



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

---

**Identificación y caracterización de los suelos del área  
protegida de X'cachel- X'cachelito.**

---

**TESIS**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE**

**Licenciada en Manejo de Recursos Naturales**

**PRESENTA**  
**Nina Alexandra Reyes**



**DIRECTOR**  
**M.E. Patricia Frago Servón**

**ASESORES**  
**M.C.A. Alberto Pereira Corona**  
**M.C. Benito Prezas Hernández**  
**Dr. Oscar Frausto Martínez**  
**M.E.S.P. José Antonio Olivares Mendoza**



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

TRABAJO DE TESIS BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL  
PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADA COMO REQUISITO  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

Licenciatura en Manejo de Recursos Naturales

COMITÉ DE TESIS



DIRECTOR:

M.E. Patricia Frago Servón

ASESOR:

M.C.A. Alberto Pereira Corona

ASESOR:

M.C. Benito Prezas Hernández

ASESOR:

Dr. Oscar Frausto Martínez

ASESOR:

M.E.S.P. José Antonio Olivares Mendoza

CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, DICIEMBRE DE 2015.

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

I dedicate this thesis to my mom. All of this is for her. Without her help, encouragement and love, I wouldn't have made it. I love you, MOM.

I'd like to express my sincere gratitude to:

My family and friends, I thank them for all the encouragement and support;

My thesis advisor, Dr. Patricia Fragoso Servón, I thank her for accepting me as her "*titulada*", for her generous advice, inspiring guidance, and encouragement throughout my thesis. She's a great teacher and friend;

My thesis committee, Dr. Alberto Pereira Corona and M.C. Benito Prezas Hernández, I thank them for their time, advise and help in working with my thesis;

The Team from the project "*Actualización de las Condiciones Socioecológicas del Área Natural Protegida X'cacel – X'cacelito y su Área Inmediata de Influencia*", CLAVE UQROO-CA-38 (12th of August 2013 - 11th of August 2014), I thank them for the financial support and for granting me the opportunity to work with them while performing my thesis;

The many friends I made at UQROO, I thank them for the help, encouragement and millions of memories that will last a lifetime;

And finally, to the love of my life, Ervin, I thank him for the love, patience, and keeping up with me, for that I'm very grateful to be by his side and I look forward to our many adventures in life. I

LOVE YOU.

**ÍNDICE**

Dedicatoria y Agradecimientos.....	i
Índice .....	ii
Índice de figuras.....	iv
Índice de Cuadros.....	vi
1. Introducción .....	1
2. Justificación .....	3
3. Planteamiento del problema.....	5
4. Objetivos.....	7
4.1. General.....	7
4.2. Particulares .....	7
5. Área de estudio.....	8
5.1. Descripción del área .....	8
5.2. Reseña Histórica. ....	18
5.3. Estudios Realizados. ....	20
6. Metodología .....	21
6.1. Trabajo en el campo.....	21
6.2. Trabajo en el laboratorio.....	23
6.3. Análisis de los resultados y creación de la cartografía.....	24
7. Resultados.....	25
7.1. Análisis de las muestras.....	30
7.2. Análisis por perfil.....	37
7.3. Descripción de la cartografía edafológica.....	55
8. Discusión .....	65
9. Conclusiones .....	70

10. Bibliografía.....	71
11. Apéndice.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Uso recreativo de la playa.....	5
Figura 5.1. Área de X'cachel, delimitado en verde. ....	8
Figura 5.2. La playa arenosa con depósitos biogénicos. ....	9
Figura 5.3. La depresión rocosa.....	10
Figura 5.4. Cenote principal. ....	10
Figura 5.5. Ubicación del sistema hidrológico Xunaan-Há.....	11
Figura 5.6. Distribución de la vegetación.....	13
Figura 5.7. Palma chit (T. radiata). ....	14
Figura 5.8. Manglares. ....	15
Figura 5.9. Vegetación de duna costera.....	15
Figura 5.10. Coatí (Nasua nasua). ....	16
Figura 5.11. Tortuga blanca (Chelonia mydas).....	17
Figura 5.12. Águila pescadora (Pandion haeliaetus). ....	17
Figura 5.13. Instalaciones del campamento tortuguero. ....	19
Figura 6.1. Ilustración de los transectos que se recorrieron en el área de estudio. ....	21
Figura 6.2. Una calicata. ....	22
Figura 6.3. Las herramientas que se utilizaron en el muestreo. ....	22
Figura 6.4. Recolección de muestra.....	23
Figura 7.1. Distribución de los puntos de muestreo y de verificación con su vegetación asociada. ....	29
Figura 7.2. Ilustrando los transectos que se recorrieron y la ubicación de los puntos de muestreo.....	30
Figura 7.3. Análisis del color del suelo. ....	31
Figura 7.4. Análisis de la textura de las muestras. ....	32
Figura 7.5. Análisis del pH. ....	32

Figura 7.6. Análisis de la Conductividad Eléctrica (C.E.).....	33
Figura 7.7. Análisis de los Carbonatos insolubles (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> -I).....	33
Figura 7.8. Análisis de la Materia orgánica (MO).....	34
Figura 7.9. Análisis de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	34
Figura 7.10. Superficie de la muestra 1.....	37
Figura 7.11. Superficie de la muestra 2.....	38
Figura 7.12. Superficie de la muestra 3.....	40
Figura 7.13. Superficie de la muestra 4.....	41
Figura 7.14. Alrededor de la muestra 5.....	43
Figura 7.15. Superficie de la muestra 6.....	44
Figura 7.16. Alrededor de la muestra 7.....	46
Figura 7.17. Alrededor de la muestra 8.....	47
Figura 7.18. Alrededor de la muestra 9.....	49
Figura 7.19. Alrededor de la muestra 10.....	51
Figura 7.20. Alrededor de la muestra 11.....	52
Figura 7.21. La superficie de la muestra 12.....	53
Figura 7.22. Alrededor de la muestra 13.....	54
Figura 7.23. Grafica de los Valores Canónicos.....	56
Figura 7.24. Grafica de sectores que muestra el porcentaje que cubre cada tipo de suelo.....	57
Figura 7.25. Distribución del suelo con su vegetación asociada.....	64

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 6.1. Las propiedades del suelo analizadas y sus métodos correspondientes. ....	23
Cuadro 7.1. Puntos de muestreo y de verificación con su vegetación asociada. ....	25
Cuadro 7.2. Muestras de cada perfil de los suelos recolectados según su ubicación de extracción en el área de estudio. ....	30
Cuadro 7.3. Nudilithic Leptosol (Eutric). ....	37
Cuadro 7.4. Epileptic Floatic Hemic Folic Histosol (Eutric). ....	39
Cuadro 7.5. Folic Rendzic Leptosol (Eutric). ....	40
Cuadro 7.6. Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic). ....	42
Cuadro 7.7. Folic Hypoluvic Arenosol. ....	43
Cuadro 7.8. Haplic Arenosol. ....	45
Cuadro 7.9. Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic). ....	47
Cuadro 7.10. Haplic Gleysol (Eutric, Arenic). ....	48
Cuadro 7.11. Protic Albic Arenosol (Calcaric). ....	50
Cuadro 7.12. Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric). ....	51
Cuadro 7.13. Gleyic Solonchak. ....	53
Cuadro 7.14. Solonchak. ....	54
Cuadro 7.15. Solonchak. ....	55
Cuadro 7.16. Cobertura total de los suelos. ....	57
Cuadro 7.17. Distribución de la cobertura de los Leptosols. ....	58
Cuadro 7.18. Distribución de la cobertura de los Arenosols. ....	58
Cuadro 7.19. Distribución de la cobertura de los Gleysols. ....	59
Cuadro 8.1. Resumen de la discusión. ....	68
Cuadro 11.1. Datos registrados del muestreo. ....	76
Cuadro 11.2. Resultados del análisis del color. ....	78

Cuadro 11.3. Resultados del análisis de la textura.....	80
Cuadro 11.4. Resultados del análisis del pH y la Conductividad Eléctrica.....	82
Cuadro 11.5. Resultados del análisis de los Carbonatos Insolubles.....	84
Cuadro 11.6. Resultados del análisis de la materia orgánica. ....	86
Cuadro 11.7. Resultados del análisis de la Capacidad de Intercambio Catiónica.....	88

## 1. INTRODUCCIÓN

“Para la mayoría de las personas, el suelo es tan solo el lugar por donde caminan, juegan fútbol, se siembran las cosechas o, simplemente, se asienta su casa. Sin embargo, el suelo es mucho más que eso, es un recurso natural muy valioso, tan importante para la vida en el planeta como la atmósfera o el agua de lluvia” (SEMARNAT, 2008).

En 2014, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró ‘2015, Año Internacional de los Suelos’ y la encargada de implementar esta agenda es la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés). El objetivo es concientizar a la comunidad global que reconozca la importancia del suelo y de porque debe ser prioridad de todos la necesidad de su conservación y preservación a través de eficientes y mejores prácticas para la seguridad alimentaria y las funciones ecosistémicas esenciales (FAO, 2015).

El suelo sostiene la biodiversidad del planeta y albergan una cuarta parte de la misma (FAO, 2015), provee recursos para el consumo humano y brinda soporte para la infraestructura; filtra el agua de las sustancias tóxicas que pudieran penetrar a las aguas subterráneas y al mismo tiempo lo almacena y mejora la resiliencia ante inundaciones y sequias; mitiga y se adapta al cambio climático por su habilidad de secuestrar el carbono que se emita a la atmósfera (FAO, 2014). El tipo de suelo junto con el clima puede determinar el tipo de vegetación y las relaciones que existen entre ellos contribuyen a definir la biodiversidad de un área (SEMARNAT, 2009).

En el WRB 2007 (Base Referencial Mundial del recurso suelo), FAO define el suelo como cualquier material dentro de los 2m de la superficie de la Tierra que este en contacto con la atmosfera, con la exclusión de organismos vivos, áreas con hielo continuo que no estén cubiertas por otro material, y cuerpos de agua más profundos que 2m<sup>2</sup> (FAO, 2007). Es un recurso natural no renovable debido a que puede tardar hasta 1000 años para formar 1cm de suelo (FAO, 2015). Es un sistema complejo y dinámico que posee un proceso de formación a través de las influencias de cinco factores naturales que son la roca madre, el relieve, el clima, la materia orgánica, el tiempo y en las últimas décadas también el factor humano (SEMARNAT, 2006).

Caracterizar la cobertura terrestre, el uso del suelo de un área, así como sus cambios espaciales y temporales en relación con las actividades humanas, es fundamental para

## Introducción

---

entender y predecir la dinámica de los componentes del paisaje. Además, proporciona un marco de referencia para el estudio de la sucesión y la dinámica de los ecosistemas, así como para el diseño de políticas y estrategias de planificación, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales (Ojima, et al., 1994).

El objetivo de la investigación fue identificar y caracterizar los suelos presentes en el área natural protegida de X'cachel -X'cachelito.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las áreas naturales protegidas (ANP), según la LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente), son zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde el paisaje original no ha sido alterado por actividades antropogénicas. Los ANPs son reconocidos por sus valores ecológicos y culturales, lo cual los convierte en herramientas importantes para la gestión de especies y ecosistemas, ya que se pueden aprovechar los bienes y servicios proporcionados.

X'cachel - X'cachelito fue declarado ANP por ser una área que presenta la mayor cantidad de anidaciones de las tortugas marinas, *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*, las cuales están en peligro de extinción según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y la norma mexicana-059 (DOF, 2010), en comparación a las demás playas a lo largo de la zona costera Quintanarroense. Este hecho lo hace de valor incalculable en el aspecto ecológico y económico del medio ambiente y la comunidad humana.

El ANP nos da la oportunidad de establecer las características que tienen los procesos de formación de suelos en los espacios costeros del Estado y la vegetación asociada a ellos, desde los espacios costeros con mayor influencia marina hasta los suelos ya parcialmente establecidos en el interior y que son sustrato de manglares, humedales y selvas, sobre los cuales hay pocos estudios.

Debido a los diversos factores tanto naturales como antrópicos que influyen a través de los años, fue importante realizar una actualización de las características de suelo del área presentes en X'cachel - X'cachelito.

La primera y última vez que se realizó un estudio de suelo en esta área fue en el año 1998. Los diferentes factores que influyen en el tipo de suelo como el clima, materia orgánica y propiedades fisicoquímicas, permiten que el suelo tenga una propiedad dinámica, sin duda estos factores han ocasionado algunos cambios estos últimos diecisiete años, además todo programa de manejo debe estar en constante revisión y actualización.

Con respecto a este último punto, el método de clasificación utilizado anteriormente se basó en el sistema de clasificación del suelo FAO-UNESCO de 1983. De ese entonces hasta ahora se ha desarrollado un sistema de clasificación internacional denominado World Referencial Base of Soil (WRB).

## Justificación

---

Con la primera versión de la WRB publicada en 1999, el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) elaboró la cartografía correspondiente a escala 1:250000 de todo el país, sin embargo, por un lado esta escala de trabajo fue muy pequeña para poder describir las características de la zona y por otro lado se tiene una actualización de este sistema de clasificación que se publicó en el 2007.

En este estudio, se identificaron los diversos tipos de suelos presentes en el área trabajando a una escala 1:5000, se actualizó la nomenclatura de los suelos de acuerdo al sistema de clasificación (WRB 2007), para lo cual se hicieron muestreos y análisis de suelos pertinentes siguiendo los métodos establecidos en la NOM-021-RECNAT-2000.

Este nuevo sistema de clasificación del suelo nos permitió y facilitó el intercambio de información de suelos a nivel nacional e internacional y la información será útil para futuras investigaciones relacionadas al área para su protección y conservación y sobre todo una base importante para elaborar los criterios y estrategias de manejo del área y su zona de influencia inmediata.

En particular, un mejor y más profundo conocimiento del recurso suelo en los predios de la Universidad y en especial al interior del ANP, nos permitió entender de mejor manera su dinámica para establecer estrategias de manejo de los mismos, pero además, nos permitió entender la relación que tienen estos suelos y sus características con la dinámica de las playas hacia la porción marina y por tanto la relación que guardan con las características que han hecho de X'cacel un sitio adecuado para la anidación de al menos dos especies de tortugas marinas, ambas protegidas por las leyes mexicanas (NOM-059-SEMARNAT-2010).

En cuanto a la cobertura vegetal asociada a los suelos, fue importante establecer al menos de manera genérica su composición por cuanto la diversidad de suelos reportada en otros trabajos como el de Prezas (1996), no coincide totalmente con la riqueza vegetal que el mismo documento describe, por ello, junto a la caracterización de suelos en el área de estudio, se reportó la vegetación asociada a ellos.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Quintana Roo es uno de los estados del país con mayor cantidad de áreas naturales protegidas, cuya función principal es la conservación de los recursos naturales presentes en ellas.

El ANP X'cacel - X'cacelito cumple una función importante como refugio de flora y fauna en el área costera de Quintana Roo; y al mismo tiempo, sirve como un espacio recreativo para las comunidades aledañas (Figura 3.1). Por tanto, el ANP se encuentra en un área susceptible a la degradación provocada por la presión generada del desarrollo turístico de la zona de la Riviera Maya lo cual se ha concentrado en dicha área, y por fenómenos naturales causados por el cambio climático.

Las presiones detectadas en la forma de extracción ilegal de fauna y vegetación, acumulación de residuos sólidos, el incremento en la producción de aguas residuales producidos por los visitantes, el incremento de los asentamientos humanos a su alrededor y las actividades económicas de los mismos son solo algunos ejemplos de los problemas que enfrenta actualmente, que han hecho evidente la necesidad de actualizar la información concerniente tanto a sus aspectos ambientales como a los relacionados con el entorno en el cual se encuentra y finalmente una evaluación de la influencia de estos factores en la salud del ANP, por ello la necesidad de caracterizar y actualizar su plan de manejo para poder hacer un uso racional y una más eficiente conservación de los recursos en dicha zona.



Figura 3.1. Uso recreativo de la playa.

## Planteamiento del problema

---

Este trabajo formo parte del proyecto: “Actualización de las condiciones socio-ecológicas del área natural protegida X’cachel - X’cachelito y su área inmediata de influencia”, que se elaboró por los profesores del Cuerpo Académico de Ordenamiento Territorial y Ecología Aplicada (CAOTEA) de la Universidad de Quintana Roo durante 2013-2014.

Entre los objetivos de este proyecto, se encuentra actualizar la clasificación y analizar los cambios en las características del suelo y la vegetación, ocasionado por algún impacto natural y/o antrópico desde que fue decretado el Santuario de la Tortuga Marina, X’cachel - X’cachelito. Este estudio se elaboró especialmente porque se requiere mantener la biodiversidad del área que permita las condiciones adecuadas para la anidación de las tortugas marinas, Caguama (*Caretta caretta*) y Blanca (*Chelonia mydas*).

La información generada en este trabajo, permitió definir el uso apropiado del suelo, lo cual es un insumo importante para la actualización del programa de manejo del Santuario de la Tortuga Marina, X’cachel - X’cachelito y de los predios de la Universidad de Quintana Roo en los que se encuentra esta ANP.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. General

Identificar y caracterizar los suelos en el área natural protegida de X'cachel – X'cachelito.

### 4.2. Particulares

- Clasificar y caracterizar los tipos de suelos hallados con base a la nomenclatura de la Base Referencial Mundial (WRB 2007) mediante los métodos establecidos en la NOM-021-RENCAT-2000.
- Identificar y asociar los tipos de vegetación con los tipos de suelo.
- Determinar el uso de suelo y verificar su cumplimiento con respecto al Programa de Manejo X'cachel –X'cachelito.
- Proponer recomendaciones para el manejo adecuado de los suelos del Santuario X'cachel – X'cachelito y evitar su degradación.

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

### 5.1. Descripción del área

#### 5.1.1. Ubicación.

El trabajo se realizó en los predios pertenecientes a la Universidad de Quintana Roo (UQROO), en el área de X'cacel, ubicados en la costa oriental del estado de Quintana Roo, en el municipio de Tulum entre las coordenadas geográficas de 20°20'39.31" y 20°19'31.49" de latitud norte y 87°21'1.13" y 87°21'40.53" de longitud oeste. El área X'cacel posee dos ensenadas llamadas X'cacel - X'cacelito (Figura 5.1) y es donde se encuentra el ANP, Santuario de la Tortuga Marina X'cacel - X'cacelito. Se estima que el área de X'cacel tiene una superficie aproximada de 156 ha en la parte terrestre y los predios de la UQROO tienen un superficie aproximada de 90.3 has (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998).

