



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ingeniería Química

Colegio de Ingeniería ambiental

“Efecto de la reinsertión de especies vegetales
nativas en el parque Eco Arqueológico Soblonké,
Mérida.”

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

P R E S E N T A:

Adriana Jiménez Domínguez

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Janette Arriola Morales

CO-DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Gabriela Pérez Osorio

Abril 2022

Agradecimientos

Agradezco a la BUAP por acogerme como estudiante todos estos años de carrera universitaria, por brindarme siempre apoyo en los congresos y sobre todo en mi intercambio académico a Varsovia que sin duda ha fungido como parte elemental de mi desarrollo profesional y como persona.

Agradezco a todas mis profesoras y profesores que siempre me respaldaron e impulsaron a alcanzar mis metas, a mi asesora de tesis la Dra. Janette Arriola que con mucha paciencia y dedicación sin importar la hora del día estuvo conmigo en este proceso de casi un año.

Agradezco a mi mamá que me apoyo en todo momento para seguir escribiendo, me acompañó en este proceso, me ayudo con el monitoreo y el mantenimiento de los árboles.

Agradezco a mi novio Gonçalo que siempre me insistía en continuar escribiendo y no perder el ritmo para concluir lo más pronto posible mi tesis, siempre me animo cuando más lo necesite.

También estoy agradecida con la oportunidad que se me dio de vivir en el hermoso Estado de Yucatán, que todos los días me sorprende con su resiliencia, que en cada rincón al que volteo se nota un ápice de supervivencia de la naturaleza, que la gente local desborda sabiduría ancestral sobre el cuidado de esta y que tuvieron la amabilidad de recibirme con los brazos abiertos y compartir conmigo algo de esta tierra sagrada.

ÍNDICE

Introducción	5
Justificación	6
Objetivo general	6
Objetivo específico	6
Hipótesis	7
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	7
1.1	7
1.1.1 Tipos de Isla de Calor Urbana (ICU)	8
1.1.2 Islas de Calor Urbana y precipitación	9
1.2 Beneficios físicos y biológicos de los árboles urbanos	9
1.3 Beneficios de la sombra generada por los árboles urbanos	11
1.4 Yucatán	11
1.4.1 Geología del Estado de Yucatán	11
1.4.2 Relieve del Estado de Yucatán	12
1.4.3 Climas del Estado de Yucatán	13
1.4.4 Hidrología del Estado de Yucatán	13
1.4.5 Suelo del Estado de Yucatán	14
1.4.6 Ecosistemas del Estado de Yucatán	15
1.4.6.1 Ambientes terrestres	15
1.4.6.2 Ambientes marinos	17
1.4.6.2 Diversidad ambiental	17
1.4.7 Sitios resguardados por su importancia ecológica	17
1.4.7.1 Reservas de la Biosfera de Yucatán	17
1.4.7.2 Áreas Naturales Protegidas por el Estado de Yucatán	18
1.4.7.3 Sitios Ramsar	21
CAPÍTULO II. ÁREA DE INTERES	25
2.1 Parque ecoarqueológico Soblonké	25
2.1.1 Historia	25
2.1.2 Ubicación	26
2.1.3 Área	26
2.1.4 Descripción del sitio	28

2.1.5 Clima	29
2.1.6 Flora	29
2.1.6.1 Inventario de especies	29
2.1.7 Fauna	32
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA APLICADA	32
3.1 Recolección de datos climáticos de la zona	32
3.2 Introducción de especies en el ecoparque Soblonké	34
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	39
4.1 Monitoreo y mediciones obtenidas sobre las variables de estudio	39
4.1.1 Resultados de monitoreo de la especie Pich	39
4.1.2 Resultados de monitoreo de la especie Ceiba	42
4.1.3 Resultados de monitoreo de la especie Flamboyán	45
4.2 Análisis de la información climática obtenida de la zona	50
CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN	56
CONCLUSIONES	59
ANEXOS	61
Anexo 1: Reporte fotográfico del inventario de especies del parque Eco Arqueológico Soblonké	61
Anexo 2: Rocas calcáreas cenozoicas ubicadas en el parque Soblonké	70
Anexo 3: Reporte fotográfico del parque Soblonké	71
Bibliografía	77

Introducción

Las iniciativas sociales son precisas para introducir estrategias que impulsen la conservación y el crecimiento de áreas verdes en zonas urbanas procurando un medio ambiente más sano. La creación de pertenencia se fomenta a través de la participación ciudadana y se puede implementar de manera práctica en actividades de reforestación. La colaboración entre la sociedad y los mecanismos gubernamentales pueden crear en conjunto modelos de desarrollo más justos y armoniosos con las culturas locales. Ya que cada localidad tiene una dinámica diferente no solo referido a los ecosistemas en sí, sino también en los hábitos ecológicos de dicha zona conurbada.

Las ciudades con altas temperaturas durante la mayor parte del año como es el caso de Mérida, Yucatán que en este año rompió récord el 11 de abril de 2021 registrando 43.5°C según el Servicio Meteorológico Nacional de la CONAGUA, suelen presentar el efecto llamado “Islas de Calor Urbanas” (ICU) o UHI por sus siglas en inglés.

Las altas temperaturas en ciudades incrementan el uso de sistemas de enfriamiento y agua, el uso de sistemas refrigerantes instancia un pico en la demanda eléctrica, en consecuencia, del incremento energético es necesario acelerar por medio de combustibles fósiles la producción de energía eléctrica, que a su vez contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y el alza del coste energético (Chen & Wong, 2005).

La reinserción de vegetación en zonas urbanas es una de las principales estrategias para mitigar los efectos de las ICU, la vegetación juega un rol importante para la regulación del clima, y crea un “Oasis” un efecto medible y que mitiga el calentamiento urbano a macro y micro escala.

La vegetación alrededor de construcciones urbanas puede crear un balance de energía y provee de fuentes de humedad para la evapotranspiración, además de que la radiación solar se ve disipada en la forma de calor latente en lugar de calor sensible, entonces las temperaturas urbanas se ven reducidas. (Chen & Wong, 2005)

El Dr. Rafael Durán García Biólogo egresado de la UNAM ha dedicado su vida e investigaciones en crear un repertorio de información acerca de la vida que puebla la península de Yucatán, él destaca que aprender con sencillez y humildad, reconociendo y respetando las formas del pueblo maya de la población rural y costera, es indispensable para la supervivencia de la biodiversidad. Es por ello que el presente estudio si bien recalca los beneficios de la reinserción de especies endémicas, también resalta la importancia del involucramiento de la sociedad que rodea la zona urbana del parque arqueológico Soblonké.

Justificación

México enfrenta procesos crecientes de deforestación, pérdida y degradación de los ecosistemas generalmente relacionados a la demanda de terrenos relacionados con el desarrollo urbano entre otros. La degradación de grandes superficies forestales se convirtió en un problema ecológico, como resultado la posible modificación del clima local y la pérdida de servicios ambientales, así como la existencia de grandes áreas verdes afectadas que se dificulta la posibilidad de recuperación de la vegetación por medios naturales. Por lo que es necesario intervenir para facilitar la estabilización de las condiciones ambientales y promover su mejoramiento a través de prácticas y actividades, entre las que sobresale la reforestación. (Neyra, 2020)

A pesar de la problemática de deforestación actual, Mérida Yucatán ha sido reconocida por La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) por dos años consecutivos como una de las Ciudades Arboladas del mundo (Tree Cities of the World) siendo pionera en Latinoamérica en demostrar el compromiso de la sociedad ante esta iniciativa mundial lanzada en 2018 con un total de 33,187 especies plantadas. (FAO , 2020)

Se ha demostrado en innumerables investigaciones los beneficios de las actividades de reforestación para los ecosistemas, mejorando la calidad del suelo, propiciando mejor irrigación, conservación de hábitat, además de la captación de CO^2 y sombra generada por las especies introducidas. Estos beneficios son visibles en un tiempo corto considerando el lapso de vida de la mayoría de los árboles. Además de propiciar una mejor calidad de vida para los residentes.

Actualmente el parque eco arqueológico Soblonké es de gran importancia para el fraccionamiento Gran Santa Fe Norte que se encuentra al poniente de la ciudad de Mérida, ya que es una de las áreas verdes más grandes de la redonda, donde especies de flora y fauna cohabitan, los residentes de la zona respetan el área y realizan actividades en su mayoría de deporte y recreación al aire libre.

Objetivo general

Reinserción de especies endémicas para el parque eco arqueológico Soblonké.

Objetivo específico

- Hacer un inventario de las especies
- Preparación del suelo con abono orgánico
- Introducción de algunas especies endémicas que ya existen en el parque, bajo la recomendación de la Unidad de Desarrollo Sustentable del Municipio de Mérida
- Mantenimiento y seguimiento de las especies plantadas.

- Obtención de información respecto al impacto de estas.

Hipótesis

La reinserción de especies vegetales nativas en el parque eco arqueológico Soblonké disminuye el efecto de “Islas de Calor”, restaura el microclima de la zona y protege a los ecosistemas afectados por la mancha urbana.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 Las Islas de Calor como resultado de la pérdida de vegetación

Las Islas de Calor Urbano o ICU es un fenómeno urbano, de acumulación de calor, en por procesos de urbanización, muchas estaciones meteorológicas, han quedado dentro de las islas de calor derivando datos erróneos o variaciones que antes no existían en la climatología regional. Existe un balance de calor el cual es resentido en zonas urbanas por las siguientes circunstancias: El calor que genera la industria, la energía solar, el calor latente, el calor sensible, el calor que emite el suelo, el calor generado por el transporte urbano, y el calor que emiten las construcciones.

Algunos factores importantes que influyen en este fenómeno son la latitud, el territorio verde disponible, la contaminación, la emisión de calor antropogénico, el número de habitantes, el tamaño de la ciudad y los cuerpos de agua, la topografía, como se observa en la Tabla 1.

El crecimiento acelerado y poco controlado de los asentamientos humanos, aunado a diferentes elementos que se conjugan como el nivel de contaminación y la depredación de vegetación natural, tienen como consecuencia el acumulamiento de calor en algunas zonas de las ciudades que carecen de vegetación.

En Mérida, existen diversos fraccionamientos afectados por las acumulaciones excesivas de calor. Para contrarrestarlo, el ayuntamiento promueve la participación ciudadana para la reforestación arbórea, pero esta, resulta insuficiente para las necesidades reales de la población. Por otro lado, la naturación de viviendas ha sido abordada únicamente mediante el sector privado en esta ciudad.

Para poder realizar una propuesta de incremento de espacios verdes utilizando el área de la vivienda social como espacio reforestable, es necesario caracterizar los conocimientos y actitudes de la población con respecto al fenómeno de acumulación de calor por carencia de vegetación en el cual están inmersos, y a las soluciones propuestas en este marco.

En 2016, la Unidad de Desarrollo Sustentable del ayuntamiento de la ciudad de Mérida trabaja en la reforestación arbórea de la ciudad con la intención de realizar la siembra de 8000 árboles en distintas zonas de la ciudad, dando prioridad a los espacios en donde la acumulación de calor excede al promedio de la ciudad. Al mismo tiempo mantienen un programa de adopción de árboles para los habitantes que deseen integrar a estos seres vivos a sus espacios habitacionales. Como se mencionaba, el sector privado en Mérida ha abordado esta problemática, instalando espacios naturales en patios, garajes, muros y algunos techos. (E, 2016)

Tabla 1: Características que influyen en la formación de ICU y sus efectos en el balance de energía

Factores que contribuyen a la formación de Islas de Calor	Efectos en el balance de energía
Falta de vegetación	Reduce la evapotranspiración
Uso de superficies impermeables	Reduce la evaporación
Aumento de la difusividad térmica de los materiales urbanos	Mayor almacenamiento de calor
Baja reflectancia de los materiales urbanos	Aumento de la radiación neta
Geometrías urbanas que atrapan el calor	Aumento de la radiación neta
Incremento en los niveles de contaminación en el aire	Aumento de la radiación neta
Mayor Uso de energía	Aumento de calor antropogénico

Fuente: (Gartland, 2008)

1.1.1 Tipos de Isla de Calor Urbana (ICU)

La ICU se puede definir como clima urbano, de este pueden reconocerse dos tipos; Isla de Calor Urbano Atmosférica, que representa las diferencias de temperatura en el aire en zonas urbanas y zonas rurales, que a su vez se divide en dos: Isla de Calor de la Capa de Dosel (CLHI por sus siglas en inglés) y la Isla de Calor de la Capa de Perímetro (BLHI por sus siglas en inglés); e Isla de Calor Urbana de Superficie (SUHI por sus siglas en inglés), que indica la diferencia de temperatura en superficies artificiales (pavimento, edificios, tejados, etc.) y las naturales (vegetación). (Uribe, 2014)

Los dos tipos de islas de calor difieren en las formas en que se desarrollan, las técnicas utilizadas para identificarlas y medirlas, sus impactos y, hasta cierto punto, los métodos disponibles para mitigarlos (Voogt, 2008)

Voogt (2008) las describe de la siguiente manera:

- a. **La SUHI** se refiere al calor relativo de las superficies urbanas

- b. **La CLHI** es la capa de aire de las ciudades que está más cercana a la superficie, la cual se extiende hacia arriba aproximadamente hasta la altura media de las edificaciones.
- c. **BLHI** está por encima de la capa de dosel urbana, la cual puede ser de 1km o de más espesor durante el día, y encogerse a cientos de metros a menos durante la noche, forma una cúpula de aire más caliente que se extiende en dirección del viento más allá de la ciudad. El viento a menudo le cambia la forma a la cúpula por una forma de pluma.

1.1.2 Islas de Calor Urbana y precipitación

Las ICU modifican la intensidad y dirección del viento, la inestabilidad atmosférica, lo que genera mayor abundancia de núcleos de condensación y movimientos ascendentes del aire, lo que genera un aumento en las lluvias. Con respecto a la variable de temperatura parece aumentar a la par del desarrollo de la ciudad, por lo que los valores medios de series largas de un tiempo pueden resultar afectada (Gómez, 1985) Las islas de calor también producen células conectivas y estas están asociadas a la difusión de contaminantes al igual que el incremento en las precipitaciones dentro de la ciudad (Terjung, 1980)

De acuerdo con Gómez (1985), la formación de nubes es favorecida por dos causas: convección, que actúa debido al calor sobre todo en verano, y contaminación, especialmente con inversión térmica mayormente en invierno, lo que aumenta los núcleos de condensación de nubes.

En general se aprecia que en las grandes y medianas ciudades llueve entre 5 y 10% más que en las zonas rurales, los métodos que se han identificado son:

- A. El efecto de obstáculo determina más lentitud en el paso de los procesos originadores de lluvia y por tanto mayor caída total
- B. La isla de calor ocasiona movimientos ascendentes del aire que incluso pueden iniciar la precipitación
- C. Los productos de la contaminación puede iniciar una lluvia en nubes súper enfriadas (Gómez, 1985)

1.2 Beneficios físicos y biológicos de los árboles urbanos

Los impactos ambientales de los árboles urbanos pueden mitigar muchos de los impactos ambientales causados por el desarrollo urbano, pueden: atemperar el clima, conservan la energía, integran parte de los ciclos biogeoquímicos, captan dióxido de carbono, regulan la filtración del agua, mejoran la calidad del aire, disminuyen la

escorrentía pluvial y las inundaciones; reducen los niveles de ruido y suministran hábitat para la fauna silvestre (Krishnamurthy, 1997).

Los árboles influyen al clima en un rango de escalas, desde un árbol individual hasta un bosque urbano en la entera área metropolitana. Al transpirar agua, alterar las velocidades del viento, sombrear superficies y modificar el almacenamiento e intercambio de calor entre superficies urbanas, los árboles afectan el clima local y por consecuencia el uso de energía en edificios, así como el confort térmico humano y la calidad del aire (Krishnamurthy, 1997).

Los árboles influyen la calidad del aire alterando el microclima, alterando el uso de la energía en los edificios y, en consecuencia, las emisiones de las plantas de luz, removiendo contaminación del aire y emitiendo compuestos orgánicos volátiles que pueden contribuir a la formación de ozono (Nowak DJ., 1995b). El efecto acumulativo de estos cuatro factores determina el impacto global de los árboles urbanos sobre la contaminación del aire. Los árboles remueven la contaminación de gases del aire, primariamente tomados a través de los estomas de las hojas, aunque algunos gases son removidos por la superficie de la planta (Smith WH., 1990). Una vez que están dentro de las hojas los gases se difunden dentro de los espacios intercelulares y pueden ser absorbidos por películas de agua para formar ácidos o reaccionar en las superficies internas de la hoja, los árboles también eliminan contaminación interceptando partículas transportadoras por el aire, aunque algunas partículas pueden ser absorbidas dentro del árbol (Ziegler I., 1973).

Otros beneficios que implican las zonas arboladas urbanas son, que los árboles generalmente reducen la temperatura del aire, entonces con una zona arbórea aumentada puede llegar a reducir las emisiones globales de COVs y consecuentemente los niveles de O_3 en las áreas conurbadas. También juegan un papel importante en los procesos hidrológicos urbanos porque pueden interceptar, retener o disminuir el flujo de la precipitación pluvial que llega al suelo. Pruebas de campo, han demostrado que las plantaciones de árboles y arbustos diseñadas apropiadamente pueden reducir de manera significativa el ruido, las hojas y ramas reducen el sonido transmitido, principalmente dispersándolo, mientras el suelo lo absorbe (Krishnamurthy, 1997).

Muchos beneficios adicionales están asociados con la vegetación urbana y contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas urbanos a largo plazo y al bienestar de los residentes urbanos, estos incluyen el hábitat de la fauna silvestre y la biodiversidad enriquecida.

Los estudios de preferencias y conducta de los habitantes urbanos confirman la fuerte contribución que los árboles y los bosques hacen a la calidad de vida urbana. Los bosques urbanos facilitan el uso del tiempo en exteriores y dan oportunidades de

recreación; la contribución total de los árboles, parques urbanos y áreas recreativas, al valor total de experiencias de recreación proporcionadas en los Estados Unidos, podría exceder los 2 billones de dólares (Dweyer JF., 1991).

1.3 Beneficios de la sombra generada por los árboles urbanos

Los árboles también tienen una dramática influencia en la radiación solar que llega. En efecto estos pueden reducir la radiación solar hasta en un 90% o más (Heisler, 1986).

Algo de la radiación absorbida por la cubierta arbórea lleva a la evaporación y transpiración de agua de las hojas. Esta evapotranspiración baja la temperatura de las hojas, de la vegetación y del aire. A pesar de grandes cantidades de energía utilizada en la evapotranspiración en días soleados, los movimientos del viento dispersan rápidamente el aire enfriado reduciendo el efecto global. Debajo de los árboles individuales o de pequeños grupos, la temperatura del aire, a 1.5 metros sobre el nivel del suelo, está usualmente dentro de un rango de variación de 1°C, en relación con la temperatura del aire en un área abierta (Souch, 1993).

Junto con el enfriamiento por la transpiración, la sombra del árbol puede ayudar a enfriar el ambiente local, evitando el calentamiento solar de algunas superficies artificiales que están debajo de la cubierta arbórea como edificios, evitando o reduciendo el uso de aire acondicionado y estos efectos en conjunto pueden reducir la temperatura del aire hasta 5°C (Akbari H, 1992).

