entre la composición y distribución de especies de árboles identifiqué relaciones particulares entre especies de árboles en cada uno de los mosaicos. Los resultados de las Componentes Principales, del Análisis Factorial, de las correlaciones de Spearman y del valor de índice de consistencia interna Alpha de Cronbach mostraron que hay especies de árboles fuertemente correlacionadas

espacialmente, en particular en las áreas rural, urbana y RKI.

Los resultados de las Componentes Principales realizado para el área rural indicó que 14 especies de árboles explican el 46.26% de la variabilidad total (varianza) en la composición de especies (la primera componente en el eje X explica el 33.9% y la segunda componente en el eje Y explica el 12.35%). Los resultados del Análisis Factorial y de las correlaciones de Spearman mostraron valores altos y positivos entre cada par de especies de árboles en los Factores 1 y 2 (Figura 5-11 y Tablas 5-14, 5-15 y 5-16). El valor del índice de consistencia interna Alpha de Cronbach (Tablas 5-17 y 5-18) mostró que las especies de ambos factores están fuertemente correlacionadas espacialmente (En el Factor 1 las especies *chunlok*, *kaa poch*, *k'aan chunuup* y *tsalam*, y en el Factor 2 las especies *iik che'*, *k'aan chunuup*, *tsalam* y *xuul*).

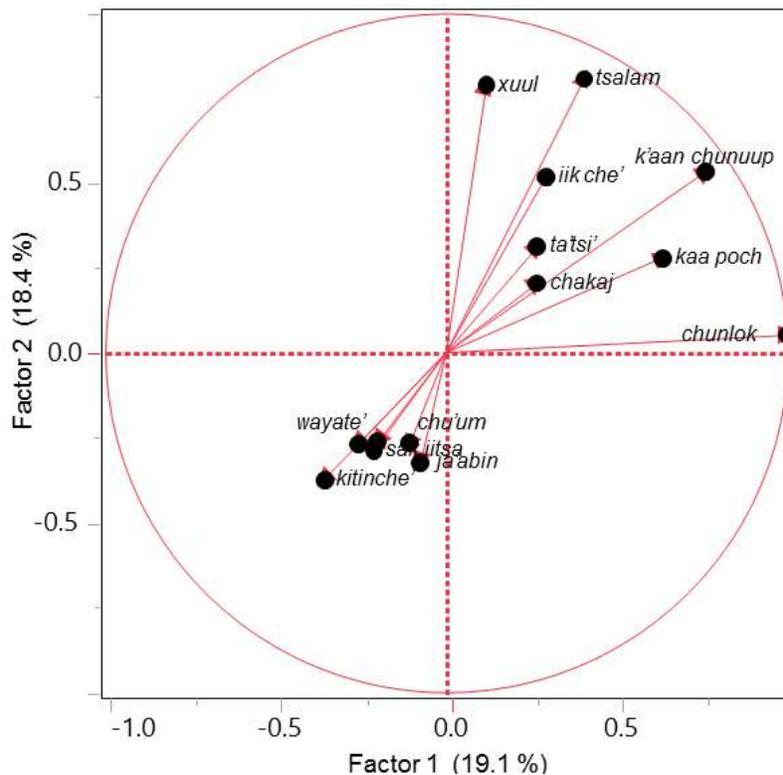


Figura 5-11. Gráfica del análisis factorial en el área rural de este estudio.

Tabla 5-14. Matriz de componentes en el área rural de este estudio.

Especie árbol	Factor 1	Factor 2
<i>chunlok</i>	0.998489	0.054954
<i>iik che'</i>	0.290313	0.517510
<i>kaa poch</i>	0.631920	0.279417
<i>k'aan chunuup</i>	0.757560	0.533250
<i>tsalam</i>	0.402644	0.806741
<i>xuul</i>	0.116505	0.788908

Tabla 5-15. Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 1 del área rural.

Factor 1			
Variable	por variable	$r_s$ de Spearman	Prob > $ \rho $
<i>kaa poch</i>	<i>chunlok</i>	0.5829	0.0014
<i>k'aan chunuup</i>	<i>chunlok</i>	0.6589	0.0002
<i>k'aan chunuup</i>	<i>kaa poch</i>	0.5914	0.0012
<i>tsalam</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.7262	<.0001

Tabla 5-16. Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 2 del área rural.

Factor 2			
Variable	por variable	$r_s$ de Spearman	Prob > $ \rho $
<i>k'aan chunuup</i>	<i>iik che'</i>	0.6467	0.0003
<i>tsalam</i>	<i>iik che'</i>	0.5087	0.0067
<i>tsalam</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.7262	<.0001
<i>xuul</i>	<i>iik che'</i>	0.6199	0.0006
<i>xuul</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.8137	<.0001
<i>xuul</i>	<i>tsalam</i>	0.8159	<.0001

Tabla 5-17. Índice de Alpha de Cronbach de los Factores 1 y 2 del área rural.

Factor 1	$\alpha = 0.7804$	Factor 2	$\alpha = 0.8351$
<i>chunlok</i>	0.7545*	<i>iik che'</i>	0.8343
<i>kaa poch</i>	0.7882	<i>k'aan chunuup</i>	0.7842
<i>k'aan chunuup</i>	0.5821	<i>tsalam</i>	0.7208
<i>tsalam</i>	0.6730	<i>xuul</i>	0.8095

\*valor de  $\alpha$  sin la variable

Tabla 5-18. Especies de árboles correlacionadas en las áreas rural, suburbana, urbana y RKI de este estudio.

	Asociaciones de especies de árboles			
	Rural	Suburbana	Urbana	RKI
Factor 1	$\alpha$ de Cronbach = 0.7804	$\alpha$ de Cronbach = 0.3162	$\alpha$ de Cronbach = 0.7334	$\alpha$ de Cronbach = 0.8195
	<i>chunlok</i> (1.58%)* <i>kaa poch</i> (1.26%)* <i>k'aan chunuup</i> †** <i>tsalam</i> (6.80%)*	<i>beek</i> † <i>boob</i> (.66%)** <i>xuul</i> (4.56%)*	<i>cruz k'iix</i> (4.17%)* <i>ja'abin</i> † (14.35%)* <i>k'aan chunuup</i> † (2.78%)* <i>k'i'ik'che'</i> (5.09%)*	<i>k'aan chunuup</i> † (7.90%)* <i>k'uch'eel</i> (1.50%)* <i>pak'aalche'</i> (1.87%)* <i>ts'its'ilche'</i> <i>wayate</i> (2.06%)** <i>xuul</i> (1.50%)●
Factor 2	$\alpha$ de Cronbach = 0.8351	$\alpha$ de Cronbach = 0.6916	$\alpha$ de Cronbach = 0.6027	$\alpha$ de Cronbach = 0.8004
	<i>iik che'</i> (7.27%)* <i>k'aan chunuup</i> †** <i>tsalam</i> (6.80%)* <i>xuul</i> (3.87%)**	<i>chac pichi'che'</i> † <i>cruz k'iix</i> (2.24%)** <i>kaas kaat</i> <i>ya'ax ek'</i> (2.41%)**	<i>bojum</i> (3.01%)* <i>chakaj</i> † (9.49%)** <i>ja'abin</i> † (14.35%)* <i>ya'ax ek'</i> (3.94%)*	<i>iik che'</i> <i>k'aan chunuup</i> † (7.90%)* <i>pak'aalche'</i> (1.87%)* <i>subin t'eel</i> <i>xuul</i> (1.50%)●

† Especies identificadas en la lista de bosques manejados

en verde especie de monte

\* Especie con la mayor abundancia (en %)

\*\* Especie con la abundancia inmediata inferior (en %)

● Especie con la menor abundancia (en %)

Los resultados de las Componentes Principales realizado para el área suburbana indicó que siete especies de árboles explican el 59.30% de la variabilidad total (varianza) en la composición de especies (la primera componente en el eje X explica el 33.20% y la segunda componente en el eje Y explica el 26.10%). Los resultados del Análisis

Factorial y de las correlaciones de Spearman se presentan en la Figura 5-12 y Tablas 5-19, 5-20 y 5-21. Estos análisis mostraron valores bajos y positivos para el Factor 1 y valores moderados y positivos para el Factor 2. El valor del índice de consistencia interna Alpha de Cronbach (Tabla 5-22) mostró que las especies de ambos factores tienen una relación espacial de débil a moderada. El valor del índice de consistencia interna Alpha de Cronbach para el Factor 1 fue de 0.3162. Este factor indica que las especies *boob*, *beek* y *xuul* tienen una correlación débil. El valor del índice de consistencia interna Alpha de Cronbach para el Factor 2 fue de 0.6916. Este factor indica que las especies *chac pichi' che'*, *cruz k'iix*, *kaas kaat* y *ya'ax ek'* están moderadamente correlacionadas.

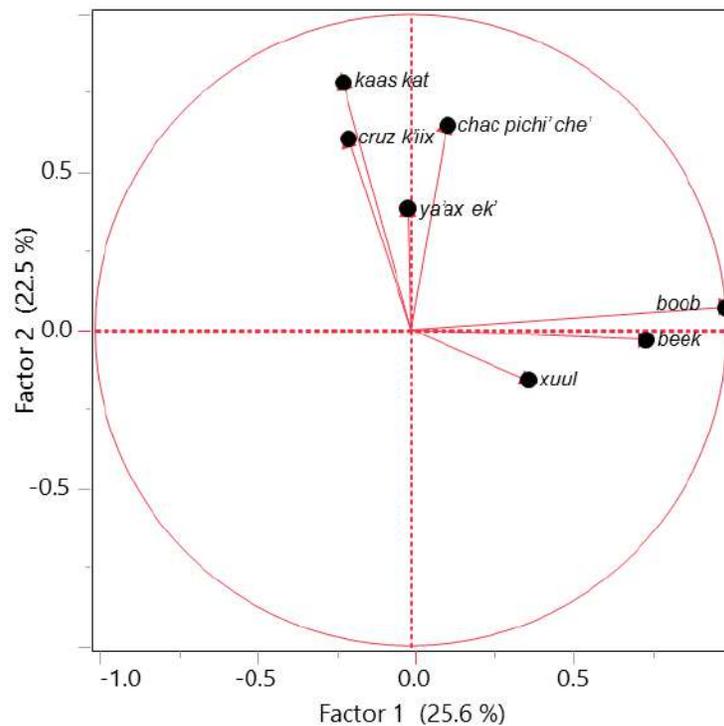


Figura 5-12. Gráfica del análisis factorial en el área suburbana de este estudio.