El ANP se encuentra entre las coordenadas geográficas de 20°19'34" y 20°20'35" de latitud norte y entre 87°20'24" y 87°21'36" de longitud oeste (Prezas H., 1996). El ANP se delimita al norte con la playa de Chemuyil, al sur con el parque natural Xel-Ha, al este con el Mar Caribe y al oeste con la carretera federal 307. Por decreto, el ANP tiene una parte protegida terrestre y una marina que son de 34.7 ha y 327.4 ha respectivamente; por lo tanto, se tiene una superficie total de 362.1 ha protegidas (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998).

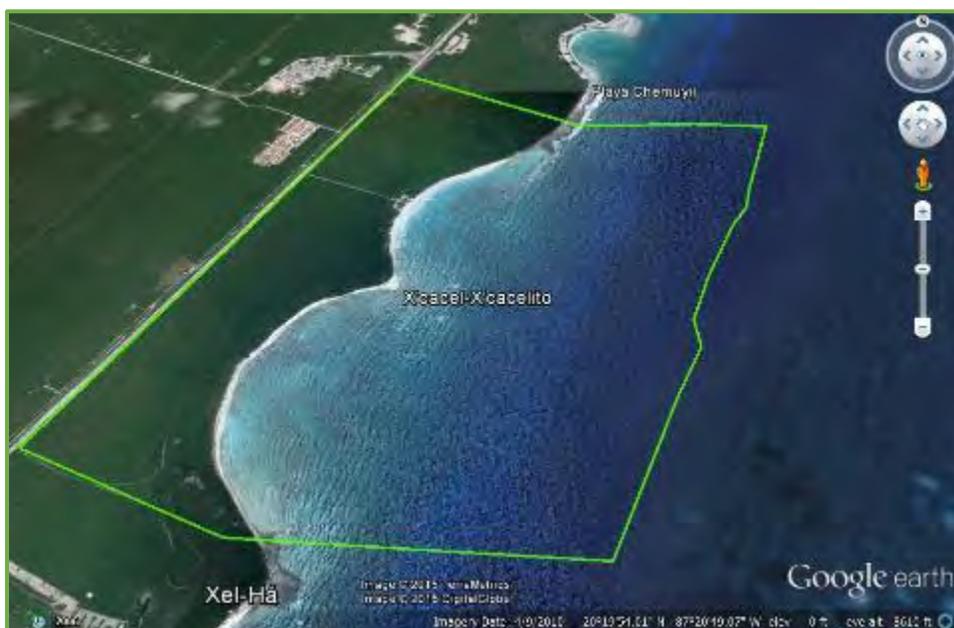


Figura 5.1. Área de X'cacel, delimitado en verde.

## 5.1.2. Características físicas.

### 5.1.2.1. Geomorfología.

El área de X'cacel se encuentra sobre rocas calcáreas sedimentarias del terciario superior. Por la interacción del clima, el relieve es kárstico, plano, con una ligera elevación y ondulaciones que tienden a formar zonas de inundación durante la época de lluvias. Entre la características kársticas, se encuentran 4 cenotes, que fueron creados por el efecto del agua de lluvia que cuando se filtra por el suelo, se vuelve ligeramente acida y reacciona con la roca caliza, estos cenotes junto al río subterráneo, pertenecen al sistema hidrológico de Xunaan - Há (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998) (Pozo, et al., 2011).

#### 5.1.2.1.1. Topoformas.

Hay 11 tipos de topoformas que se encuentran en el área. Las topoformas que se presentan más a lo largo del área es la plataforma kárstica, la duna arenosa y las playas arenosas. Las topoformas que se pueden distinguir son: la depresión rocosa la cual se encuentra en el punto norte de X'cacel, la playa arenosa con depósitos biogénicos la cual se encuentra en el punto entre X'cacel y X'cacelito (Figura 5.2), y los escalones pedregosos acumulativos los cuales son las rocas que se encuentran por la playa. Las topoformas que se encuentran en los puntos más bajos son las depresiones rocosas (Figura 5.3), las crestas geológicas bajas y los bajos inundables con basamento fracturado; y el opuesto, la que se encuentra en la más alta es la cresta geológica alta. Las otras topoformas que hay en el área son: la cresta geológica media y el escalonamiento de la plataforma kárstica (Pozo, et al., 2011).



Figura 5.2. La playa arenosa con depósitos biogénicos.



Figura 5.3. La depresión rocosa.

#### 5.1.2.2. Hidrología.

Debido a la característica del paisaje de X'cachel, el agua de lluvia se filtra fácilmente por el perfil delgado del suelo formando los ríos subterráneos. Esta corriente de agua subterránea alimenta a los cuatro cenotes (Figura 5.4) y forma parte del sistema hidrológico Xunaan-Há (Figura 5.5) el cual fluye desde el noroeste al sureste y aflora en la punta rocosa que divide las ensenadas de X'cachel con X'cachelito. Este mismo sistema hidrológico aporta agua dulce dentro de la laguna arrecifal por los muchos afloramientos que se encuentran ahí mismo (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998) (Pozo, et al., 2011).



Figura 5.4. Cenote principal.

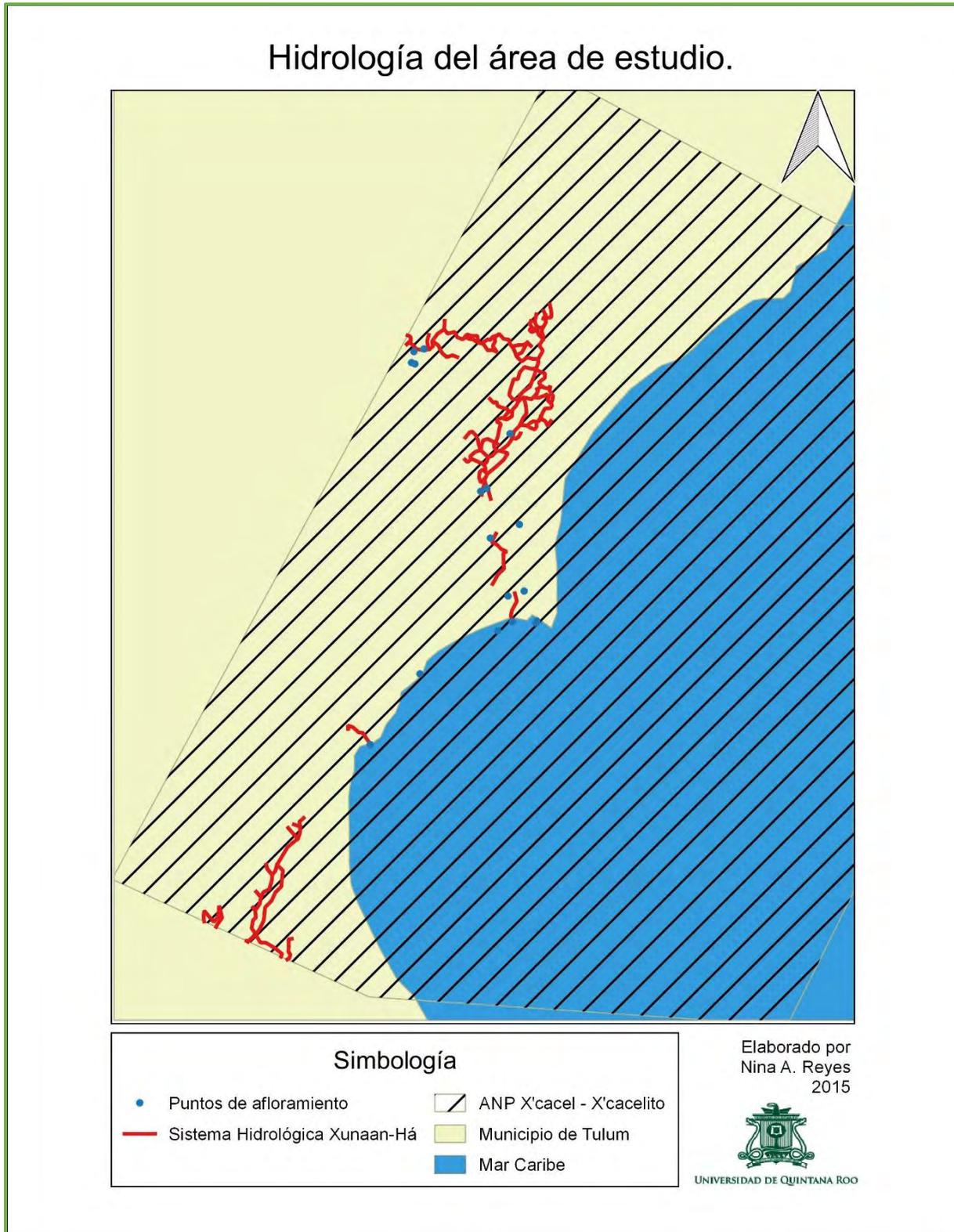


Figura 5.5. Ubicación del sistema hidrológico Xunaan-Há.

### 5.1.2.3. Climatología.

El clima de X'cachel es Cálido subhúmedo con lluvias en verano,  $Aw_2(x_1)$  según la clasificación climática de Köppen modificado por García (1973). Para el año 2014, el estado de Quintana Roo tenía una temperatura media anual de 27.3 °C, la temperatura máxima promedio anual fue de 32.2 °C, el mes más caluroso fue agosto con una temperatura máxima de 35.3 °C, la temperatura mínima promedio anual fue de 22.5 °C, el mes más frío fue enero con la temperatura mínima de 18.3 °C. La precipitación media anual del estado fue alrededor de 1358.3mm, el mes más seco fue febrero con 34.9mm y el mes más lluvioso fue Octubre con 271.7mm (INEGI, 2015) (CONAGUA, 2015).

#### 5.1.2.3.1. Huracanes.

X'cachel se encuentra ubicado dentro de la trayectoria que sigue la mayoría de las tormentas tropicales y ciclones que se originan en el Atlántico. La temporada de huracán es del 1 de junio al 30 de noviembre. Desde que se declaró X'cachel como ANP, ha habido cuatro depresiones tropicales, nueve tormentas tropicales y cuatro huracanes que han tocado tierra en el estado en un periodo de 1999 a 2011. De estos, el más fuerte fue Dean, categoría 5 (según la escala de Saffir Simpson) con vientos de 260km/h, el cual toco tierra en Puerto Bravo en 2007. Aunque ninguno ha tocado tierra del ANP, el área está expuesta a los vientos, que tienen un gran impacto en las playas arenosas y la vegetación (CONAGUA, 2015).

### 5.1.3. Características biológicas.

#### 5.1.3.1. Vegetación.

Según (Prezas H., 1996) hay nueve tipos de vegetación en el ANP (Figura 5.6) las cuales son: vegetación de duna costera, matorrales, comunidades de manglar, selva baja subperennifolia, selva baja subcaducifolia, selva baja costera, selva baja perturbada, palmares, y selvas secundarias.

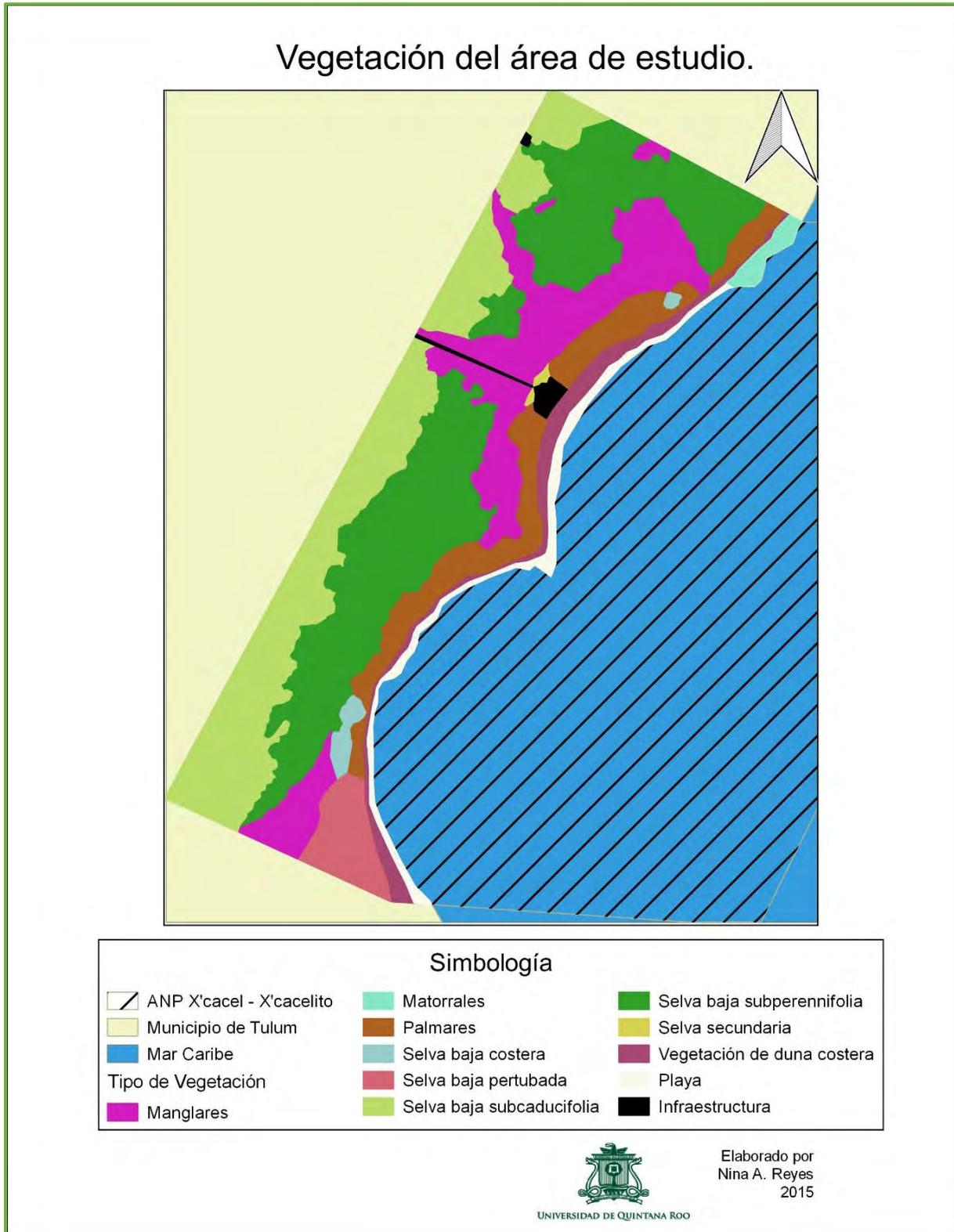


Figura 5.6. Distribución de la vegetación.

## Área de estudio

En la selva baja subcaducifolia y subperennifolia se presenta una dominancia de la palma chit (*Thrinax radiata*) (Figura 5.7), la palma kuká (*Pseudophoenix sargentii*) y la palma despeinada (*Beaucarnea pliabilis*); éstas están clasificadas como especies amenazadas en la norma oficial mexicana-059 (DOF, 2010). Adicionalmente están las especies: chechen (*Metopium brownei*), jabín (*Piscidia piscipula*), chaca (*Bursera simaruba*), chicozapote (*Manilkara zapota*), akits (*Thevetia gaumeri*), escobillo de monte (*Coccoloba diversifolia*) y otros más. Este tipo de vegetación se distribuye por todo el lado de la carretera hasta mediados del área hacia la playa; (Alvarado Padilla, 2003).



Figura 5.7. Palma chit (*T. radiata*).

Inmediatamente después de la selva baja se encuentran las comunidades de manglar (Figura 5.8), distribuyéndose en manchones entre partes de la selva baja, en ambos límites del área. De los manglares, existen las cuatro especies en el área, las cuales son mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), botoncillo (*Conocarpus erectus*) y el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Las cuatro especies están sujetas a protección especial de acuerdo a la norma oficial mexicana-059, porque podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, lo que determinaría la necesidad de propiciar su recuperación y conservación (DOF, 2010).



Figura 5.8. Manglares.

Luego, por la playa, se distribuyen la vegetación de duna costera (Figura 5.9), los matorrales y los palmares. El matorral está compuesto de especies arbustivas y arbóreas que miden de ocho a diez metros de altura; entre las especies que dominan, se encuentran la palma chit (*T. radiata*), la uva de playa (*Coccoloba uvifera*) y la riñonina (*Ipomea pescaprae*). La vegetación de las duna está dominada por el frijol de playa (*Canavalia rosea*), la riñonina (*Ipomoea pescaprae*), el cadillo (*Cenchrus incertus*), y muchos más (Alvarado Padilla, 2003) (UQROO, 1998).



Figura 5.9. Vegetación de duna costera.

### 5.1.3.2. Fauna.

En X'cacel, es difícil listar todas las especies de fauna debido a los pocos estudios que se han realizado ahí mismo. Sin embargo, con los estudios de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y de observaciones reportadas por las comunidades alrededores, se puede deducir la idea de las especies que habitan en el área. La mayoría de las especies en algún estatus de protección o de conservación se encuentran asociado con la selva baja y el mangle. Las especies más abundantes son las aves, seguida por los reptiles, mamíferos y anfibios (UQROO, 1998).

#### 5.1.3.2.1. Mamíferos

Entre los mamíferos, se ha reportado el mapache (*Procyon lotor*), el jaguar (*Panthera onca*), el coatí (*Nasua nasua*) (Figura 5.10), el sereque (*Dasyprocta punctata*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), y el zorrillo (*Conepatus semistriatus*) (UQROO, 1998) (Alvarado Padilla, 2003). El zorrillo y el jaguar se encuentran en la lista de protección según la NOM-059, y están clasificadas como amenazada y en peligro de extinción respectivamente (DOF, 2010).



Figura 5.10. Coatí (*Nasua nasua*).

#### 5.1.3.2.2. Reptiles

Entre los reptiles observados, la mayoría son las tortugas marinas caguama (*Caretta caretta*) y blanca (*Chelonia mydas*) (Figura 5.11), las cuales son la razón de porque declararon el área un santuario. Ambas especies están en el apéndice 1 de CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) y bajo la categoría de peligro de extinción según la NOM-059. También se ha visto la tortuga de pantano (*Rhinoclemmys areolata*) y la boa (*Boa constrictor*) las cuales están categorizadas como amenazada y el

cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*) la cual está sujeta a la protección especial. Luego las lagartijas como la lagartija endémica (*Sceloporus cozumelae*) la cual se encuentra en protección especial (DOF, 2010) (UQROO, 1998).