Es de esta manera que, los efectos combinados de los árboles sobre la radiación, viento y enfriamiento por la transpiración afectan las temperaturas del aire y el clima.

Los árboles puede reducir las necesidades de energía para calentar y enfriar edificios, sombreando edificios en el verano, reduciendo en esta estación las temperaturas del aire y bloqueando los vientos del invierno. Una estrategia apropiada de manejo de árboles se convierte en cerca de un 4% promedio de ahorro anual (McPhearson Eg, 1987).

Al alterar el uso de energía en los edificios, también en las plantas de energía eléctrica serán alteradas las emisiones de contaminantes atmosféricos y de bióxido de carbono. Los árboles más grandes, mayores de 77 cm de diámetro, almacenan aproximadamente 3 toneladas métricas de carbón, 1,000 veces más carbón que aquel almacenado por arboles pequeños, menores a 7cm de diámetro (Nowak DJ, 1994).

1.4 Yucatán

1.4.1 Geología del Estado de Yucatán

Yucatán está constituido por una secuencia de sedimentos calcáreos de origen marino del Terciario Reciente.

La geología superficial se caracteriza por la poca existencia de suelo (20 cm aprox) se compone, en su mayor parte de una caliza muy dura formada por la solución y precipitación de carbonato de calcio que cementa granos y fragmentos de conchas cerca de la superficie del terreno.

La coraza calcárea conocida localmente con los nombres de laja o chaltun, es de extrema dureza y constituye la superficie del relieve en grandes territorios. También hay calizas que llevan el nombre maya de Sascab (tierra blanca).

La mayor parte del estado se compone principalmente de calizas, sin embargo, la falta de arcillas y margas del Terciario Superior sobre la caliza provoca que en periodos de lluvias se infiltre rápidamente el agua, disolviendo las rocas y formando un relieve denominado karst o cárstico.

Desde la superficie hasta los 220 m de profundidad se conforma de estratos casi horizontales de calizas masivas, recristalizadas y de buena permeabilidad; después de los 220 m, de capas impermeables de margas y calizas cuyos espesores se extienden varios centenares de metros. En consecuencia, no hay cursos de aguas superficiales; las lluvias saturan el terreno, colman el bajo relieve y se infiltran al subsuelo, dando origen a las aguas subterráneas en cavernosidades como grutas, cavernas y sumideros (García Gil & Graniel Castro, 2010).

1.4.2 Relieve del Estado de Yucatán

Entre los diversos mitos sobre la conformación del relieve del estado de Yucatán se encuentra el criterio de que es “plano”, sin embargo, esto depende de la escala de observación.

Hay formas negativas de relieve como las hondonadas del tipo dolinas o cenotes; formas positivas como montículos, colinas y lomas; y neutras, denominadas como nivel de base o localmente conocidas como planeadas.

Las planicies subhorizontales son verdaderamente planas y se dividen en dos tipos

- A. Las costeras compuestas de depósitos de arena
- B. Las de tierra dentro, cársticas compuestas de calizas o rocas calcáreas. Ocupan el 28% de la superficie del estado y constituye la zona donde se presenta la mayor densidad poblacional, incluyendo la ciudad de Mérida.

Las planicies onduladas se dividen igualmente en dos tipos

- A. Planicies con inundación periódica, denominadas palustres, situadas entre la costa y la zona cársticas

- B. Planicies cársticas, con presencia de montículos de hasta 5 m con respecto al nivel de base y una gran cantidad de hondonadas y cenotes; predominan en la zona oriente y que ocupan el 57% del Estado.

El relieve de Yucatán es elemental para numerosas aplicaciones, debido a que es un estado que recibe la influencia de huracanes, es importante identificar aquellas zonas que tienen drenaje suficiente, las planicies con hundimiento corren mayor riesgo a colapsos, por ello es fundamental tener esto en consideración para la planeación urbana (Bautista Zuñiga , Frausto Martinez, Ihl, & Aguilar Duarte, 2010) .

1.4.3 Climas del Estado de Yucatán

La posición geográfica de la península de Yucatán, en la que sus tres frentes están rodeados por mares, así como su cercanía con el trópico de cáncer y a la celda anticiclónica bermuda azores, y la ausencia de orografía considerable, hace que la región tenga un clima muy particular.

El entendimiento del meso clima peninsular ayuda a explicar la distribución de los tipos de vegetación, la flora y fauna que ahí habitan.

Factores climáticos.

1. Del Golfo de México se tratan de corrientes cálidas que influyen de modo importante en los vientos cálidos y húmedos o secos.
2. Durante el verano se reciben vientos de la Celda Bermuda Azores, cargados de humedad y depositan cada vez más precipitación.
3. Ondas tropicales, vientos del este contribuyen a las lluvias de verano.
4. Depresiones o tormentas tropicales. Se producen en el seno de las ondas tropicales.
5. Los frentes fríos, norte o masas de aire polar modificados se generan por el choque de los vientos circumpolares con los vientos del oeste provenientes de los anticiclones de latitudes medias.

Las temperaturas medias anuales en estado se distribuyen desde los 24°C hasta los 28°C. Las temperaturas más altas se distribuyen hacia el suroeste en el límite de Campeche.

El clima de la ciudad de Mérida es cálido, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano, así como alto porcentaje de lluvia invernal, poca oscilación térmica y máximo térmico antes del solsticio de verano. Este clima se presenta en una amplia zona al oeste y noroeste del estado que ha sido ocupada por una transición de selva mediana y baja caducifolia, ligeramente más húmeda que el norte del estado (Orellana Lanza, Espadas Manrique, & Nava Marín , 2010).

1.4.4 Hidrología del Estado de Yucatán

Yucatán es uno de los pocos estados de la República Mexicana que no tiene problemas de abastecimiento de agua para satisfacer sus demandas. No existen corrientes superficiales como ríos o lagos, salvo cuerpos de agua temporales, pero debido a las características del subsuelo cárstico, por lo que la única fuente de abastecimiento de agua potable para las distintas actividades de la sociedad es el agua subterránea, receptora a su vez del desecho que se genera en el estado.

Investigaciones recientes han demostrado que la presencia del anillo de cenotes le confiere al acuífero propiedades hidrogeológicas especiales: una alta descarga de agua subterránea en las regiones medidas de niveles piezométricos en las regiones de adentro y fuera del anillo (Graniel Castro, 2010).

1.4.5 Suelo del Estado de Yucatán

En el estado de Yucatán se dice comúnmente que no hay suelo, sin embargo, esto es cuestión de perspectiva. Los municipios de mayor población humana se localizan sobre las planicies subhorizontales y onduladas que ocupan 85% de la superficie estatal y en las cuales los Leptosoles dominan el paisaje edáfico. Los Leptosoles son los suelos someros de escasa profundidad, escasa cantidad de tierra fina y gran cantidad de piedras o afloramientos de roca (Bautista Zuñiga, El suelo, 2010).

Los suelos someros ocupan más del 80% de la superficie de la península de Yucatán, se tienen problemas de baja producción de alimentos y exceso de materia orgánica acumulada, con consecuencias como contaminación ambiental, salud humana, deterioro del hábitat, degradación de sitios estratégicos como los cenotes ya que el agua subterránea es la que abastece a la población.

Pensar que no hay suelo en Yucatán es desafortunado ya que se suele limitar la inversión en los programas agropecuarios y forestales, se tiende a ignorar las funciones importantes que tiene el suelo como:

- (a) Los suelos constituyen el medio natural en donde se desarrolla la vegetación y los cultivos agrícolas,
- (b) En ellos se descomponen los residuos orgánicos y se reciclan los nutrientes;
- (c) Son reguladores de la calidad del agua y del aire, pues funcionan como un reactor: filtrando, amortiguando y transformando compuestos como los contaminantes;
- (d) Representan el hábitat de muchos organismos;
- (e) Son el medio de sostén de la estructura socioeconómica habitación, desarrollo industrial, sistemas de transporte, recreación, etc.
- (f) Son fuente de materiales como arcilla, arena, grava y minerales;

(g) Son parte de la herencia cultural por que pueden albergar importantes tesoros arqueológicos y paleontológicos.

Los principales perfiles de suelos en el Estado de Yucatán son:

1. Los histosoles (HS); son suelos con material acumulado en la superficie, normalmente se encuentran al noroeste de la península, muy cercanos a la costa.
2. Los vertisoles (VR); son suelos arcillosos, en condiciones naturales presentan una cubierta vegetal de selva subperennifolia.
3. El grupo gleysol (GL) se caracteriza por la prolongada saturación del suelo con agua del acuífero.
4. El nitisol (NT) es un suelo profundo, arcilloso, con buen drenaje, de color rojo.
5. El phaeozem (PH) es un suelo que acumula materia orgánica.
6. El grupo luvisol (LV) corresponde a suelos arcillosos rojos, presenta buenas características para el uso de aguas residuales en labores agrícolas.
7. Los arenosoles (AR) son de textura arenosa, se localizan en la zona costera.
8. Los cambisoles (CM) son suelos de buena calidad agrícola manejados de manera intensiva.
9. Los regosoles (RG) presentan una capa de material suelto sobrepuesto a la capa de material que le da origen al suelo. Se encuentra muy cerca de las costas.

Los suelos de Yucatán se encuentran en “parches” de diversos tamaños, desde unos metros cuadrados hasta varias hectáreas. Nunca en extensiones homogéneas de decenas de hectáreas con excepción del leptosol (Bautista Zuñiga, El suelo, 2010).

1.4.6 Ecosistemas del Estado de Yucatán

1.4.6.1 Ambientes terrestres

El relieve semiplano de la plataforma yucateca está relacionado con planicies niveladas y con las superficies de planeación marina con procesos de karstificación.

En general se puede apreciar que el relieve del norte del estado de Yucatán está constituido por un espectro de amplias planicies estructurales escalonadas, niveladas por la abrasión marina y modificadas por los procesos kársticos. En el sur, el rasgo topográfico más relevante es el trazo de una escarpa (sierrita de Ticul), desde la cual se desarrollan mesetas a distintas altitudes sobre el nivel del mar que forman parte de la meseta de Zoh-laguna (García Gil, Méndez González, Aguilar Cordero, & Orellana Lanza, 2010).

Las diferentes planicies representan evidencias de los frentes de las antiguas líneas de costa; destaca el diseño escalonado de las planicies de 10-15 m, 20-25 m y 30-35 m.

Estas escarpas muestran el modelado por la disolución y los procesos fluviocársticos (García Gil, Méndez González, Aguilar Cordero, & Orellana Lanza , 2010).

La mayor parte de la península de Yucatán está constituida por afloramientos de rocas calcáreas cenozoicas.

A continuación en la Tabla 2, se mencionan brevemente las clasificaciones de ambientes terrestres o unidades de paisaje en Yucatán.

Tabla 2: Clasificación de ambientes terrestres en el Estado de Yucatán

TIPO	CLASIFICACIONES	SUBCLASIFICACIONES
Planicies	Cálidas, secas y semisecas	Cordones litorales del Golfo de México
		Planicie costera lagunar baja
		Petenes de Celestún
	Cálidas, subhúmedas y húmedas	Planicie de Telchac Pueblo
		Planicie de Hunucmá-Tekit-Izamal
		Planicie Maxcanú-Halachó
		Planicie Temax-Buctzotz
		Planicie Yaxcabá-Tixméhuac-Chikindzonot
		Planicie Sotuta-Valladolid-Calotmul
		Planicie tizimín-Oriente
		Planicie Chemax-Oriente
		Planicie Peto
		Planicie Tixcacalcupul
		Planicie Falla de Holbox
		Planicie de Chemax
Planicie de Tizimín		
Planicie zona metropolitana de Mérida		
Mesetas	Meseta de Ticul	
	Meseta Tekax-Tzucacab	
	Sierrita de Ticul	
Valles Cársticos Intermesetas	Valle Intermeseta	
	Valle Ticul	

Fuente: (García Gil, Méndez González, Aguilar Cordero, & Orellana Lanza , 2010)

1.4.6.2 Ambientes marinos

La evolución geológica del territorio yucateco ha generado una alta heterogeneidad ambiental que a su vez ha favorecido el establecimiento de una riqueza ambiental y biológica característica de la zona.

La costa del estado comprende una amplia (hasta 245 km de la línea de costa) y somera (50 m en promedio) plataforma continental

Se encuentra en medio del Golfo de México y el Mar Caribe: dos grandes ecosistemas comunicados a través del Canal de Yucatán que mide 196 km de ancho y llega hasta 2000 m de profundidad. Este canal, en conjunto con la circulación general del Golfo de México, tiene una influencia directa en los patrones de circulación de las corrientes de la plataforma continental. Una gran cantidad de agua que proviene del Atlántico choca con el continente en la región del Caribe, desviándose hacia el norte, y se abre paso por el Canal de Yucatán generando la corriente de chorro conocida como Corriente de Yucatán. La Corriente de Yucatán acarrea distintas masas de agua. La que proviene del Mar Caribe es rica en nutrientes y se ubica entre los 150 y 200 m de profundidad, con temperatura de 23 °C y salinidad de 36.8 ppm (Pech Pool, Mascaró Miquelajáuregul , Simóes, & Enríquez Ortiz, 2010).

1.4.6.2 Diversidad ambiental

La alta temperatura atmosférica evapora el agua tanto de lagunas como del mar en regiones someras, generando agua caliente de muy alta salinidad, como en la región de Ría Lagartos. El alto índice de precipitación pluvial durante la época de lluvias provoca una considerable descarga de agua dulce a lo largo de la costa, en ocasiones en sitios no evidentes debido a la naturaleza del suelo de la península. Esto genera una gran variabilidad espacial y temporal en el patrón de temperatura y salinidad del agua que, en conjunto con la complejidad de la estructura geomorfológica, le confiere a la zona marina y costera una alta heterogeneidad ambiental. Son condiciones que permiten la presencia de una alta diversidad de hábitat, tales como sustratos blandos fangosos y arenosos, praderas de pastos marinos y/o algas, sustratos duros de origen calcáreo, ojos de agua, etcétera (Pech Pool, Mascaró Miquelajáuregul , Simóes, & Enríquez Ortiz, 2010).

1.4.7 Sitios resguardados por su importancia ecológica

1.4.7.1 Reservas de la Biosfera de Yucatán

Las reservas de la biosfera son “lugares de aprendizaje para el desarrollo sustentable”. Son sitios para probar acercamientos interdisciplinarios para el entendimiento y manejo de los cambios, y las interacciones entre los sistemas ecológicos y sociales, incluyendo la prevención de conflictos y el manejo de la biodiversidad (UNESCO, 2021).

Siendo México el país latinoamericano con más designaciones, actualmente se registran 42 reservas de la biosfera reconocidas por la UNESCO, de las cuales en el estado de Yucatán se encuentran 3.

A continuación en la Tabla 3, se muestra una tabla de las reservas de la biosfera registradas por la UNESCO en el estado de Yucatán, las cuales son todas manejadas por la CONANP (UNESCO, 2021) .

Tabla 3: Reservas de la biosfera registradas ante la UNESCO de Yucatán

Reserva de la Biosfera	Año	Superficie (ha)			Coordenadas	Características ecológicas
		Área	Zona de amortiguamiento	Zona de transición		
Ría Celestún	2004	81,4 82.3 3	30,291. 20	51,041. 10	90°14'23.10" / 90°31'13.14" W	Los acuíferos subterráneos de la península tienen una salida ahí, que crea un humedal único. Manglares, dunas y la selva tropical baja son hogar de una gran biodiversidad, de la cual destacan la variedad de aves.
Ría Lagartos	2004	23,6 85	36,666	166,77. 3 de la cual 134,47 8 es terrestre y 32,294. 2 es marino	21° 31' 02" N/ 87° 49' 38" W	El área es un punto fundamental de conservación de especies, es el único lugar de anidación para el flamenco rosa del caribe, la tortuga carey y la tortuga marina. Refugia especies en grave peligro de extinción. Cuenta con variedad de manglares, lagunas costeras y pequeños estuarios
Arrecife Alacranes	2006	31,6 70.0 9	302,098 .41	553,50 6	22 21' 45" / 22 34' 55" N; 89 36' 47" / 89 47' 53" W	La reserva se conforma por cinco islas arenosas, con dunas de arena y manglares, la mayoría de los arrecifes han sido formados por la calcificación de varias especies de coral. es de vital importancia para la vida de más de 34 especies diferentes de coral, el halcón sharo-shinned y el halcón peregrino.

Fuente: (UNESCO, 2021)

1.4.7.2 Áreas Naturales Protegidas por el Estado de Yucatán

Actualmente para el estado de Yucatán, se han decretado nueve Áreas Naturales Protegidas Estatales, las cuales protegen un total de 535,245.25 hectáreas, que representan el 14 % del territorio del Estado de las nueve ANPs tres se localizan en la costa y seis en la porción continental del Estado, sumando una superficie total de 171,747.47 Ha y 363,497.78 Ha respectivamente (SDS, 2021).

Las áreas naturales actualmente representan un instrumento universal de conservación y manejo de los recursos renovables y no renovables, son fundamentales para darle protección a las especies que se albergan en estos parques, son de gran interés científico y de conservación, así como para la recreación y turismo del estado.

A continuación en la Tabla 4, se muestra una tabla con los aspectos generales de las reservas estatales de Yucatán.

Tabla 4: Áreas Naturales Protegidas

Área	Categoría	Superficie (Ha)	Año
Dzilam	Reserva Estatal	69,039.29 incluyendo franja marín	1989
El palmar	Reserva Estatal	47,931.45 incluyendo la franja marina	1990
Ciénegas y manglares de la costa norte de Yucatán	Reserva Estatal	54,776.73	2010
Kabah	Parque Estatal	949.76	1993
San Juan Bautista Tabi y Anexa Sacnité	Área Natural protegida de valor escénico histórico y cultural	1,355.74	1994
Lagunas de Yalahau	Parque Estatal	5,683.28	1999
Biocultural del Puuc	Reserva Estatal	135,848.85	2011
Ich Kool Balamtun	Parque Estatal	452.32	2017
Geohidrológica Anillo de cenotes	Reserva Estatal	219,207.83	20013

Fuente: (SDS, 2021)

Para plasmar una mejor imagen sobre la importancia de la preservación de estos ecosistemas a continuación se muestra la Tabla 5 donde se ven aspectos más sobre las nueve áreas protegidas antes mencionadas.

Tabla 5: Aspectos generales de las reservas y parques estatales de Yucatán

Área	Especies de fauna	Especies de flora	Número de especies bajo conservación especial			Número de especies en riesgo de acuerdo a la Nom-059-SEMARNAT-2010		
			Endémica	Cites	Lista roja UICN	Peligro de extinción	Amenazadas	Sujetas a protección especial
Dzilam	503	452	87	69	638	17	28	37
El palmar	527	562	92	87	606	14	30	51
Ciénegas y manglares de la costa norte de Yucatán	-	-	15	9	99	9	12	5
Kabah	404	158	45	48	327	8	19	44
San Juan Bautista Tabi y Anexa Sacnité	256	142.00	36	40	254	2	8	29
Lagunas de Yalahau	371	203.00	23	32	331	8	16	35
Biocultural del Puuc	-	-	-	-	-	-	-	-
Ich Kool Balamtun	5	3	2	-	-	2	7	4
Geohidrológica Anillo de cenotes	534	-	30	-	-	19	33	53

Fuente: (SDS, 2021)

1.4.7.3 Sitios Ramsar

Los sitios denominados como Ramsar son humedales de importancia internacional especialmente en hábitat de aves acuáticas, las partes que constituyen el comité identifican características especiales basadas en nueve criterios, que evalúan la importancia de conservación para la diversidad biológica, especies vulnerables, entre otras que se especifican en la Tabla 6.