Tabla 5-19. Matriz de componentes en el área suburbana de este estudio.

Especies árbol	Factor 1	Factor 2
<i>beek</i>	0.746778	-0.030499
<i>boob</i>	0.997461	0.071216
<i>chac pichi'che'</i>	0.116285	0.648970
<i>cruz k'iix</i>	-0.197246	0.603258
<i>kaas kat</i>	-0.213442	0.783599
<i>xuul</i>	0.372066	-0.158674
<i>ya'ax ek'</i>	-0.008627	0.383227

Tabla 5-20. Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 1 del área suburbana.

Factor 1			
Variable	por variable	$r_s$ de Spearman	Prob > $ \rho $
<i>boob</i>	<i>beek</i>	0.5382	0.0018
<i>xuul</i>	<i>boob</i>	0.6054	0.0003

Tabla 5-21. Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 2 del área suburbana.

Factor 2			
Variable	por variable	$r_s$ de Spearman	Prob > $ \rho $
<i>cruz k'iix</i>	<i>chac pichi' che'</i>	0.3791	0.0355
<i>kaas kaat</i>	<i>chac pichi' che'</i>	0.5228	0.0025
<i>ya'ax ek'</i>	<i>chac pichi' che'</i>	0.4464	0.0118
<i>ya'ax ek'</i>	<i>kaas kaat</i>	0.4676	0.0080

Tabla 5-22. Índice de Alpha de Cronbach de los Factores 1 y 2 del área suburbana.

Factor 1	$\alpha = 0.3162$	Factor 2	$\alpha = 0.6916$
<i>beek</i>	0.2020*	<i>chac pichi' che'</i>	0.5762
<i>boob</i>	0.1961	<i>cruz k'iix</i>	0.6414
<i>xuul</i>	0.8039	<i>kaas kaat</i>	0.5269
		<i>ya'ax ek'</i>	0.7073

\*valor de  $\alpha$  sin la variable

Los resultados de las Componentes Principales realizado para el área urbana indicó que nueve especies de árboles explican el 61.80% de la variabilidad total (varianza) en la composición de especies (la primera componente en el eje X explica el 40.30% y la segunda componente en el eje Y explica el 21.50%). Los resultados del Análisis Factorial y de las correlaciones de Spearman mostraron valores medios y positivos entre cada par de especies de árboles en los Factores 1 y 2 (Figura 5-13 y Tablas 5-23, 5-24 y 5-25). El valor del índice de consistencia interna Alpha de Cronbach (Tabla 5-26) mostró que las especies de ambos factores están moderadamente relacionadas (En el Factor 1 las especies *cruz k'iix*, *ja'abin*, *k'aan chunuup* y *k'i'ik' che'* y en el Factor 2 las especies *bojum*, *chakaj*, *ja'abin* y *ya'ax ek'*).

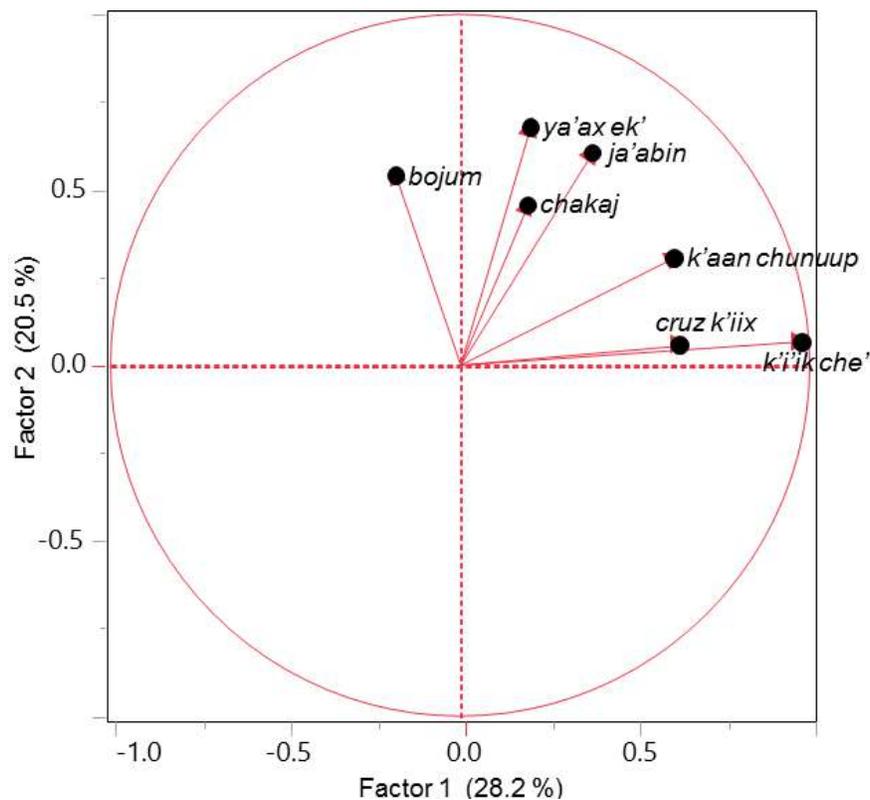


Figura 5-13. Gráfica del análisis factorial en el área urbana de este estudio.

Tabla 5-23. Matriz de componentes en el área urbana de este estudio.

Especie árbol	Factor 1	Factor 2
<i>bojum</i>	-0.183616	0.540557
<i>chakaj</i>	0.193298	0.456606
<i>cruz k'iix</i>	0.628354	0.057550
<i>ja'abin</i>	0.377711	0.606439
<i>k'aan chunuup</i>	0.612041	0.306121
<i>k'i'ik che'</i>	0.976442	0.067591
<i>ya'ax ek'</i>	0.201480	0.679686

Tabla 5-24. Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 1 del área urbana.

Factor 1			
Variable	por variable	$r_s$ de Spearman	Prob > $ \rho $
<i>ja'abin</i>	<i>cruz k'iix</i>	0.3472	0.1876
<i>k'aan chunuup</i>	<i>cruz k'iix</i>	0.3087	0.2447
<i>k'aan chunuup</i>	<i>ja'abin</i>	0.0899	0.7405
<i>k'i'ik' che'</i>	<i>cruz k'iix</i>	0.4393	0.0886
<i>k'i'ik' che'</i>	<i>ja'abin</i>	0.4603	0.0728
<i>k'i'ik' che'</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.3139	0.2364

Tabla 5-25. Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 2 del área urbana.

Factor 2			
Variable	por variable	$r_s$ de Spearman	Prob > $ \rho $
<i>chakaj</i>	<i>Bojum</i>	0.1311	0.6284
<i>ja'abin</i>	<i>Bojum</i>	0.3399	0.1977
<i>ja'abin</i>	<i>Chakaj</i>	0.2127	0.4290
<i>ya'ax ek'</i>	<i>Bojum</i>	0.3921	0.1331
<i>ya'ax ek'</i>	<i>Chakaj</i>	0.5706	0.0210
<i>ya'ax ek'</i>	<i>ja'abin</i>	0.4512	0.0794

Tabla 5-26. Índice de Alpha de Cronbach de los Factores 1 y 2 del área urbana.

Factor 1	$\alpha = 0.7334$	Factor 2	$\alpha = 0.6027$
<i>cruz k'iix</i>	0.6755*	<i>bojum</i>	0.5619
<i>ja'abin</i>	0.7655	<i>chakaj</i>	0.6088
<i>k'aan chunuup</i>	0.6522	<i>ja'abin</i>	0.4998
<i>k'i'ik' che'</i>	0.6314	<i>ya'ax ek'</i>	0.4541

\*valor de  $\alpha$  sin la variable

Tabla 5-27. Porcentajes de las categorías principales de agrupación de estructuras arqueológicas y de especies por factores en las zonas rural, suburbana y urbana de este estudio.

Zona	Permanencia continua			Permanencia temporal			Transformación de la piedra	Varios	Factor 1	<i>k'an kab lu'um</i>	<i>tzek'e/ lu'um</i>	Factor 2	<i>k'an kab lu'um</i>	<i>tzek'e/ lu'um</i>
	Alto	Bajo	Construcción asociada	Grupos	Cimientos	Plataformas								
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Rural	0	0	0	0.88	19.47	4.87	7.08	2.66	<i>chunlok</i>	0.12	0.47	<i>iik che'</i>	0.87	1.81
									<i>kaapoch</i>	0.02	0.43	<i>k'aan chunuup†</i>	0.58	2.3
									<i>k'aan chunuup†</i>	0.58	2.3	<i>tsalam</i>	0.41	2.1
									<i>tsalam</i>	0.41	2.1	<i>xuul</i>	0	1.43
Suburbana	0.44	2.22	0.88	1.77	6.19	7.52	7.97	3.54	<i>beek †</i>	0.23	0.15	<i>chac pichi' che'†</i>	0.99	0.12
									<i>boob</i>	0.15	0.09	<i>cruz k'iix</i>	0.58	0.2
									<i>xuul</i>	0.32	1.28	<i>kaas kaat</i>	1.25	0.02
												<i>ya'ax ek'</i>	0.73	0.12
Urbana	12.39	4.43	3.98	2.21	3.54	3.54	3.98	0.44	<i>cruz k'iix</i>	0.52	0	<i>bojum</i>	0.38	0
									<i>ja'abin †</i>	1.78	0.02	<i>chakaj †</i>	1.19	0
									<i>k'aan chunuup†</i>	0.35	0	<i>ja'abin †</i>	1.78	0.02
									<i>k'i'ik' che'</i>	0.64	0	<i>ya'ax ek'</i>	0.5	0

† especies identificadas en la lista de bosques manejados

Los resultados de las Componentes Principales realizado para el RKI indicó que 10 especies de árboles explican el 74.77% de la variación total (varianza) en la composición de especies (la primera componente en el eje X explica el 54.67% y la segunda componente en el eje Y explica el 20.10%). Los resultados del Análisis Factorial y de las correlaciones de Spearman mostraron valores altos y positivos entre cada par de variables de los dos factores (Figura 5-14 y Tablas 5-28, 5-29 y 5-30). El valor del índice de consistencia interna Alpha de Cronbach (Tabla 5-31) mostró que las especies de ambos factores están fuertemente relacionadas espacialmente (En el Factor 1 las especies *k'aan chunuup*, *k'uch'eel*, *pak'aalche'*, *ts'its'ilche'*, *wayate'* y *xuul* y en el

Factor 2 las especies *iik che'*, *k'aan chunuup*, *pak'aalche'*, *subin t'eel* y *xuul*).