Figura 5.11. Tortuga blanca (*Chelonia mydas*).

#### 5.1.3.2.3. Aves

Se ha reportado un mayor número de avistamientos de aves durante el día y por la costa. El ave que se ve más es la fragata (*Fragata magnificens*), luego el pelicano café (*Pelicanus occidentalis*), el águila pescadora (*Pandion haeliaetus*) (Figura 5.12) y el aguililla negra (*Buteogallus anthracinus*) la cual está en la categoría de protección especial según la NOM-059 (UQROO, 1998).



Figura 5.12. Águila pescadora (*Pandion haeliaetus*).

## 5.2. Reseña Histórica.

### 5.2.1. Área naturales protegidas.

El primer programa de conservación y protección en México inicia formalmente en 1876 en el Desierto de los Leones, cuya función era conservar los manantiales que proveen agua a la Ciudad de México y en 1917 se decreta como el primer Parque Nacional. Sin embargo, México fracasa en realizar políticas públicas claras y eficientes para la conservación de ecosistemas y su biodiversidad (CONANP, 2011).

No es hasta en los años setentas en donde se empieza a tomar con importancia el concepto de la conservación, enfocado a los aspectos de biodiversidad, servicios ecológicos, y la incorporación de la comunidad humana. Este cambio en actitud surge después de la destrucción de los ecosistemas en todo el país (como el de la destrucción de las selvas por las actividades pecuarias) y el efecto negativo sobre los residentes de dichas áreas afectadas, quienes merecían niveles dignos de bienestar. Además de que estos sitios podían aportar sus servicios ecológicos (CONANP, 2011).

Posteriormente se reúnen varios grupos académicos importantes y con un gran esfuerzo social, se reactiva la creación de áreas naturales protegidas. Esto resulta en la primera institucionalización de la gestión ambiental en lo general y la de la conservación ecológica en lo particular en los años noventa (CONANP, 2011).

Pero es en la cumbre de la Tierra de 1992 en donde México, en el ámbito internacional, realmente se compromete en hacer efectivas las políticas del ANP y ésta sigue siendo la política que hoy vive México (CONANP, 2011).

### 5.2.2. X'cacel – X'cacelito.

El área denominada X'cacel - X'cacelito fue decretada como área natural protegida de carácter estatal en 1998 con la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, Santuario de la Tortuga Marina, con una superficie de 362.10 ha que va desde la isobata de los 60 m en el mar hasta 100 m tierra adentro a partir de la línea de marea alta (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998).

Desde 1982, han habido actividades de protección e investigación de tortugas marinas en varias playas de la costa de Quintana Roo, incluyendo X'cacel, por parte del Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). Desde 1987 se recopiló información de la anidación de las tortugas marinas y se elaboró una base de datos. En el Programa de ordenamiento ecológico territorial de la región denominada corredor Cancún - Tulum, publicado en 2001, el

área de X'cacel queda como una zona apta para la protección ecológica dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) An55 que incluye el área natural protegida, el resto del predio de la UQROO (área de estudio) queda incluido dentro de la UGA Cn57 (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2001) (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998).

A partir de 1995, el CIQRO concluye sus operaciones y en su lugar el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) abre una sede en Chetumal, la cual junto con personal del parque XCARET se encargan de las actividades de manejo del campamento tortuguero en X'cacel (Figura 5.13), autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Por la importancia que representa para la anidación de las tortugas marinas, en febrero de 1998 se publica en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo el decreto por el cual se declara Área Natural Protegida con la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica "Santuario de la Tortuga Marina X'cacel - X'cacelito" (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998).

Posteriormente, en abril de 2000, la Universidad de Quintana Roo se encarga de elaborar el Programa de Manejo para el área natural protegida.

En el año 2002, la Asociación Civil Flora Fauna y Cultura de México se encarga del Programa de Protección y Conservación de las tortugas marinas en el litoral central de Quintana Roo. En 2004, el área de X'cacel fue declarado como un sitio Ramsar<sup>1</sup> (CONANP, 2008).



Figura 5.13. Instalaciones del campamento tortuguero.

---

<sup>1</sup> La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, llamada la Convención de Ramsar, es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos (RAMSAR, 2014).

### 5.3. Estudios Realizados.

#### 5.3.1. Primer estudio de los suelos en el ANP y las áreas inmediatas.

En 1998, se elaboraron los primeros estudios sobre el tipo de suelo y vegetación asociada en el área X'cachel - X'cachelito. Se identificaron cuatro tipos de suelo: Regosoles cálcicos, Gleysoles, Rendzinas y Litosoles, su clasificación fue de acuerdo al sistema FAO/UNESCO (UQROO, 1998) (Prezas H., 1996). Igualmente se identificó su respectivo tipo de vegetación asociado.

El informe indica que los Regosoles cálcicos son los suelos que forman las playas arenosas de X'cachel - X'cachelito. Estos tipos de suelo se encuentran en el cordón litoral, y la vegetación que se desarrolla en ellos normalmente es de duna costera y matorral costero. Entre la vegetación que se encuentra en los Regosoles cálcicos, está la uva de playa (*Coccoloba uvifera*) y la palma chit (*Thrinax radiata*), la cual es considerada como una especie amenazada según la norma oficial mexicana, 059 (DOF, 2010).

Los Gleysoles vérticos, cálcicos y eútricos son suelos que suelen inundarse durante épocas de lluvia. Son suelos arcillosos cuyos pH varía poco, debido a la influencia de las sales disueltas que proporciona la cercanía del mar. Estos suelos se encuentran después de los suelos Regosoles cálcicos (de las playas arenosas), y es ahí donde se desarrollan las comunidades de manglar y combinaciones con algunas epifitas, helechos y especies de selva baja inundable (UQROO, 1998).

Por último están las Rendzinas y Litosoles que se encuentran hacia el interior del estado por la carretera federal 307. Estos suelos tienen un color marrón oscuro y características de un pH ligeramente alcalino. Son suelos con poca profundidad, lo cual favorece un sistema de drenaje eficiente. En estos suelos, se desarrolla la selva baja subcaducifolia, con especies como el chechen (*Metopium brownei*), el jabín (*Piscidia piscipula*), etc. (ECORED, 2000).

#### 5.3.2. Análisis de la relación entre el tamaño del grano de arena y la selección del sitio de anidación de las tortugas marina en las playas de X'cachel – X'cachelito.

En 2008, se realizó un análisis sobre la relación de la granulometría de la arena con la selección de los sitios de anidación de las tortugas marinas Caguama y Blanca en las playa de X'cachel - X'cachelito, elaborado por profesores de la UQROO y ECOSUR. Se halló que aun cuando no hay mucha diferencia en la distribución del tamaño de grano en la playa, las tortugas marinas prefieren anidar en sitios donde los tamaños de los granos están entre las 250 a 710 micras (Prezas H., et al., 2008)

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Trabajo en el campo.

La primera parte de este trabajo consistió en un trabajo de campo, en donde se definieron las distintas áreas representativas del área de estudio. A pesar de que el área terrestre de X'cachel es casi plano, la composición actual de la vegetación y del suelo observado son heterogéneos. La composición vegetal del área está representada por manglar, selva baja, duna costera y de otros tipos de vegetaciones con menor dominancia; por lo tanto, se hizo un muestreo estratificado recorriendo 3 transectos a lo largo del área, desde el oeste al este, entre la carretera federal 307 y la línea de la costa (Figura 6.1). El muestreo se realizó de la mejor manera posible para no dañar el ecosistema; por esta razón, el muestreo se inició en el primer transecto en el sur del área ya que existe un sendero aclarado. El segundo transecto se realizó en el centro del área, donde se encuentra el camino a la entrada del ANP, y por último, se concluyó en el tercer transecto en el norte del área.



Figura 6.1. Ilustración de los transectos que se recorrieron en el área de estudio.

A lo largo de los transectos, se excavaron calicatas para extraer una muestra de suelo representativa de los sitios donde existió un cambio en el tipo de vegetación o en las características de los suelos. Las calicatas (Figura 6.2), también llamados pozos pedológicos, es un medio disponible que permite observar el perfil del suelo (FAO, 2010).



Figura 6.2. Una calicata.

Antes de excavar la calicata, se utilizó un GPS, marca GARMIN para registrar las coordenadas geográficas del punto de muestreo; y luego se utilizaron picos y palas para excavar la calicata (Figura 6.3).



Figura 6.3. Las herramientas que se utilizaron en el muestreo.

De cada calicata se observó y se tomó fotos de los horizontes que presenta el perfil del suelo (en algunos puntos de muestreo, solamente se pudieron observar los perfiles dentro los 10 cm). Después de observar el perfil del suelo y registrar los datos importantes, tales como la profundidad del perfil, los horizontes que lo componen y el tipo de vegetación ubicado en el área de la muestra, se hizo la extracción de muestra (alrededor de 500 g) de cada horizonte y se almacenaron en bolsas negras etiquetados con el número de muestra (Figura 6.4) para luego realizar un análisis ex situ en el laboratorio.

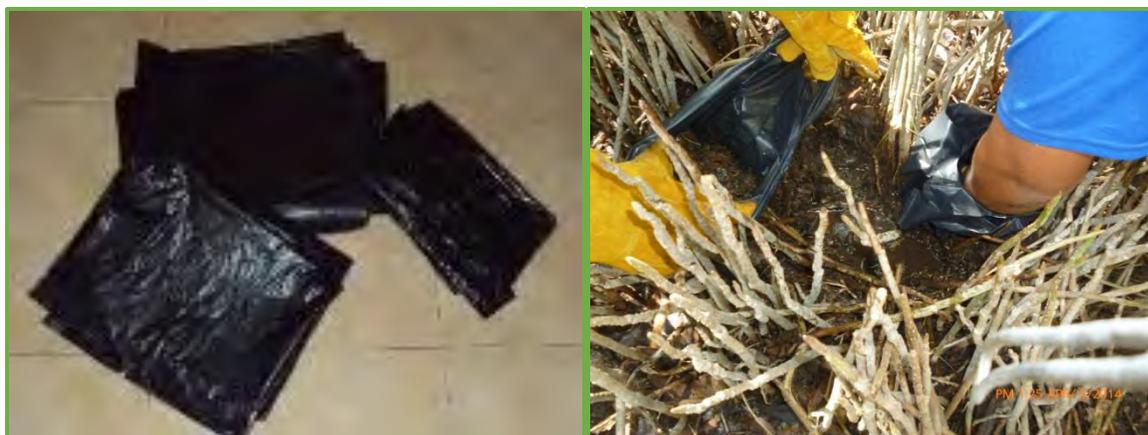


Figura 6.4. Recolección de muestra.

Además de registrar puntos de muestreo, se registraron puntos de verificación, los cuales son puntos de los sitios en donde se observó una característica o criterio similar a lo que ya se había presentado. Por tanto, hubo más puntos de muestreo en el transecto del sur ya que fue ahí donde se inició el muestreo. En total, se logró estudiar 34 puntos; 21 fueron de verificación y 13 fueron de muestreo. De los puntos de muestreo, 7 puntos del sur, 2 puntos del centro y 4 del norte.

## 6.2. Trabajo en el laboratorio.

La segunda parte del trabajo consistió en el análisis en laboratorio de las muestras obtenidas, lo cual sirvió para determinar las propiedades físico-químicas de las muestras y posteriormente, obtener la caracterización y nomenclatura de los suelos presentes en X'cacel. Esto fue posible mediante las metodologías establecidas en la NOM-021-RECNAT-2000. Los análisis que se realizaron aparecen en el Cuadro 6.1.

Cuadro 6.1. Las propiedades del suelo analizadas y sus métodos correspondientes.

Propiedad física/ química:	Método
Color	Cartas de Munsell
Textura	Bouyoucas
pH	Extractos obtenidos de una mezcla de suelo: agua 1:5
Conductividad eléctrica	Extracto de saturación y extractos obtenidos de una mezcla de suelo: agua 1:5

<b>Carbonatos Insolubles</b>	A través de un método cuantitativo/ procedimiento de Piper (1942)
<b>Materia orgánica</b>	Walkey y Black
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico</b>	Capacidad de intercambio catiónico con acetato de amonio

### 6.3. Análisis de los resultados y creación de la cartografía.

La tercera parte del trabajo fue identificar los tipos de suelos, lo cual se logró revisando la WRB 2007. Con la identificación de los suelos, se generó la cartografía edafológica de todo X'cachel utilizando varios programas de sistemas de información geográficas (SIG), programas informáticos y programas estadísticos, con el fin de demostrar la distribución de los suelos presentes para luego poder proponer recomendaciones para un manejo adecuado y eficiente de los suelos en el área.

El primer paso fue grabar los puntos de muestreo y de verificación al programa informático de GOOGLE EARTH para luego convertirlos a archivos shapes y pasarlos al programa de Quantum GIS (qgis). Luego, se recopiló los archivos shapes que contiene el área de la península de Yucatán y se creó un nuevo archivo shape que muestra en particular el área de X'cachel.

Aparte de los puntos de los nombres de suelos ya hallados y el área, se necesitó elementos que representan las características del área para elaborar la cartografía como la vegetación, la elevación, la hidrología, etc.

Por ello se tuvieron que crear archivos propios: 1) se creó el archivo shape de la vegetación en base a una figura creada por Prezas (1996), utilizando google earth; 2) se creó la hidrología por convirtiendo un archivo de AutoCAD a un archivo shape en qgis; y, 3) se obtuvo los archivos shapes de la elevación del área y de las topofomas. El tercer paso fue ensamblar todos los factores y correr un análisis estadístico de agrupamiento con objetivo de juntar los factores que tienen una correlación entre sí y luego asignar los suelos a las respectivas áreas, utilizando el SYSTAT. Con eso, se creó la cartografía de los suelos de X'cachel.

## 7. RESULTADOS

En total, se estudiaron 34 puntos según el tipo de vegetación y de los cambios que hay en las características del suelo; 21 fueron de verificación y 13 fueron de las muestras de diferentes perfiles de suelo (Cuadro 7.1). Se extrajeron 7 muestras en el sur, 2 muestras en el centro, y 4 muestras de suelos en el norte. Hubo más puntos de muestreo en el sur ya que éste fue el transecto en donde se inició el muestreo; la mayoría de los puntos en el norte solo eran para verificar si existían los tipos de suelo ya muestreados (Figura 7.1).

Cuadro 7.1. Puntos de muestreo y de verificación con su vegetación asociada.

No.	Coordenadas geográficas	Punto de muestreo/ verificación	Nombre del suelo	Tipo de vegetación asociado (según Rzedowski).
1	20° 19' 46.6"N 87° 21' 31.7"W	Punto de muestra	Nudilithic Leptosol (Eutric)	Selva baja subcaducifolia
2	20° 19' 46.5N 87° 21' 32.3"W	Punto de verificación	Leptosol	Selva baja subcaducifolia
3	20° 19' 47.1"N 87° 21' 26.1"W	Punto de muestreo	Epileptic Floatic Hemic Folic Histosol (Eutric)	Selva baja subperennifolia con dominancia de <i>Thrinax radiata</i>
4	20° 19' 47.3"N 87° 21' 24.3"W	Punto de muestreo	Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	Selva baja subperennifolia
5	20° 19' 47.1"N 87° 21' 22.4"W	Punto de verificación	Lithic Leptosol	Selva baja subperennifolia
6	20° 19' 47.2"N 87° 21' 21"W	Punto de muestra	Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)	Selva baja subperennifolia con dominancia de <i>Thrinax radiata</i>

Resultados

7	20° 19' 47.6"N 87° 21' 16.6"W	Punto de verificación	Haplic Arenosol	Palmares
8	20° 19' 47.2"N 87° 21' 16.7"W	Punto de muestra	Folic Hypoluvic Arenosol	Palmares con la asociación de <i>Conocarpus erectus</i>
9	20° 19' 47.6"N 87° 21' 16"W	Punto de muestra	Haplic Arenosol	Palmares
10	20° 19' 35.3"N 87° 21' 22"W	Punto de muestra	Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic)	Manglares con dominancia de <i>Avicennia germinans</i>
11	20° 20' 23.8"N 87° 21' 7.5"W	Punto de muestra	Haplic Gleysol (Eutric, Arenic)	Selva baja subcaducifolia con la asociación de <i>Rhizophora mangle</i>
12	20° 20' 19.9"N 87° 20' 56"W	Punto de verificación	Regosol	Selva Secundaria
13	20° 20' 20.3"N 87° 20' 52.4"W	Punto de muestra	Protic Albic Arenosol (Calcaric)	Vegetación de duna costera
14	20° 20' 27.4"N 87° 21' 7.4"W	Punto de verificación	Skeletal Leptosol	Selva baja subcaducifolia
15	20° 20' 27.7"N 87° 21' 7"W	Punto de verificación	Lithic Leptosol	Selva baja subcaducifolia
16	20° 20' 36.3"N 87° 21' 3.4"W	Punto de verificación	Leptosol	Selva baja subcaducifolia
17	20° 20' 36.95"N 87° 20' 58.9"W	Punto de verificación	Leptosol	Selva baja subperennifolia con la asociación de <i>Rhizophora mangle</i>

<b>18</b>	20° 20' 32.55"N 87° 20' 53.7"W	Punto de verificación	Gleysol	Selva baja subperennifolia
<b>19</b>	20° 20' 31.5"N 87° 20' 53.8"W	Punto de verificación	Leptosol	Selva baja subperennifolia
<b>20</b>	20° 20' 28.1"N 87° 20' 47.4"W	Punto de verificación	Solonchak	Manglar mosaico
<b>21</b>	20° 20' 28"N 87° 20' 46.3"W	Punto de muestra	Solonchak	Manglar mosaico
<b>22</b>	20° 20' 27.9"N 87° 20' 45.5"W	Punto de muestra	Gleyic Solonchak	Palmar con presencia de <i>Conocarpus erectus</i>
<b>23</b>	20° 20' 28"N 87° 20' 45.2"W	Punto de verificación	Arenosol	Palmares
<b>24</b>	20° 20' 26.3"N 87° 20' 43.9"W	Punto de verificación	Arenosol	Palmares
<b>25</b>	20°20'31.20"N 87°20'53.30"W	Punto de verificación	Leptosol	Selva baja subperennifolia
<b>26</b>	20°20'29.50"N 87°20'49.80"W	Punto de muestra	Solonchak	Manglar mosaico
<b>27</b>	20°20'31.20"N 87°20'35.80"W	Punto de verificación	Leptosol	Manglar mosaico
<b>28</b>	20°20'31.80"N 87°20'36.30"W	Punto de muestra	Mollic Salic Folic Leptosol (Eutric)	Manglar mosaico
<b>29</b>	20°20'32.30"N 87°20'36.70"W	Punto de verificación	Solonchak	Manglar mosaico
<b>30</b>	20°20'47.60"N	Punto de verificación	Lithic Rendzic Leptosol	Selva baja subcaducifolia