Tabla 6: Criterios para la designación de los sitios RAMSAR

Grupo A	Sitios que comprenden tipos de humedales representativos, raros o únicos
Criterio 1	Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si contiene un ejemplo representativo, raro o único de un tipo de humedal natural o casi natural hallado dentro de la región biogeográfica apropiada.
Grupo B	Sitios de importancia internacional para conservar la diversidad biológica
Criterios basados en especies y comunidades ecológicas	
Criterio 2	Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta especies vulnerables, en peligro o en peligro crítico, o comunidades ecológicas amenazadas.
Criterio 3	Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta poblaciones de especies vegetales y/o animales importantes para mantener la diversidad biológica de una región biogeográfica determinada
Criterio 4	Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta especies vegetales y/o animales cuando se encuentran en una etapa crítica de su ciclo biológico, o les ofrece refugio cuando prevalecen condiciones adversas.
Criterios específicos basados en aves acuáticas	
Criterio 5	Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta de manera regular una población de 20.000 o más aves acuáticas.
Criterio 6	Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta de manera regular el 1% de los individuos de una población de una especie o subespecie de aves acuáticas
Criterios específicos en base a peces	
Criterio 7	Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta una proporción significativa de las subespecies, especies o familias de peces autóctonas, etapas del ciclo biológico, interacciones de especies y/o poblaciones que son representativas de los beneficios y/o los valores de los humedales y contribuye de esa manera a la diversidad biológica del mundo
Criterio 8	Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si es una fuente de alimentación importante para peces, es una zona de desove, un área de desarrollo y crecimiento y/o una ruta migratoria de la que dependen las existencias de peces dentro o fuera del humedal

Criterios específicos basados en otros taxones	
Criterio 9	Un humedal deberá considerarse de importancia internacional si sustenta habitualmente el 1% de los individuos de la población de una especie o subespecie dependiente de los humedales que sea una especie animal no aviaria

Fuente: (RAMSAR, 2021)

Cuando un país se adhiere a la convención, debe asignar al menos un sitio como humedal de importancia internacional a través de la UNESCO, las características de los sitios deben coincidir con al menos uno de los nueve criterios.

La finalidad de la lista Ramsar es “crear y mantener una red internacional de humedales que revistan importancia para la conservación de la diversidad biológica mundial y para el sustento de la vida humana a través del mantenimiento de los componentes, proceso y beneficios/servicios de sus ecosistemas (RAMSAR, 2021)

Actualmente existen 2,424 humedales a nivel mundial registrados ante la convención, 142 sitios en México de los cuales 8 están en Yucatán, que se enlistan a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7: Sitios RAMSAR en el Estado de Yucatán

Humedales mexicanos inscritos en la Convención de Ramsar en el Estado de Yucatán					
Nombre del humedal	Año	Número RAMSAR	Tipo	Superficie (Ha)	Descripción general
Humedal de Importancia Reserva Ría Lagartos	1986	332	Marino-costeros	60,347.82	Presenta gran diversidad de ambientes que alberga un número apreciable de especies y subespecies de flora y fauna en algún estado de conservación. Representa un buen ejemplo específico característico de la zona climática. La elevada productividad biológica.
Dzilam	2000	1,045	Marino-costeros, Continentales	61,706.83	El área de la Reserva pertenece en su porción occidental al municipio de Dzilam de Bravo, con cabecera en el poblado del mismo nombre y en su parte oriental, al municipio de San Felipe. La mayor parte del estrato geológico de la Reserva se originó como resultado de un proceso de emersión de fondos marinos en los periodos Holoceno y Pleistoceno. La zona occidental de la Reserva forma parte del llamado Anillo de Cenotes, el cual es una franja semicircular ubicado al norte de la Península de Yucatán donde se

					encuentran numerosos cuerpos de agua dulce, resultado de la disolución diferenciada del carso durante el Pleistoceno y que representa un vertedero conductor de grandes masas de agua subterránea provenientes de la llanura cárstica denudativa al sur de la Reserva y desde el centro de la Península de Yucatán.
Reserva Estatal El Palmar	2003	1,328	Marino-costeros , Continentales	50,177.39	La Reserva incluye sistemas marinos (33%), sistemas palustres y una amplia zona de sistemas inundables (52%); tierra adentro, incluye selvas bajas caducifolias que son ecosistemas característicos del norte de la Península de Yucatán (15%). La mayor superficie de la Reserva corresponde al ecosistema de manglar, localizado en las marismas.
Bala'an K'aax	2004	1,332	Continentales	131,610.00	La región de Bala'an K'aax se localiza en Quintana Roo. Los principales humedales ahí presentes están constituidos por selvas bajas subperennifolias inundables, un tipo de vegetación endémico de la Península. Existe selva mediana subcaducifolia, uno de los últimos fragmentos de ese tipo de vegetación que alguna vez cubrió el 27% de la Península y selva mediana subperennifolia. Se cuenta con alrededor de 601 especies de vertebrados.
Reserva de la Biosfera Ría Celestún	2004	1,333	Marino-costeros , Continentales	81,482.33	Presenta una diversidad de ambientes como: manglares, petenes, vegetación de duna costera sabana y selva baja inundable en un espacio relativamente reducido y con un excelente grado de conservación; sostiene una diversidad faunística en la que destacan 304 especies de aves, especialmente el flamenco rosa (<i>Phoenicopiterus ruber ruber</i>). La Reserva tiene 3 actividades productivas como: pesca, ecoturismo y extracción de sal.

Parque Estatal Lagunas de Yalahau	2007	1,690	Contin-tales	5,683.280	El Parque Estatal Lagunas de Yalahau se localiza en la porción central del Estado de Yucatán, México. Abarca una superficie de 5,683.28 hectáreas, con un perímetro de 28.14 Km, abarcando terrenos de tres municipios de la zona productora de henequén (Homún, Huhí y Tekit) y un municipio de la zona productora de maíz (Sotuta). De acuerdo al censo de Cenotes y Grutas de Yucatán realizado por la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de Yucatán, se tienen registrados para el municipio de Homún 32 cenotes abiertos, 28 cenotes semiabiertos, 37 cenotes cerrados y cinco grutas; el municipio de Huhí cuenta con ocho cenotes abiertos y ocho cenotes cerrados; el municipio de Tekit con 15 cenotes abiertos, 10 cenotes semiabiertos y tres cenotes cerrados; y el municipio de Sotuta con 13 cenotes abiertos, siete cenotes semiabiertos, 11 cenotes cerrados y cinco grutas. Por el número de cenotes que presenta el sitio en los municipios involucrados en el ANP, se fundamenta su inclusión en la subregión denominada Anillo de Cenotes.
Parque Nacional Arrecife Alacranes	2008	1,820	Marino-costeros, Contin-tales	334,113.25	El Parque constituye la formación coralina más importante del Golfo de México, es uno de los mayores arrecifes del país, además de ser el único conocido y descrito de Yucatán. Posee una elevada diversidad biológica y un gran potencial pesquero. Es un área importante de preservación de germoplasma de especies en peligro de extinción, de especies endémicas y de especies útiles para el hombre. El estado general de conservación del arrecife, puede considerarse bueno, aunque el impacto de la actividad humana en el medio subacuático es menos conocido que en el terrestre.

Anillo de Cenotes	2009	2,043	Continentales	891	El Anillo de Cenotes, es una zona de alta permeabilidad cuyo flujo de agua subterránea se presenta del sureste hacia el noroeste. El anillo de cenotes es un sistema hidrológico único en México y el mundo, producto del impacto de un gran meteoro que al fracturar las capas superficiales de la corteza terrestre propició esta alineación anular de afloramientos del manto freático. El anillo de cenotes conforma una red cavernosa muy compleja, que actúa como un vertedero y línea de conducción de grandes masas de agua.
-------------------	------	-------	---------------	-----	--

Fuente: (RAMSAR, 2021)

CAPÍTULO II. ÁREA DE INTERES

2.1 Parque ecoarqueológico Soblonké

2.1.1 Historia

Este sitio arqueológico toma su nombre de un antiguo rancho ganadero ubicado en la zona.

A raíz de las investigaciones del proyecto “costa maya”, dirigido por los arqueólogos Fernando Robles y Anthony Andrews, se retoma este asentamiento prehispánico.

En mayo de 2005 a través de trabajos de salvamento arqueológico derivados de la construcción del complejo inmobiliario de ciudad Cuzco, se lleva a cabo el proceso de excavación e investigación en el área y se estudian diversos sitios de esta zona entre ellos, Soblonké.

Fue entre los años 900 a.C y 300 a.C que corresponde al periodo preclásico tardío del área maya del norte. Las plataformas habitacionales que en su mayoría fueron de forma rectangular, se construyeron aprovechando las elevaciones de roca y delimitadas con piedras de diversos tamaños, que servían como muros de retención de los rellenos constructivos.

Sobre las plataformas se edificaron las casas de material perecedero que sirvieron como habitación y otras actividades; entre ellas la molienda y la preparación de alimentos, la manufactura de herramientas de lítica y ornamentos de conchas marinas.

En Soblonké, los basamentos se agruparon en las cercanías de oquedades naturales que permitían el fácil acceso al manto freático, asimismo, el arreglo de las plataformas creó espacios a manera de patios comunales y áreas de circulación.

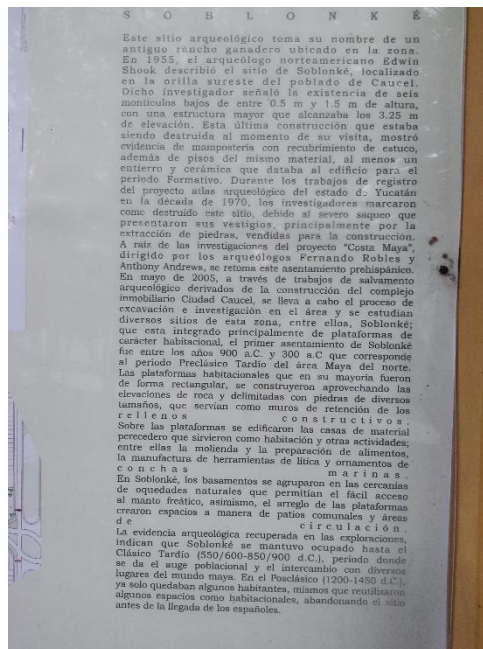
La evidencia arqueológica recuperada en las exploraciones, indican que Soblonké se mantuvo ocupado hasta el período clásico tardío (550/600 -850/900 d.C) periodo donde se da el auge poblacional y el intercambio con diversos lugares del mundo maya. En el posclásico (1200-1450 d.C) ya que solo quedaban algunos habitantes, mismos que reutilizaron algunos espacios como habitacionales, abandonado el sitio antes de la llegada de los españoles (INAH, 2010) .

Esta historia se presenta en la entrada (Imagen 1) del parque con una tabla informativa (Imagen 2) del Instituto Nacional de Antropología e Historia, lado de los primeros vestigios que se observan.

Imagen 1: Entrada del Ecoparque Soblonké



Imagen 2: Explicación histórica del INAH



2.1.2 Ubicación

El parque ecoarqueológico Soblonké se encuentra al poniente de la ciudad de Mérida, en Ciudad Caucel, dentro de la zona residencial “Gran Santa Fé” . Ubicado sobre la avenida principal de dicho fraccionamiento lo hace el parque más grande e importante del desarrollo residencial. Con coordenadas en 21°00’47.7” N, 89°41’22.11” W.

2.1.3 Área

Derivado de la Ley de Fraccionamientos del estado de Yucatán, establece que Gran Santa Fe es un fraccionamiento residencial medio, ya que consta de una densidad bruta

de población entre 100-150 habitantes por hectárea. De acuerdo con el Artículo 10 de la ley mencionada el Grupo Residencial Promotor tiene que donar al menos 12% del área total al municipio donde se aplican las normas relativas a áreas verdes (Cervera Pacheco, 2022) .

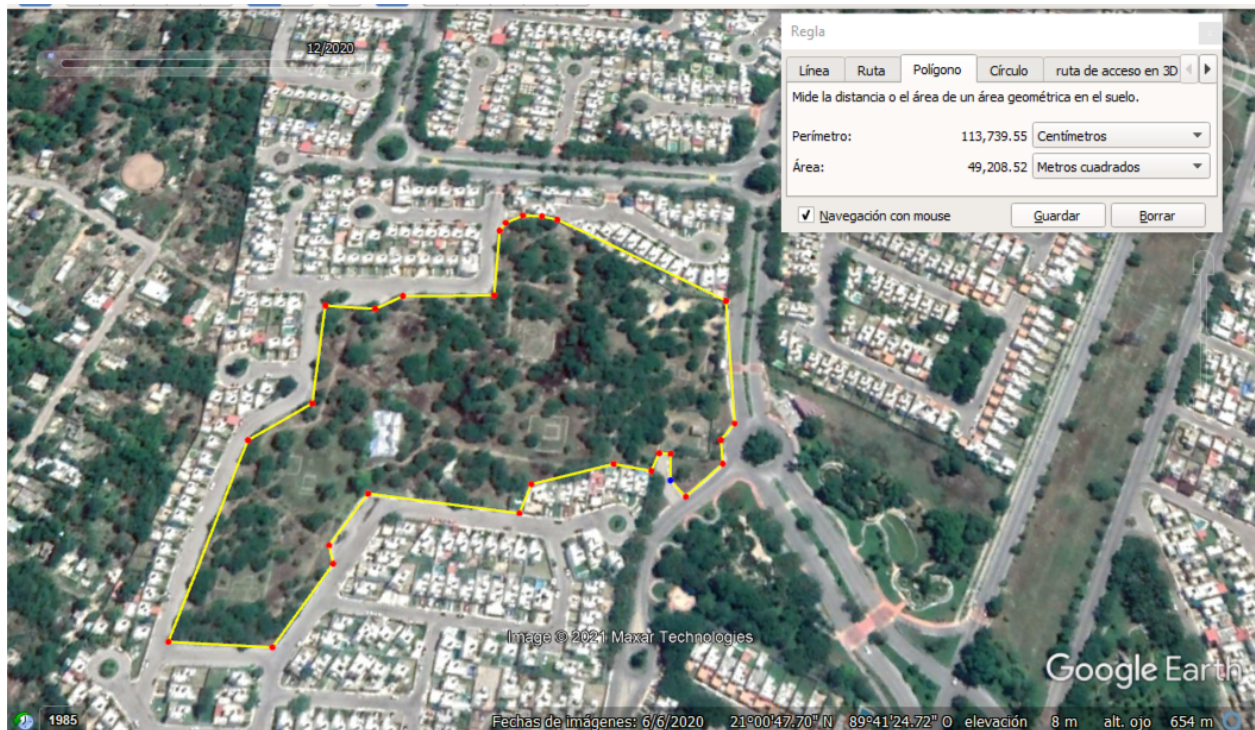
En el Artículo 11 de la Ley de Fraccionamientos del estado de Yucatán también indica que las áreas verdes, jardines y camellones deben ser entregados con plantas y árboles de la región, según especifique el reglamento Municipal de Construcciones, así como tomas de riego independientes del sistema de agua potable (Cervera Pacheco, 2022).

De acuerdo a lo establecido en la Ley cada proyecto residencial tiene que donar un porcentaje al municipio para ser destinado a las áreas verdes que está ligado directamente a un derecho humano establecido por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 4o., párrafo quinto:

“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de los dispuesto por la ley.” (CNDH, 2014)

Utilizando como herramienta de localización y medición la plataforma de Google Earth Pro-2020 se estimaron las medidas de área total y perímetro total del parque (Imagen 3).

Imagen 3: Área y perímetro del parque Soblonké



Fuente: (Google Earth, 2020)

Se obtuvo un área total: 49,208.52 m^2 (4.92 Ha) y un perímetro total: 1,137.40 m. Siendo así el parque Soblonké la principal área verde del fraccionamiento Gran Santa Fe que cuenta con un área de 238.48 hectáreas aproximadamente.

El área del parque Soblonké representa apenas un 2.06% aproximadamente del total del fraccionamiento, contando con la mayor representación arboleda de la zona y refugio principal para la fauna local. Es por ello la importancia de mantener la zona protegida (Imagen 4).

Imagen 4: Comparación visual del área del fraccionamiento Gran Santa Fe y el área del parque Soblonké



Fuente: (Google Earth, 2020)

2.1.4 Descripción del sitio

En 1955, el arqueólogo norteamericano Edwin Shook describió el sitio de Soblonké, localizado en la orilla sureste del poblado de Caucel. Dicho investigador señaló la existencia de seis montículos bajos entre 0.5 m y 1.5 m de altura con una estructura mayor que alcanzaba los 3.25 m de elevación. Esta última construcción que estaba siendo destruida al momento de su visita, mostro evidencia de mampostería con recubrimiento de estuco, además de pisos del mismo material, al menos un entierro y cerámica que databa al edificio para el periodo formativo. Durante los trabajos de registro del proyecto atlas arqueológico, del estado de Yucatán de la década de 1970, los investigadores marcaron como destruido este sitio, debido al severo saqueo que

presentaron sus vestigios, principalmente por la extracción de piedras vendidas para la construcción, en el anexo 2 se muestra el tipo de piedra encontrada en sitio (INAH, 2010).

2.1.5 Clima

El clima es sumamente cálido, con mucha humedad. La primavera es extremadamente calurosa y las lluvias son escasas.

Los valores de las temperaturas máximas, media y mínima obtenidos en la cabecera son 40.2° C, 26.2° C y 14° C respectivamente.

2.1.6 Flora

La flora está formada por vegetación tropical y selva espinosa, localmente considerada como selva baja y correspondiente o asociada con suelos muy someros y pedregosos. Esta flora tiene poco valor comercial. Los árboles no maderables alcanzan una altura máxima de 6 metros.

2.1.6.1 Inventario de especies

Retomando el objetivo de la creación de un inventario de las especies existentes en el parque se realizó un recorrido por todo el parque, por secciones se identificaron algunas especies con la ayuda de la aplicación Naturista. En el anexo 1 se puede observar el reporte fotográfico completo.

Las especies registradas a continuación en la Tabla 8, son las principales o con mayor frecuencia dentro del ecoparque Soblonké, este registro se realizó de manera presencial en un lapso de 3.5 horas en día 2 de Agosto de 2021, se tomó evidencia fotográfica y con ayuda de la aplicación Naturista se pudo crear un registro exacto de las especies, taxonomía, ubicación y de manera empírica se resaltó cuáles fueron las que proporcionaban mayor área de sombra.