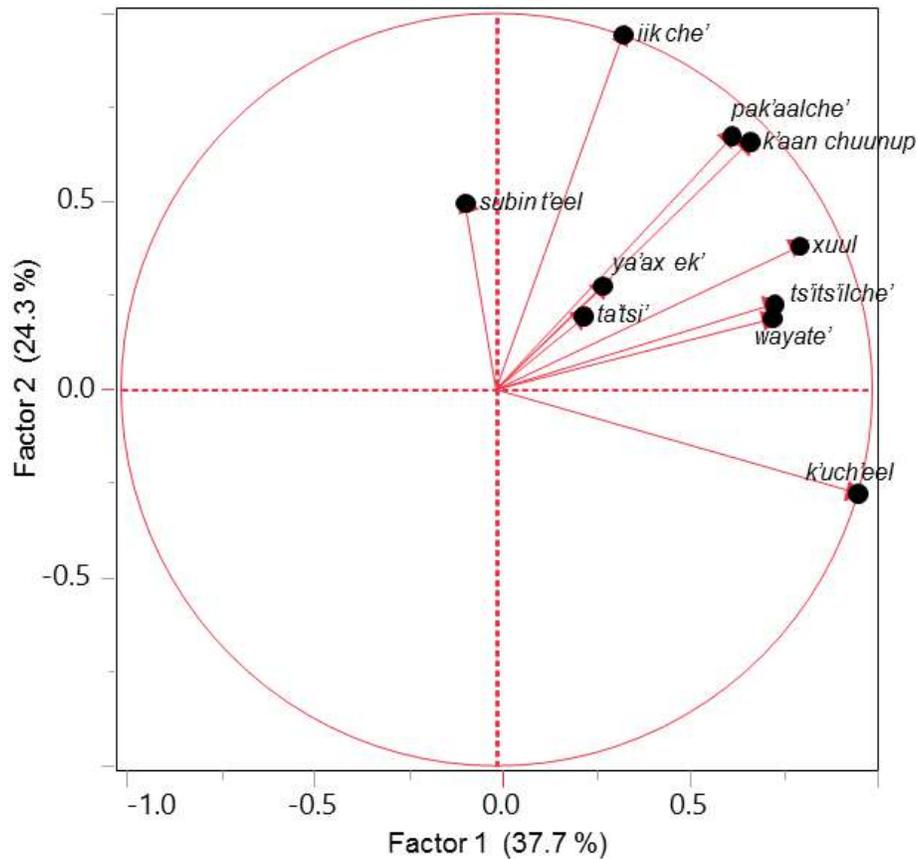


Figura 5-14. Gráfica del análisis factorial en el RKI de este estudio.

Tabla 5-28. Matriz de componentes en el RKI de este estudio.

Especie árbol	Factor 1	Factor 2
<i>iik che'</i>	0.337048	0.941488
<i>k'aan chunuup</i>	0.674905	0.656355
<i>k'uch'eel</i>	0.960957	-0.276699
<i>pak'aalche'</i>	0.626085	0.671855
<i>subin t'eel</i>	-0.082867	0.493085
<i>ts'its'ilche'</i>	0.735825	0.187203
<i>wayate'</i>	0.740462	0.225661
<i>xuul</i>	0.807304	0.379343

Tabla 5-29. Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 1 del RKI.

Factor 1			
Variable	por variable	$r_s$ de Spearman	Prob > $ \rho $
<i>k'uch'eel</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.5324	0.0337
<i>pak'aalche'</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.6647	0.0050
<i>ts'its'ilche'</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.8903	<.0001
<i>ts'its'ilche'</i>	<i>k'uch'eel</i>	0.6369	0.0080
<i>ts'its'ilche'</i>	<i>pak'aalche'</i>	0.6430	0.0072
<i>wayate'</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.6633	0.0051
<i>wayate'</i>	<i>k'uch'eel</i>	0.5722	0.0205
<i>wayate'</i>	<i>pak'aalche'</i>	0.6901	0.0031
<i>wayate'</i>	<i>ts'its'ilche'</i>	0.7414	0.0010
<i>xuul</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.7832	0.0003
<i>xuul</i>	<i>k'uch'eel</i>	0.7119	0.0020
<i>xuul</i>	<i>pak'aalche'</i>	0.6306	0.0088
<i>xuul</i>	<i>ts'its'ilche'</i>	0.8306	<.0001
<i>xuul</i>	<i>wayate'</i>	0.7101	0.0021

Tabla 5-30. Relaciones entre pares de especies de árboles en el Factor 2 del RKI.

Factor 2			
Variable	por variable	$r_s$ de Spearman	Prob > $ \rho $
<i>k'aan chunuup</i>	<i>iik che'</i>	0.7814	0.0004
<i>pak'aalche'</i>	<i>iik che'</i>	0.7009	0.0025
<i>pak'aalche'</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.6647	0.0050
<i>subin t'eel</i>	<i>iik che'</i>	0.6807	0.0037
<i>subin t'eel</i>	<i>pak'aalche'</i>	0.5873	0.0168
<i>xuul</i>	<i>iik che'</i>	0.5115	0.0428
<i>xuul</i>	<i>k'aan chunuup</i>	0.7832	0.0003
<i>xuul</i>	<i>pak'aalche'</i>	0.6306	0.0088

Tabla 5-31. Índice de Alpha de Cronbach de los Factores 1 y 2 del RKI.

Factor 1	$\alpha = 0.8195$	Factor 2	$\alpha = 0.80044$
<i>k'aan chunuup</i>	0.7443*	<i>iik che'</i>	0.6496
<i>k'uch'eel</i>	0.8050	<i>k'aan chunuup</i>	0.7420
<i>pak'aalche'</i>	0.7977	<i>pak'aalche'</i>	0.7462
<i>ts'its'ilche'</i>	0.7639	<i>subin t'eel</i>	0.8272
<i>wayate'</i>	0.8020	<i>xuul</i>	0.7810
<i>xuul</i>	0.7983		

\*valor de  $\alpha$  sin la variable

## **CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.**

En los bosques más húmedos de las tierras bajas del sur, los efectos del manejo humano todavía son visibles diez siglos después de su abandono (Gómez-Pompa 1987; Gómez-Pompa *et al.* 1990; Rico-Gray, Chemás y Mandujano 1991; Rico-Gray 1992; Ross 2011). Árboles frutales y maderables se encuentran en abundancia alrededor de sitios arqueológicos de las tierras bajas del sur (Dunning 1992; Ross 2011). Este tipo de evidencia no ha sido registrada en las tierras bajas mayas del norte, con la excepción de algunos árboles frutales y maderables hallados en rejolladas, *pet kots* o huertos (Dunning 1992; Rico-Gray, Chemás y Mandujano 1991; Rico-Gray 1992; Fedick 1996).

En su mayoría los estudios realizados en la Península de Yucatán se refieren a la estructura y composición de la vegetación (se ha estudiado mayormente la densidad relativa, la frecuencia relativa y el área basal para obtener los valores de importancia relativa (VIR) y los índices ecológicos de diversidad, de dominancia, etc.). Entre estos estudios destacan los de Rico-Gray-Chemás y Mandujano (1991), Durán-García (1987, 1995), Trejo y Dirzo (2002), Zamora-Crescencio *et al.* (2008) y Gutierrez-Báez *et al.* (2011), así como los realizados en sitios arqueológicos como Oxpeul, que forma parte de la Reserva de la Biosfera de Calakmul (Zamora-Crescencio *et al.* 2012), Bonampak, Chiapas (Meave 1990), Dzibilchaltún, Yucatán (Thien *et al.* 1982) y Cobá, Quintana Roo (Folan *et al.* 1979).

Dunning (1992) menciona que en el Puuc, los sitios arqueológicos han sido continuamente limpiados y quemados para cultivar, lo que podría haber desaparecido cualquier vestigio de la silvicultura u horticultura prehispanica. Sin embargo, este supuesto no ha sido probado científicamente. No se han realizado estudios en esta

región para entender si la composición visible en los bosques modernos es debido al manejo prehispánico o a cuestiones ecológicas (Dunning 1992).

El área escogida para esta investigación, se ubica en el distrito de Bolonchén de la región Puuc y tiene una larga historia de manejo humano; es un palimpsesto (Balée 2006; Erickson y Balée 2006). Es la manifestación física de una alteración humana que inició en la época prehispánica, posiblemente desde el Preclásico y continuó a través del tiempo, alcanzando su apogeo durante el período Clásico y abandonado en el Clásico Terminal. Después de su ocupación como rancho en una época posterior (Colonial-mediados del siglo XX) dejó de ser usado activamente, por lo que es posible que se esté respetando tal y como lo usaron los mayas antiguos.

Los resultados de la investigación indican que la composición florística del área de estudio fue similar a los estudios reportados en la península de Yucatán, en particular a los realizados en la selva mediana subcaducifolia del sur de Yucatán (Zamora-Crescencio *et al.* 2008 y Gutierrez-Báez 2011). La composición florística estuvo representada principalmente por especies de la familia Fabaceae (24.46% que corresponde a 23 especies) seguida por Rubiaceae (9.57% con nueve especies) y en menor porcentaje Polygonaceae (5.32% con cinco especies), Malvaceae (5.32% con cinco especies) y Boraginaceae (4.25% con cuatro especies). Estas cinco familias forman el 48.92% de las especies identificadas. En cuanto al número de individuos entre las familias, la familia Fabaceae tuvo el mayor número de ejemplares, (n=1065), seguida por Polygonaceae (n=509), Burseraceae (n=300), Sapindaceae (n=276) y Rubiaceae (n=193).

La familia Fabaceae es la mejor representada (en cuanto a número de especies y

número de individuos) debido a que es la más diversa y está distribuida en todas las comunidades vegetales presentes en la península de Yucatán (Flores 2001; Zamora-Crescencio *et al.* 2008). Se puede encontrar desde el matorral de duna costera hasta la selva alta perennifolia (Duno de Stefano y Cetzal-Ix 2016). Además, ocupa el primer lugar de las 10 familias con el mayor número de especies en el estado de Yucatán (Carnevali 2010a), por lo cual este hallazgo no es sorprendente.

Las 94 especies de árboles identificadas en el área de estudio representan el 4.37% de las 1250 especies de plantas vasculares reportadas para la porción mexicana de la Provincia Biótica Península de Yucatán (Carnevali *et al.* 2010b) y el 20.70% de las 454 reportadas para la Reserva *Helen Moyers*. Especies como *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Gymnopodium floribundum*, *Lysiloma latisiliquum* y *Piscidia piscipula*, por mencionar algunas, son consideradas comunes dentro de la comunidad vegetal de la selva mediana subcaducifolia (Flores-Guido, Durán-García y Ortíz-Díaz 2010). Varias de estas especies comunes, incluyendo las especies mencionadas, fueron de las más abundantes en la muestra de estudio. Aunque existen especies compartidas, hay otras con mayor abundancia o casi exclusivas a cada mosaico, que en conjunto indican una diversidad alta.