Resultados

	87°20'51.20"W			
<b>31</b>	20°20'48.40"N 87°20'51.60"W	Punto de verificación	Rendzic Leptosol	Selva baja subcaducifolia
<b>32</b>	20°20'49.40"N 87°20'52.00"W	Punto de verificación	Leptosol	Selva baja subcaducifolia
<b>33</b>	20°20'49.40"N 87°20'52.70"W	Punto de verificación	Rendzic Leptosol	Selva baja subcaducifolia
<b>34</b>	20°20'51.20"N 87°20'54.60"W	Punto de verificación	Lithic Leptosol	Selva baja subcaducifolia

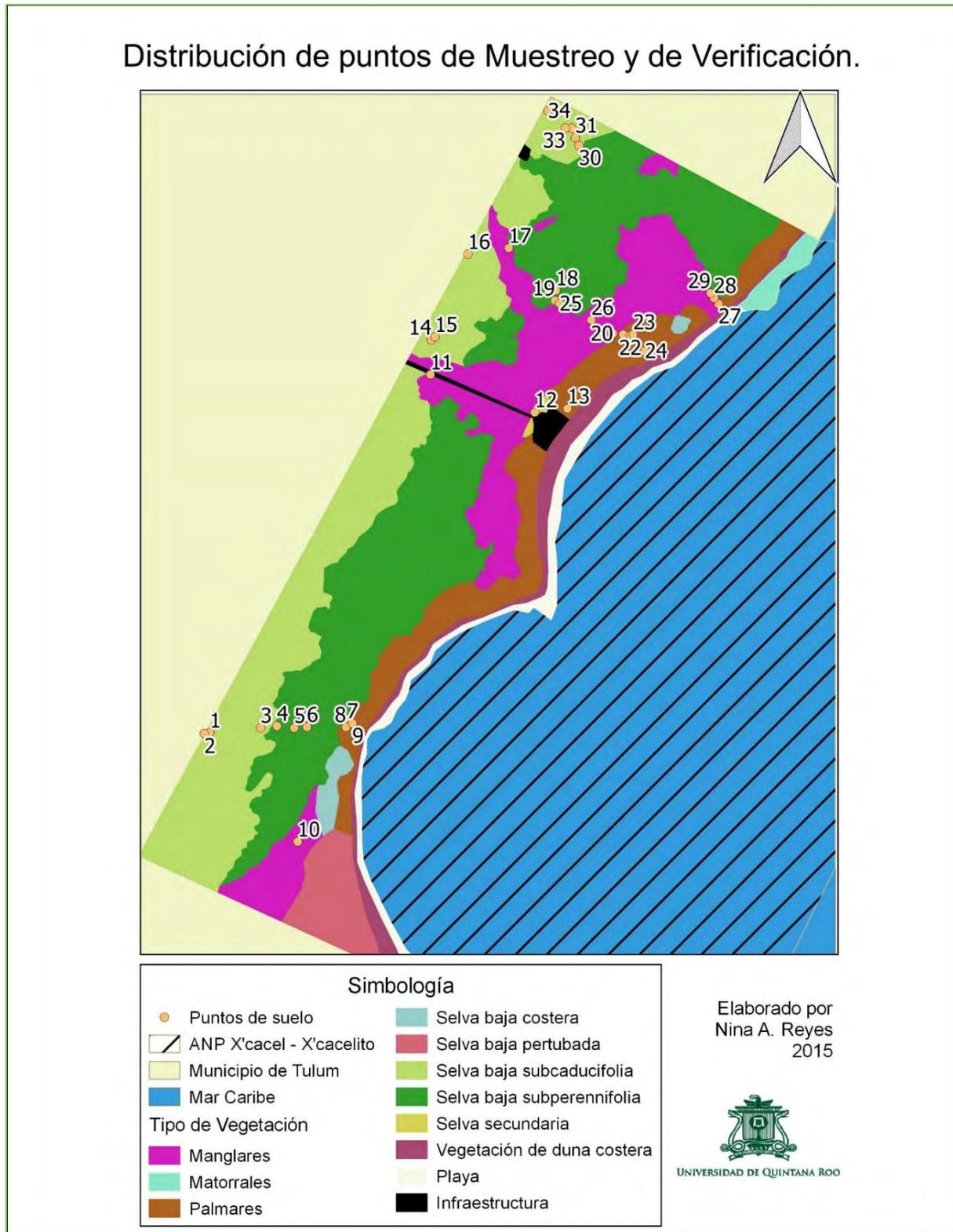


Figura 7.1. Distribución de los puntos de muestreo y de verificación con su vegetación asociada.

### 7.1. Análisis de las muestras.

En la Figura 7.2 y Cuadro 7.2, se pueden apreciar los tres transectos que se recorrieron y la ubicación de los puntos de muestreo. El cuadro que sigue contiene los puntos de muestreo en más detalle:



Figura 7.2. Ilustrando los transectos que se recorrieron y la ubicación de los puntos de muestreo.

Cuadro 7.2. Muestras de cada perfil de los suelos recolectados según su ubicación de extracción en el área de estudio.

Transecto	Muestras	Horizontes presentes en los primeros 30cm.			Ubicación de la muestra (trayecto)
		O	A	B	
1	Muestra 1♦	O	A		Sur (empezando desde la carretera hacia la playa)
	Muestra 2	H			
	Muestra 3♦	O	A	B	
	Muestra 4	O	A	B	
	Muestra 5	A	B		
	Muestra 6	A	B		
	Muestra 7	α			
2	Muestra 8	A	B		Centro (desde la entrada)

## Resultados

	Muestra 9	▣		del camino al ANP hacia la playa)
3	Muestra 10♦	▣		Norte (desde la playa hacia la carretera)
	Muestra 11	▣		
	Muestra 12	A	B	
	Muestra 13	▣		

Nota. ▣: Perfil presenta un horizonte. ♦: Profundidad del perfil es menos de 30cm.

Para las primeras once muestras, se realizó un análisis completo de sus propiedades físico-químicas de cada horizonte. Para las muestras 12 y 13 solamente se analizó el pH y la conductividad eléctrica.

El análisis del color de las muestras (Figura 7.3) se realizó según las cartas de Munsell. La mayoría de las muestras presentaron un color oscuro entre marrón a negro y algunas presentaron un color de gris oscuro a blanco (Ver Apéndice Cuadro 11.2).



Figura 7.3. Análisis del color del suelo.

La textura del suelo está compuesta por tres partículas: arena, arcilla y limos. Las partículas de la arena son las más grande de las tres, seguido por los limos y luego por las arcillas. Se encontró que las muestras contienen un porcentaje de arena muy alto (con excepción a una muestra donde el porcentaje de arcilla es mayor).

Se encontró que hay cinco diferentes clases de textura que presentan los suelos y la más frecuente es una textura franco arenosa, seguido por arena francosa, arenosa, arcillosa y franco arcillo arenoso (Ver Apéndice Cuadro 11.3).

## Resultados



Figura 7.4. Análisis de la textura de las muestras.

Con respecto al pH de las 13 muestras, el rango estuvo entre moderadamente ácido (6.26) a fuertemente alcalino (10.4); la mayoría eran muestras con pH neutro y una muestra tenía un pH de fuertemente alcalino (Ver Apéndice Cuadro 11.4).

Para el parámetro de conductividad eléctrica (C.E.), había ocho muestras de suelos que mostraron una C.E. de efectos despreciables de la salinidad (0.21 dS/m – 1.09 dS/m), una de muy ligeramente salino (1.31 dS/m), tres de moderadamente salino (2.38 dS/m – 3.24 dS/m), dos de suelo salino (7.28 dS/m – 7.29 dS/m), una fuertemente salina (12.04 dS/m) y cinco muy fuertemente salino (19.2 dS/m –  $X > 20$  dS/m) (Ver Apéndice Cuadro 11.4).



Figura 7.5. Análisis del pH.



Figura 7.6. Análisis de la Conductividad Eléctrica (C.E.).

Al medir los Carbonatos Insolubles ( $\text{CO}_3^{2-}\text{I}$ ) (Figura 7.7), el rango estaba entre nulo (4%) a muy elevado (56%). Se identificaron 2 muestras cuyos contenidos de  $\text{CO}_3^{2-}\text{I}$  eran nulos (4% - 4.5%), cinco eran ligeros (6.5% - 9.5%), tres eran moderados (14.5% - 28.5%) y siete presentaban contenidos de  $\text{CO}_3^{2-}\text{I}$  muy elevados (53% - 56%) (Ver Apéndice Cuadro 11.5).



Figura 7.7. Análisis de los Carbonatos insolubles ( $\text{CO}_3^{2-}\text{I}$ ).

El contenido de materia orgánica en los suelos tiene un rango de muy bajo (1.16%) a muy alto (50.65%). Había ocho muestras que su contenido de materia orgánica era muy alta (16.76% - 50.65%), tres altas (11.11% - 15.15%), dos medias (7.08% - 8.69%), una baja (5.19%) y tres muy bajas (1.16% - 3.85%) (Ver Apéndice Cuadro 11.6).

## Resultados



Figura 7.8. Análisis de la Materia orgánica (MO).

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es la capacidad que tiene el suelo de capturar y/o liberar iones positivos de las arcillas y materia orgánica que posee el suelo. Las interpretaciones de la mayoría de los suelos demostraron una CIC muy alta (57.4% - 124.6%), seguido por cinco muestras que poseen una CIC alta (27.2% - 39.8%) y dos muestras que poseen una CIC media (17.6%) y la otra baja (9.8%) (Ver Apéndice Cuadro 11.7).



Figura 7.9. Análisis de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

### 7.1.1. Descripción de las características del suelo por zona dentro del área de estudio.

En esta sección, se describe como están distribuidas las propiedades físico-químicas del suelo, color, textura, pH, Conductividad Eléctrica (CE), Carbonatos Insolubles ( $\text{CO}_3^{2-}$ I) Materia Orgánica (MO) y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), dentro del área de estudio. Esta

## Resultados

---

comprensión es importante porque el conocimiento que se obtiene se puede aplicar a un manejo adecuado en dicha área de trabajo y en áreas relevantes para el ser humano.

En la propiedad física, el color, se pudo observar un patrón de distribución desde el interior del área por la carretera federal 307 hacia la playa. En el primer transecto que se recorrió, empezando desde el oeste al este, el suelo al inicio presenta un color de marrón fuerte; luego, bruscamente cambio a negro oscuro y se va aclarando a un color gris claro sobre el trayecto. En el centro del área, en la entrada del área natural protegida, la muestra de suelo, que se extrajo en una comunidad de mangle y vegetación baja, posee un color de gris oscuro; y la muestra que se extrajo en la playa, presenta un color gris claro. Al norte del área, de las dos muestras que se extrajeron, se pudo observar el mismo patrón de color que presento las muestras del sur, desde la línea de la playa hacia el interior del área, el color del suelo va de gris oscuro a negro oscuro. Por lo tanto, los suelos de X'cacel, desde la playa hacia el interior del estado exhiben que hay un patrón de gris claro a gris oscuro a negro y finalmente a marrón oscuro.

En el área, no se presentó una distribución homogénea de la textura del suelo, salvo a los suelos que están ubicados por la línea de la playa que tienen una textura arenosa. De ahí, el área es un mosaico de texturas franco arenosa, arena francoso, arcillas y franco arcillo arenosa. Sin embargo, si hay un patrón de distribución en el contenido de partículas de arena, se exhibe que el contenido de partículas de arena es mayor en los suelos cercanos a la playa y va disminuyendo la cantidad hacia el interior del estado.

Con respecto al pH, se observó un patrón de distribución a lo largo del área, el pH variaba entre moderadamente ácido a medianamente alcalino; los suelos ubicados al interior del área a la mitad del trayecto a la playa, fueron de moderadamente ácido a neutro; y luego, el pH de los suelos que se encuentran por la playa presentaron un pH entre neutro a fuertemente alcalino.

No se pudo observar un patrón de distribución en la conductividad eléctrica (C.E.) del suelo. El primer punto de muestreo que esta al interior del área en el sur, muestra una C.E. muy ligeramente salina; de ahí, los siguientes dos puntos de muestreo presentaron lecturas de efectos depreciables de la salinidad. El cuarto punto de muestra que se encuentra a la mitad del trayecto presento un suelo que es moderadamente salino, y luego en los siguientes 2 puntos, la C.E. del suelo presento efectos despreciables de la salinidad. El séptimo punto de muestreo que se localiza en el sur pero en una vegetación manglar, con dominancia del *Avicennia germinans*, mostro una C.E. de suelo salino. En el centro del área, el punto de muestreo, que está al interior debajo de una vegetación de selva baja inundable, presenta una

## Resultados

---

C.E. de muy fuertemente salino y el otro punto de muestreo que está por la playa el CE fue efectos despreciables de la salinidad. En el transecto del norte, los cuatro puntos de muestreo presentaron condiciones entre muy fuertemente salino a suelo salino.

Los carbonatos insolubles ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) presentes en los suelos pueden ser por varias razones, pero en el área de estudio, hay dos factores que influyen en el contenido de carbonato de calcio en el suelo, las cuales son la roca madre (roca caliza) y los organismos (como los moluscos y los corales). En el sur, del interior hacia la mitad del trayecto, el porcentaje que hubo en los primeros cuatro puntos de muestreo era entre ligero a nulo. A partir del cuarto punto, los puntos de muestreo que ya están a unos pocos metros de la playa, el quinto y sexto punto de muestreo presentaron una interpretación de muy elevado en  $\text{CO}_3^{2-}$ , pero el séptimo punto demostró una interpretación de moderado. En el centro del área, ambos puntos de muestreo demostraron que la cantidad de los  $\text{CO}_3^{2-}$  insolubles están entre moderado a muy elevado. Igualmente en el norte del área, las muestras de los dos puntos de muestreo demostraron que hay una cantidad moderado a muy elevado de carbonatos insolubles.

La materia orgánica (MO) que hay en el suelo proviene de la descomposición de las plantas y animales, y la cantidad de MO presentes es determinado por el tipo de vegetación y el área en donde el suelo se encuentra. En el análisis de esta propiedad química, se pudo observar que sí hay un patrón de distribución; los primeros cuatro puntos de muestreo que se localizan en el trayecto del sur, de la carretera federal 307 a la mitad, demostraron niveles muy altos, y esto es debido a que estos suelos se encuentran bajo tipos de vegetación de selva baja subcaducifolia, la alta cantidad de hojas que caen, se descomponen y los nutrientes son regresados al suelo. Al final del trayecto, por la playa, los niveles de materia orgánica son muy bajos pero el séptimo punto de muestreo, que se encuentra en una zona de manglar, presento niveles muy altos. En el centro, el primer punto que se encuentra por una zona que presenta una asociación entre la selva baja subcaducifolia con la *Rhizophora mangle*, el nivel de MO también estuvo muy alta, pero a medida que se avanza hacia la playa, el nivel va disminuyendo. En el norte, aunque los dos puntos de muestreo se encuentran a unos metros de la playa, el nivel de MO del punto 10 era muy alto pero en el último punto el nivel de MO era medio.

Los suelos que poseen un alto contenido de materia orgánica, normalmente poseen una CIC muy alta; igualmente hay una relación directa con las arcillas, si la textura del suelo esta mayormente compuesta por arcillas, la CIC también será un valor alto. En el área de X'cachel, al sur, las muestras al interior tenían valores de muy altas, la CIC de las muestras cinco y seis era entre alta y baja, y la muestra siete tuvo un valor de muy alta. Al centro interior del área, la

## Resultados

muestra demostró un valor de muy alta y la muestra por la playa demostró valores de media. Al norte, el valor de las CIC de la muestra diez y once, que se localizan a unos metros de la playa, fue muy alto y alto, respectivamente.

### 7.2. Análisis por perfil.

En esta sección se describirán las características de cada perfil de suelo, lo cual permitió clasificar los suelos según la WRB 2007.

#### 7.2.1. Muestra 1.



Figura 7.10. Superficie de la muestra 1.

En el sur del área, la primera muestra que se extrajo fue por la carretera federal 307 (Figura 7.10). Esta primera muestra estaba bajo la cubierta de la selva baja subcaducifolia, y la superficie del suelo presento mucha hojarasca en descomposición y más de 50% de pedregosidad. El perfil de dicha muestra está compuesto por 2 horizontes y tiene una profundidad total de 13 cm (Cuadro 7.3).

Cuadro 7.3. *Nudilithic Leptosol (Eutric)*.

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB-2007
	O	0 – 4 cm	Capa compuesta de hojarasca en descomposición	Nudilithic Leptosol

	A	4 – 13 cm	Posee un color seco de marrón fuerte (7.5YR 5/8) y húmedo de marrón oscuro (7.5 YR 3/4); textura franco arcillo arenoso (Arena: 58.32%- Arcilla: 21.96%- Limo: 19.72%); suelo neutro y muy ligeramente salino; materia orgánica muy alta; carbonatos insolubles ligero; CIC es muy alta.	(Eutric)  Clave: LP-nt-eu
---	---	-----------	--	---------------------------------

### 7.2.2. Muestra 2.



Figura 7.11. Superficie de la muestra 2.

En el mismo transecto, la segunda muestra se localizaba bajo la cubierta de la selva baja subperennifolia, en la cual predominaba la palma chit (*Thrinax radiata*) y la vegetación era densa (Figura 7.11). Al observar la superficie del suelo, se notaba que había mucha hojarasca en descomposición y al hacer la calicata, se observó que en todo el perfil del suelo había muchas raíces (Cuadro 7.4).