Tabla 8: Inventario de las principales especies identificadas

ESPECIE	TAXONOMIA	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
Guanacastes (Genus Enterolobium)	Reino: Plantae División: Fanerógama Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Fabaceae Subfamilia: Mimosoideae Tribu: Ingeae Género: Enterolobium Mart.	Nativa de regiones tropicales y templadas cálidas de América. Son árboles de media talla a grandes.	21°00'48.2" N 89°41'31.3" W

<p>Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i>)</p>	<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Rosidae Orden: Fabales Familia: Fabaceae Subfamilia: Caesalpinioideae Tribu: Detarieae Género: <i>Tamarindus</i> L. Especie: <i>T. indica</i></p>	<p>copa redondeada, grande, extendida y abierta, con una cobertura de 6 a 10 m. follaje denso o ralo, plumoso n apariencia y ofreciendo una sombra atractiva.</p>	<p>21°00'48.1" N 89°41'31.3" W</p>
<p>Guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>)</p>	<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Rosidae Orden: Fabales Familia: Fabaceae Subfamilia: Mimosoideae Tribu: Ingeae Género: <i>Pithecellobium</i> Mart. 1837 Especie: <i>P. dulce</i></p>	<p>Este árbol es nativo de México, Centroamérica y Sudamérica. Es un árbol de tamaño mediano y crecimiento rápido, nativo a los trópicos americanos</p>	<p>21°00'43.1676" N 89°41'31.59" W</p>
<p>Ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>)</p>	<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Dilleniidae Orden: Malvales Familia: Malvaceae Subfamilia: Bombacoideae Género: <i>Ceiba</i> Especie: <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.</p>	<p>Es originario de la región de Mesoamérica y se distribuye mundialmente por la zona intertropical.</p>	<p>21°00'43.1676" N 89°41'31.59" W</p>

<p>Gumbo Limbo (<i>Bursera simaruba</i>)</p>	<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Rosidae Orden: Sapindales Familia: Burseraceae Tribu: Bursereae Subtribu: Burserinae Género: <i>Bursera</i> Especie: <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. 1890</p>	<p>Ya desde la antigüedad los mayas denominaban a este árbol chakáh y también lo empleaban para curar la irritación cutánea causada por el chechén</p>	<p>21°00'46.3"N 89°41'29.1"W</p>
<p>Flamboyán de Madagascar (Genus <i>Delonix</i>)</p>	<p>Superreino: Eukaryota Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Rosidae Orden: Fabales Familia: Fabaceae Subfamilia: Caesalpinioideae Tribu: Caesalpinieae Género: <i>Delonix</i> Raf.</p>	<p>Son árboles, que alcanzan un tamaño de hasta 12 m de alto, inermes, con la corona ampliamente patente, deprimida. Se considera una especie invasora porque su sombra densa y amplia impide el crecimiento de otras especies vegetales alrededor de ésta. Requiere de clima tropical o parecido al tropical para sobrevivir, aunque puede tolerar la sequía y la salinidad.</p>	<p>21°00'50.7"N 89°41'21.5"W</p>
<p>Cactus (Family Cactaceae)</p>	<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Eudicotyledoneae Orden: Caryophyllales</p>	<p>Esta familia es originaria de América. Los tallos de las cactáceas y que conforman básicamente el cuerpo de la planta, están engrosados por</p>	<p>21°00'47.1"N 89°41'25.0"W</p>

	Familia: Cactaceae Juss., 1789	el desarrollo del parénquima, y su color verde se debe a que son fotosintéticos. Muchos cactus, al provenir de zonas desérticas donde las noches pueden ser muy frías, tienen una resistencia moderada a las heladas.	
--	--	---	--

Fuente: (Naturalista, 2020)

2.1.7 Fauna

Las especies más comunes de animales que habitan el municipio son mamíferos: conejo, venado, tuza, zarigüeya (tlacuache), zorrillo; reptiles: variedad de iguanas y serpientes; aves: golondrinas, palomas, tzutzuy.

En el parque se han registrado avistamientos de mamíferos pequeños; una comunidad de tlacuaches, zorrillos y tuzas. Reptiles; Iguanas verdes, variedad de lagartijas y algunos anfibios como ranas.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA APLICADA

3.1 Recolección de datos climáticos de la zona

Se utilizó una extensión llamada Half-Degree Gridboxes del software Google Earth (Imagen 5), la cual permite obtener información climática en diferentes cuadrantes del planeta que son relativos a los márgenes de estaciones de medición más cercanas al punto de estudio (Imagen 6). En este caso para la zona de estudio que está ubicada al poniente de la ciudad de Mérida se utilizó la información disponible de las estaciones:

- CRU TS 4.04 Station: Aeropuerto Internac. Coordenadas: 20.98N, 89.65W con información disponible desde 1906 – 2020
- CRU TS 4.04 Station: Progreso, Yuc. Coordenadas: 21.30N, 89.65W con información disponible desde 1906 – 2020

3.2 Introducción de especies en el ecoparque Soblonké

Se ha comprobado que los efectos ambientales positivos que generan los árboles al ecosistema son múltiples, pero es necesario que sean implementados bajo un plan estructurado, es decir que si el fin es mitigar un problema existente como lo son las ICUS en la ciudad, es de vital importancia que se tomen en cuenta las recomendaciones, las especies a introducir deben ser nativas, que se tenga certeza que podrán sobrevivir y coexistir en el área a restaurar, contemplar que el impacto será mejor si se considera el conjunto de árboles a restaurar o los alrededores, con la intención de aportar al ecosistema existente.

Todos los árboles elegidos para este estudio son especies endémicas que ya se encuentran dentro del parque y que además cumplen las características de medición en su etapa adulta, alcanzando más de los 1.5 m de altura y el gran follaje, pueden de manera individual y en conjunto mitigar la radiación solar, mejorar la calidad del aire, regular la filtración de agua, y sobre todo atemperar el clima.

Las plantas que fueron elegidas para este estudio fueron:

Flamboyán de Madagascar: se eligió porque gran parte de los corredores del fraccionamiento de Gran Santa Fe están rodeados por ellos, además de que puede alcanzar una altura de hasta 12 m, las hojas son grandes de hasta 50 cm de longitud, sus hojas parecen helechos perfectamente diseñados para crear una sombra grande. Además de ser considerado hermosos, ya que provee de flores rojas grandes en primavera. Posee un follaje denso y característico, con una disposición de hojas que pueden componerse por entre 20 y 40 folíolos, por lo que se trata de hojas compuestas. Florece en mayo con flores de tono naranja rojizo, blanco o amarillo. No es muy exigente de agua. Aportándose en primavera o verano de 2 a 3 riego por semana. Se ha encontrado que la corteza posee grandes propiedades medicinales de compuestos antioxidantes como flavonoides y quercetinas, la semilla se aprovecha también para uso medicinal en gran parte México.

Ceiba: es uno de los árboles más grandes de América Tropical, puede llegar a medir hasta 70 m de alto y más de 2 m de diámetro, pero en Yucatán alcanzan hasta los 20 m de altura. Producen una fibra llamada "selva vegetal" utilizada para la elaboración de algunos productos, además de ser un árbol medicinal es de gran importancia para la cultura Maya, es por ello que en el parque Soblonké no es la excepción. La ceiba también es considerada como la medicina verde en los animales, porque la corteza es diurética, ayuda a cicatrizar heridas, es antiespasmódico y emético a continuación en la Tabla 9 se presenta los servicios ambientales de las ceibas.

Tabla 9: Servicios ambientales de las Ceibas

Servicio	Beneficio
Artesanal	Maderable
Combustible	Leña y carbón
Comestible	Semilla, aceite, hoja y fruto
Cosmético	Aceite para jabones
Fibras	El fruto tiene una fibra algodonosa
Industrializable	El aceite, la pulpa para papel
Medicinal	Corteza, tallo y planta
Melífera	Apicultura
Rituales	Ceremonial / Árbol Sagrado

Fuente: (Jacq., 1860)

Pich: también conocido como Guanacaste, es un árbol grande que llega a medir hasta 30 m de altura con follaje abundante, que produce gran área de sombra en su edad adulta. Produce una semilla comestible en primavera de sabor dulce que es consumida por los lugareños. En el parque Soblonké el árbol más grande registrado es un Pich. Un árbol adulto puede alcanzar hasta los 3 m de diámetro, a continuación en la Tabla 10 se presenta los servicios ambientales de las ceibas.

Tabla 10: Servicios ambientales de los Pich

Servicio	Beneficio
Barrera	Rompevientos
Amplio Follaje	Sombreado
Habitat	Habitat para pequeñas especies y fuente de alimento
Construcción	Construcción rural
Forrajero	Se emplea como forraje alimenticio para ganado
Maderable	Madera aserrada, lambrin, chapa y triplay
Medicinal	Infusiones de sus vainas es depurativa
Melífera	Apicultura
Saponífera	La pulpa de las vainas sirve para jabones
Uso domestico	Utensilios de la cocina

Fuente: (Jacq., 1860)

Las tres especies elegidas fueron adquiridas a finales del mes de junio y se tomaron las primeras medidas de cuatro rubros que fungirán como indicadores a lo largo del estudio de su crecimiento y se observa en la Tabla 11. Se midió la altura de tierra a última hoja, el diámetro de la base del tronco, el número de ramas crecidas, y el número de hojas (Imagen 7, 8 y 9).

Imagen 7: Ceiba



Imagen 8: Pich



Imagen 9: Flamboyán



Tabla 11: Medidas iniciales de las especies de estudio

Especie	Altura	Diámetro del tronco	Número de ramas	Número de hojas
Flamboyán	68.6 cm	6 cm	2	17
Pich	88.8 cm	4.7 cm	1	14
Ceiba	52 cm	4.5 cm	1	15

Dando seguimiento a los objetivos específicos primero se realizó un escaneo sobre el área a trabajar, preparando el suelo con ayuda de un jardinero, se picó el área de aproximadamente 30 cm por especie, después se combinó tierra negra con hojarzca para poder crear pequeños montículos.

Las tres especies; una ceiba, un Pich y un Flamboyán de Madagascar se introdujeron en el parque se ubicaron en las siguientes coordenadas: 21°00'48.8"N 89°41'30.1"W. Se crearon canaletas de un diámetro aproximado de 30 cm y de profundidad de 30 cm. Se agregó 1 litro de agua donde el 25% de la solución es humus líquido de lombriz y se realizó el primer reporte fotográfico (Imagen 10, 11, 12, 13, 14 y 15).

Imagen 10: Pich



Imagen 11 : Método de inserción



Imagen 12: Ceiba



Imagen 13: Flamboyán



Imagen 14: Ubicación de las especies - Flamboyán y Pich - en el Parque Soblonké



Imagen 15: Ubicación de la especie – Ceiba – en el parque Soblonké



A partir de este momento se cumplió el objetivo de dar mantenimiento continuo a las especies, cada quince días, a excepción del mes de agosto, se regaron las plantas, se podaron las hojas muertas y cada mes se agregó solución de humus de lombriz.

Al Pich fue necesario reforzar con un palo para mayor seguridad ya que esta especie en edad joven es muy delgado. Comenzó el seguimiento de medidas de variables, a partir de junio del 2021 y hasta febrero 2022 dando un total de 8 meses donde se pudo obtener información relevante a lo largo de las diferentes temporadas estacionales, así como el observar cómo se desarrollan en un ambiente natural.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Monitoreo y mediciones obtenidas sobre las variables de estudio

Cumpliendo con el objetivo de obtención de información de cada especie a continuación se presentan los datos obtenidos sobre las especies introducidas.

Las tablas son de la medición correspondiente a cada especie por el tiempo de ocho meses, los resultados fueron clasificados por un periodo de quince días entre cada medición, a excepción del mes de agosto que no se realizaron medidas, es importante destacar que la época fría y seca de este año fue especialmente fría.

4.1.1 Resultados de monitoreo de la especie Pich

Se muestran los resultados del Pich, es la especie con menor tasa de crecimiento (Imagen 16), es una especie que de joven presenta un diámetro muy pequeño de tronco pero puede alcanzar hasta los 30 m de altura y los 16 m de ancho, también es conocido localmente como árbol orejón porque es una especie frondosa que alcanza grandes áreas sombreadas. El auge de esta especie de acuerdo con las fechas en las que se tomaron medidas de los diferentes parámetros fue en el mes de octubre donde se nota un crecimiento de hojas importante, se observa un cambio notable en la altura pero no en el diámetro. La sombra mas pequeña generada actualmente de las tres especies es el Pich, pero posiblemente en la edad adulta sea la mas grande, dentro del parque se nota un ejemplar de pich de unos 10 años aproximadamente y es una de las especies con mayor follaje e impacto de sombra. A continuación se plasma en la Tabla 12, Gráfica 1, 2 y 3 los parámetros tomados a lo largo del tiempo. Es importante destacar que la ciudad de Mérida cuenta con muchos ejemplares de Pich, es un árbol muy característico, en época primaveral sirve como refugio de muchas especies y de locatarios que buscan un respiro del calor, las copas de este árbol sobre salen de la vista urbana, también es la época donde florece con pequeñas flores blancas y las carreteras se llenan de su característica semilla café con forma de corazón que es aprovechada para remedios medicinales, se comen tostas o incluso como adorno, los locatarios la han adaptado como artesanía, definitivamente es una especie característica de Yucatán, se encuentra cerca del área de cenotes también por la presencia de agua subterránea. El mayor crecimiento de esta especie fue alcanzada en el mes de octubre, tuvo una resección en el mes de diciembre – enero pero sobrevivió la sequía y volvió a rebrotar para mediados

de febrero, a continuación se plasma la comparación de las diferentes épocas y los resultados obtenidos.

Imagen 16: Monitoreo del pich durante las diferentes estaciones climáticas



Octubre



Enero



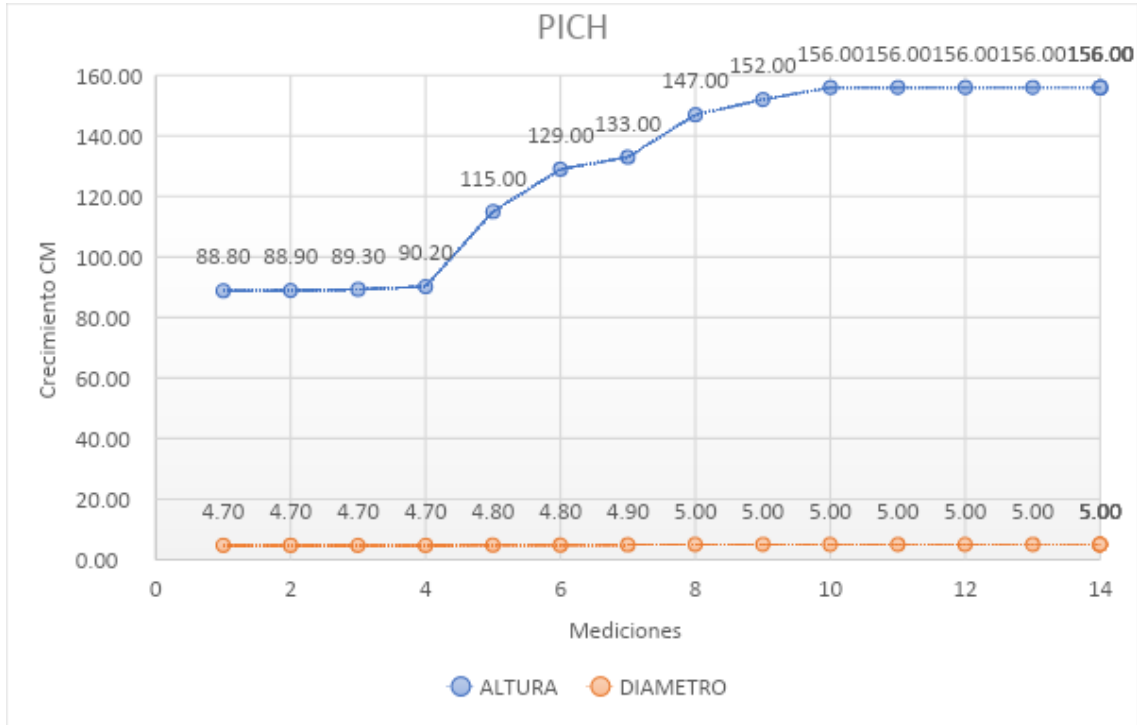
Febrero

Tabla 12: Resultados monitoreo pich

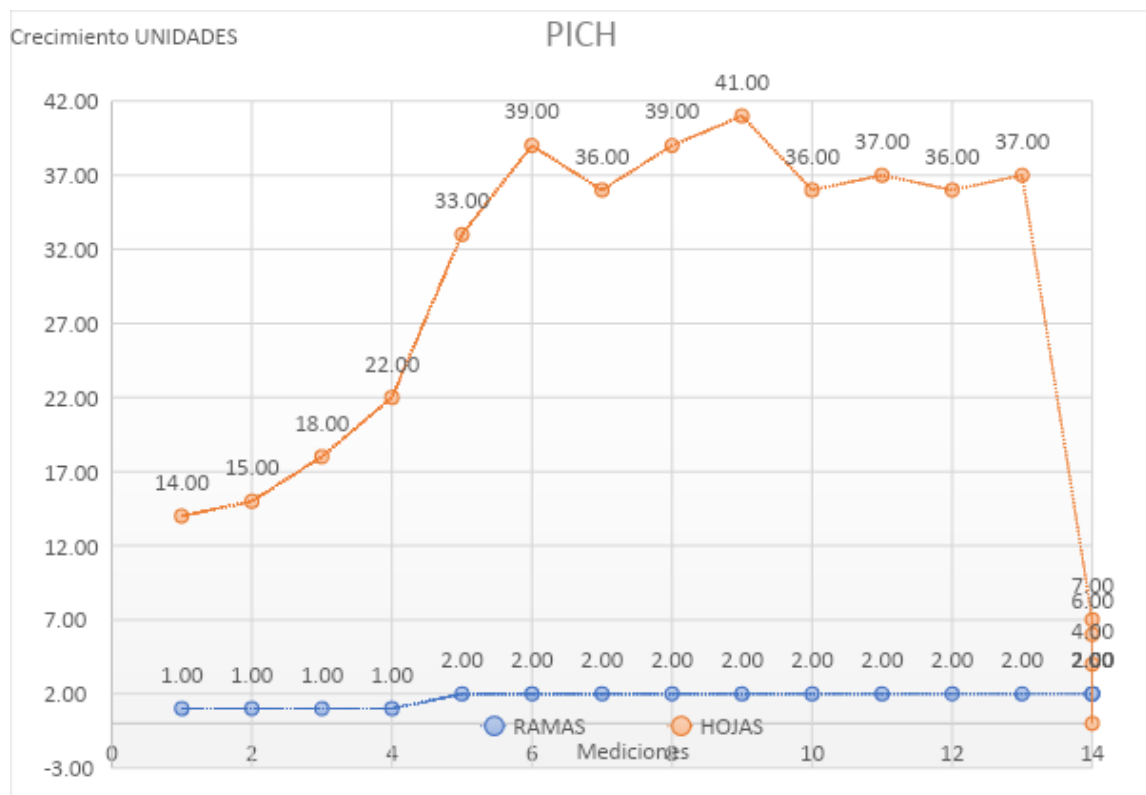
FECHA	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	RAMAS (unidades)	HOJAS (unidades)	SOMBRA (m)
10-jun	88.80	4.70	1.00	14.00	0.02
30-jun	88.90	4.70	1.00	15.00	0.02
15-jul	89.30	4.70	1.00	18.00	0.10
30-jul	90.20	4.70	1.00	22.00	0.14
31-ago	115.00	4.80	2.00	33.00	0.40
15-sep	129.00	4.80	2.00	39.00	0.50
30-sep	133.00	4.90	2.00	36.00	0.60
15-oct	147.00	5.00	2.00	39.00	0.79
30-oct	152.00	5.00	2.00	41.00	0.87
15-nov	156.00	5.00	2.00	36.00	0.56
30-nov	156.00	5.00	2.00	37.00	0.50
15-dic	156.00	5.00	2.00	36.00	0.56
30-dic	156.00	5.00	2.00	37.00	0.50
15-ene	156.00	5.00	2.00	7.00	0.00
30-ene	156.00	5.00	2.00	0.00	0.00
15-feb	156.00	5.00	2.00	4.00	0.01