De acuerdo a Barrera-Rubio (1987) algunas de las especies vegetales más frecuentes asociadas a algunas zonas arqueológicas de la región Puuc son: *chakaj* (*Bursera simaruba*), *ku che'* (*Cedrela odorata*), *piich* (*Enterolobium cyclocarpum*), *beek* (*Ehretia tinifolia*), *ox* (*Brosimum alicastrum*), *ja'bin* (*Piscidia piscipula*), *chukum* (*Pithecellobium albicans*), *ya'axnik* (*Vitex gaumeri*), *sak nikte'* (*Plumeria rubra*), *sabak che'* (*Exostema caribaeum*) y *k'i'ik che'* (*Aplopanesia paniculata*). Desafortunadamente,

no indica la proporción ni en que asentamientos prehispánicos en particular ubicó estas especies de árboles.

Reconocí 12 (6.06%) de las 198 especies endémicas que reporta Carnevali *et al.* (2010a). Aunque la familia Fabaceae tuvo la mayor cantidad de especies de árboles y aparece como la segunda familia con el mayor número de especies endémicas de la PBPY (Carnevali *et al.* 2010b), en la muestra de este estudio la familia Rubiaceae tuvo la mayor cantidad de especies endémicas (cinco especies). Seguida por las familias Euphorbiaceae y Fabaceae con dos especies endémicas cada una, y las familias Polygonaceae, Rhamnaceae y Sapindaceae con una especie endémica cada una. Durán-García (1997) en su estudio sobre la distribución de especies endémicas de la Península de Yucatán, también considera endémicas a las especies *box káatsim* (*Acacia gaumeri* Blake) y *taa k'in che'* (*Caesalpinia yucatanensis* Greenm) de la familia Fabaceae, la especie *xkaché* (*Diospyros anisandra* Blake) de la familia Ebenaceae y la especie *baka che'* (*Bourreria pulchra* Millsp.) de la familia Boraginaceae.

Los suelos identificados, *k'an kab lu'um* y *tzek'el lu'um*, no difieren de los suelos reportados para los valles y cerros de esta área del distrito de Bolonchén (Dunning 1992). Estos suelos permitieron que a través de diferentes estrategias agrícolas se asentaran comunidades. Los suelos junto con los factores climáticos y bióticos definen la vegetación que permite la sobrevivencia limitada, ya que la mayoría de las especies son melíferas (73 especies) y de importancia maderable para la construcción, ya sea para las casas, las cercas vivas, los postes, etc., (78 especies: maderables [36 especies] y de construcción [42 especies]), así como medicinales (67 especies) y en menor proporción, combustibles (45 especies) y forrajeras (36 especies). Quizás la abundancia de este tipo

de especies melíferas, madereras y medicinales, y no tanto las especies frutales en la muestra de este estudio, se debe a que son las que más utilizan los humanos. En la actualidad la gente ya no come fruto de monte, pues los árboles frutales los cultiva en sus huertos, o incluso, prefiere comer otros tipos de frutas como manzana o uva, por mencionar algunas.

Con base en los resultados, la pregunta que guió a esta investigación respecto a si hay diferencias en la composición arbórea de los mosaicos se cumplió, ya que se encontraron diferencias significativas entre las zonas urbana, suburbana, rural y RKI en cuanto a la composición vegetal. Estas diferencias se asociaron con las especies de árboles más abundantes que fueron encontradas en casi todas las áreas pero con patrones de distribución diferentes dentro de los mosaicos y entre los mosaicos.

En el estudio realizado en la reserva de El Pilar, Belice (Ross 2011), se demostró que varias especies de árboles conocidas y utilizadas en los bosques manejados, desempeñaron un papel importante en las diferencias de composición entre el área densamente poblada y la zona con poca o sin ocupación en la época prehispánica (Figura 6-1). Algunas de estas especies fueron madereras, frutales y palmas. De acuerdo a Ross (2011), la diferencia en la composición de especies halladas fue el resultado directo del manejo del bosque de los mayas. La presencia de las especies útiles en las muestras del área densamente poblada sugiere fuertemente un efecto antropogénico.

Tabla 6-1. Especies de árboles en la zona densamente poblada y en la zona con poca o nada poblada de los grupos muestreados en El Pilar, Belice (elaborado a partir de Ross 2011, Figura 5).

Zona densamente poblada	Zona poco o nada poblada
<i>Caesalpinia sp.</i>	<i>Acacia gentlei</i>
<i>Spondias radlkoferi</i>	<i>Pouteria belizensis</i>
<i>Lacistema aggregatum</i>	<i>Protium ravenii</i>
<i>Protium copal</i>	<i>Laetia thamnia</i>
<i>Piper amalago</i>	<i>Rehdera penninervia</i>
<i>Hamelia axillaris</i>	<i>Matayba apetala</i>
<i>Psychotria chiapensis</i>	<i>Aspidosperma meglalocarpon</i>
<i>Vitex gaumeri</i>	<i>Ampelocera hottlei</i>
<i>Attalea cohune</i>	<i>Pouteria reticulata</i>
<i>Zuelania guidonia</i>	
<i>Alseis yucatanensis</i>	
<i>Cryosophila stauracantha</i>	

Por su parte, Rico-Gray, Chemás y Mandujano (1991) y Rico-Gray (1992) mencionan que especies arbóreas frutales o maderables importantes como ox (*Brosimum alicastrum*), cedro (*Cedrela odorata*), cayumito (*Chrysophyllum cainito*), kopte (*Cordia dodecandra*), “was luuch” o jícaro (*Crescentia cujete*), roble (*Ehretia tinifolia*), piich (*Enterolobium cyclocarpum*), kumche (*Jacaratia mexicana*), chicozapote (*Manilkara achras*), guaya (*Melicoccus bijugatus*), aguacate (*Persea americana*), mamey (*Pouteria mammosa*), guayaba (*Psidium guajava*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) no se conservan en los bosques secos del centro y norte de Yucatán. La dominancia inducida por el hombre de ciertas especies arbóreas útiles en los bosques de la Península de Yucatán se da: “en áreas con más de 1,100 mm de precipitación total anual” (Rico-Gray 1992:26).

No obstante, pueden ser cultivadas en el norte y noroeste de la península en huertos o solares debido a que sobreviven como especies atendidas por el humano. También se pueden encontrar en los cenotes, rejolladas (por las características

especiales de suelo y humedad) y en los petenes.

Rico-Gray, Chemás y Mandujano (1991) también indican que a pesar de la ausencia de las especies frutales y maderables en los bosques secos modernos, hay un aprovechamiento sostenido para diversas actividades como apicultura, alimento para venado y material para construir casas. En nuestro estudio encontramos una composición vegetal para un aprovechamiento similar. Las especies de árboles son principalmente un recurso florístico para producir una buena miel, además, de ser fuentes de otros recursos importantes, como especies medicinales, materiales de construcción para casas, cercas vivas, etc., combustibles, forrajeras y en menor grado comestibles y otros usos. La presencia de árboles frutales en la muestra de este estudio, aunque en una mínima proporción, indica que pueden crecer en dicha área.

Las especies forrajeras, ornamentales y comestibles, incluyendo los árboles frutales, son más comunes en el RKI y zonas que estaban pobladas de forma permanente y son de baja frecuencia en la zona rural donde la ocupación era menos densa y temporal. Existe la posibilidad de que los frutales sean vestigios de la cultivación antigua, es decir, es posible que debido al manejo prehispánico del bosque éste no se haya recuperado del sesgo de la época antigua. Otras posibilidades de esta diferencia, es decir, la poca presencia de especies frutales en el área de nuestra muestra se deba a que dejaron de cultivarse debido al abandono de la ciudad en la época prehispánica, o también es posible que no hayan cultivado especies frutales. O también debido al tipo de suelo. Las especies frutales, a excepción de la especie *wayan* (*Melicoccus olivaeformis*) y *kaa poch* (*Sideroxylon obtusifolium*), se identificaron en suelo *k'an kab lu'um*, por lo que es posible que las características de este suelo en este bosque tropical

sea el adecuado para su presencia y conservación, ya que como sugiere Ross (2011) las especies de árboles no sólo son afectadas por los suelos en los que crecen, sino que las especies también afectan el suelo en el que ellas crecen.

Las especies melíferas, medicinales, madereras y para construcción son comunes en las cuatro áreas, aunque la última en menor proporción en RKI. En cambio, las especies utilizadas como combustible son más comunes en el área suburbana que estaba poblada de forma permanente y la zona rural donde la ocupación era temporal.

En nuestra muestra de estudio, los datos indicaron una relación importante entre las diferencias de composición del bosque moderno y la densidad de ocupación maya antigua en las inmediaciones de Kuic y los mosaicos. 10 de las 27 especies útiles de este bosque moderno, comúnmente conocidas como especies de bosque manejado, desempeñaron un papel clave en esta diferenciación.

Estas especies mostraron una mayor abundancia en las áreas que estaban pobladas de forma permanente. No obstante, la excepción a este patrón, es la especie *kitinche'* (*Caesalpinia gaumeri*), cuya mayor abundancia fue en la zona rural. En este caso, una posibilidad es que fuera una especie de manejo de “monte” en una época anterior. De manera correspondiente, las especies de monte / “bosque natural” (Rico-Gray, Chemás y Mandujano 1991) mostraron una mayor abundancia en áreas de ocupación temporal. La excepción a este patrón, es la especie *kaas kaat* (*Luehea candida*) cuya mayor abundancia fue en las áreas que tuvieron una ocupación permanente. Una posibilidad es que fuera una especie “manejada” debido a su uso.

Cuatro de estas 10 especies de árboles tuvieron asociaciones particulares con uno u otro suelo. Las especies *kaas kaat* (*Luehea candida*), *chac pichi che'* (*Psidium*

*sartorianum*) y *kitinche'* (*Caesalpinia gaumeri*) se encontraron exclusivamente (excepto por unos pocos ejemplares) en suelo *k'an kab lu'um* y la especie *xuul* (*Lonchocarpus xuul*) en suelo *tzek'el lu'um*. Las restantes seis especies se encontraron en ambos suelos; algunas con mayor abundancia en suelo *k'an kab lu'um* como *ja'abin* (*Piscidia piscipula*), *chakaj* (*Bursera simaruba*) y *ts'its'ilche'* (*Gymnopodium floribundum*) y las otras en suelo *tzek'el lu'um* como las especies *iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*), *tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*) y *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*).