Cuadro 7.4. *Epileptic Floatic Hemic Folic Histosol (Eutric).*

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB-2007
	A	0 – 7 cm	Posee un color seco y húmedo de negro (10YR 2/1); textura franco arenosa (Arena: 81.32%- Arcilla: 7.96%- Limo: 12.72%); suelo es moderadamente ácido y hay efectos despreciables de la salinidad; cantidad de materia orgánica y de carbonatos insolubles es muy alta y ligero, respectivamente; la CIC es muy alta.	Epileptic Floatic Hemic Folic Histosol (Eutric)  Clave: HS-fo. Hm.ft.lep-eu
	B	7 – 16 cm	Posee un color seco de negro (7.5YR 2.5/1) y húmedo de negro (10 YR 2/1); textura arena francoso (Arena: 81.32%- Arcilla: 6.96%- Limo: 11.72%); suelo es moderadamente ácido y moderadamente salino; materia orgánica muy alta; carbonatos insolubles ligero; CIC es muy alta.	

## 7.2.3. Muestra 3.



Figura 7.12. Superficie de la muestra 3.

El tercer punto de muestreo presento casi las mismas características de los perfiles 1 y 2. El punto de muestreo se localizaba debajo la selva baja subperennifolia. En el campo, se observó que la superficie del suelo estuvo húmedo y presentó un color de marrón oscuro (Figura 7.12). El perfil 3 presento 3 horizontes y una profundidad total de 20cm (Cuadro 7.5).

Cuadro 7.5. Folic Rendzic Leptosol (Eutric).

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	O	0 – 1.5 cm	Capa compuesta de hojarasca en descomposición	Folic Rendzic Leptosol (Eutric) Clave: LP-rz.fo-eu
	A	1.5 - 8 cm	Posee un color seco de marrón rojizo oscuro (5YR 2.5/2) y húmedo de negro (10 YR 2/1); textura arena francoso (Arena: 77.32%- Arcilla: 4.96%- Limo: 17.72%); suelo es moderadamente ácido y	

			hay efectos despreciables de la salinidad; materia orgánica muy alta; carbonatos insolubles ligero; CIC es muy alta.
	B	8 – 20 cm	Posee un color seco de marrón grisáceo oscuro (2.5Y 4/2) y húmedo de marrón oliva oscuro (2.5Y 3/3); textura franco arcillo arenoso (Arena: 51.72%- Arcilla: 29.96%- Limo: 18.34%); suelo es neutro y hay efectos despreciables de la salinidad; materia orgánica alta y carbonatos insolubles es nulo; la CIC es muy alta.

7.2.4. Muestra 4.



Figura 7.13. Superficie de la muestra 4.

El cuarto punto de muestreo se localizaba en una selva baja subperennifolia que presenta una franja de *Thrinax radiata* y el suelo mostró que tenía problemas de drenaje (Figura 7.13). Al hacer la calicata, hubo mucha pedregosidad con piedras grandes por todo el perfil. El perfil del suelo tiene 3 horizontes y una profundidad total de 35cm (Cuadro 7.6).

Cuadro 7.6. *Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)*.

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	O	0 – 7 cm	Capa compuesta de hojarasca en descomposición	Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)  Clave: PH-rz.lep-ap.arp
	A	7 - 30 cm	Posee un color negro (seco: 7.5YR 2.5/1, húmedo: 10YR 2/1); textura franco arenoso (Arena: 75.32%- Arcilla: 15.96%- Limo: 8.72%); suelo es moderadamente ácido y moderadamente salino; materia orgánica muy alta; carbonatos insolubles ligero; CIC es muy alta.	
	B	30 – 35 cm	Posee un color seco de gris oscuro (2.5Y 5/1) y húmedo de oliva grisáceo muy oscuro (10Y-5GY 3/2); textura arcillosa (Arena: 36.04%- Arcilla: 53.96%- Limo: 10%); suelo es neutro y moderadamente salino; materia orgánica media y carbonatos insolubles es nulo; la CIC es muy alta.	

7.2.5. Muestra 5.



Figura 7.14. Alrededor de la muestra 5.

Esta muestra se localizaba bajo la vegetación de palmares con la asociación de *Conocarpus erectus* (Figura 7.14) y se observó que el suelo poseía muchos carbonatos en forma de conchas. El perfil del suelo presento dos horizontes y una profundidad total de 28cm (Cuadro 7.7).

Cuadro 7.7. Folic Hypoluvic Arenosol.

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	A	0 – 18 cm	Posee un color seco de marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) y húmedo de marrón muy oscuro (10YR 2/2); textura arena francoso (Arena: 81.7%- Arcilla: 9.96%- Limo: 8.34%); suelo es neutro y hay efectos despreciables de la salinidad; cantidad de	Folic Hypoluvic Arenosol  Clave: AR-wl.fo

			materia orgánica y de carbonatos insolubles es alta y muy elevada, respectivamente; la CIC es alta.
	B	18 – 28 cm	Posee un color seco de gris (2.5Y 5/1) y húmedo de negro (5Y 2.5/2); textura franco arenoso (Arena: 73.7%- Arcilla: 15.96%- Limo: 10.4%); suelo es medianamente alcalino y hay efectos despreciables de la salinidad; materia orgánica baja; carbonatos insolubles muy elevado; y la CIC es alta.

## 7.2.6. Muestra 6.



Figura 7.15. Superficie de la muestra 6.

La sexta muestra se extrajo de una zona de palmares (Figura 7.15), y el perfil de la dicha muestra consiste de dos horizontes con una profundidad total de 25cm (Cuadro 7.8).

Cuadro 7.8. Haplic Arenosol.

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	A	0 – 7 cm	Posee un color seco de gris amarronado claro (2.5Y 6/2) y húmedo de gris muy oscuro (2.5Y 3/1); textura arenosa (Arena: 92.32%- Arcilla: 5.96%- Limo: 1.72%); suelo es medianamente alcalino y hay efectos despreciables de la salinidad; materia orgánica muy baja y carbonatos insolubles es muy elevado; la CIC es alta.	Haplic Arenosol  Clave: AR-ha
	B	7 – 25 cm	Posee un color seco de gris (2.5Y 5/1) y húmedo de gris oliva oscuro (2.5Y 3/3); textura arenosa (Arena: 90.7%- Arcilla: 7.96%- Limo: 1.34%); suelo es medianamente alcalino y hay efectos despreciables de la salinidad; materia orgánica muy baja;	

			carbonatos insolubles muy elevado; y la CIC es baja.	
--	--	--	--	--

### 7.2.7. Muestra 7.



Figura 7.16. Alrededor de la muestra 7.

La séptima muestra era la última que se extrajo del sur. Se localizó al límite del área de estudio bajo la cobertura de una zona de *Avicennia germinans* (Figura 7.16). Se observó que el suelo tenía problemas de drenaje debido a la presencia de agua que de hecho lo hizo difícil de observar el perfil del suelo y al hacer la preparación de suelo se observó muchos carbonatos en forma de conchas de caracoles terrestres.

Cuadro 7.9. Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic).

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	α	X > 25 cm	Posee un color seco de marrón muy oscuro (10YR 2/2) y húmedo de negro (10YR 2/1); textura franco arenoso (Arena: 79.32%- Arcilla: 7.96%- Limo: 12.72%); suelo es neutro y salino; materia orgánica muy alta y carbonatos insolubles es moderado; la CIC es muy alta.	Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic)  Clave: GL-hi-eu.arp

Nota. α: Perfil presenta un horizonte.

### 7.2.8. Muestra 8.



Figura 7.17. Alrededor de la muestra 8.

Al centro del área, el primer punto era la muestra 8, la cual se localizó por la carretera federal 307 bajo la cobertura de la selva baja subcaducifolia con la asociación de *Rhizophora mangle*

(Figura 7.17). El perfil del suelo está compuesto por dos horizontes y tiene una profundidad total de 30cm (Cuadro 7.10).

Cuadro 7.10. Haplic Gleysol (Eutric, Arenic).

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	A	0 – 20 cm	Posee un color seco de gris muy oscuro (GLEY1 3/N) y húmedo de negro (GLEY1 2.5/N); textura franco arenoso (Arena: 74.32%- Arcilla: 5.96%- Limo: 19.72%); suelo es neutro y muy fuertemente salino; contenido de materia orgánica es muy alta y de carbonatos insolubles es moderado; la CIC es muy alta.	Haplic Gleysol (Eutric, Arenic)  Clave: GL-ha-eu.ar
	B	20 - 30 cm	Posee un color seco de blanco (2.5Y 8/1) y húmedo de marrón amarillento claro (2.5Y 6/3); textura franco arenoso (Arena: 59.32%- Arcilla: 4.96%- Limo: 35.72%); el pH del	

## Resultados

			<p>suelo es neutro y la conductividad eléctrica era fuertemente salino; materia orgánica alta; carbonatos insolubles muy elevado; y la CIC es alta.</p>	
--	--	--	---	--

### 7.2.9. Muestra 9.



*Figura 7.18. Alrededor de la muestra 9.*

El último punto en el transecto del centro se localizó por la playa bajo la cobertura de la vegetación de duna costera (Figura 7.18). El perfil constaba de un horizonte con una profundidad de 34 cm (Cuadro 7.11).

Cuadro 7.11. Protic Albic Arenosol (Calcaric).

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	α	0 – 34 cm	<p>Posee un color seco de gris claro (10YR 7/2) y húmedo de marrón grisáceo (10YR 5/2); textura arenoso (Arena: 93.7%- Arcilla: 5.96%- Limo: 0.34%); suelo es medianamente alcalino y la conductividad demostró efectos despreciables de la salinidad; materia orgánica muy baja y carbonatos insolubles es muy elevado; la CIC es media.</p>	<p>Protic Albic Arenosol (Calcaric)</p> <p>Clave: AR-ab.pr-ca</p>

Nota. α: Perfil presenta un horizonte.

7.2.10. Muestra 10.



Figura 7.19. Alrededor de la muestra 10.

El décimo punto de muestreo se localizó a pocos metros de la playa, más hacia al norte del tercer transecto. El tipo de vegetación se encontraba bajo el manglar mosaico (Figura 7.19). El perfil del suelo constaba de un horizonte que midió 12 cm (Cuadro 7.12).

Cuadro 7.12. Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric).

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	α	0 – 12 cm	Posee un color seco de negro (10YR 2/1) y húmedo de negro (2.5Y 2.5/1); textura franco arenoso (Arena: 75.32%- Arcilla: 8.3%- Limo: 16.38%); suelo es neutro y la conductividad demostró muy fuertemente salino;	Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric)  Clave: LP-rz.fo.sz.mo-eu

## Resultados

			materia orgánica alta y carbonatos insolubles es moderado; la CIC es alta.	
--	--	--	--	--

Nota. α: Perfil presenta un horizonte.

### 7.2.11. Muestra 11.



Figura 7.20. Alrededor de la muestra 11.

El 11 punto de muestra se localizó en el transecto del norte a unos pocos metros de la playa, bajo la cobertura de palmares con presencia de *Conocarpus erectus* (Figura 7.20).

Cuadro 7.13. Gleyic Solonchak.

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	α	0 – X cm	Posee un color seco de gris (2.5Y 6/1) y húmedo de gris muy oscuro (2.5Y 3/1); textura franco arenoso (Arena: 75.32%- Arcilla: 11.96%- Limo: 12.72%); suelo es medianamente alcalino y la conductividad demostró muy fuertemente salino; materia orgánica media y carbonatos insolubles es muy elevado; la CIC es alta.	Gleyic Solonchak  Clave: SC-gl

Nota. α: Perfil presenta un horizonte.

## 7.2.12. Muestra 12.



Figura 7.21. La superficie de la muestra 12.

## Resultados

La muestra 12 se localizó en un área de manglares asociado con palmares (Figura 7.21); su superficie estaba húmedo y la textura del suelo se sintió arenosa.

Cuadro 7.14. Solonchak.

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	A	0 – 4 cm	Suelo es neutro y muy fuertemente salino.	Solonchak  Clave: SC
	B	4 – 11 cm	Suelo es moderadamente ácido y muy fuertemente salino	

Nota. ▣: Perfil presenta un horizonte.

### 7.2.13. Muestra 13.



Figura 7.22. Alrededor de la muestra 13.

La muestra se localizó en un área muy densa de manglares (Figura 7.22); la superficie estuvo lleno con hojas de mangle y el suelo estaba saturado con agua.

## Resultados

Cuadro 7.15. Solonchak.

	Horizonte	Profundidad	Descripción	Clasificación según la WRB- 2007
	α	0 - 30 cm	Suelo es fuertemente alcalino y la conductividad eléctrica es salino	Solonchak Clave: SC

Nota. α: Perfil presenta un horizonte.

### 7.3. Descripción de la cartografía edafológica.

#### 7.3.1. Interpretación de la gráfica de Valores Canónicos.

La cartografía edafológica se elaboró mediante un análisis discriminante lineal con el fin de encontrar un patrón entre los atributos y luego mediante el análisis de la correlación canónica para asignar los tipos de suelo a las áreas desconocidas. El análisis de correlación canónica describe las relaciones lineales que posiblemente pueda haber entre las distintas variables dimensionales, las cuales son variables independientes y variables dependientes (McGarigal, et al., 2000).

La Figura 7.23 muestra la Gráfica de Valores Canónicos (Canonical Scores Plot), la cual es el resultado de la correlación entre los factores, en este caso las topoformas del área son las variables independientes y la altitud del relieve, el porcentaje de arena, y el ID Original de los polígonos son las variables dependientes. En la gráfica, los puntos alineados visualizados como líneas, representan los polígonos que contienen los atributos de los factores con una mayor correlación lineal, es decir que los factores están bien definidos con la variable independiente; los círculos muestran la agrupación de los puntos con cierto criterio pero no se pueden distinguir bien entre uno al otro; y por último, los puntos dispersos en la gráfica representan que la relación de las variables en aquellos polígonos no están cercanos a la línea como los otros.

Las topoformas que muestran una mayor correlación entre si son: la playa arenosa con depósitos biogénicos, la cresta geológica baja, y la playa arenosa, eso significa que esas tres

## Resultados

topoformas al tener condiciones semejantes en cuanto a los factores, tienen una alta probabilidad de manifestar el mismo tipo de suelo. La duna arenosa, la plataforma kárstica, el bajo inundable con basamento fracturado, la cresta geológica media, los escalones pedregosos acumulativos, las estructuras artificiales y el escalonamiento de la plataforma kárstica muestran que están agrupadas pero sus características son ambiguas porque todos representan elevaciones y por lo cual se necesitaría otros criterios, como la vegetación, para separarlas. Las topoformas que están bien definidas son la depresión rocosa y la cresta geológica alta; estas topoformas representan los puntos más altos y más bajos del área, y por lo cual son las que no se pueden confundir con las otras. La plataforma kárstica presenta una gran homogeneidad, lo que hace difícil separarle en fragmentos más pequeños.

La agrupación considerando todos los factores nos permite identificar en los polígonos originales (ID): 1) la playa arenosa es la única que tiene una correlación lineal entre sus factores, 2) la duna arenosa aunque muestra una agrupación si presenta un poco de ambigüedad debido a la elevación, 3) los factores de la plataforma kárstica son los que presentan una gran homogeneidad entre sí, y 4) las demás topoformas si presentan un poco de indefinición pero es posible identificarlas.

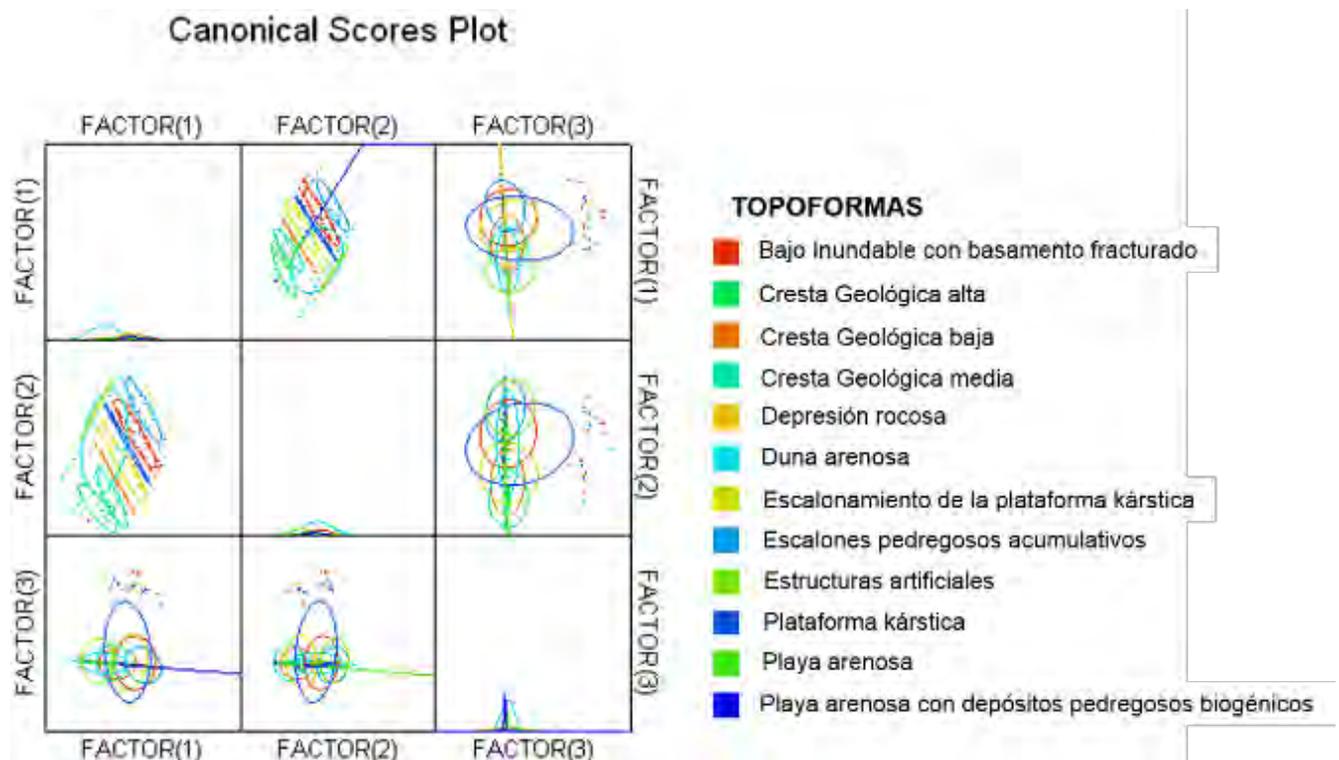


Figura 7.23. Grafica de los Valores Canónicos.