30-feb	156.00	5.00	2.00	6.00	0.01
--------	--------	------	------	------	------

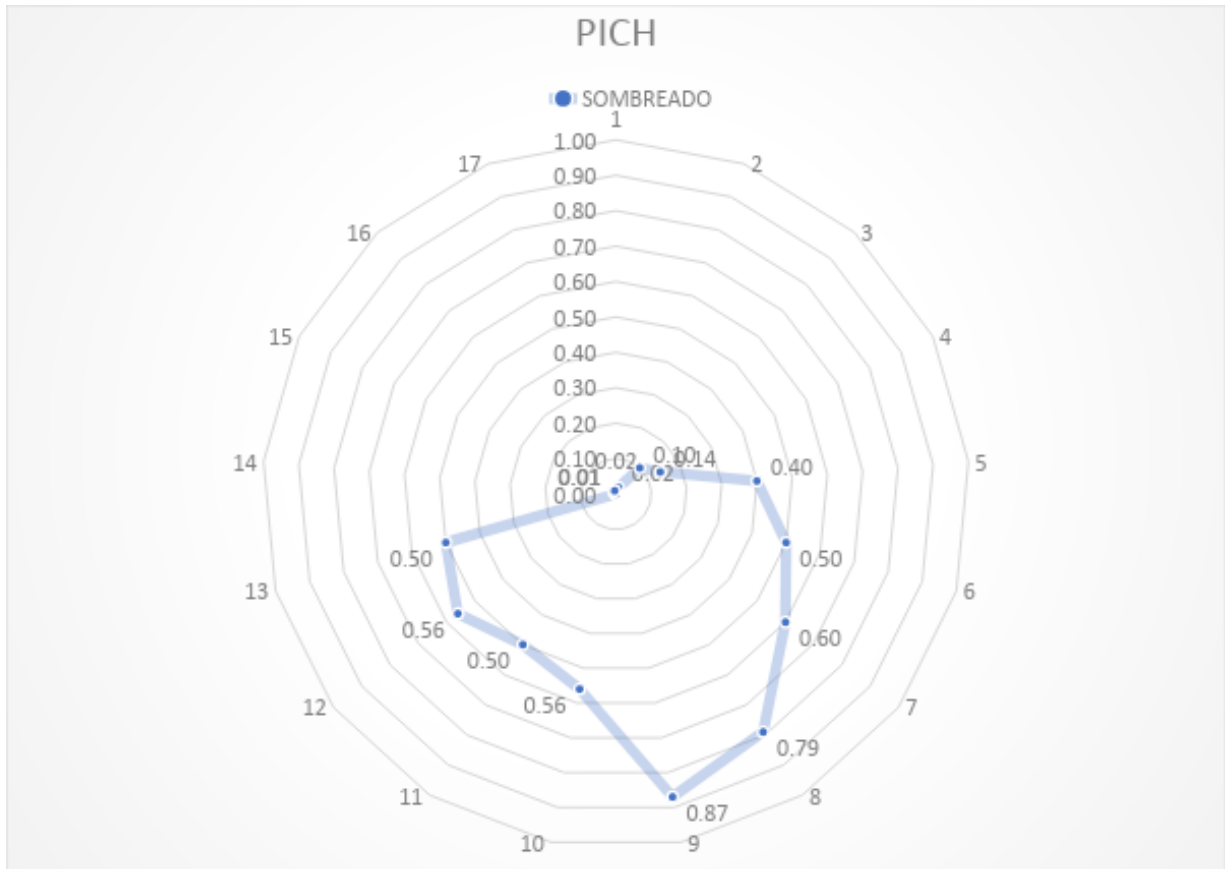
Gráfica 1: Crecimiento en cm de la altura y el diámetro del pich



Gráfica 2: Crecimiento en unidades de las ramas y las hojas del pich



Gráfica 3: Sombra generada por el pich



4.1.2 Resultados de monitoreo de la especie Ceiba

A continuación siguiendo el monitoreo de las especies (Imagen 17), se muestran los resultados de la ceiba en la Tabla 13, Gráfica 4, 5 y 6 es la especie con mayor tasa de crecimiento respecto a la altura, es una especie que puede alcanzar alturas gigantescas de hasta 70 m pero en el estado de Yucatán alcanzan máximo los 20 m, tiene una copa redondeada o plana muy amplia, hojas palmadas compuestas, el tronco es característicamente verde en la juventud siendo también conocido en la localidad maya como “palo verde” es grueso y muy recto, con contrafuertes grandes, flores perfumadas muy características y blancas, normalmente florea de diciembre a marzo. Los frutos son cápsulas oblongas elípticas que contienen muchas semillas y un característico vello sedoso plateado. Árbol de vital importancia para la cultura maya, es el árbol sagrado, además de ser clave para el ecosistema regional representa la unión del mundo terrestre con el inframundo según los mayas. Hoy en día su madera aun es utilizada para construir canoas, balsas e inmobiliario, la semilla es comestible, y el aceite utilizado para la saponificación. En la ciudad de Mérida se observa mucho el enverdecimiento de los camellones con esta especie, siendo los caminos árboleados con ceibas muy característicos sobre todo por la sombra y el refugio que generan, la secretaria de

Ecología del estado de Yucatán lo reproduce en sus viveros para los programas de donación. En los meses de observación de la especie introducida para este estudio, se observa un crecimiento mayor en octubre, que fue la época lluviosa, se destaca la altura y el número de hojas, por ende la sombra generada, entro la época conocida como la “heladez” en enero y presento una caída de hojas total, así como estancamiento en el crecimiento, sin embargo la planta no murió y para inicios de febrero se notaron nuevos brotes saliendo.

Imagen 17: Monitoreo de la ceiba durante las diferentes estaciones climáticas



Octubre



Enero



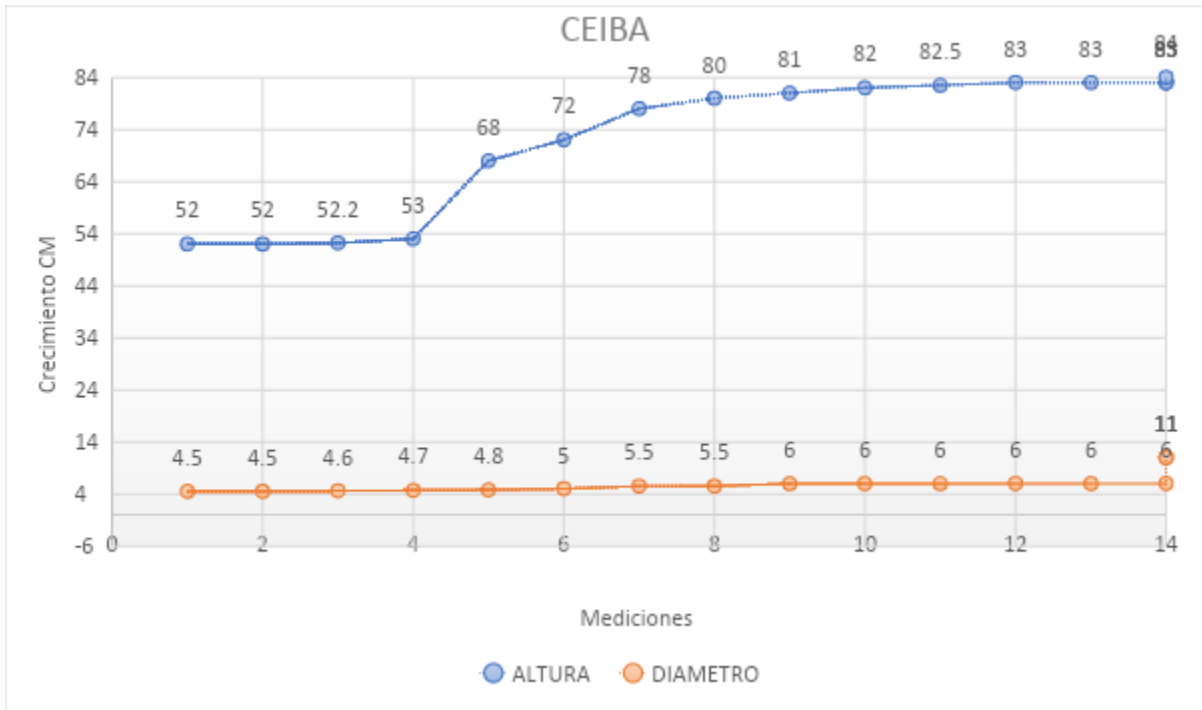
Febrero

Tabla 13: Resultados monitoreo ceiba

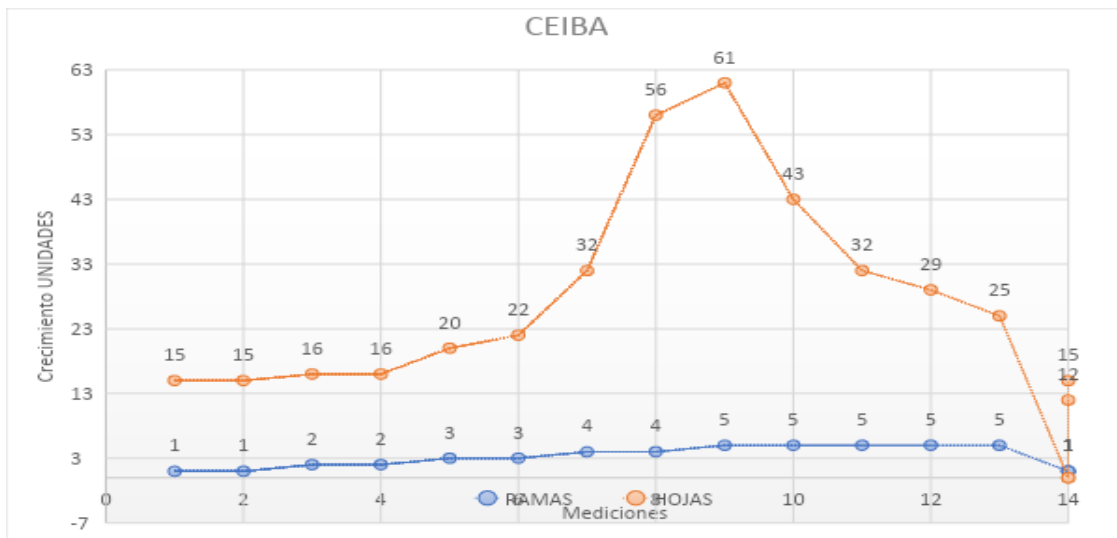
FECHA	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	RAMAS (unidades)	HOJAS (unidades)	SOMBRA (m)
10-jun	52	4.5	1	15	0.09
30-jun	52	4.5	1	15	0.09
15-jul	52.2	4.6	2	16	0.1
30-jul	53	4.7	2	16	0.1
31-ago	68	4.8	3	20	0.35
15-sep	72	5	3	22	0.68
30-sep	78	5.5	4	32	0.78
15-oct	80	5.5	4	56	0.83
30-oct	81	6	5	61	0.9
15-nov	82	6	5	43	0.9
30-nov	82.5	6	5	32	0.92

15-dic	83	6	5	29	0.87
30-dic	83	6	5	25	0.8
15-ene	83	6	1	0	0
30-ene	83	11	1	0	0
15-feb	83	11	1	12	0
30-feb	84	11	1	15	0

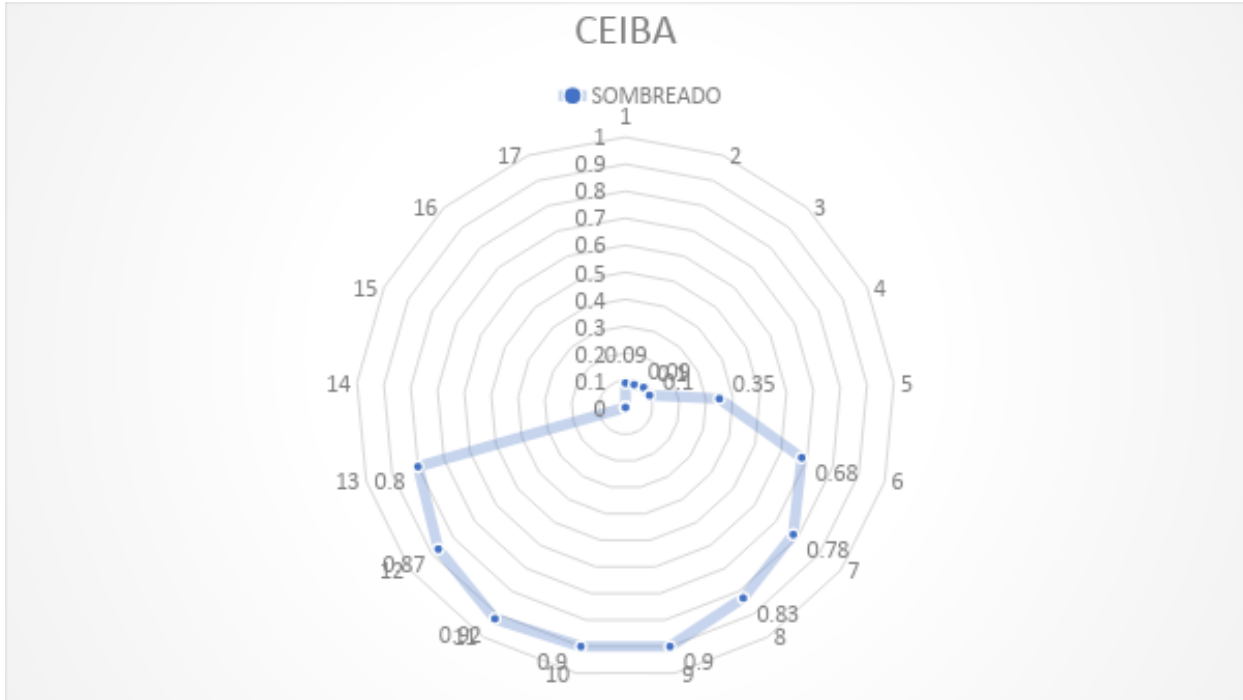
Gráfica 4: Crecimiento en cm de la altura y el diámetro de la ceiba



Gráfica 5: Crecimiento en unidades de las ramas y las hojas de la ceiba



Gráfica 6: Sombra generada por la ceiba



4.1.3 Resultados de monitoreo de la especie Flamboyán

Siguiendo el monitoreo de las especies (Imagen 18), se plantean a continuación los resultados del Flamboyán en la Tabla 14, Gráfica 7, 8 y 9 especie que sobresale particularmente dentro del fraccionamiento, ya que las calles principales están cubiertas por ellos, generan un camino largo cubierto de sombra, llegan a medir hasta 12 m de altura, las hojas se destacan por ser largas y anchas de hasta 50 cm de longitud, en primavera ofrecen un espectáculo de colores comienzan a florecer, hay de diferentes colores en el fraccionamiento, amarillos, rojos y naranjas, varias especies polinizadores se acercan a ellos, dentro del parque Soblonké se encuentran distribuidos varios ejemplares, se destacan por crear una sombra abundante y generar la sensación de refrescar el ambiente. Actualmente este árbol aparece como “preocupación menor” en la lista roja de la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza, pero no está exento de amenazas, de las cuales las más comunes en el estado de Yucatán son los incendios forestales, la pérdida de hábitat por deforestación. Dentro del estudio y monitoreo de estas especies se puede considerar al flamboyán como la especie que más estable conserve sus hojas, así mismo en su mejor época diciembre, alcanzo gran follaje y el tronco demostró el mayor crecimiento en diámetro, siendo así el más ancho de los tres, también respecto a la sombra fue el que obtuvo mejores resultados llegando a cubrir poco más de un metro, esto se puede deber a que las hojas son compuestas de tipo pluma, después de la época seca el flamboyán demostró recuperarse rápidamente,

alcanzando un número de hojas casi igual que cuando se adquirió la especie. Probablemente en primavera pueda crecer en altura y diámetro.