Adicionalmente, se identificaron relaciones particulares entre especies de árboles en cada mosaico (seis especies en el área rural, siete en el área suburbana, siete en el área urbana y ocho en RKI). Las especies asociadas en cada área son diferentes, a excepción de las especies *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*) y *xuul* (*Lonchocarpus xuul*), que desempeñan un papel importante en las asociaciones de los mosaicos rural, urbano y RKI. Por el momento, solo puedo mencionar que la asociación de los árboles se da por tipo de suelo y porcentaje de abundancia.

En el área rural, las especies *tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*), *iik che'* (*Erythroxylum rotundifolium*), *kaa poch* (*Sideroxylon obtusifolium*) y *chunlok* (*Semialarium mexicanum*) se relacionan fuertemente con las especies *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*) y *xuul* (*Lonchocarpus xuul*). Las cuatro primeras especies, comparadas con sus similares de las otras tres áreas, tuvieron los porcentajes de mayor abundancia, y las dos últimas tuvieron el porcentaje inmediato inferior.

Las especies de ambos factores se relacionan en su mayoría con el suelo *tzek'el lu'um*; en las cimas de los cerros y particularmente con las laderas, cercanas al pie de los cerros. No obstante, en cuatro cuadros de muestreo la asociación particular de

ejemplares de las especies *tsalam* e *iik che'* y *k'aan chunuup-iik che'* es en suelo *k'an kab lu'um*, en pequeños sectores de planadas rodeadas por cerros. Esta distribución sugiere un manejo uniforme de algunas especies, incluyendo algunas de monte, dejando el suelo *k'an kab lu'um* para la agricultura.

En el área suburbana, los resultados demostraron que las especies de árboles *xuul* (*Lonchocarpus xuul*), *boob* (*Coccoloba spicata*), *cruz k'iix* (*Randia obcordata*), *ya'ax ek'* (*Chloroleucon mangense*) *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*), *kaas kaat* (*Luehea candida*) y *beek* (*Ehretia tinifolia*) estuvieron débilmente relacionadas. Las cuatro primeras especies tuvieron los porcentajes de mayor abundancia, mientras que las tres últimas los menores porcentajes.

En particular, las especies *xuul* (*Lonchocarpus xuul*), *boob* (*Coccoloba spicata*) y *beek* (*Ehretia tinifolia*) se ubican en suelo *tzek'el lu'um*, en las partes mas bajas de las laderas de dos cerros del extremo sureste del mosaico, cercanos al área urbana de Kiuic. En contraste, las especies *cruz k'iix* (*Randia obcordata*), *ya'ax ek'* (*Chloroleucon mangense*) *chac pichi' che'* (*Psidium sartorianum*), *kaas kaat* (*Luehea candida*) se ubican mayormente en suelo *k'an kab lu'um*, cerca de los pies de los cerros. Es posible que se trate de un manejo uniforme de algunas especies, incluyendo algunas de monte.

En el área urbana, las especies *ja'abin* (*Piscidia piscipula*), *k'i'ik' che'* (*Apoplanesia paniculata*), *cruz k'iix* (*Randia obcordata*), *ya'ax ek'* (*Chloroleucon mangense*) y *bojum* (*Cordia alliodora*) se relacionan fuertemente con las especies *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*) y *chakaj* (*Bursera simaruba*). Las seis primeras tuvieron los mayores porcentajes de abundancia en el área y las dos últimas los porcentajes más bajos. La mayoría de los ejemplares se identificaron en suelo *k'an kab*

*lu'um*. Posiblemente se trata de un manejo uniforme con enfoque en el suelo *k'an kab lu'um* para las “comunidades” (huertos familiares en suelo *k'an kab lu'um* y muy poco en *tzek'el lu'um* en general).

En el área del RKI las especies con los porcentajes de mayor abundancia: *k'aan chunuup* (*Thouinia paucidentata*), *k'uch'eel* (*Machaonia lindeniana*), *pak'aalche'* (*Neea* sp.) y *wayate'* (*Malpighia lundellii*) se relacionan con la especie *xuul* (*Lonchocarpus xuul*) que tuvo el porcentaje inmediato inferior. Los árboles están proporcionalmente en suelo *tzek'el lu'um* (en las partes más bajas de las laderas) y suelo *k'an kab lu'um* (cerca de los pies de los cerros). Es un manejo indiferenciado entre tipos de suelo, es decir, un uso sin considerar tipo de suelo.

Estos resultados sugieren que hay “comunidades” de árboles particulares en cada mosaico. Además, estas “comunidades” parecen estar asociadas a tipos de suelos.

El tener solamente dos tipos de suelos en todas las áreas muestreadas (con mayor o menor proporción de acuerdo al mosaico), indica que los humanos decidían como, cuando y donde modificar el ambiente ecológico dependiendo de sus propósitos particulares. Los antiguos habitantes tenían conocimiento ecológico y sabían cómo utilizarlo, pues construyeron sus casas en lugares adecuados (partes altas y no inundables); la mayoría sobre plataformas artificiales con muros de retención y relleno de piedras burdas y/o roca madre rellena y nivelada, dejando las mejores tierras para cultivos y actividades relacionadas con la silvicultura.

En estudios sobre vegetación hay que considerar varios aspectos que pudieran influir en la composición y distribución arbórea, que escapan al objetivo principal de este estudio. Por el momento, me remito únicamente a dos de estos factores. Uno de ellos,

es el papel que el fuego (Balée 2006; Ross 2011) podría desempeñar en la diferenciación de la composición vegetal entre áreas (Ross 2011). El fuego ha sido un factor de disturbio y de práctica en los bosques mesoamericanos (Rico-Gray y García Franco 1992; Otterstrom *et al.* 2006, citados por Ross 2011), por lo que conocer que especies de árboles son resistentes al fuego y cuales no, es un aspecto importante a considerar.

Otro aspecto importante, son aquellos factores que favorecen el crecimiento de ciertas especies, como en el caso de la especie *Brosimum alicastrum*. Las investigaciones realizadas (Puleston 1982), han demostrado que esta especie crece preferentemente en los núcleos principales de los asentamientos prehispánicos, como Tikal, debido a la pendiente y drenaje que proporcionan los montículos altos colapsados (que pueden llegar a medir más de dos metros de altura) y no constituyen necesariamente un indicativo de la supervivencia de los antiguos huertos (Puleston 1982). En otros sitios arqueológicos como Oxpehul, dentro de la Reserva de la Biosfera de Calakmul (Zamora-Crescencio *et al.* 2012) y Cobá, Quintana Roo (Folan *et al.* 1979) esta especie es de las más abundantes en las ruinas arqueológicas.

En la muestra de este estudio, no encontramos esta misma asociación, es decir, esta especie ni fue de las más abundantes ni se encontró en asociación con las construcciones arqueológicas. De hecho, los únicos dos ejemplares registrados fueron en RKI. Además, el análisis de Chi cuadrado determinó que no existe correlación entre los árboles hallados y los tipos de muestreo (aleatorio e intencional). Esto sugiere que cualquiera de las especies de árboles pudo encontrarse en uno u otro cuadro de muestreo, independientemente de si estaba cerca o sobre construcciones

arqueológicas.

En conclusión, este estudio realizado en una franja de la selva moderna que ocupa el espacio de lo que fuera el asentamiento prehispánico de Kiuic, demostró que existe una diferencia de composición y distribución arbórea entre las áreas rural, suburbana y urbana (de ocupación prehispánica) y el Rancho Kiuic (ocupado en una época posterior).

Los procesos que pueden explicar estos patrones son por lo menos tres:

- 1) La huella de la manipulación del bosque durante el Clásico Tardío/Terminal siga visible en el bosque actual no obstante mil años de abandono.
- 2) La modificación del paisaje por las estructuras construidas en el período Clásico, su densidad y su distribución afecta el crecimiento de los árboles junto con las lluvias, la topografía, la temperatura y los tipos de suelos. Así las diferentes distribuciones de tipos de estructuras entre los mosaicos son preferidos por ciertas especies de árboles. Iniciando esta afectación posterior al abandono del sitio en el Clásico Terminal.
- 3) El uso moderno o reciente del bosque de Kiuic por habitantes del RKI y otros pueblos cercanos resultó en una distribución diferencial de especies entre mosaicos.

El grado en que cada uno de estos procesos está afectando la distribución todavía es desconocido. Aunque es muy probable que cada uno haya tenido su impacto, son necesarias excavaciones arqueológicas para recuperar perfiles paleoetnobotánicos (a través de la recuperación de restos vegetales en excavaciones arqueológicas) en las diferentes zonas para evaluar el impacto del primer proceso.

Por los patrones de árboles en cada mosaico y entre los tipos de suelos, es muy probable que el patrón haya sido intencional por los humanos más que un accidente del registro arqueológico (proceso 2). Cabe recordar que la muestra aleatoria no estuvo sobre estructuras prehispánicas, por ende, la arquitectura prehispánica solo puede tener un efecto indirecto en la distribución de especies. La cuestión es, por lo tanto, la fecha de construcción de este paisaje.

Para finalizar, la metodología empleada fue adecuada para cumplir con los objetivos establecidos, ya que fue posible obtener una muestra representativa de las especies de árboles y tipos de suelos en cada una de las zonas rural, suburbana y urbana y del RKI. Al ser este el primer estudio llevado a cabo en esta región (El Puuc) espero que contribuya al conocimiento de esta temática tan importante y que ayude a implementar más investigaciones desde esta perspectiva. En futuros estudios sugiero incluir, como ya mencioné, estudios paleoetnobotánicos para compararlos con los datos de la vegetación *in situ*, y así tener un mejor conocimiento del manejo de los bosques por poblaciones prehispánicas y del ambiente antes de la ocupación humana.

## REFERENCIAS

Adamchak, S., Bond, K., MacLaren, L., Magnani, R., Nelson, K. y Seltzer, J. (2000). *A Guide To Monitoring and Evaluating Adolescent Reproductive Health Programs*. Washington DC, United States: Focus on Young Adults.

Alfaro-Bates, R. G., Ortíz-Díaz, J. J. y González-Acereto, J. A. (2010). Plantas melíferas: melisopalinología. En: Durán, R. y Méndez, M. (Eds.), *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (pp. 346-348). Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.

Arellano-Rodríguez, J. A., Flores-Guido, J. S., Tun-Garrido, J. y Cruz-Bojórquez, M. M. (2003). Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. En Flores, J. S. (Ed.), *Etnoflora Yucatanense 20*. Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán.