### 7.3.2. Topo-secuencias dentro del área de estudio.

#### 7.3.2.1. Distribución de los suelos.

En todo el área, los suelos tienen una cobertura de 186.5291 ha (Cuadro 7.16). Los suelos que tienen mayor dominancia son los Leptosols, Gleysols, y los Arenosols (Figura 7.24); también se encuentran Regosols, Solonchaks, Histosols y Phaeozems pero con menor cobertura y asociados con otros tipos de suelos (Mapa 7.1). El Regosol se encuentra asociado con el Leptosol como Regosol/Leptosol en el suroeste de área y solamente cubren 0.39% del área. Asimismo, el Solonchak/Arenosol cubre un 3% del área y se encuentra en el norte del área, cerca al límite del área con la playa de Chemuyil.

Cuadro 7.16. Cobertura total de los suelos.

Suelo	Área cubierta (m <sup>2</sup> )	% de área cubierta
<b>Leptosol</b>	1216844	65%
<b>Arenosol</b>	390974	21%
<b>Gleysol</b>	189773	10%
<b>Solonchak</b>	60517	3%
<b>Regosol</b>	7183	0.39%
<b>Total</b>	<b>1865291</b>	<b>100%</b>

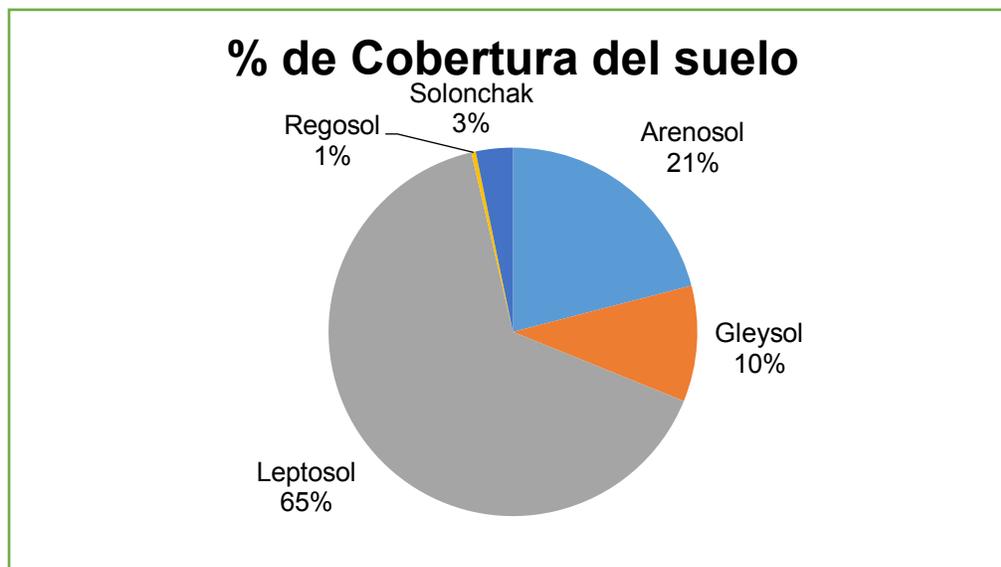


Figura 7.24. Gráfica de sectores que muestra el porcentaje que cubre cada tipo de suelo.

## Resultados

El tipo de suelo que tiene la mayor cobertura es el Leptosol cubriendo 65% de toda del área. El Leptosol sin asociación, cubre el 68% de su total (Cuadro 7.17) y se encuentra mayormente hacia el interior del área, hacia el sur oeste del camino a la entrada del ANP, y en manchones en el norte del área. La asociación de Leptosol que tiene la mayor cobertura en el norte es el Leptosol/Gleysol; este suelo tiene el 18% de su total. Los Leptosol/Histosols, Leptosol/Phaeozems y Leptosol/Regosols se encuentran en pocas cantidades en el área.

*Cuadro 7.17. Distribución de la cobertura de los Leptosols.*

Suelo	Área cubierta (m <sup>2</sup> )	% de área cubierta
<b>Leptosol</b>	831688	68%
<b>Leptosol/Gleysol</b>	219096	18%
<b>Leptosol/Regosol</b>	61321	5%
<b>Leptosol/Histosol</b>	59886	5%
<b>Leptosol/Phaeozem</b>	44853	4%
<b>Total</b>	<b>1216844</b>	<b>100%</b>

Los Arenosols y sus asociaciones, se encuentran a través toda la línea de la costa, y cubren 21% de toda el área. Los Arenosols sin asociación cubren el 38% (Cuadro 7.18) de su total y se encuentran en toda la línea de la playa con contacto directo al Mar Caribe. Luego, los Arenosol/Solonchaks se encuentran después de los Arenosols y cubren el 33% de su total; y los Arenosol/Regosols se encuentran en pocos manchones entre los Arenosol/Solonchaks.

*Cuadro 7.18. Distribución de la cobertura de los Arenosols.*

Suelo	Área cubierta (m <sup>2</sup> )	% de área cubierta
<b>Arenosol</b>	150310	38%
<b>Arenosol/Solonchak</b>	128517	33%
<b>Arenosol/Regosol</b>	112147	29%
<b>Total</b>	<b>390974</b>	<b>100%</b>

Por último, el Gleysol cubre el 10% de toda el área. El Gleysol sin asociación cubre el 4% de su totalidad (Cuadro 7.19) y se encuentran como manchones por el centro del área y la mayoría

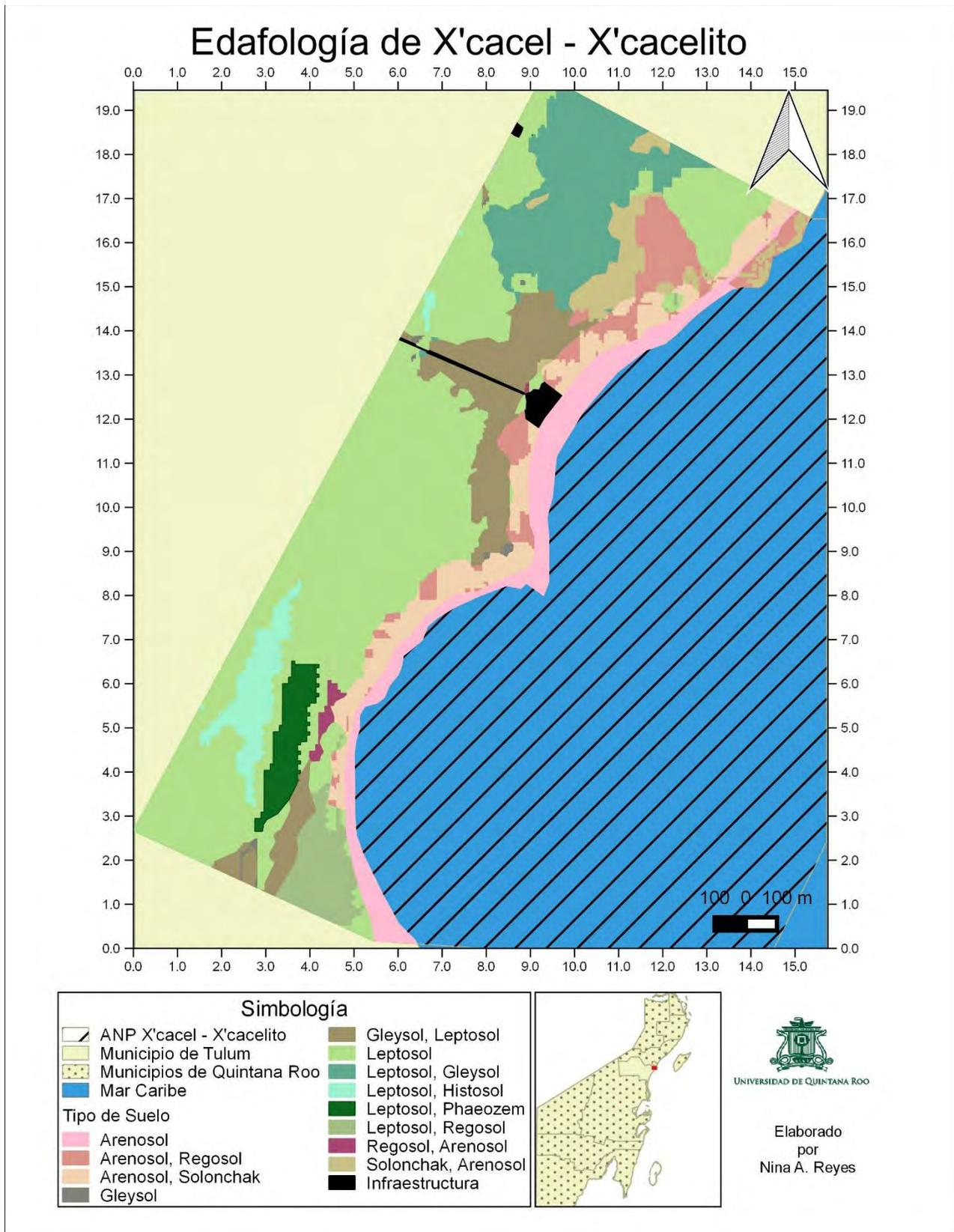
## Resultados

---

se encuentra por el límite con Xel-Ha. El Gleysol/Leptosol se encuentra mayormente en el centro del área, en ambos lados del camino a la entrada del ANP.

*Cuadro 7.19. Distribución de la cobertura de los Gleysols.*

Suelo	Área cubierta (m <sup>2</sup> )	% de área de cubierta
<b>Gleysol/Leptosol</b>	182879	96%
<b>Gleysol</b>	6894	4%
<b>Total</b>	<b>189773</b>	<b>100%</b>



Mapa 7.1. Edafología del área X'cacel - X'cacelito.

### 7.3.2.2. *Distribución de los suelos en las topoformas.*

En el área existen 14 asociaciones de los suelos y se pueden encontrar ya sea solo o en grupos. Cuando se encuentran en grupos, eso significa que el primer tipo de suelo tiene la mayor dominancia en el área correspondiente que al otro.

El suelo que es el primero que se encuentra a lo largo del área es el Leptosol. Estos suelos son suelos de poca profundidad, y en el área se encuentran solo y en sus grupos: Leptosol/Gleysol, Leptosol/Regosol, Leptosol/Histosol, y Leptosol/Phaeozem. El Leptosol se encuentra en todas las topoformas, con excepción a la duna arenosa, la playa arenosa y la playa con depósitos biogénicos, pero mayormente se encuentran en la plataforma kárstica y en el escalonamiento de la plataforma kárstica. Los Leptosol/Gleysols se encuentran en el centro del norte del área y se localizan sobre los escalones pedregosos acumulativos y la mayoría en las plataformas kársticas. La mayoría del grupo de Leptosol/Histosol se encuentra en el sur interior del área y se localizan en el escalonamiento de la plataforma kárstica y en la cresta geológica media y baja. Los grupos de Leptosol/Phaeozem y Leptosol/Regosol, ambos se encuentran en el sur del área y en la plataforma kárstica, pero el Leptosol/Regosol se localiza más por la costa.

El suelo que es el segundo en tener mayor cobertura es el Arenosol. Este suelo se encuentra sobre lo largo de la línea de la costa debido al depósito de los sedimentos calcáreos en la playa por la acción de las olas. Se encuentra en las dunas arenosas, las playas arenosas y en las playas con depósitos biogénicos. También, se encuentran dos asociaciones de Arenosols, los cuales son Arenosol/Regosol y Arenosol/Solonchak. Ambos grupos se encuentran en puntos a lo largo del área de la costa; pero de los Arenosol/Regosols, la mayoría de este grupo se encuentra en áreas bajas como el bajo inundable con basamento fracturado, la depresión rocosa, la cresta geológica baja y media, a pesar de que también se encuentran en la cresta geológica alta, la cual está en el punto norte de X'cacel. La mayoría de los Arenosol/Solonchaks se encuentran en las dunas arenosas y en los escalones pedregosos acumulativos.

El Gleysol se encuentra solo y en su asociación de Gleysol/Leptosol. Los Gleysols son suelos cuya composición es mayormente arcillas y son reconocidos por su mal drenaje. Hay pocas áreas dentro de X'cacel en donde se presentan los Gleysols; estos se localizan en los escalones pedregosos acumulativos y en el escalonamiento de la plataforma kárstica. La mayoría de los Gleysol/Leptosols se encuentran casi en el centro del área por la entrada de X'cacel sobre el bajo inundable de basamento fracturado y los demás están ubicados por el límite con Xel-Ha sobre la cresta geológica baja y la plataforma kárstica.

Los suelos que hay en poca cantidad con respecto a la cobertura son los Solonchak/Arenosols y los Regosol/Arenosols. Los Solonchak/Arenosols se encuentran un poco hacia el interior del área por la línea de la costa, sobre los escalones pedregosos acumulativos, la plataforma kárstica y el escalonamiento de la plataforma kárstica. En el área, el Solonchak es dominante debido a la influencia del agua del mar, el cual le da su característica salina y hay poca cantidad de Arenosols en aquellas áreas debido al levantamiento de sedimentos por el viento, el cual lleva la arena. Por último, con poca cobertura es el grupo de Regosol/Arenosol, el cual se encuentra en la topografía de bajo inundable con basamento fracturado.

### 7.3.2.3. Distribución de los suelos con la vegetación asociada.

Se puede apreciar la distribución de la asociación entre el tipo de vegetación y el tipo de suelo en la Figura 7.25. En el sur del área, el Leptosol tiene mayor cobertura y se puede encontrar en casi todas las partes del sur. Los Leptosols, Leptosol/Histosols y los Leptosol/Phaeozems se presentan por la carretera federal a mediados del área hacia el este. Estos suelos están asociados con la selva baja subcaducifolia y la selva baja subperennifolia, en donde predominan las palmas: *Thrinax radiata*, *Pseudophoenix sargentii*, y la *Beaucarnea plianobilis*.

Cercano a la playa, se presentan los suelos que son influenciados por el mar; estos son los suelos: Regosol/Arenosols, Arenosol/Regosol, Arenosol/Solonchak y el Arenosol. Los Regosol/Arenosols se asocian con la vegetación de selva baja subperennifolia con dominancia de *Thrinax radiata*, y los Arenosol/Solonchaks y Arenosol/Regosols se asocian con los palmares. Los Arenosols se encuentran a lo largo de la línea de la playa; la vegetación que se asocia a ello son los palmares y la de duna costera, mayormente se presenta el coco (*Cocos nucifera*) y la uva de playa (*Coccoloba uvifera*).

Hacia el Sureste, con el límite de Xel-Ha, se presentan los suelos de Gleysol/Leptosol, Gleysol y el Leptosol/Regosol. Los Gleysol/Leptosols y los Gleysols se asocian con la vegetación de varios manglares; pero en el Gleysol es donde la vegetación dominante es el *Avicennia germinans*. El Leptosol/Regosol se presente en la punta sur del área antes de los Arenosols, estos están asociados a la selva baja perturbada.

En el centro oeste del área, están los Leptosols y Gleysols en manchones, luego el suelo que posee mayor cobertura es el Gleysol/Leptosol. Este suelo se encuentra en ambos lados del camino de la entrada a la ANP, y se asocia con la vegetación de varios manglares pero mayormente el *Rhizophora mangle*. Luego, cercano a la playa, se presentan los suelos: Regosol/Arenosol asociado con la selva secundaria; Arenosol/Regosol y Arenosol/Solonchak asociados con palmares.

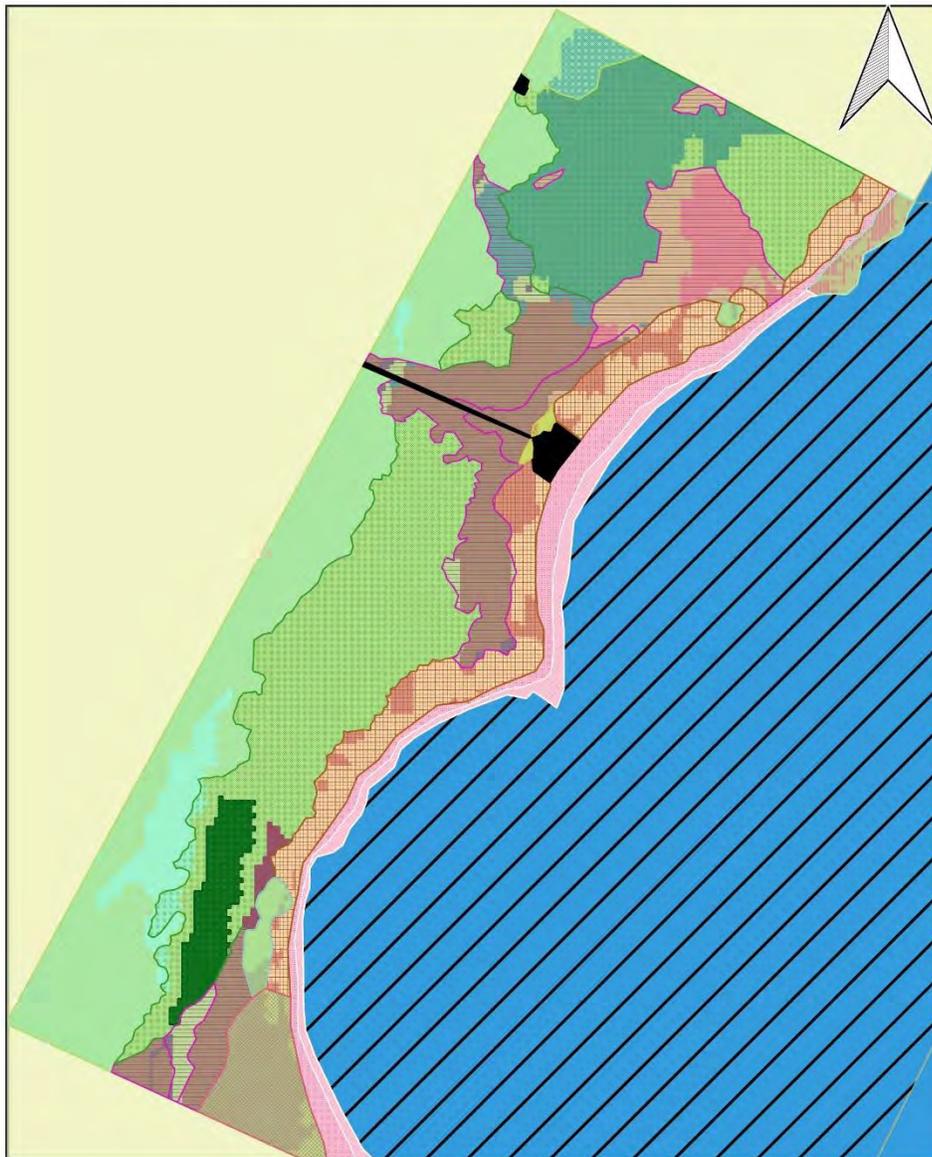
## Resultados

---

En el norte del área, se puede apreciar un mosaico de suelos; pero el que tiene mayor cobertura es el Leptosol/Gleysol. Desde el oeste, por la carretera, están los Leptosols asociados con la selva baja subcaducifolia. De ahí, se presentan los Leptosol/Gleysols, asociados con la selva baja subperennifolia, con manchones de Gleysol y Solonchak/Arenosol, los cuales están asociados con el mangle.