Imagen 18: Monitoreo del flamboyán durante las diferentes estaciones climáticas



Octubre



Enero

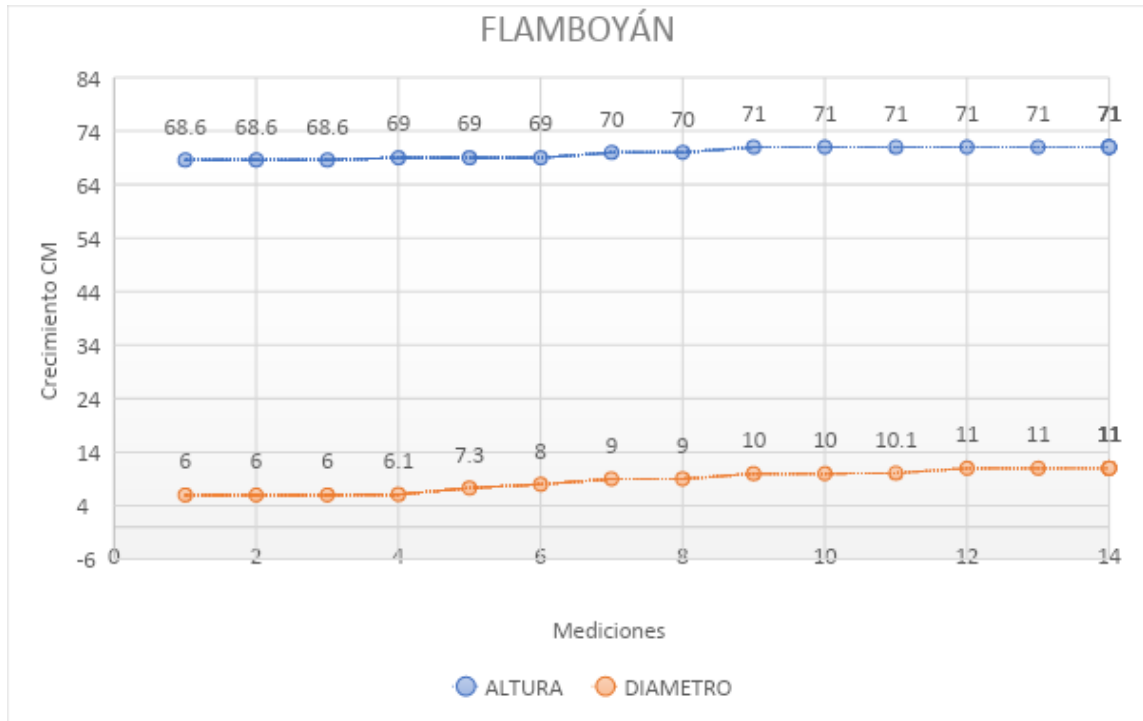


Febrero

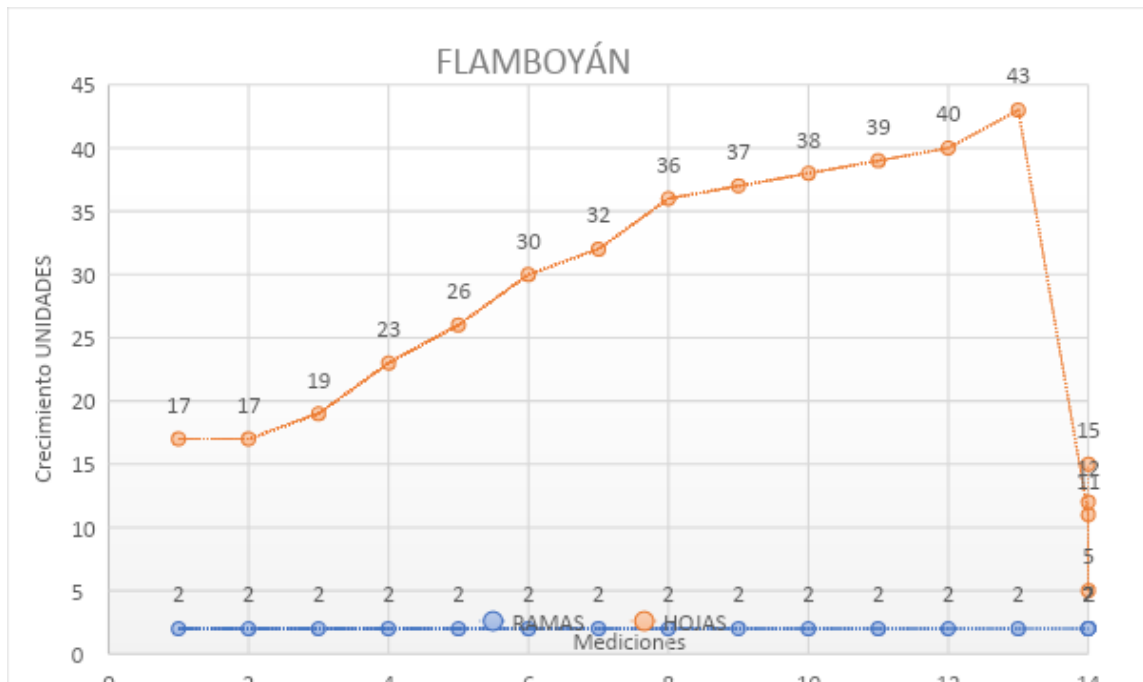
Tabla 14: Resultados monitoreo flamboyán

FECHA	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	RAMAS (unidades)	HOJAS (unidades)	SOMBRA (m)
10-jun	68.6	6	2	17	0.1
30-jun	68.6	6	2	17	0.1
15-jul	68.6	6	2	19	0.12
30-jul	69	6.1	2	23	0.24
31-ago	69	7.3	2	26	0.67
15-sep	69	8	2	30	0.73
30-sep	70	9	2	32	0.88
15-oct	70	9	2	36	0.9
30-oct	71	10	2	37	1
15-nov	71	10	2	38	1.15
30-nov	71	10.1	2	39	1.1
15-dic	71	11	2	40	1.18
30-dic	71	11	2	43	1.18
15-ene	71	11	2	11	0.1
30-ene	71	11	2	5	0
15-feb	71	11	2	12	0.1
30-feb	71	11	2	15	0.1

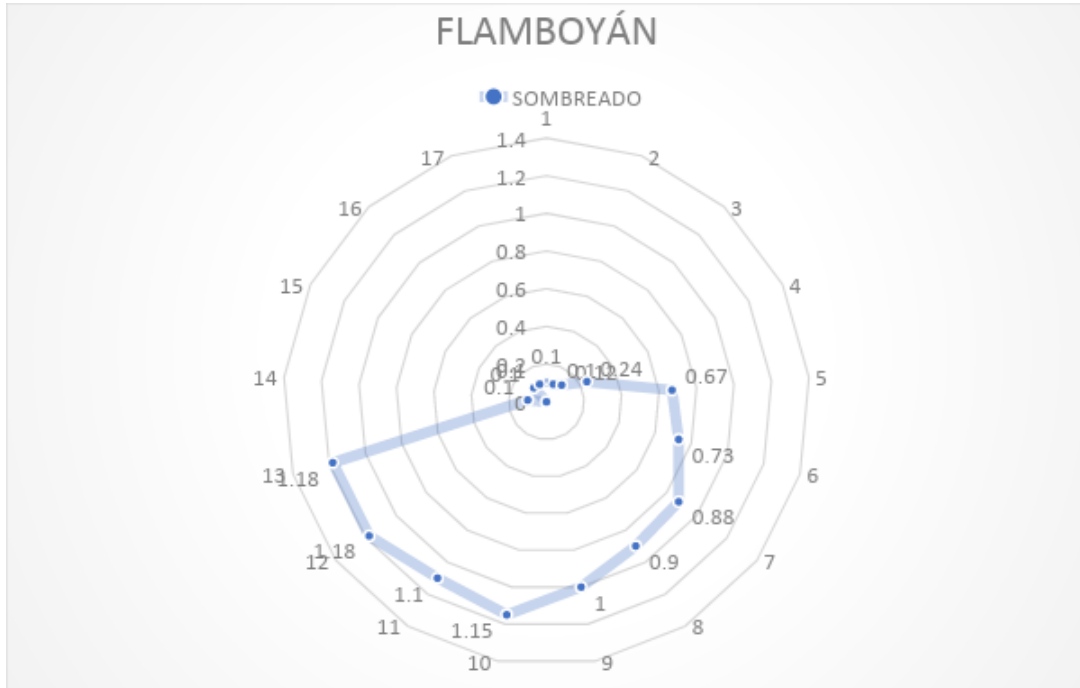
Gráfica 7: Crecimiento en cm de la altura y el diámetro del flamboyán



Gráfica 8: Crecimiento en unidades de las ramas y las hojas del flamboyán



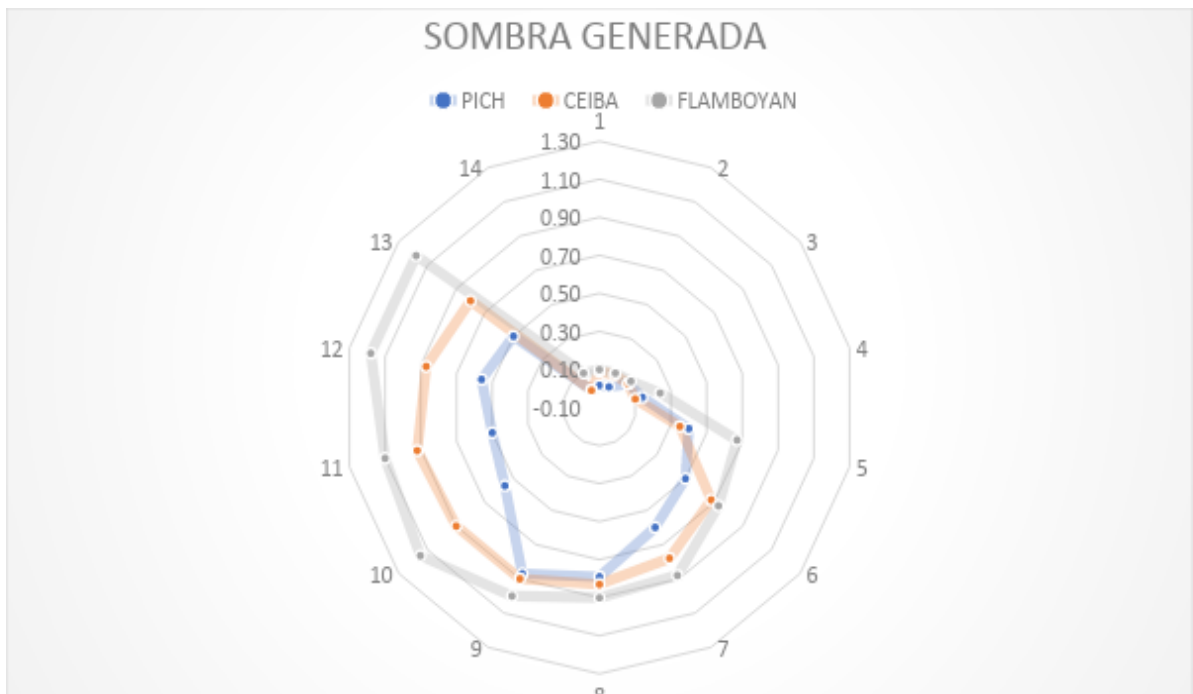
Gráfica 9: Sombra generada por el flamboyán



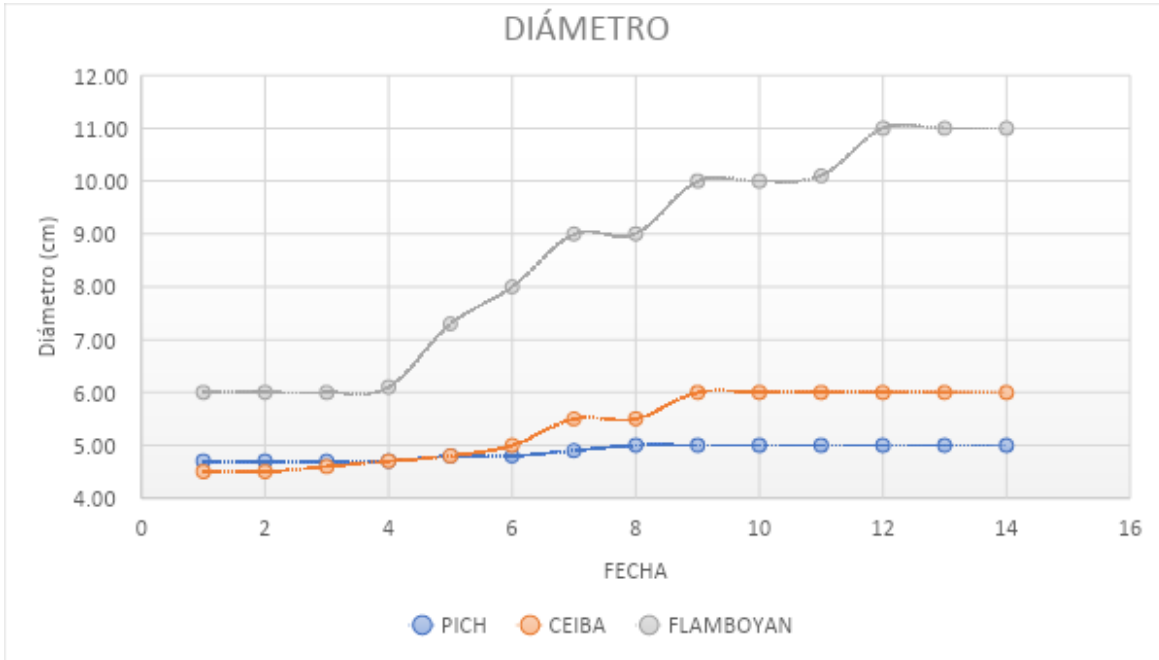
Se muestra a continuación una comparación gráfica (10, 11, 12 y 13) del crecimiento entre especies de las variables monitoreadas, altura, diámetro del tallo, ramas, hojas y sombra generada.

Es importante recalcar que las tres especies tienen diferente taxonomía por lo que el crecimiento puede variar mucho.

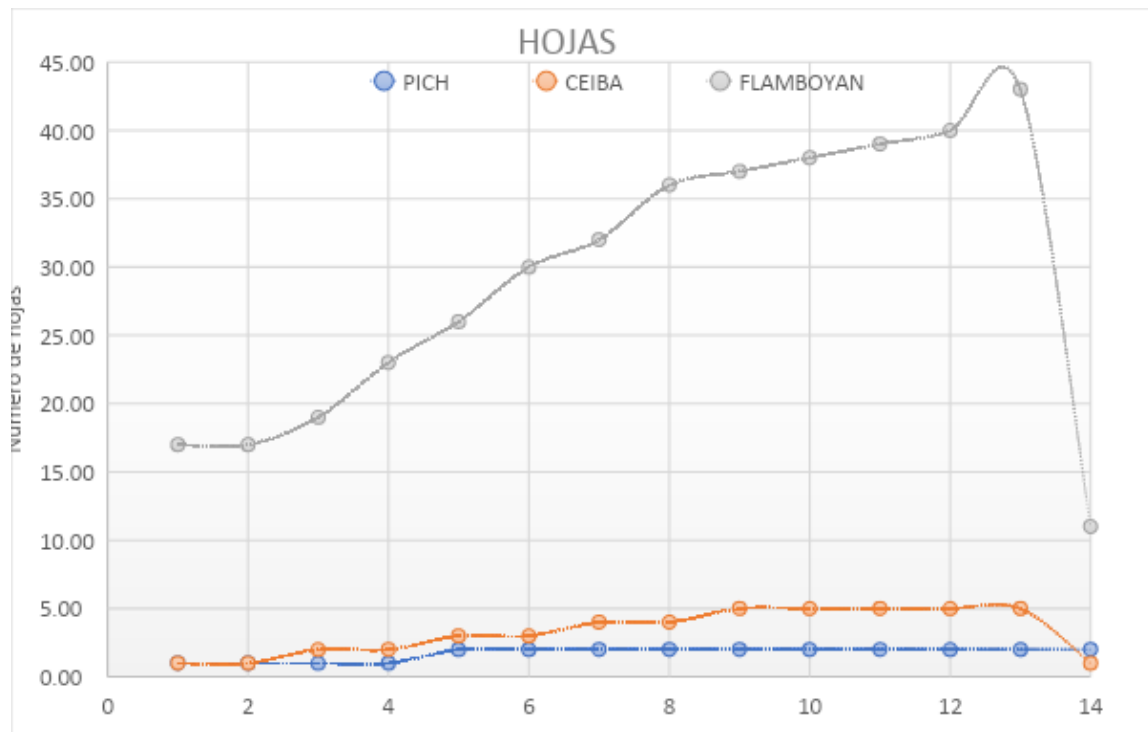
Gráfica 10: Sombra generada de todas las especies



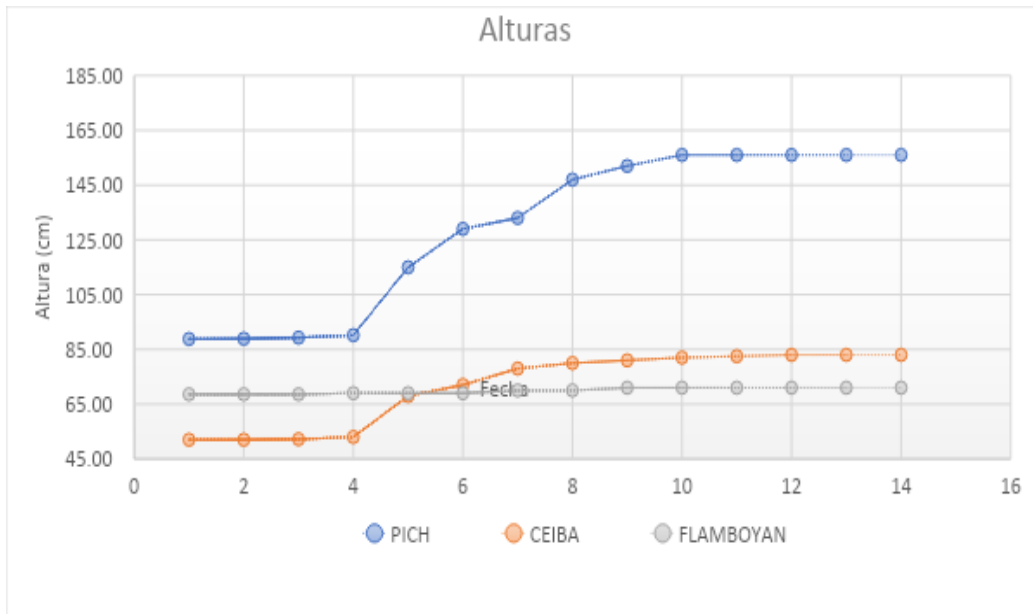
Gráfica 11: Diámetro de todas las especies



Gráfica 12: Hojas de todas las especies



Gráfica 13: Alturas de todas las especies

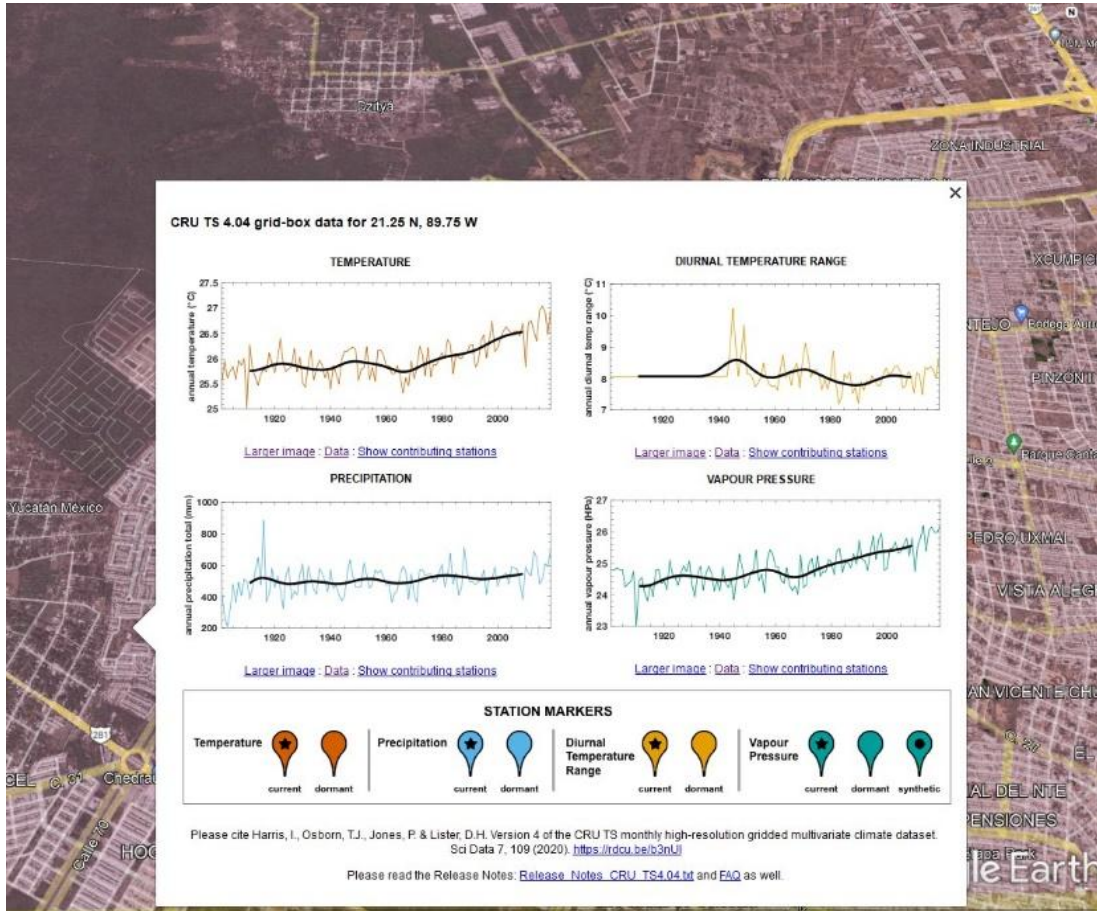


En la literatura citada se remarca la relación intrínseca del aumento de temperatura a la falta densidad vegetativa sobre todo en las zonas urbanas, es por ello que para corroborar la información obtenida se realizó un análisis sobre el historial climático de la zona de estudio, se conoce que la zona residencial de Gran Santa Fe comenzó a construir en el año 2010, esta magna obra pudo haber afectado los microclimas de la zona aumentando las temperaturas acumuladas, por la pérdida de vegetación y por ende de sombra generada.