Arnauld, M. C., Michelet, D., Vannière, B., Nondédéo, P. y Lemonnier, E. (2012). Houses, Emulation, and Cooperation among the Río Bec Groups. En: Arnauld, M. C., Manzanilla, L. R. y Smith M. E. (Eds.), *The Neighborhood as a Social and Spatial Unit in Mesoamerican Cities* (pp. 202-228). Tucson, United States: University of Arizona Press.

Balée, W. (1998). Historical ecology: premises and postulates. En: Balée, W. (Ed.), *Advances in historical ecology* (pp. 13-29). New York, United States: Columbia University Press.

Balée, W. (2006). The research program of historical ecology. *Annual Review Anthropology*, 35: 75-98.

Balée, W. y Erickson, C. L. (2006). *Time and complexity in historical ecology: studies in the neotropical lowlands*. New York, United States: Columbia University Press.

Barrera-Rubio, A. (1987). Tierra y productividad agrícola en la Región Puuc. *Anales de Antropología*, 24(1): 127-142.

Bautista, F. y Zinck, J. A. (2010). Construction of a Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 6(7): 1-17.

Beach, T., Luzzadder-Beach, S., Dunning, N., Hageman, J. y Lohse, J. (2002). Upland Agriculture in the Maya Lowlands: Ancient Maya Soil Conservation in Northwestern Belize. *Geographical Review*, 92(3): 372-397.

Beach, T., Dunning, N., Luzzadder-Beach, S., Cook, D. E. y Lohse, J. (2006). Impacts of the ancient Maya on soils and soil erosion in the central Maya Lowlands. *Catena*, 65(2): 166-178.

Braudel F. (1980). *On History*. Chicago, United States: University of Chicago Press.

Carnevali, F. C. G., Tapia-Muñoz, J. L., Duno de Stefano, R. y Ramírez-Morillo, I. (Eds.) (2010a). *Flora Ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico*. Mérida, México: CICY.

Carnevali, F. C. G., Duno de Stefano, R., Ramírez-Morillo, I. y Tapia-Muñoz, J. L. (2010b). Plantas vasculares: diversidad de la flora. En: Durán R. y Méndez, M. (Eds.), *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (pp. 175-178). Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.

Carr, R. F. y Hazard, J. E. (1961). *Map of the Ruins of Tikal, El Petén, Guatemala: Tikal Report No. 11*. Philadelphia, United States: University of Pennsylvania.

Chase, A. F. (2016). Districting and Urban Services at Caracol, Belize: Intra-site Boundaries in an Evolving Maya Cityscape. *Research Reports in Belizean Archaeology*, 13:15-28.

Chase, A. F. y Chase, D. Z. (1987). *Investigations at the Classic Maya City of Caracol, Belize: 1985-1987. Monograph 3*. San Francisco, United States: Pre-Columbian Art Research Institute.

Chase, A.F. y Chase D.Z. (1994). *Details in the Archaeology of Caracol Belize: An introduction. Monograph 7*. San Francisco, United States: Pre-Columbian Art Research Institute.

Chase, A. F., Chase, D. Z., Weishampel, J. F., Drake, J. B., Shrestha, R. L., Slatton, K. C. y Carter, W. E. (2011). Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological Science*, 38(2): 387-398.

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18:117-143.

Clarke, K. R. y Warwick, R. M. (2001). *Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth, United Kingdom: Plymouth Marine Laboratory.

Crumley, C. L. (1994). *Historical Ecology: Cultural Knowledge and Changing Landscapes*. Santa Fe, United States: School of American Research Press.

Cuadras, C. (2014). *Nuevos métodos de análisis multivariante*. Barcelona, España: CMC Ediciones.

De la Fuente-Fernández, S. (2011). *Análisis de correspondencias simples y múltiples*.

México: UAM.

Duch-Gary, J. (1988). La conformación territorial del estado de Yucatán: los componentes del medio físico. México: Universidad Autónoma Chapingo y Centro Regional de la Península de Yucatán.

Dumond, D. E. (1961). Swidden Agriculture and the Rise of Maya Civilization. *Southwestern Journal of Anthropology*, 17(4):301-316.

Dunning, N. P. (1992). *Lords of the Hills: Ancient Maya Settlement in the Puuc Region, Yucatán, Mexico*. Madison, United States: Prehistory Press.

Dunning, N. P. (1996). A Reexamination of Regional Variability in the Prehistoric Agricultural Landscape. En Fedick, S.L. (Ed.), *Managed mosaic: Ancient Maya Agriculture and Resource Use*. Salt Lake City, United States: University of Utah Press.

Dunning, N. P. (2008) *Hill Country Chronicles: Puuc Landscapes as Texts*. Ponencia presentada en la Sexta Mesa Redonda de Palenque, Palenque, México.

Dunning, N. P. y Beach, T. (1994). Soil erosion, slope management, and ancient terracing in the Maya lowlands. *Latin American Antiquity*, 5(1): 51-69.

Dunning, N., Beach, T., Farrell, P. y Luzzadder-Beach, S. (1998). Prehispanic agrosystems and adaptive regions in the Maya lowlands. *Culture & Agriculture*, 20(2/3): 87-101.

Duno de Stefano, R. y Cetzal-Ix, W. (2016). Fabaceae (Leguminosae) en la Península de Yucatán, México. *Desde el Herbario CICY*, 8: 111-116.

Durán-García, R. (1987). Descripción y análisis de la estructura y composición de la vegetación de los petenes del noroeste de Campeche, México. *Biótica*, 12: 181-198.

Durán-García, R. (1995). Diversidad florística de los petenes de Campeche. *Acta Botánica Mexicana*, 31: 73-84.

Durán-García, R. (1997). Distribución de las especies endémicas de la Península de Yucatán. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. B070. Mérida, México: CICY.

Erickson, C. L. y Balée, W. (2006). *The historical ecology of a complex landscape in Bolivia*. New York, United States: Columbia University Press.

Fedick, S. L. (Ed.) (1996). *Managed mosaic: Ancient Maya Agriculture and Resource Use*. Salt Lake City, United States: University of Utah Press.

Ferrando, P. J. y Anguiano-Carrasco, C. (2010). El Análisis Factorial como Técnica de

Investigación en Psicología. Papeles del Psicólogo, 31(1): 18-33.

Fisher, C. T. y Thurston, T. L. (1999). Special Section Dynamic Landscapes and Socio-Political Process: the Topography of Anthropogenic Environments in Global Perspective. *Antiquity*, 73(281): 630-631.

Fisher, C. T. y Feinman, G. M. (2005). Introduction to "landscapes over time". *American Anthropologist*, 107(1): 62-69.

Fisher, C. T., Hill, J. B. y Feinman, G. M. (Eds.). (2009). *The archaeology of environmental change: socionatural legacies of degradation and resilience*. Tucson, United States: University of Arizona Press.

Flannery, K. V. (1982). *Maya subsistence: Studies in Memory of Dennis E. Puleston*. New York, United States: Academic Press.

Flores, J. S. y Espejel, C. (1994). Tipos de Vegetación de la Península de Yucatán. En Flores, J. S. (Ed.), *Etnoflora Yucatanense 3*. Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán.

Flores, J. S. (2001). Leguminosas: Florística, Etnobotánica y Ecología. *Etnoflora Yucatanense 18*. Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán.

Flores-Guido, J. S., Durán-García, R. y Ortiz-Díaz, J. J. (2010). Comunidades vegetales terrestres. En: Durán, R. y Méndez, M. (Eds.), *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (pp. 125-129). Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.

Folan, W., Laraine, J., Fletcher, A. y Kintz, E. R. (1979). Fruit, Fiber, Bark and Resin. Social Organization of a Maya Urban Center. *Science* 204(4394): 697-701.

Ford, A. y Nigh, R. (2009). Origins of the Maya forest garden: Maya resource management. *Journal of Ethnobiology*, 29(2): 213-236.

Gallareta-Negrón, T., Bey, G. y Ringle, W. (2016). *Proyecto Arqueológico Regional de Bolonchén, Yucatán, México. Propuesta*. Mérida, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Gallareta-Negrón, T., Ringle, W. y Bey, G. (2017). *Proyecto Arqueológico Regional de Bolonchén, Yucatán, México. Propuesta*. Mérida, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Gallareta-Negrón, T., Bey, G. y Ringle, W. (2001-2006). *Investigaciones Arqueológicas en las Ruinas de Kiuic y la zona Labná-Kiuic, Distrito de Bolonchén, Yucatán, México. Informes Técnicos*. Mérida, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Gallareta-Negrón, T., Bey, G. y Ringle, W. (2007-2015). Proyecto Arqueológico Regional de Bolonchén. Informes Técnicos. Mérida, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

O. d. C. c. d. Yucatán. 2014. Tipos de climas (Sistema de clasificación climática de Koopen modificado por García. Disponible en:  
[http://www.cambioclimatico.yucatan.gob.mx/atlas-cambio-climatico/pdf/tipos\\_climas.pdf](http://www.cambioclimatico.yucatan.gob.mx/atlas-cambio-climatico/pdf/tipos_climas.pdf)

Gómez-Pompa, A. (1987). On maya silviculture. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, 3(1): 1-17.

Gómez-Pompa, A., Flores, J. S. y Aliphath-Fernández, M. A. (1990). The sacred cacao groves of the Maya. *Latin american antiquity*, 1(3): 247-257.

Gómez-Pompa, A., Allen, M. F., Fedick, S. L., y Jiménez-Osornio, J. (Eds.)(2003). *The lowland Maya area: three millennia at the human-wildland interface*. Binghamton, United States: Haworth Press.

González-Martín, P., Díaz de Pascual, A., Torres-Lezama, E. y Garnica-Olmos, E. (1994). Una aplicación del Análisis de Componentes Principales en el Área Educativa. *Economía* 19(9): 55-72.

Gutiérrez-Báez, C., Ortiz-Díaz, J. J., Flores-Guido, J. S., Zamora-Crescencio, P., Domínguez-Carrasco, M. R. y Villegas, P. (2011). Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia de Nohalal-Sudzal Chico, Tekax, Yucatán, México. *Foresta Veracruzana* 13(1): 7-14.

Hans ter Steege et al. (2013). Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science* 342: 12430921-12430929.

Haviland, W. A. (1965). Prehistoric settlement at Tikal, Guatemala. *Expedition* 7:14-23.

Hellmuth, N. (1977). Cholti-Lacandon (Chiapas) and Peten-Ytza agriculture, settlement pattern and population. *Social Process in Maya Prehistory*, 20: 421-448.