Antes de llegar la playa, se presenta un mosaico de Arenosol/Solonchak con Arenosol/Regosol; pero los Arenosol/Solonchaks están asociados a los palmares y el otro está asociado al manglar mosaico. En la punta norte con el límite de la playa de Chemuyil, también se presenta un mosaico de Solonchak/Arenosol y Arenosol/Regosol, y ambos están asociados con el matorral.

Distribución del suelo con su vegetación asociada.



Simbología			
ANP X'cabel - X'cabelito	Selva baja costera	<b>Tipo de Suelo</b>	Leptosol, Gleysol
Municipio de Tulum	Selva baja perturbada	Arenosol	Leptosol, Histosol
Mar Caribe	Selva baja subcaducifolia	Arenosol, Regosol	Leptosol, Phaeozem
<b>Tipo de Vegetación</b>	Selva baja subperennifolia	Arenosol, Solonchak	Leptosol, Regosol
Manglares	Selva secundaria	Gleysol	Regosol, Arenosol
Matorrales	Vegetación de duna costera	Gleysol, Leptosol	Solonchak, Arenosol
Palmares	Playa	Leptosol	Infraestructura

Elaborado por Nina A. Reyes

Universidad de Quintana Roo  
2015

Figura 7.25. Distribución del suelo con su vegetación asociada.

## 8. DISCUSIÓN

Los suelos de un ANP poseen un valor incalculable, aportan muchos bienes y servicios de suma importancia que beneficia a todos. Por ejemplo, los suelos almacenan el carbono, por lo tanto, ayudan en combatir contra los efectos del cambio climático; filtran el agua antes de llegar los acuíferos, por lo tanto, ayudan en contra la contaminación del agua; proveen un hábitat para millones de organismos y, a cambio, estos ayudan en la provisión de las necesidades de la sociedad (FAO, 2014). También, cada suelo es diferente, por ello es importante estudiarlos para detectar áreas susceptibles a la degradación causada por el uso excesivo y para mejorar el conocimiento de la distribución de la flora y fauna, y saber que manejo se le puede dar para conservarlos y protegerlos.

Los suelos con mayor presencia en el área son los Leptosols, Gleysols, y Arenosols. Los Leptosols son los suelos que tienen mayor cobertura dentro el área de X'cachel. En estos suelos es donde predomina la selva baja y es donde se encuentran plantas endémicas de la región, entre ellos las palmas amenazadas según la NOM-059 (DOF, 2010). Estos suelos poseen un color oscuro, con horizontes delgados con una profundidad no más de 30 cm y que presentan rocas en su superficie o entre su horizonte. Debido a su profundidad, estos suelos tienen problemas de almacenar agua y nutrientes; y por lo tanto, son susceptibles a la erosión (FAO, 2007).

Los Gleysols son suelos grises cuyas partículas contienen mucha arcilla y tienen problemas de drenaje, especialmente en ciertas épocas cuando quedan saturados con agua debido a un manto freático somero (FAO, 2007). Sin embargo, el Gleysol proporciona el hábitat para las raíces de los cuatro tipos de manglares que están bajo protección especial según la NOM-059 (DOF, 2010). Estos manglares se desarrollan solamente donde está disponible el agua salada y el agua dulce. Sus funciones más importantes son: detienen la erosión, mejoran la calidad del agua, sirve como un refugio, etc. (Sathe & Chauhan, 2003). Además, un hecho muy importante es reconocer que los suelos Gleysols se encuentran sobre el sistema hidrológico Xunaan - Há, el cual provee agua dulce a los cenotes y sale por los afloramientos en el mar enriqueciéndolo con nutrientes (QRSS, 2015).

El suelo Arenosol forma el hábitat para una especie muy importante, la razón de porque declararon el área un santuario. Este suelo blanco tiene una textura arenosa cuyas partículas son muy gruesas y por lo tanto no tienen la capacidad de retener agua y almacenar nutrientes

(FAO, 2007). Este suelo en X'cachel posee las características ideales para la anidación de las tortugas marinas. Las características y propiedades de este suelo son muy influenciados por la acción del viento y de los depósitos que vienen del mar.

Por estos y otros hechos fue la razón de porque X'cachel fue declarado como un sitio RAMSAR en 2004 (Alvarado Padilla, 2003) y es por ello que se debe aplicar un manejo sustentable a los componentes del área incluso el hábitat. El manejo es la aplicación de métodos y técnicas para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat (DOF, 2015). El tipo de manejo que se dará está sujeto al uso de la tierra y eso depende de los criterios de las UGAs en donde se encuentra el área.

X'cachel contiene dos UGAs; el ANP está incluida en la UGA An55, en donde el uso predominante del área es área natural y la política implementada a esta es la protección y fragilidad máxima. La segunda UGA, Cn57, incluye el área de influencia del ANP, donde se encuentran los predios de la UQROO. El uso predominante de esta área es como corredor natural y su política es la conservación.

En ambas zonas: se prohíbe la destrucción y construcción sobre el mangle o ecosistemas vulnerables, especialmente si se encuentra por los cenotes y sobre el río subterráneo; se prohíbe el aprovechamiento de las especies de flora y fauna que están listados en la NOM-059, con excepción a ciertas condiciones; se prohíbe la tala y aprovechamiento de leña para el uso turístico y comercial; y se prohíbe cualquier actividad que alterará la estructura de la playa y que perjudicará/atrasará la arribazón de las tortugas, eso incluye: encender fogatas, extracción de arena, contaminación, introducción de especies no pertenecientes al área y la iluminación directa al mar y la playa (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2001) (UQROO, 1998).

Aparte de estas actividades, ciertos criterios bajo la UGA Cn57 declaran que se permite la deforestación hasta el 10% en la zona entre la carretera federal y el ANP y que se puede realizar la construcción de hasta 30 cuartos/ha; sin embargo, habrá un conflicto si se autorizan debido a que en aquella área existen varias especies de flora que están protegidas por la ley y el agua subterránea (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2001). Asimismo, se declara en el artículo decimo del decreto, "en el área de influencia del ANP, queda prohibido: a) modificar las condiciones naturales de los acuíferos, cuencas hidrológicas, cauces naturales de corrientes, manantiales, cenotes y demás cuerpos de agua, b) verter o descargar contaminantes, desechos o cualquier otro tipo de material que pueda ocasionar daños al ambiente, y c) el desarrollo de actividades contaminantes"; entonces, queda prohibido cualquier actividad

intencional que cambiaría y/o modificaría el paisaje del área (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998).

Por lo tanto, con la información adquirida, se le puede dar un uso al suelo para su manejo adecuado. El uso de suelo es el aprovechamiento y ocupación actual que los seres humanos hacen sobre la superficie terrestre con el fin de producir, modificar o mantenerla (Bautista Zúñiga & Palacio, 2005). Según la capacidad de uso, existen ocho clases (descritas por la USDA y por la FAO) que dividen el terreno basado en limitaciones y características del suelo (USDA, 2010).

En X'cacel, se presenta una clase, y esa es la clase VIII, la cual se clasifica como suelos con limitación tales que únicamente pueden ser utilizados para recreación o vida silvestre o abastecimiento de agua o propósitos estéticos (USDA, 2010).

En X'cacel, el manejo y uso que existe es el manejo mixto (extractivo y no extractivo) para el mantenimiento de las condiciones naturales, conservación y protección de las especies flora y fauna, mejoramiento y restauración de las áreas perturbadas. Entonces, las actividades de aprovechamiento no extractiva que se pueden realizar son la recreación (ecoturismo), la investigación científica y la educación ambiental sobre las especies nativas; las actividades extractivas pueden ser el aprovechamiento de los frutos que proporciona la selva y los palmares.

En los Leptosols, se pueden llevar a cabo los senderismos de bajo impacto con guías del área que puedan involucrar la fotografía y la educación ambiental de la flora y fauna, como el aprovechando responsablemente del zapote y otras frutas. También en los Leptosols, se pueden instalar viveros de las plantas nativas en áreas autorizadas con condiciones de que solamente se deben utilizar fertilizantes orgánicos, herbicidas y plaguicidas biodegradables, lo cual al mismo tiempo ayudará en la reforestación del área (Cuadro 8.1).

En los Gleysols, se pueden aprovechar los cenotes (con ciertas condiciones) que se encuentran por los manglares. Los ecosistemas de manglares son famosos por tener una diversidad de especies; por lo tanto, se pueden realizar los paseos fotográficos y la observación de flora y fauna (Cuadro 8.1).

En los Arenosols, especialmente la playa, se pueden aprovechar para la recreación de actividades sol y playa pero solamente durante el día desde las nueve de la mañana hasta las cinco de la tarde y en temporadas de anidación, regulando las horas y los áreas para la

## Discusión

recreación. Igualmente se pueden realizar las actividades de investigación científica, la educación ambiental y aprovechamiento de los cocos (Cuadro 8.1).

Otra actividad que se pueda realizar en toda el área en caso de que ocurra un incidente que elimine y/o modifique la cobertura vegetal es detener la comercialización o aprovechamiento del área para un plazo de 20 años y reforestar el mismo con plantas nativas con autorización (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2001).

Como parte de la investigación científica, se recomienda intentar a completar el estudio del sistema hidrológico y el estudio de la fauna que habita en toda X'cachel, así para tener datos completos y para proporcionar un manejo más adecuado.

*Cuadro 8.1. Resumen de la discusión.*

	<b>Suelo</b>	<b>Vegetación asociada</b>	<b>Uso recomendado</b>
<b>1</b>	Leptosol	Selva baja subcaducifolia	Senderismos de bajo impacto Educación ambiental
<b>2</b>	Histosol	Selva baja subperennifolia	Investigación científica Aprovechamiento de frutos
<b>3</b>	Phaeozem	Selva baja subperennifolia	Observación de flora y fauna Reforestación (instalación de viveros de plantas nativas)
<b>4</b>	Gleysol	Manglares	Ecoturismo (aprovechamiento del cenote) Observación de flora y fauna
<b>5</b>	Solonchak	Manglares, Palmares y Matorrales	Investigación científica Educación ambiental Senderismos de bajo impacto Aprovechamiento de frutos
<b>6</b>	Regosol	Selva secundaria	Reforestación (Instalación de viveros de plantas nativas)

7	Arenosol	Palmares y Vegetación de duna costera	<p>Ecoturismo (uso recreativo de la playa)</p> <p>Senderismos de bajo impacto</p> <p>Educación ambiental</p> <p>Aprovechamiento de frutos</p>
---	----------	---------------------------------------	---

## 9. CONCLUSIONES

Siete tipos de suelos de X'cachel se estudiaron y se clasificaron con el sistema WRB 2007; éstos son Leptosol, Histosol, Gleysol, Regosol, Arenosol, Phaeozem y Solonchak.

El grupo de suelo que ocupa mayor área es el Leptosol, el cual se localiza en toda el área, desde el oeste por la carretera hasta el este hacia la playa. Los otros suelos que le siguen en área y los cuales son de suma importancia son los Arenosols y los Gleysols.

En cada tipo de suelo se pudo encontrar una de las razones de por qué declararon el área como un santuario y como un sitio de RAMSAR.

Se asociaron vegetaciones como la selva baja subcaducifolia y subperennifolia con los Leptosoles, en los cuales se encontraron plantas listadas en la NOM-059; y asimismo, proporciona el hábitat para los jaguares y otras especies de fauna y flora.

En los Gleysols y Solonchaks se asociaron los cuatro tipos de mangle que están protegidas igualmente por la NOM-059. También, en los Gleysols están los cenotes conectados por el sistema Xunaan-Ha, la cual es de gran importancia para la protección de estos suelos.

Los suelos clasificados como Arenosol se asociaron con la vegetación de duna costera, la cual es responsable para sostener el suelo y reducir la erosión. Este suelo es el hábitat para los huevos de tortugas durante su tiempo de incubación y para muchos otros organismos como el cangrejo ermitaño de gran importancia también.

Por último, se generó una cartografía edafológica mostrando la distribución de los suelos y con la vegetación asociada. Las cartografías son herramientas para facilitar en la toma de decisiones para un manejo eficiente que permite realizar las actividades de aprovechamiento sustentable mientras teniendo en cuenta la conservación y protección de los componentes del área.

El área se clasificó por su uso para la recreación, la educación ambiental y para la investigación científica.

Algunas actividades que se recomiendan es el ecoturismo de bajo impacto, el senderismo, observación de flora y fauna, y también para ofrecer oportunidades de estancia a los estudiantes para continuar las investigaciones que en el futuro ayudará en tomar buenas y mejores decisiones en el manejo del área.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Alvarado Padilla, B. J. C., 2003. *Ficha Informativa de los humedales de Ramsar, Santuario de la Tortuga Marina "X'cacel-X'cacelito"*, Quintana Roo: RAMSAR.

Bautista Zúñiga, F., ed., 2011. *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. 2da ed. México: UNAM.

Bautista Zúñiga, F. & Estrada Medina, H., 2004. *Conservación y manejo de los suelos*, México: UNAM.

Bautista Zúñiga, F. & Palacio, A. G. eds., 2005. *Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucantán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales..* México: Instituto Nacional de Ecología.

CAOTEA, 2013. *Actualización de las condiciones socioecológicas del área natural protegida X'cacel-X'cacelito y su área inmediata de influencia*, Chetumal: s.n.

CONAGUA, 2015. *Información Histórica*. [Online]

Available at:

[http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38&Itemid=46](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=46)

[Accessed Abril 2015].

CONAGUA, 2015. *Temperatura y lluvia*. [Online]

Available at:

[http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=77](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77)

[Accessed 1 Febrero 2015].

CONANP, 2008. *CPCTM XCACEL*. [Online]

Available at: <http://procer.conanp.gob.mx/tortugas/sitio/xcacel.php>

[Accessed 1 Octubre 2013].

CONANP, 2011. *Historia*. [Online]

Available at: [http://www.conanp.gob.mx/quienes\\_somos/historia.php](http://www.conanp.gob.mx/quienes_somos/historia.php)

[Accessed 2 Enero 2014].

CONANP, 2011. *Historia*. [Online]

Available at: [http://www.conanp.gob.mx/quienes\\_somos/historia.php](http://www.conanp.gob.mx/quienes_somos/historia.php)

[Accessed 2 Enero 2014].

<Bibliografía

---

- DEFRA, 2009. *Protecting our water, soil and air..* primera ed. Inglaterra: TSO.
- DOF, 2000. *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000..* Mexico: Diario Oficial Federal.
- DOF, 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.* Mexico: Diario Oficial Federal.
- DOF, 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.* México: Diario Oficial Federal.
- DOF, 2012. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.* última reforma ed. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF, 2015. *Ley General de la Vida Silvestre,* México: Diario Oficial de la Federación.
- Driessen, P., 2001. *Lecture notes on the major soils of the world.* Roma: FAO.
- ECORED, 2000. Factores físicos. *Suelos,* p. 20.
- FAO, 2007. *WRB. Base referencial mundial del recurso suelo.* Segunda edición, Primera Actualización ed. ROMA: FAO.
- FAO, 2008. *Managing soil carbon to mitigate climate change,* s.l.: FAO.
- FAO, 2010. *Planificación y realización de un levantamiento de suelos,* s.l.: FAO.
- FAO, 2014. *Spotlighting humanity's 'silent ally,' UN launches 2015 International Year of Soils.,* s.l.: UN News Centre.
- FAO, 2014. *World reference base for soil resources.* tercera ed. Roma: FAO.
- FAO, 2015. *2015 Año Internacional de los Suelos.* [Online]  
Available at: <http://www.fao.org/soils-2015/es/>  
[Accessed Abril 2015].
- FAO, 2015. *Healthy soils are the basis for healthy food production,* s.l.: FAO.
- Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998. Periódico Oficial. *Decreto por el que se declara área natural protegida la región denominada X'cacel -X'cacelito, con la categoría de zona sujeta a conservación ecológica, SANTUARIO DE LA TORTUGA MARINA, ubicada en el municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo.,* p. 7.
- Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1998. Periódico Oficial. *Decreto por el que se declara área natural protegida la región denominada X'cacel -X'cacelito, con la categoría de zona sujeta*
-

<Bibliografía

---

a conservación ecológica, *SANTUARIO DE LA TORTUGA MARINA*, ubicada en el municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo., p. 7.

Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2001. Periódico Oficial. *Decreto por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la región denominada CORREDOR CANCÚN-TULUM*, p. 44.

GOOGLE, 2010. *GOOGLE EARTH*. s.l.:s.n.

Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2011. Caracterización Ambiental. *Programa De Ordenamiento de Ecológico Local del municipio de Tulum.*, p. 471.

Ibáñez, J. J., 2015. *Un universo invisible bajo nuestros pies: Los suelos y la vida*. [Online] Available at: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo>

INEGI, 2004. *Guías para la interpretación de cartografía edafología.* Aguascalientes: INEGI.

INEGI, 2005. El suelo. In: *Estado del medio ambiente*. México: INEGI, pp. 120-140.

INEGI, 2015. *Quintana Roo*. [Online]

Available at:

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/default.aspx?tema=me&e=23>

[Accessed 1 Febrero 2015].

Lopoukhine, N. et al., 2012. Protected areas: providing natural solutions to 21st Century challenges. *S.A.P.I.E.N.S (En línea)*, 5(2).