4.2 Análisis de la información climática obtenida de la zona

Con la herramienta de Half-Degree Gridboxes del software Google Earth (Imagen 19), se recabo información sobre la temperatura, la precipitación y la evaporación, en el cuadrante de estudio ubicado al poniente de la ciudad de Mérida con las bases de medición de la ciudad de Progreso y del Aeropuerto Internacional Manuel Crescencio Rejón. La base de datos data desde el año 1901 hasta el año 2019, ya que entre estos años hay varios lapsos perdidos o que se pusieron las estaciones en pausa, se tomó la decisión de observar solo el acumulado más actual desde el año 2010 hasta el año 2019. La base de datos está distribuida por promedio mensual para cada año, plasmado en un gráfico donde se observan cuatro variantes.

Imagen 19: Captura de la base de datos climática de la zona de estudio



Para fines visuales solo se agrega los gráficos de los años 2010 y 2019 sin embargo para el análisis se tomaron en cuenta los nueve años involucrados, respecto a la temperatura se nota un aumento en los grados centígrados registrados, a continuación en la Tabla 15 y Gráfica 10 se muestran los datos para cada año.

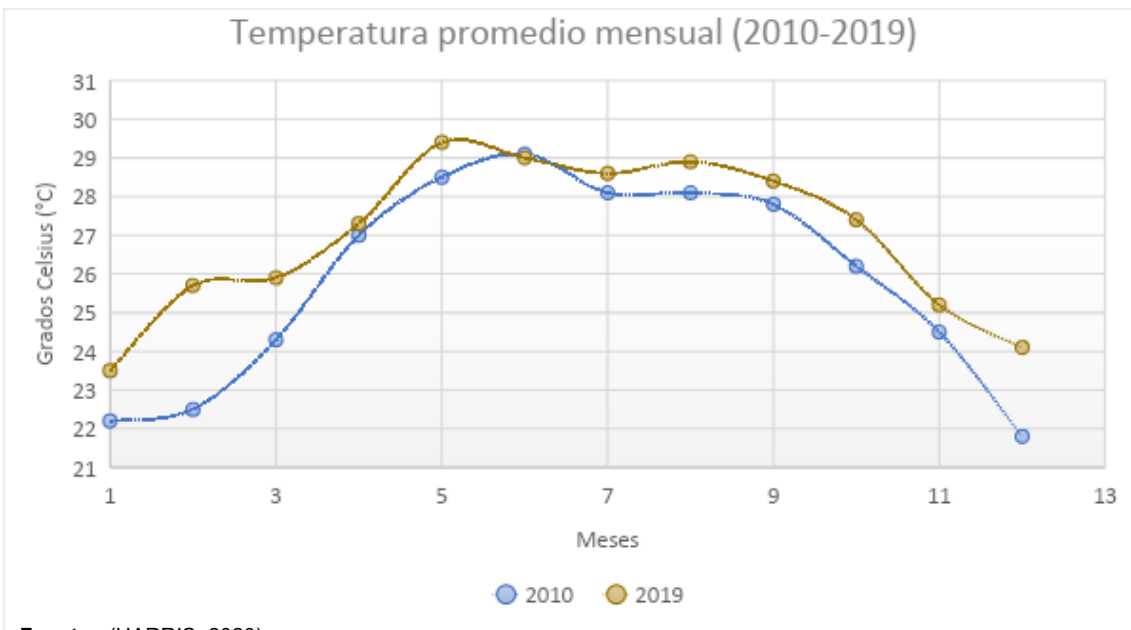
Tabla 15: Registro de la temperatura del año 2010 y el año 2019

	2010	2019
ENERO	22.2°C	23.5°C
FEBRERO	22.5°C	25.7°C
MARZO	24.3°C	25.9°C
ABRIL	27°C	27.3°C
MAYO	28.5°C	29.4°C
JUNIO	29.1°C	29°C

JULIO	28.1°C	28.6°C
AGOSTO	28.1°C	28.9°C
SEPTIEMBRE	27.8°C	28.4°C
OCTUBRE	26.2°C	27.4°C
NOVIEMBRE	24.5°C	25.2°C
DICIEMBRE	21.8°C	24.1°C

Fuente: (HARRIS, 2020)

Gráfica 10: Representación gráfica de la temperatura del año 2010 y el año 219



Fuente: (HARRIS, 2020)

La diferencia más notoria es en la estación invernal que está constituida de noviembre a febrero, donde en febrero hubo un aumento de 3.2°C respecto al año 2010, si bien pudiera ser tomado como un caso aislado por algún fenómeno extraordinario, en general se observa una tendencia a la alta, con un aumento promedio de 1.1°C al final de los nueve años de registros meteorológicos.

Otro dato importante que funge como indicador de ICU es la precipitación registrada, en este caso particular podemos observar como la época denominada como seca de diciembre a febrero aumenta un poco la lluvia, en meses considerados secos, por otro lado, los meses considerados lluviosos de junio a septiembre disminuye la precipitación

mensual y se puede notar un leve desfase siendo noviembre de 2019 más lluvioso que lo que registraba en años anteriores del 2010.

La disminución de evapotranspiración es un resultado de la disminución vegetativa de la zona, en base de datos se registran los promedios mensuales de evaporación total de la zona, si bien pudiese no ser un dato preciso del área verde de interés si muestra una tendencia general del cuadrante estudiado. El cual marca una ligera tendencia al alza, a continuación en la Tabla 16 y 17, Gráfica 11 y 12 se muestran los resultados.

Tabla 16: Registro de la precipitación (mm) del año 2010 y el año 2019

	2010	2019
ENERO	12.9	17.9
FEBRERO	15.7	5.5
MARZO	1.5	3.4
ABRIL	11.2	39.8
MAYO	41.1	36.3
JUNIO	134.8	153.4
JULIO	107	58.3
AGOSTO	98.7	78.8
SEPTIEMBRE	116.1	84
OCTUBRE	27.2	119.4
NOVIEMBRE	10.4	40
DICIEMBRE	11.6	61.8

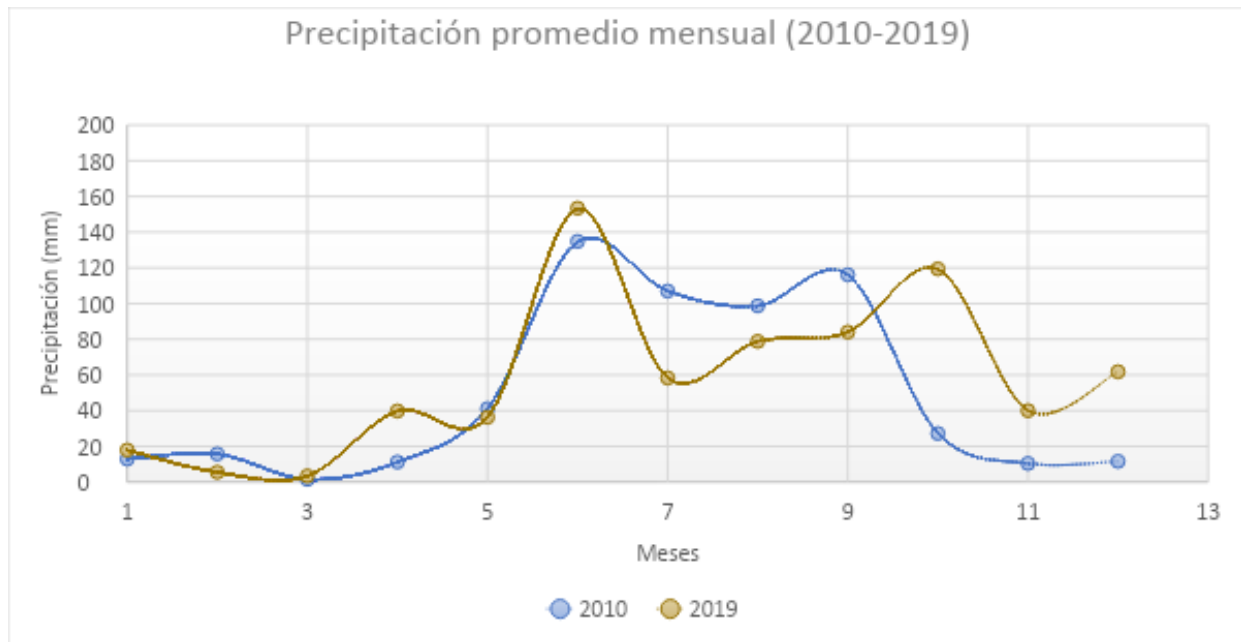
Fuente: HARRIS, 2020)

Tabla 17: Registro de la evapotranspiración (Hpa) del año 2010 y 2019

	2010	2019
ENERO	19.5	21.4
FEBRERO	19.7	24.2
MARZO	18.8	22.6
ABRIL	24.9	24.2
MAYO	28.3	28.8
JUNIO	30.3	29.3

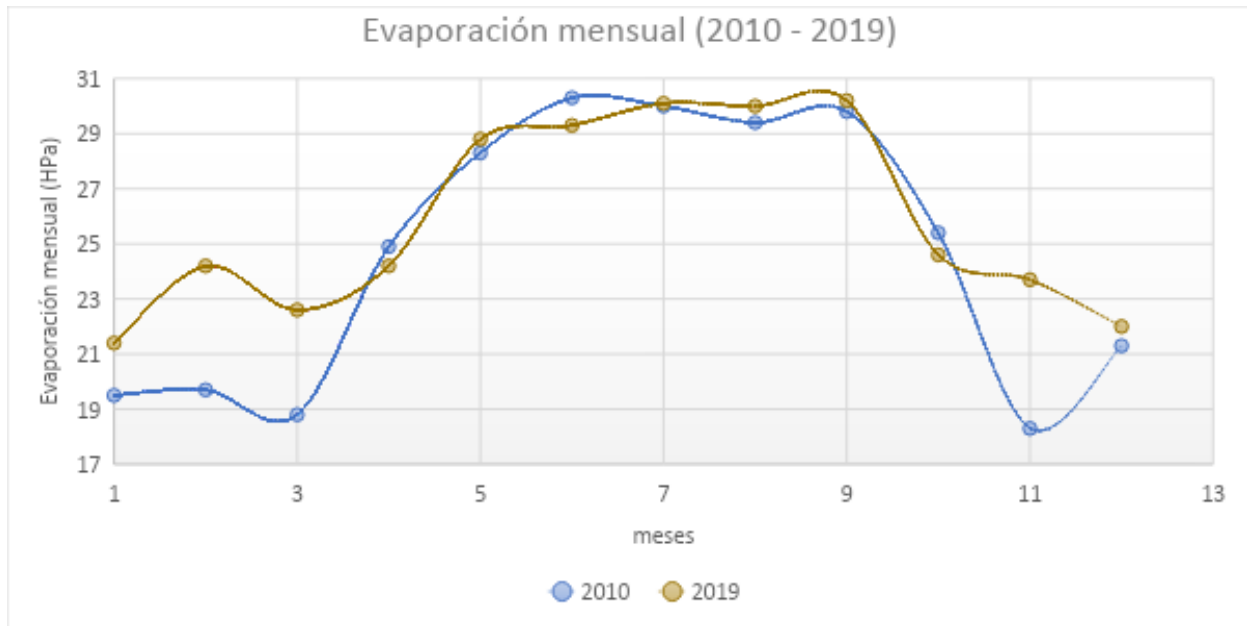
JULIO	30	30.1
AGOSTO	29.4	30
SEPTIEMBRE	29.8	30.2
OCTUBRE	25.4	24.6
NOVIEMBRE	18.3	23.7
DICIEMBRE	21.3	22

Gráfica 11: Representación gráfica de la precipitación del año 2010 y el año 2019



Fuente: (HARRIS, 2020)

Gráfica 12: Representación gráfica de la evapotranspiración del año 2010 y el año 2019



Fuente: (HARRIS, 2020)

Este cambio en las condiciones meteorológicas de la zona, están directamente relacionadas con el crecimiento residencial de la zona poniente de la ciudad de Mérida, principalmente ciudad Caucel y Dzityá, incluyendo el aérea de estudio del fraccionamiento de Gran Santa Fe, ya que en el año de 2010 se comenzó con la magna obra de Promotora Residencial.

A continuación, se muestra una imagen satelital tomada con GoogleEarth en el año de 2010 y una del año 2020 (Imagen 20), donde la mancha urbana del poniente crece en gran escala.

Imagen 20: Crecimiento de la mancha urbana en el fraccionamiento Gran Santa Fe



Fuente: Imágenes satelitales tomadas del programa Google Earth, última actualización 2021.

Se puede confirmar que entonces una de las causas principales del aumento en la temperatura fue la deforestación y la implementación de calles de concreto para el desarrollo urbano, dando así como resultado la disminución de las áreas verdes que antes fungían como refugio de especies y que aportaban equilibrio al ecosistema.

CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN

De acuerdo con la bibliografía citada se ha comprobado la influencia de los árboles en la radiación que llega a un espacio, y que con una buena distribución los árboles llegan a cubrir incluso el 90% de ella, debajo de los árboles individuales o en grupo la temperatura del aire a 1.5 metros sobre el nivel del suelo llega a tener una variación del 1°C en relación con la temperatura del aire en un área abierta.

El parque eco arqueológico Soblonké fue elegido para este estudio por la importancia geográfica dentro de la zona conurbada de la ciudad de Mérida, representando el área verde más grande del fraccionamiento Gran Santa fe, con un área total de 4.92 Ha, que se caracteriza por ser un área arbolada que funge como refugio para fauna y para la sociedad que busca un respiro de las altas temperaturas que llega a tener la ciudad. Cumpliendo el objetivo de crear un inventario de especies, se identificaron las especies más predominantes en el parque que además son nativas de la península de Yucatán, gracias al inventario realizado el cual detalla la taxonomía, características y ubicación precisa en el parque, se pudo elegir con ayuda del ayuntamiento por medio de una carta tres especies que además de cumplir con los criterios que funge la Unidad de Desarrollo Sustentable del Municipio de Mérida, tuvieran gran generación de sombra en su vida adulta, es por ello que se eligieron las especies conocidas comúnmente como, pich, ceiba y flamboyán,.

Para la exitosa introducción de las especies al parque fue necesario preparar el suelo, para ello se solicitó ayuda de los locales especialistas en el suelo yucateco ya que se encuentra laja muy cerca de la zona y con herramienta casera no era posible, se preparó el suelo con cuidado para que se pudiera garantizar la supervivencia de las mismas.

Uno de los objetivos fue el mantenimiento y monitoreo a partir de la introducción de las especies, para poder garantizar su crecimiento y poder medir las variables de interés para este estudio. Los meses de Junio – Julio fueron ideales para plantar los árboles ya que en Mérida representan la época con mayor precipitación del año, garantizando que exista el flujo de agua necesaria para su establecimiento y fortalecimiento. Si bien tuvieron un crecimiento considerable a partir del primer mes de estudio, las tres especies presentaron una época de resección donde se detuvo por completo el crecimiento y se perdió la mayoría de hojas, sin embargo no murieron, esto debido a que comenzó la época seca del año, a partir de finales de diciembre y todo el mes de enero, sobrevivieron la época fría, los esfuerzos de mantenimiento en esa época fueron más grandes,

garantizando el riego y la aportación de abono líquido, con mayor frecuencia. En febrero se pudo observar como las tres especies remontaron su crecimiento, se observó nuevamente el desarrollo de hojas y reverdecimiento.

Es importante mencionar que aunque las tres especies pertenecen a la misma taxonomía de clase y pueden compartir familia en el caso del flamboyán y pich, presentan un crecimiento en diferente ritmo en la Tabla 18 se observa.

Tabla 18: Clase y familia de las especies de estudio

	PICH	CEIBA	FLAMBOYAN
CLASE	Magnoliopsida	Magnoliopsida	Magnoliopsida
FAMILIA	Fabaceae	Malvaceae	Fabaceae

La clase de Magnoliopsida, son un grupo de plantas llamadas así por tener típicamente durante las primeras etapas de desarrollo dos cotiledones. En la península de Yucatán la familia Fabaceae Leguminosae es la familia más diversa incluyendo 78 géneros y 228 especies, las cuales 21 son endémica. Son sin duda un elemento representativo del paisaje de la región y se pueden observar en abundancia en casi todos los ecosistemas desde el matorral hasta la selva. El pich y el flamboyán presentan hojas simples por fusión de dos folíolos dando una característica forma de pluma a las hojas del flamboyán proporcionando grandes áreas sombreadas desde joven, por otro lado el pich en su etapa joven tiene el tallo más delgado y frágil la producción de hojas es escasa y por ende menor proyección de sombra, sin embargo en su etapa adulta llega a ser uno de los árboles más grandes y frondosos de la zona.

A continuación, se muestran las tres especies de estudio en etapa adulta (Imagen 21), mismas que se encuentran dentro del parque Soblonké.

Imagen 21: Ejemplares en edad adulta de las especies introducidas



Pich



Ceiba



Flamboyán

A simple vista se aprecia en estas imágenes como estas tres especies sobre salen de las demás del parque por la gran área sombreada que genera sus hojas en la etapa adulta, podemos confirmar entonces que las especies seleccionadas en un futuro aportaran grandes beneficios. Dentro del lapso del estudio de ocho meses en la tabla de resultados finales se observa que el pich es la especie con mayor altura, al principio la ceiba representaba el árbol con menor altura, pero en la época de mayor crecimiento agosto – septiembre rebasa al flamboyán en altura. Respecto al diámetro el pich fue el que menor crecimiento tuvo aumentando realmente 0.20 cm al final del periodo de medición, por otro lado, el flamboyán casi duplico su grosor, la ceiba tuvo un crecimiento paulatino pero menor. En crecimiento de cantidad de hojas y por ende de sombra generada el de mayor crecimiento fue el flamboyán.