Isendahl, C. (2011). The weight of water: a new look at pre-hispanic Puuc Maya water reservoirs. *Ancient Mesoamerica*, 22(1): 185-197.

Isphording, W.C. y Wilson, E. M. (1973). Weathering Process and Physical Subdivisions of Northern Yucatan. *Proceedings of the Association of American Geographers*, 5: 117-120.

Kepecs, S. y Boucher, S. (1996). The Pre-Hispanic Cultivation of Rejolladas and Stone-Lands: New Evidence from Northeast Yucatan. En Fedick, S.L. (Ed.), *Managed mosaic: Ancient Maya Agriculture and Resource Use*. Salt Lake City, United States:

University of Utah Press.

Lemonnier, E. y Vanni re, B. (2013). Agrarian Features, Farmsteads, and Homesteads in the Río Bec Nuclear Zone, Mexico. *Ancient Mesoamerica*, 24(2): 397-413.

Lentz, D. L., Grazioso, L., Dunning, N. y Scarborough, V. (Eds.) (2009). Proyecto de Silvicultura y Manejo de Aguas de los Antiguos Mayas de Tikal. Temporada 2009. Informe Técnico. Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural de Guatemala, Guatemala.

Lentz, D. L., Ramos, C., Dunning, N., Scarborough, V. y Grazioso, L. (Eds.) (2011). Proyecto de Silvicultura y Manejo de Aguas de los Antiguos Mayas de Tikal. Temporada 2011. Informe Técnico. Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural de Guatemala, Guatemala.

McAnany, P. A. (1990). Water Storage in the Puuc Region of the Northern Lowlands: A Key to Population Estimates and Architectural Variability. En: Culbert, P.T. y Rice, D.S. (Eds.), *Precolumbian Population History in the Maya Lowlands* (pp. 263–284). Albuquerque, United States: University of New Mexico Press.

McKillop, H. (1994). Ancient Maya tree cropping. *Ancient Mesoamerica*, 5(1): 129-140.

McNeil, C. L., Burney, D. A. y Burney, L. P. (2010). Evidence disputing deforestation as the cause for the collapse of the ancient Maya polity of Copan, Honduras. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(3): 1017-1022.

Meave del Castillo, J. (1990). Estructura y composición de la selva alta perennifolia de los alrededores de Bonampak. México: Colección Científica, INAH.

Méndez-González, M., Dorantes-Euan, A., Pacheco-Garrido G. y Durán-García, R. (2016). Guía de la colección de plantas medicinales del Banco de Germoplasma PCTY. Mérida, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Méndez-Ramírez, I. (1992). Valoración Estadística en la Investigación. *Monografías*, 2(10): 1-57.

Méndez-Ramírez, I., Namihira-Guerrero D., Moreno-Altamirano L. y Sosa de Martínez C. (2014). El protocolo de Investigación: Lineamientos para su elaboración y análisis. D.F, México: Trillas.

Millon, R. (1964). The Teotihuacan Mapping Project. *American Antiquity*, 29: 345-352.

Montañez-Escalante, P., Jiménez-Osornio, J., Ruenes-Morales, R. y Calvo-Irabi n L. M. (2010). Aprovechamientos forestales maderables y no maderables. En: Durán R. y Méndez M. (Eds), *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (pp.360-361). Mérida,

México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.

Otterstrom, S., Schwartz, M. y Velázquez-Rocha, I. (2006). Responses to fire in selected tropical dry forest trees. *Biotrópica*, 38: 592-598.

Palerm, A. (1955). La base agrícola de la civilización urbana en Mesoamérica. En: Steward, J. (Ed.), *Las civilizaciones antiguas del viejo mundo y de América: Symposium sobre las civilizaciones de regadío*. Estudios monográficos, 1:29-44.

Puleston, D. E. (1978). Terracing, Raised Fields, and Tree Cropping in the Maya Lowlands: A new perspective on the Geography of Power. En: Harrison, P.D. y Turner B. L. (Eds.), *Prehispanic Maya Agriculture* (pp.225-244). New Mexico, United States: University of New Mexico Press.

Puleston, D. E. (1982). Appendix 2: The Role of Ramon in Maya Subsistence. En: Flannery, K. (Ed.), *Maya Subsistence: Studies in Memory of Dennis E. Puleston* (pp. 353-366). New York, United States: Academic Press.

Puleston, D. E. (1983). *The Settlement Survey of Tikal Reports 13*. Philadelphia, United States: University Museum Publications.

Ramírez-Guardado, M. A. (2015). Estimación del carbono retenido en la biomasa aérea, en una selva tropical de Yucatán, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, México.

Rencher, A.C. (2002). *Methods of Multivariate Analysis*. New York, United States: Wiley-Interscience.

Rico-Gray, V. (1992). Los mayas y el manejo de las selvas. *Ciencias*, 28: 22-26.

Rico-Gray, V., Chemás, A. y Mandujano, S. (1991). Uses of tropical deciduous forest species by the Yucatecan Maya. *Agroforestry systems*, 14(2): 149-161.

Rico-Gray, V. y García-Franco (1992). Vegetation and soil seed bank of successional stages in tropical lowland deciduous forest. *Journal of Vegetation Science*, 3: 617-674.

Ross, N. J. (2011). Modern tree species composition reflects ancient Maya "forest gardens" in northwest Belize. *Ecological Applications*, 21(1): 75-84.

Sahlins, M. (1987). *Economía de la Edad de Piedra*. Madrid, España: Akal.

Sánchez y Gándara, A. (2011). *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable*. México: Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT.

Sanders, W. T. (1956). *The Central Mexican Symbiotic Region: A Study in Prehistoric*

Settlement Patterns. En Willey, G. (Ed.), Prehistoric Settlement Patterns in the New World (pp. 115-123). New York, United States: Viking Fund Publications in Anthropology.

Sanders, W. T. (1973). The Cultural Ecology of the Lowland Maya: A Re-Evaluation. En Culbert, T. P. (Ed.), The Classic Maya Collapse (pp.325-365). Alburquerque, United States: University of New Mexico Press.

Sanders, W. T. (1977). Environmental Heterogeneity and the Evolution of Lowland Maya Civilization. En Adams, R.E.W. (Ed.), The Origins of Maya Civilization (pp. 287-297). Alburquerque, United States: University of New Mexico Press.

Scarborough, V. L. et al. (2012). Water and sustainable land use at the ancient tropical city of Tikal, Guatemala. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(31): 12408-12413.

Service, E. R. (1984). Los orígenes del Estado y de la civilización: el proceso de evolución cultural. Madrid, España: Alianza.

SSSA. Glossary of Soil Science Terms. Disponible en: [www.soil.org](http://www.soil.org)

Siemens, A. H. (1982). Pre-Hispanic agricultural use of the wetlands of northern Belize. En Flannery, K. V. (Ed.), Maya Subsistence: Essays in Memory of Dennis E. Puleston (pp. 205-225). New York, United States: Academic Press.

Sumner, M.E. (2000). Handbook of Soil Science. United States: CRS Press.

Stephens, J. L. (1963). Incidents of Travel in Yucatan. 2 volumes. New York, United States: Dover Press.

Steward, J. et al. (1955). Irrigation Civilizations: A Comparative Study. Washington, United States: Social Science Section, Dept. of Cultural Affairs, Pan American Union.

Steward, J. (1993). El concepto y el método de la ecología cultural. En Bohannan P. y Glazer M. (Eds.), Antropología Lecturas (pp. 331-344). España: McGraw Hill.

Thien, L. B., Bradburn, A. S. y Welden, A. L. (1982). The woody vegetation of Dzibilchaltun a maya archaeological site in northwest Yucatan, Mexico. Papers 5:1-18.

Trejo, I. y Dirzo, R. (2002). Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. Biodiversity and conservation. Kluwer Academic Publisher, 11: 2063-2084.

Turner, B. L. y Harrison, P. D. (Eds.) (1983). Pulltrouser Swamp: Ancient Maya Habitat, Agriculture, and Settlement in Northern Belize. Austin, United States: University of Texas Press.

Urquijo-Torres, P. S. y Barrera-Bassols, N. (2009). Historia y paisaje: Explorando un concepto geográfico monista. *Andamios*, 5(10): 227-252.

White, L. (1982). *La ciencia de la cultura: un estudio sobre el hombre y la civilización*. Barcelona, España: Paidós Ibérica.

Willey, G. (1953). Prehistoric Settlement in the Viru Valley, Peru. *Bureau of American Ethnology, Bulletin* 155.

Willey, G., Bullard, W. R., Glass, J. B. y Gifford, J.C. (1965). Prehistoric Maya Settlements in the Belize Valley. *Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*, 54.

Wilson, E. M. (1980). Physical Geography of the Yucatan Peninsula. En: Moseley, E. H. y Terry, E. D. (Eds.), *Yucatan, A World Apart* (pp. 5-40). Alabama, United States: University of Alabama Press.

Wittfogel, K. A. (1955). Developmental Aspects of Hydraulic Societies. En: Steward, J. (Coord.), *Irrigation Civilizations: A comparative Study* (pp. 43-52). Washington, United States: Social Science Section, Dept. of Cultural Affairs, Pan American Union.

Wolf, E. (1982). *Europe and the People Without History*. Berkeley, United States: University of California Press.

Zamora-Crescencio, P., García-Gil, G., Flores-Guido, J. S. y Ortiz-Díaz, J. J. (2008). Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del Estado de Yucatán, México. *Polibotánica*, 26: 7-14.

Zamora-Crescencio, P., Gutiérrez-Báez, C., Folan, W., Domínguez-Carrasco, M. A., Villegas, P., Cabrera-Mis, G., Castro-Angulo, C. M. y Carballo, J. C. (2012). Vegetación leñosa del sitio arqueológico de Oxpemul, Municipio de Calakmul, Campeche, México. *Polibotánica*, 33: 131-150.

Zapata-Peraza, R. L. (1989). *Los chultunes: Sistemas de captación y almacenamiento de agua pluvial*. México: INAH.