De acuerdo con el análisis climático que se realizó se puede observar como en los últimos 10 años la temperatura ha ido en aumento en algunas temporadas hasta 1°C, que puede afectar de manera directa todos los ecosistemas alrededor y el aumento sigue tendiendo hacia el alza, por ende, el registro de precipitación anual también se ve afectado, influyendo directamente en el crecimiento o extinción de las especies. Este aumento en la zona de estudio se puede atribuir en gran parte a la creación del desarrollo inmobiliario de Gran Santa fe, que deforestó más de 230 Ha, es por ello que el parque eco arqueológico Soblonké representa con mayor significado el área verde más importante de la zona a preservar, así que las especies que se introdujeron representaran cuando alcancen su edad adulta un gran impacto para la conservación del mismo.

CONCLUSIONES

La reinscripción de especies vegetales en el parque eco arqueológico Soblonké aporta beneficios a los diferentes servicios ambientales que brinda esta área verde para el desarrollo urbano en donde se encuentra. Se cumplieron todos los objetivos planteados en esta tesis. Como resultado del mantenimiento y monitoreo continuo se obtuvo la exitosa supervivencia de los árboles plantados, analizando los datos se puede observar como el pich es la especie que de joven representa más reto para sobrevivir las adversidades del medio ambiente, sobre todo la época de sequía, el tallo es muy delgado y casi no tiene follaje, sin embargo en la etapa adulta es una de las especies más grandes, de mayor follaje y por ende mayor sombra, vistiendo a Yucatán con sus características semillas, el flamboyán por otro lado fue la especie que tuvo un crecimiento más continuo respecto al follaje, teniendo siempre brotes incluso en época de sequía, es un árbol resistente de joven proporcionando buena sombra por el fenotipo de hoja que tiene, sin embargo en la etapa adulta es el árbol que de las tres especies menos altura llega a alcanzar, pero como se estudió en la metodología para poder disminuir la sensación térmica de las islas de calor urbana se requiere del mínimo de 1 metro de altura, la cual en edad adulta los flamboyanes superan, el crecimiento de la tercera especie de estudio la ceiba fue el más uniforme de los tres, si bien solo es una rama, presento gran crecimiento en diámetro del tronco, lo que nos indica buena salud y que la especie ya se adaptó al nuevo entorno, en temporada de sequía se vio muy afectada perdiendo todo el follaje, pero remonto el crecimiento rápidamente, en esta especie se pudo observar un cambio de color respecto al tronco en la temporada seca tornándose café, cuando normalmente es verde intenso, si bien la sombra generada aun no es grande, se proyecta que en edad adulta llegue a cubrir varios metros a la redonda.

Se pudo observar el crecimiento continuo de las tres especies a lo largo del tiempo de ocho meses pasando por tres etapas climatológicas diferentes, los árboles pueden resentir más los cambios climáticos, como se comprobó en el estudio del histórico climático la temperatura del área de estudio ha ido en aumento continuo, con tendencia al alta, afectando la precipitación y por ende el crecimiento o extinción de la vegetación y fauna, no solo por deforestación si no por alteraciones directas al microclima. En este estudio fue muy marcada la época de sequía y los retos que pueden presentar las especies, en el año 2021 hubo un récord de temperatura en la ciudad de Mérida, que afecta no solo los ecosistemas si no también la calidad de vida de las personas que la habitan, dando así más importancia a las áreas verdes que aún quedan disponibles en la metrópoli, a veces las autoridades municipales no se da abasto para cubrir todas las necesidades o mantenimiento requerido en todos los parques, es por ello que también se requiere en ocasiones de la participación ciudadana para que los parques sigan siendo

el refugio ambiental que se necesita tanto para la fauna como para garantizar los servicios ambientales que ofrecen en conjunto las zonas arboladas.

Sin duda alguna, las afectaciones antropogénicas hoy en día ante el ecosistema han rebasado los límites de auto regeneración, el aumento de temperatura en las zonas cálidas crea un desbalance total para todos los procesos naturales, el aumento de temperatura en las ciudades resultado de las islas de calor urbanas, crea un desbalance también para el ritmo de vida en la ciudades, ya que los consumos de energía aumentan para abastecer más sistemas de refrigeración o de riego artificial, afectando incluso a la salud con golpes de calor cada vez más frecuentes, es por ello que una solución a mediano plazo para este problema puede ser la reinserción de más especies vegetales en las áreas conurbadas, destinando más área verde de lo que está estipulado por la ley y que en muchas ocasiones no se respeta, se ha demostrado en este estudio que las especies nativas pueden sobrevivir fácilmente ante el ecosistema y brindar en unos años todos los beneficios ecológicos, y que en conjunto pueden llegar a regular el microclima de las zonas residenciales dando beneficios al ecosistema y también a las personas que la habitan.

ANEXOS

Anexo 1: Reporte fotográfico del inventario de especies del parque Eco Arqueológico Soblonké



Cactus


(Family Cactaceae)

Taxonomía

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Eudicotyledoneae
Orden: Caryophyllales
Familia: Cactaceae Juss., 1789



Esta familia es originaria de América. Los tallos de las cactáceas y que conforman básicamente el cuerpo de la planta, están engrosados por el desarrollo del parénquima, y su color verde se debe a que son fotosintéticos. Muchos cactus, al provenir de zonas desérticas donde las noches pueden ser muy frías, tienen una resistencia moderada a las heladas.

 21°00'47.1"N
89°41'25.0"W

Flamboyán de Madagascar

(Genus Delonix)


Taxonomía

Superreino: Eukaryota
Reino: Plantae
Subreino: Tracheobionta
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Rosidae
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Subfamilia: Caesalpinioideae
Tribu: Caesalpinieae
Género: Delonix Raf.



Son árboles, que alcanzan un tamaño de hasta 12 m de alto, inermes, con la corona ampliamente patente, deprimida.

Se considera una especie invasora porque su sombra densa y amplia impide el crecimiento de otras especies vegetales alrededor de ésta. Requiere de clima tropical o parecido al tropical para sobrevivir, aunque puede tolerar la sequía y la salinidad.

 21°00'50.7"N
89°41'21.5"W

Hierba santa


(*Piper auritum*)

Taxonomía

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Piperales
Familia: Piperaceae
Género: Piper
Especie: *Piper auritum*
Kunth



La Hoja santa también conocida como acuyo, jaco, 'tlanepa, hierba santa, alaján o momo, es una planta aromática de la familia Piperaceae que crece en la Mesoamérica tropical. Se utiliza como condimento y es la base de la cocina en Oaxaca, México y por supuesto Veracruz Habita en bosques húmedos o en sitios perturbados derivados de estos, desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm.

 21°00'47.3"N
89°41'24.8"W

Ceiba

(*Ceiba pentandra*)

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae


Subfamilia: Bombacoideae

Género: *Ceiba*

Especie: *Ceiba pentandra*
(L.) Gaertn.



Es originario de la región de Mesoamérica y se distribuye mundialmente por la zona intertropical.

 21°00'43.1676" N
89°41'31.59" W

Gumbo Limbo

(*Bursera simaruba*)

Taxonomía

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Burseraceae

Tribu: Bursereae

Subtribu: Burserinae


Género: *Bursera*

Especie:

Bursera simaruba (L.) Sarg. 1890



Ya desde la antigüedad los mayas denominaban a este árbol chakáh y también lo empleaban para curar la irritación cutánea causada por el chechén

 21°00'46.3"N
89°41'29.1"W

Tamarindo

(*Tamarindus indica*)


Taxonomía

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Rosidae
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Subfamilia: Caesalpinioideae
Tribu: Detarieae
Género: *Tamarindus* L.
Especie: *T. indica*



Copa redondeada, grande, extendida y abierta, con una cobertura de 6 a 10 m. follaje denso o ralo, plumoso n apariencia y ofreciendo una sombra atractiva.

Se encuentra en lugares con clima cálido semiseco, aunque puede prosperar también en climas cálidos-húmedos. Su rango de precipitación va de 800 a 1400 mm por año, crece a orillas de caminos y es común alrededor de casas. Prospera bien en terrenos profundos con buen drenaje, textura de migajón-arcilloso-arenoso y un pH de 6.5 a 7.5,

 21°00'48.1" N
89°41'31.3" W

Guamúchil

(*Pithecellobium dulce*)


Taxonomía

Reino: Plantae
Subreino: Tracheobionta
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Rosidae
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Subfamilia: Mimosoideae
Tribu: Ingeae
Género: *Pithecellobium* Mart. 1837
Especie: *P. dulce*



Este árbol es nativo de México, Centroamérica y Sudamérica.

Es un árbol de tamaño mediano y crecimiento rápido, nativo a los trópicos americanos

 21°00'43.1676" N
89°41'31.59" W

Guanacastes

(Genus *Enterolobium*)

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Fanerógama

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Mimosoideae

Tribu: Ingeae

Género: *Enterolobium*

Mart.



Nativa de regiones tropicales y templadas cálidas de América.

Son árboles de media talla a grandes.



21°00'48.2" N

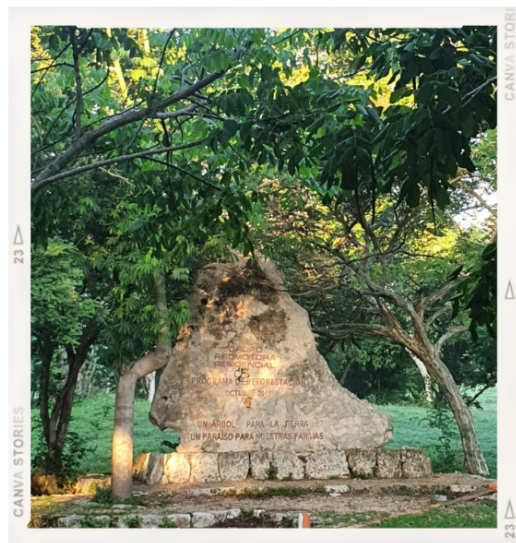
89°41'31.3" W

Anexo 2: Rocas calcáreas cenozoicas ubicadas en el parque Soblonké



Parque Arqueoecológico Soblonké (Foto: 2021. Jiménez, A.)

Anexo 3: Reporte fotográfico del parque Soblonké







23

CANVA STORIES

CANVA STORI

△

△



23

CANVA STORIES

CANVA STORI

△

△



23

CANVA STORIES

CANVA STORI

△

△



23

CANVA STORIES

CANVA STORI

△

△



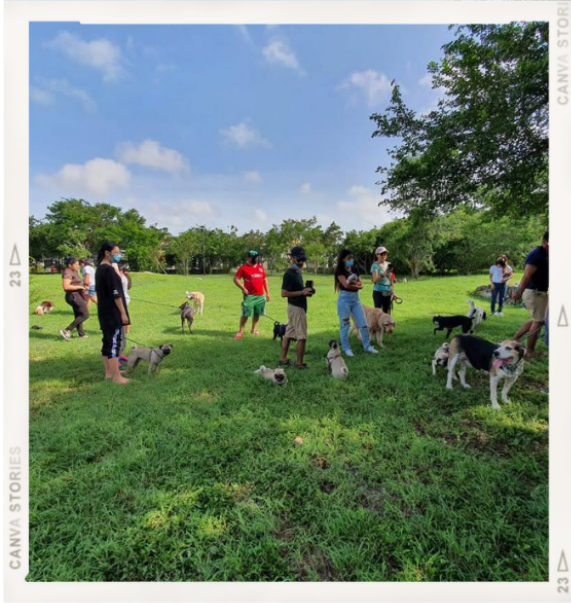
23

CANVA STORIES

CANVA STORI

△

△



23

CANVA STORIES

CANVA STORI

△

△





Bibliografía

1. Akbari H, D. S. (1992). Cooling our communities: A guidebook on tree planting and light-colored surfacing. *U.S.E.P.A*, 217.
2. Bautista Zuñiga , F., Frausto Martinez, O., Ihl, T., & Aguilar Duarte, Y. (2010). El Relieve. En F. Bautista Zuñiga, O. Frausto Martinez, I. Thomas, & Y. Aguilar Duarte, *Biodiversidad y Desarrollo Humano de Yucatán* (págs. 21-24). Mérida: CONABIO.
3. Bautista Zuñiga, F. (2010). El suelo. En F. Bautista Zuñiga, *Biodiversidad y Desarrollo Humano de Yucatán* (págs. 28-30). Mérida: CONABIO.
4. Cervera Pacheco, V. M. (2022). *LEY DE FRACCIONAMIENTOS DEL ESTADO DE YUCATAN*. Mérida: Congreso Constitucional del Estado libre y Soberano de Yucatán. .
5. Chen , Y., & Wong, N. H. (2005). Thermal Benefits of city parks. *ELSEVIER*, 16.
6. CNDH. (2014). El derecho humano al medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar . *El derecho humano al medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar* , 4-6.
7. Comisión Nacional Forestal. (22 de 11 de 2017). *Gob.mx*. Obtenido de Bosques y Cambio Climático: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/bosques-y-cambio-climatico-23762>
8. Correa, E. (2003). Isla de calor urbana: efecto de los pavimentos. *SEDICI*, 1-6.
9. Dwyer JF. (1991). Economic value of urban trees . *National research agenda for urban forestry in tje 1990's*, 27-32.
10. E, Z. M. (2016). CAMBIO CLIMATICO Y SISTEMAS DE NATURACIÓN EN VIVIENDAS: CONOCIMIENTOS Y ACTITUDES DE LA POBLACIÓN EN UN FRACCIONAMIENTO DE MERIDA YUCATÁN . *IIE UNAM* , 1-6.
11. EcuRed. (30 de 03 de 2022). *EcuRed*. Obtenido de Malvaceae: ecured.cu/Malvaceae
12. Ercia. (s.f.).
13. Espinoza, P. S. (2014). El estudio de la isla de calor urbana de superficie del área metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-Modis y análisis de Componentes principales . *Revista de Geografía de Norte Grande* , 1-25.
14. FAO . (18 de 05 de 2020). *Tree Cities of the world* . Obtenido de Tree Cities of the world : <https://treecitiesoftheworld.org/directory.cfm>
15. García Gil, G., & Graniel Castro, E. (2010). Geología. En D. G. Rafael, & M. E. Méndez González, *Biodiversidad y Desarrollo Humano de Yucatán* (págs. 18-20). Mérida : CONABIO.
16. García Gil, G., Méndez González, L., Aguilar Cordero, W. d., & Orellana Lanza , R. (2010). Ambientes terrestres. En G. García Gil, L. Méndez González, W. d. Aguilar Cordero, & R. Orellana Lanza, *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (págs. 31-34). Mérida: CONABIO.

17. Gartland, L. M. (2008). Heat Islands: Understanding and mitigating heat in urban areas. *Earthscan* .
18. Gómez, A. L. (1985). El clima de las ciudades . *Arbor* , 121 (474), 13.
19. Google Earth. (06 de 06 de 2020). *Google Earth*. Obtenido de googleearth.com
20. Graniel Castro, E. (2010). Hidrología. En E. Graniel Castro, *Biodiversidad y Desarrollo Humano de Yucatán* (págs. 26-27). Mérida: CONABIO.
21. HARRIS, I. O. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataser. *Sci Data* 7.
22. Heisler, G. (1986). Energy savings with trees. *Arbori*, 113-125.
23. INAH. (25 de 03 de 2010). Placa de explicación histórica por el INAH. *Eco Parque Zoblónké*. Mérida, Yucatán , México: INAH.
24. -Ix, R. D. (2016). Fabaceae (leguminosae) en la Península de Yucatán México . *Herbario CICY*, 1-6.
25. Jacq., G. (1860). FEnterolobium cyclocarpum. *Flora of the british west Indian Islands* , 1-4.
26. Krishnamurthy, L. (1997). Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*, 18.
27. McPhearson Eg. (1987). Effects of vegetation on building energy performance. *State University of New York College of Environmental Science and Forestry*, 245.
28. Naturalista . (30 de 03 de 2022). *Naturalista* . Obtenido de Magnoliopsida: <https://www.naturalista.mx/guides/3660>
29. Neyra, S. M. (30 de 09 de 2020). *Biodiversidad Mexicana* . Obtenido de Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad : <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/reforestacion>
30. -Niquete, G. C. (2022). *Cuando los árboles se estresan ayudan menos* . Mérida : CiCY.
31. Nowak DJ. (1994). Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest, Results of the Chicago Urban Forest CLimate Project. *USDA Forest Service General Technical Report* , 186.
32. Nowak DJ. (1995b). Trees pollute? A "TREE" explains it all. *National Urban Forest Conference*, 28-30.
33. Orellana Lanza, R., Espadas Manrique, C., & Nava Marín , F. (2010). Climas. En R. Orellana Lanza, C. Espadas Manrique, & F. Nava Marín, *Biodiversidad y Desarrollo Humano de Yucatán* (págs. 24-25). Mérida : CONABIO.
34. Pech Pool, D., Mascaró Miquelajáuregul , D., Simóes, N., & Enríquez Ortiz, C. (2010). Ambientes marino. En D. Pech Pool, D. Mascaró Miquelajáuregul, N. Simóes, & C. Enríquez Ortiz, *Biodiversidad y Desarrollo Humano de Yucatán* (págs. 35-37). Mérida : CONABIO.

35. RAMSAR. (31 de 08 de 2021). *Los humedales de importancia internacional* . Obtenido de Los humedales de importancia internacional : <https://www.ramsar.org/es/sitios-paises/los-humedales-de-importancia-internacional>
36. Rodríguez, M. (02 de 05 de 2019). *Tiempo*. Obtenido de Meteored: <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/arboles-para-combatir-el-calor.html#:~:text=Los%20%C3%A1rboles%20pueden%20reducir%20unos,las%20ciudades%20luggares%20m%C3%A1s%20agradables>.
37. Romero, H. (2004). Patrones y factores de crecimiento espacial de la ciudad de Santiago de Chile y sus Efectos en la generación de islas de calor urbanas de superficie. *Laboratorio de medio ambiente y territorio departamento de geografía de la Universidad de Chile* , 1-8.
38. SDS. (31 de 08 de 2021). *Secretaria de Desarrollo Sustentable de Yucatán* . Obtenido de Secretaria de Desarrollo Sustentable de Yucatán : <https://sds.yucatan.gob.mx/areas-naturales/sanpy.php>
39. Smith WH. (1990). Air Pollution and Forests . *Springer-Verlag*, 618.
40. Souch, C. (1993). The effect of trees on summertime below canopy urban climates: a case study Bloomington, Indiana. *Arboric*, 303-312.
41. Terjung, W. H. (1980). Simulating the casual elements of urban heat islands . *Boundary-Layer Meteorology*, 13, 93-118.
42. UNESCO. (31 de Agosto de 2021). *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* . Obtenido de United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization : <https://en.unesco.org/mab>
43. UNESCO. (31 de 08 de 2021). *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* . Obtenido de United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization : <https://en.unesco.org/biosphere/lac>
44. Uribe, G. (2014). Modelo de la Isla de Calor Atmosférico y Superficial: factores en común y alternativas para la Mitigación de su efecto en salud humana y medioambiente urbano. 25-26.
45. Villalobos, M. A. (2019). Analisis de Ciudad Caucel . *Docplayer*, 1-6.
46. Voogt, J. A. (2008). Islas de Calor en Zonas Urbanas: Ciudades más calientes . *ActionBioscience* .
47. Ziegler I. (1973). The effect of air-polluting gases on plant metabolism . *Environmental quality and safety*, 182-