## ANEXO B. Papel de las especies de árboles en los bosques mayas actuales.

Especie	Total # de usos	Usos																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
beek ( <i>Ehretia tinifolia</i> L.)	11	x	x	x	x	x	x	x			x	x		x												x	
piich ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> [Jacq.] Griseb)	10	x	x			x	x	x			x			x					x	x						x	
chakaj ( <i>Bursera simaruba</i> L.)	10	x	x		x	x	x		x	x	x		x													x	
k'oopte' ( <i>Cordia dodecandra</i> DC.)	9	x	x	x	x	x		x			x			x					x								
sak nikte' ( <i>Plumeria rubra</i> L.)	9	x	x	x			x	x	x				x	x												x	
tsalam ( <i>Lysiloma latisiliquum</i> [L.] Benth)	9	x	x	x	x	x	x					x	x												x		
ja'abin ( <i>Piscidia piscipula</i> [L.] Sarg.)	9	x	x	x	x	x		x		x									x								
puukin ( <i>Colubrina greggii yucatanensis</i> S. Watson)	8	x	x		x	x	x			x	x														x		
ya'axnik ( <i>Vitex gaumeri</i> Greenm)	8	x	x	x	x	x	x			x				x													
ki'tinche' ( <i>Caesalpinia gaumeri</i> [Britton & Rose] Greenm)	8	x	x	x	x	x	x			x	x																
chac mo'ol che' ( <i>Erythrina standleyana</i> Krukoff)	7	x	x					x	x				x	x													x
ox ( <i>Brosimum alicastrum</i> Sw.)	7		x	x				x	x					x						x						x	
pixoy ( <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.)	7	x	x	x	x	x	x																		x		
sak silil ( <i>Diospyros cuneata</i> Standl.)	7	x	x	x	x	x		x																	x		
chu'um ( <i>Cochlospermum vitifolium</i> [Willd.] Spreng.)	7	x	x		x	x	x			x									x								
box kaatsim ( <i>Acacia gaumeri</i> Blake)	7	x	x	x	x	x	x			x																	
chac pichi' che' ( <i>Psidium sartorianum</i> [O. Berg] Nied.)	7	x	x	x	x	x	x	x																			
ts'uiche ( <i>Pithecellobium unguis-cati</i> [L.] Benth)	6	x	x		x	x	x																			x	
ya'axché ( <i>Ceiba pentandra</i> [L.] Gaertn)	6	x	x	x					x			x		x													
koop' ( <i>Ficus cotinifolia</i> Kunth)	6	x	x				x					x														x	
taa k'in che' ( <i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm)	6	x	x	x	x	x							x														x
ts'uru'tok' ( <i>Bauhinia divaricata</i> L.)	6	x	x		x	x								x					x								
baal che' ( <i>Lonchocarpus punctatus</i> Kunth)	6	x		x		x			x					x	x												
ts'uts'uk ( <i>Diphysa yucatanensis</i> Hanan-Alipi & M. Sousa)	6	x	x		x	x	x							x													
sak kaatsim ( <i>Mimosa bahamensis</i> Benth)	6	x	x	x		x				x																x	
boob ( <i>Coccoloba spicata</i> Lundell)	6	x	x	x	x	x			x																		
bojum ( <i>Cordia alliodora</i> [Ruiz & Pav.] Oken)	6	x	x	x	x	x	x			x																	
k'uch'eel ( <i>Machaonia lindeniana</i> Baill.)	6	x	x	x	x	x									x												
pomol ché ( <i>Jatropha gaumeri</i> Greenm)	6		x		x	x					x		x														x
k'i'ik' che' ( <i>Apoplanesia paniculata</i> C. Presl.)	6	x	x		x	x				x										x							
xuul ( <i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell)	6	x		x	x	x	x			x																	
ch'i'may ( <i>Acacia pennatula</i> [Schlecht. & Cham.] Benth)	5	x			x	x	x			x																	
ku'umche' ( <i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.)	5	x			x	x	x	x							x												
sac pixoy ( <i>Trema micrantha</i> [L.] Blume)	5	x	x		x	x	x																				
ku che' ( <i>Cedrela odorata</i> L.)	5	x	x	x	x																						x
chintok' ( <i>Krugiodendron ferreum</i> Urban)	5	x	x	x	x	x																					
tamay ( <i>Zuelania guidonia</i> [Sw.] Britton & Millsp.)	5	x	x	x	x	x																					
piin ( <i>Ceiba aesculifolia</i> [Kunth] Britten & Baker f.)	5	x	x			x	x																				x
k'anasin ( <i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth)	5	x	x	x	x	x																					
baka che' ( <i>Bourreria pulchra</i> Millsp.)	5	x	x		x	x				x																	
sabak che' ( <i>Exostema caribaeum</i> [Jacq.] Roem. & Schult.)	5	x	x		x	x				x																	
sak iitsa ( <i>Neomillspaughia emarginata</i> [H. Gross] S.F. Blake)	5	x			x	x	x																				x
ts'its'ilche' ( <i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe)	5	x	x		x	x	x																				
kantemo ( <i>Acaciella angustissima</i> [Mill.] Britton & Rose)	4	x	x			x	x																				
abal ak ( <i>Spondias mombin</i> L.)	4	x	x	x					x																		
ix iim che' ( <i>Casearia corymbosa</i> Kunth)	4	x	x	x						x																	
sip che' (sac) ( <i>Bunchosia swartziana</i> Griseb)	4		x		x	x				x																	
xkaché ( <i>Diospyros anisandra</i> Blake)	4	x	x						x																		x
toj yuub ( <i>Coccoloba acapulcensis</i> Standl.)	4	x			x	x	x																				
ya'ax ek' ( <i>Chloroleucon mangense</i> [Jacq.] Britton & Rose)	4	x	x	x					x																		
k'aan chunuup ( <i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.)	4	x	x	x	x																						
chac balché ( <i>Lonchocarpus luteomaculatus</i> Pittier)	3	x			x																						
uts'um pek' ( <i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> Jacq.)	3	x	x																								x
waxim ( <i>Leucaena leucocephala</i> [Lam.] de Wit.)	3	x	x						x																		
xpay lu'uch ( <i>Hintonia octomera</i> [Hemsl.] Bullock)	3	x	x																								x

Especie	Total # de usos	Usos																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<i>kakaw che'</i> ( <i>Alseis yucatanensis</i> Standl.)	3	x		x				x																			
<i>p'e'es k'uuch</i> ( <i>Croton arboreus</i> Millsp.)	3	x	x									x															
<i>tsimin che'</i> ( <i>Trichilia minutiflora</i> Standl.)	3			x	x	x																					
<i>yuy</i> ( <i>Casimiroa tetrameria</i> Millsp.)	3	x	x					x																			
<i>subin che'</i> ( <i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.)	3	x	x	x																							
<i>boxsilil</i> ( <i>Diospyros yatesiana</i> Standl.)	3	x			x				x																		
<i>k'an lol</i> ( <i>Tecoma stans</i> [L.] Juss. ex Kunth)	3	x	x										x														
<i>bel siinik che'</i> ( <i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm. ssp. <i>Amorphoides</i> )	3	x	x	x																							
<i>chak ts'uru'took</i> ( <i>Bauhinia unguolata</i> L.)	3	x	x		x																						
<i>choben che'</i> ( <i>Trichilia americana</i> [Sesse & Moc.] T. D. Penn)	3	x		x		x																					
<i>cruz k'iix</i> ( <i>Randia obcordata</i> S. Watson)	3	x								x								x									
<i>chak te'</i> ( <i>Caesalpinia mollis</i> [Kunth] Spreng.)	3	x	x	x																							
<i>kaas kaat</i> ( <i>Luehea candida</i> [Moc. & Sessé ex DC.] Mart.)	3	x					x																x				
<i>abal juntura</i> ( <i>Spondias radlkoferi</i> Donn. Sm.)	2					x		x																			
<i>chi'iich bob</i> ( <i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.)	2	x						x																			
<i>chak oox</i> ( <i>Maclura tinctoria</i> [L.] D. Don ex Steud.)	2			x		x																					
<i>sacnapche</i> ( <i>Schoepfia schreberi</i> J.F. Gmel.)	2		x						x																		
<i>tres marías</i> ( <i>Forchammeria trifoliata</i> Radlk.)	2		x																								
<i>jolol</i> ( <i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose)	2	x	x																								
<i>ki'is</i> ( <i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq.)	2	x	x																								
<i>nicté cho'om</i> ( <i>Plumeria obtusa</i> [C. Wright ex Griseb.] Woodson)	2		x																								
<i>tu'ja'che'</i> ( <i>Senna atomaria</i> [L.] H.S. Irwin & Barneby)	2	x	x																								
<i>kaa poch</i> ( <i>Sideroxylon obtusifolium</i> [Roemer & Schultes]).	2						x		x																		
<i>kan che'</i> ( <i>Phyllostylon brasiliense</i> Capan. ex Benth. & Hook)	2	x				x																					
<i>wayan</i> ( <i>Melicoccus olivaeformis</i> Kunth)	2	x								x																	
<i>ta'tsi'</i> ( <i>Neea psychotrioides</i> Donn. Sm.)	2	x																									
<i>iik che'</i> ( <i>Erythroxylum rotundifolium</i> Lunan)	2					x																					
<i>pixhuay</i> (no id.)	1		x																								
<i>sacnache</i> ( <i>Colubrina elliptica</i> [Sw.] Brizicky & W.L. Stern)	1		x																								
<i>box sipche</i> ¿ <i>Bunchosia</i> ?	1		x																								
<i>k'uxub che'</i> ( <i>Croton lundellii</i> Standl.)	1	x																									
<i>taastaab</i> ( <i>Guettarda combsii</i> Urb.)	1					x																					
<i>naap che'</i> ( <i>Agonandra macrocarpa</i> L.O. Williams)	1										x																
<i>pak'aalche'</i> ( <i>Neea</i> sp.)	1						x																				
<i>chak sab che'</i> ( <i>Exostema mexicanum</i> A. Gray)	1		x																								
<i>sak pichi' che'</i> ( <i>Eugenia biflora</i> [L.] DC.)	1	x																									
<i>chunlok</i> ( <i>Semialarium mexicanum</i> [Miers] Mennega)	1		x																								
<i>subin teel</i> ( <i>Guettarda gaumeri</i> Standl.)	1	x																									
<i>wayate'</i> ( <i>Malpighia lundellii</i> C.V. Morton)	1	x																									

1. Apicultura; 2. Medicinal; 3. Maderable; 4. Construcción; 5. Combustible; 6. Forrajera; 7. Comestible; 8. Mágico / Ritual; 9. Herramienta de trabajo; 10. Artesanal; 11. Sombra; 12. Cerca viva; 13. Ornamental; 14. Bebida ritual; 15. Colorante; 16. Fibra; 17. Para hacer escobas; 18. Muebles; 19. Utensilios; 20. Instrumentos; 21. Para hacer caja de abejas; 22. Curtir pieles; 23. Látex; 24. Juguetes; 25. Tóxico y 26. Pegamento.