Martínez Villegas, N., 2007. Una breve revisión acerca de los sistemas de clasificación de suelos utilizados en México. *TERRA Latinoamericana*, 25(4), pp. 357-362.

McGarigal, K., Cushman, S. & Stafford, S., 2000. Types of Multivariate Techniques. In: *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. s.l.:Springer, pp. 15-16.

Ojima, D. S., Galvin, K. A. & Turner, B. L., 1994. *The Global Impact of Land-Use Change*. s.l.:Oxford University Press.

Orellana Touzery, F., 2011. *Manual para estandarizar métodos de muestreo*, s.l.: s.n.

PDA, 2005. *Soil Analysis: Key to nutrient management planning*, York: The Potash Development Association.

Pozo, C., Armijo Canto, N. & Calmé, S., 2011. *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un Análisis para su conservación.* primera ed. Mexico: CONABIO.

<Bibliografía

---

Prezas H., B., 1996. *X'cacel: Propuesta para el establecimiento y manejo de un área protegida*. Chetumal: ECOSUR.

Prezas H., B., Pereira C., A., Fragoso S., P. & Herrera P., R., 2008. *Análisis de la relación entre el tamaño del grano de arena y selección del sitio de anidación de las tortugas marinas Caguama (Caretta caretta) y Blanca (Chelonia mydas) en la playa de X'cacel-X'cacelito, Quintana Roo, México*, Chetumal: UQROO.

QRSS, 2015. *Quintana Roo Speleological Survey*. [Online]

Available at: <https://caves.org/project/qrss/qrss.htm>

[Accessed 9 Agosto 2015].

RAMSAR, 2014. *About the Ramsar Convention*. [Online]

Available at: [http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-about-about-ramsar/main/ramsar/1-36%5E7687\\_4000\\_0](http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-about-about-ramsar/main/ramsar/1-36%5E7687_4000_0)

[Accessed 5 Febrero 2014].

Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*. 1ra edición digital ed. Mexico: CONABIO.

Sathe, P. V. & Chauhan, O. S., 2003. Recent Advances in Environmental Science. In: *The Saga of Sahyadri: Societal Environmental Issues of Konkan and Goa*. s.l.:s.n., pp. 31-33.

Schargel, R., 1992. Multipurpose application of soil information.. In: J. A. Zinck, ed. *Soil Survey: perspectives and strategies for the 21st century*. Roma: FAO, p. 27.

Segrado Pavón, R. G., Arroyo Arcos, L. & Amador Soriano, K., 2010. La zonificación y su aplicación en las Áreas Naturales Protegidas de uso Turístico de Quintana Roo. *El Periplo Sustentable*, Issue 19, pp. 69-91.

SEMARNAT, 2006. *Estudio de caso. Desarrollo Sustentable, X'cacel-X'cacelito en el estado de Quintana Roo*, Quintana Roo: SEMARNAT.

SEMARNAT, 2006. Los suelos de México. 8 Junio.p. 26.

SEMARNAT, 2008. Por qué son importantes los suelos?. *Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo.*, pp. 35-36.

SEMARNAT, 2009. Los servicios ambientales del suelo. *SUELOS*, pp. 114-115.

SEMARNAT, 2009. *Manejo de Vida Silvestre. Manual Técnico para beneficiarios.* 1 ed. México: SEMARNAT.

SEMARNAT, 2013. *Área Protegidas Decretadas*, s.l.: SEMARNAT.

<Bibliografía

---

Unilever, 2010. *Soil Management*. [Online]

Available at: <http://www.growingforthefuture.com/unileverimpguid/content/3-3-1>

[Accessed marzo 2014].

UQROO, 1998. *Programa de Manejo de la zona sujeta a conservación ecológica, Santuario de la tortuga marina, X'cacel- X'cacelito*. Chetumal(Quintana Roo): Universidad de Quintana Roo.

USDA, 2010. *Land - Capability classification*, s.l.: Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture.

## 11. APÉNDICE

Cuadro 11.1. Datos registrados del muestreo.

		<b>Muestreo</b>		
<b>Muestra</b>	Nombre	Coordenadas Geográficas	horizonte (cm)	Vegetación asociado
<b>1-O</b>	Nudilithic Leptosol (Eutric)	20,19,46.6N / 87,21,31.7W	0-4	selva baja subcaducifolia
<b>1-A</b>			4-13	
<b>2-A</b>	Epileptic Floatic Hemic Folic Histosol (Eutric)	20,19,47.1N / 87,21,26.1W	0-7	selva baja subperennifolia / dominancia de palma chit, chechen, zapote, chaca, zapote/ vegetación más alta y densa
<b>2-B</b>			7-16	
<b>3-O</b>	Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	20,19,47.3N / 87,21,24.3W	0-1.5	selva baja subcaducifolia; chicozapote, chechen
<b>3-A</b>			1.5-8	
<b>3-B</b>			8-20	
<b>4-O</b>	Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)	20,19,47.2N / 87,21,21W	0-7	selva baja / botoncillo, chechen, chicozapote / franja de chit
<b>4-A</b>			7-30	
<b>4-B</b>			30-35	

<b>5-A</b>	Folic Hypoluvisc Arenosol	20,19,47.2N / 87,21,16.7W	0-18	selva baja/ botoncillo, chit, chechen, chicozapote
<b>5-B</b>			18-28	
<b>6-A</b>	Haplic Arenosol	20,19,47.6N / 87,21,16W	0-7	palma chit, palmas
<b>6-B</b>			18	
<b>7</b>	Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic)	20,19,35.3N / 87,21,22W	X > 25	mangle negro, botoncillo
<b>8-A</b>	Haplic Gleysol (Eutric, Arenic)	20,20,23.8N / 87,21,07.5W	0-20	palma chit, mangle botoncillo, chicozapote
<b>8-B</b>			20-30	
<b>9</b>	Protic Albic Arenosol (Calcaric)	20,20,20.3N / 87,20,52.4W	0-34	uva de playa, palma caribeña, palma chit,
<b>10</b>	Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	20,20'31.8"N / 87,20'36.3"W	0-12	botoncillo
<b>11</b>	Gleyic Solonchak	20,20'27.9"N / 87,20'45.5"W	0 – X	mangle

Cuadro 11.2. Resultados del análisis del color.

		<b>Análisis de Color</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Nombre</b>	<b>Color Seco</b>		<b>Color Húmedo</b>	
		<b>Clave Munsell</b>	<b>Nombre</b>	<b>Clave Munsell</b>	<b>Nombre</b>
<b>1-O</b>	Nudilithic Leptosol (Eutric)				
<b>1-A</b>		7.5YR 5/8	marrón fuerte	7.5yr 3/4	marrón oscuro
<b>2-A</b>	Epileptic Floatic	10yr 2/1	negro	10yr 2/1	negro
<b>2-B</b>	Hemic Folic Histosol (Eutric)	7.5yr 2.5/1	negro	10yr 2/1	negro
<b>3-O</b>	Folic Rendzic Leptosol (Eutric)				
<b>3-A</b>		5yr 2.5/2	marrón rojizo oscuro	10yr 2/1	negro
<b>3-B</b>		2.5y 4/2	marrón grisáceo oscuro	2.5y 3/3	marrón oliva oscuro
<b>4-O</b>	Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)				
<b>4-A</b>		7.5yr 2.5/1	negro	10yr 2/1	negro
<b>4-B</b>		2.5y 4/1	gris oscuro	10y-5gy 3/2	oliva grisáceo muy oscuro
<b>5-A</b>	Folic Hypoluvic	10yr 4/2	marrón grisáceo oscuro	10yr 2/2	marrón muy oscuro
<b>5-B</b>	Arenosol	2.5y 5/1	gris	5y 2.5/2	negro

<b>6-A</b>	Haplic Arenosol	2.5y 6/2	gris amarronado claro	2.5y 3/1	gris muy oscuro
<b>6-B</b>		2.5y 5/1	gris	2.5y 3/3	gris oliva oscuro
<b>7</b>	Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic)	10yr 2/2	marrón muy oscuro	10yr 2/1	negro
<b>8-A</b>	Haplic Gleysol (Eutric, Arenic)	gley1 3/N	gris muy oscuro	gley1 2.5/N	negro
<b>8-B</b>		2.5y 8/1	blanco	2.5y 6/3	marrón amarillento claro
<b>9</b>	Protic Albic Arenosol (Calcaric)	10yr 7/2	gris claro	10yr 5/2	marrón grisáceo
<b>10</b>	Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	10yr 2/1	negro	2.5y 2.5/1	negro
<b>11</b>	Gleyic Solonchak	2.5y 6/1	gris	2.5y 3/1	gris muy oscuro

Cuadro 11.3. Resultados del análisis de la textura.

		Análisis de la Textura							
Muestra	Nombre	1 lectura	Hora (H:m:s)	Temperatura (°C)	2 lectura	Cálculos (%)			Textura
						Arena	Arcilla	Limo	
<b>1-O</b>	Nudilithic Leptosol (Eutric)								
<b>1-A</b>		18.5	01:20	26	9	58.32	21.96	19.72	franco arcillo arenoso
<b>2-A</b>	Epileptic Floatic Hemic Folic	8	12:54	26	2	79.32	7.96	12.72	franco arenoso
<b>2-B</b>	Histosol (Eutric)	7	12:52	26	1.5	81.32	6.96	11.72	arena francoso
<b>3-O</b>	Folic Rendzic Leptosol (Eutric)								
<b>3-A</b>		9	12:56	26	0.5	77.32	4.96	17.72	arena francoso
<b>3-B</b>		22	12:59	25.5	13	51.7	29.96	18.34	franco arcillo arenoso
<b>4-O</b>	Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)								
<b>4-A</b>		10	12:49	26	6	75.32	15.96	8.72	franco arenoso
<b>4-B</b>		30	01:18	25	25	36.04	53.96	10	arcilla
<b>5-A</b>	Folic Hypoluvic Arenosol	7	01:07	25.5	3	81.7	9.96	8.34	arena francoso
<b>5-B</b>		11	01:05	25.5	6	73.7	15.96	10.34	franco arenoso

<b>6-A</b>	Haplic Arenosol	1.5	01:16	26	1	92.32	5.96	1.72	arena
<b>6-B</b>		2.5	01:14	25.5	2	90.7	7.96	1.34	arena
<b>7</b>	Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic)	8	01:09	26	2	79.32	7.96	12.72	franco arenoso
<b>8-A</b>	Haplic Gleysol (Eutric, Arenic)	10.5	01:22	26	1	74.32	5.96	19.72	franco arenoso
<b>8-B</b>		18	01:03	26	0.5	59.32	4.96	35.72	franco arenoso
<b>9</b>	Protic Albic Arenosol (Calcaric)	1	01:12	25.5	1	93.7	5.96	0.34	arena
<b>10</b>	Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	10	12:47	26	2	75.32	8.3	16.38	franco arenoso
<b>11</b>	Gleyic Solonchak	10	01:01	26	4	75.32	11.96	12.72	franco arenoso

Cuadro 11.4. Resultados del análisis del pH y la Conductividad Eléctrica.

		<b>Análisis del pH y Conductividad Eléctrica</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Nombre</b>	<b>pH</b>	<b>Interpretación</b>	<b>C.E. dS/m</b>	<b>Interpretación</b>
<b>1-O</b>	Nudilithic Leptosol				
<b>1-A</b>	(Eutric)	6.65	Neutro	1.31	muy ligeramente salino
<b>2-A</b>	Epileptic Floatic Hemic	6.54	Moderadamente Acido	1.09	efectos despreciables de la salinidad
<b>2-B</b>	Folic Histosol (Eutric)	6.26	Moderadamente Acido	3.24	moderadamente salino
<b>3-O</b>					
<b>3-A</b>	Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	6.53	Moderadamente Acido	1.05	efectos despreciables de la salinidad
<b>3-B</b>		6.95	Neutro	1.03	efectos despreciables de la salinidad
<b>4-O</b>	Epileptic Rendzic				
<b>4-A</b>	Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)	6.4	Moderadamente acido	2.87	moderadamente salino
<b>4-B</b>		7.01	Neutro	2.38	moderadamente salino
<b>5-A</b>	Folic Hypoluvic	7.31	Neutro	0.56	efectos despreciables de la salinidad
<b>5-B</b>	Arenosol	7.74	Medianamente alcalino	0.44	efectos despreciables de la salinidad
<b>6-A</b>	Haplic Arenosol	7.5	Medianamente alcalino	0.75	efectos despreciables de la salinidad
<b>6-B</b>		7.65	Medianamente alcalino	0.29	efectos despreciables de la salinidad

<b>7</b>	Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic)	6.98	Neutro	7.29	suelo salino
<b>8-A</b>	Haplic Gleysol (Eutric, Arenic)	6.9	Neutro	19.2	muy fuertemente salino
<b>8-B</b>		7.38	Neutro	12.04	fuertemente salino
<b>9</b>	Protic Albic Arenosol (Calcaric)	8.14	Medianamente alcalino	0.21	efectos despreciables de la salinidad
<b>10</b>	Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	7.07	Neutro	18.12	muy fuertemente salino
<b>11</b>	Gleyic Solonchak	7.43	Medianamente alcalino	X > 20	muy fuertemente salino
<b>12-A</b>	Solonchak	6.72	Neutro	X > 20	muy fuertemente salino
<b>12-B</b>		6.49	Moderadamente ácido	X > 20	muy fuertemente salino
<b>13</b>	Solonchak	10.4	Fuertemente alcalino	7.28	suelo salino

Cuadro 11.5. Resultados del análisis de los Carbonatos Insolubles.

		<b>Análisis de los Carbonatos Insolubles</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Nombre</b>	<b>Lectura</b>	<b>Cálculos (%)</b>	<b>Interpretación</b>
	BLANCO	11.3		
<b>1-O</b>	Nudilithic Leptosol (Eutric)			
<b>1-A</b>		9.5	9	ligero
<b>2-A</b>	Epileptic Floatic Hemic Folic	9.5	9	ligero
<b>2-B</b>	Histosol (Eutric)	9.4	9.5	ligero
<b>3-O</b>	Folic Rendzic Leptosol (Eutric)			
<b>3-A</b>		9.7	8	ligero
<b>3-B</b>		10.4	4.5	nulo
<b>4-O</b>	Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)			
<b>4-A</b>		10	6.5	ligero
<b>4-B</b>		10.5	4	nulo
<b>5-A</b>	Folic Hypoluvic Arenosol	0.3	55	muy elevado
<b>5-B</b>		0.2	55.5	muy elevado

<b>6-A</b>	Haplic Arenosol	0.1	56	muy elevado
<b>6-B</b>		0.2	55.5	muy elevado
<b>7</b>	Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic)	7.2	20.5	moderado
<b>8-A</b>	Haplic Gleysol (Eutric, Arenic)	5.6	28.5	moderado
<b>8-B</b>		0.7	53	muy elevado
<b>9</b>	Protic Albic Arenosol (Calcaric)	0.2	55.5	muy elevado
<b>10</b>	Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	8.4	14.5	moderado
<b>11</b>	Gleyic Solonchak	0.7	53	muy elevado

Cuadro 11.6. Resultados del análisis de la materia orgánica.

		<b>Análisis de la Materia Orgánica</b>			
<b>Muestra</b>	Nombre	Lectura	Cálculos (%)		Interpretación
			% Carbono	% Materia Orgánica	
	BLANCO	10.4			
<b>1-O</b>	Nudilithic Leptosol (Eutric)				
<b>1-A</b>		4.2	9.724	16.764176	muy alto
<b>2-A</b>	Epileptic Floatic Hemic Folic Histosol (Eutric)	3.3	27.82	47.96168	muy alto
<b>2-B</b>		4.3	23.92	41.23808	muy alto
<b>3-O</b>	Folic Rendzic Leptosol (Eutric)				
<b>3-A</b>		2.9	29.38	50.65112	muy alto
<b>3-B</b>		4.8	8.788	15.150512	alto
<b>4-O</b>	Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)				
<b>4-A</b>		5.5	19.24	33.16976	muy alto
<b>4-B</b>		7.2	5.044	8.695856	medio

<b>5-A</b>	Folic Hypoluvic Arenosol	5.5	7.696	13.267904	alto
<b>5-B</b>		8.5	3.016	5.199584	bajo
<b>6-A</b>	Haplic Arenosol	9	2.236	3.854864	muy bajo
<b>6-B</b>		9.4	1.612	2.779088	muy bajo
<b>7</b>	Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic)	4.9	21.58	37.20392	muy alto
<b>8-A</b>	Haplic Gleysol (Eutric, Arenic)	6.1	16.9	29.1356	muy alto
<b>8-B</b>		6.3	6.448	11.116352	alto
<b>9</b>	Protic Albic Arenosol (Calcaric)	10	0.676	1.165424	muy bajo
<b>10</b>	Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	4.5	23.14	39.89336	muy alto
<b>11</b>	Gleyic Solonchak	7.8	4.108	7.082192	medio

Cuadro 11.7. Resultados del análisis de la Capacidad de Intercambio Catiónica.

		<b>Análisis de la Capacidad de Intercambio Catiónica</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Nombre</b>	<b>Lectura</b>	<b>Cálculos (%)</b>	<b>Interpretación</b>
<b>1-O</b>	Nudilithic Leptosol (Eutric)			
<b>1-A</b>		34.7	69.400	muy alta
<b>2-A</b>	Epileptic Floatic Hemic Folic Histosol (Eutric)	58	116	muy alta
<b>2-B</b>		53.9	107.80	muy alta
<b>3-O</b>	Folic Rendzic Leptosol (Eutric)			
<b>3-A</b>		62.3	124.6	muy alta
<b>3-B</b>		43	86	muy alta
<b>4-O</b>	Epileptic Rendzic Phaeozem (Abruptic, Epiarenic)			
<b>4-A</b>		49.8	99.6	muy alta
<b>4-B</b>		28.7	57.4	muy alta
<b>5-A</b>	Folic Hypoluvic Arenosol	13.6	27.2	alta
<b>5-B</b>		15.3	30.6	alta

<b>6-A</b>	Haplic Arenosol	14.4	28.8	alta
<b>6-B</b>		4.9	9.8	baja
<b>7</b>	Histic Gleysol (Eutric, Epiarenic)	53.7	107.4	muy alta
<b>8-A</b>	Haplic Gleysol (Eutric, Arenic)	39	78	muy alta
<b>8-B</b>		19.9	39.8	alta
<b>9</b>	Protic Albic Arenosol (Calcaric)	8.8	17.6	media
<b>10</b>	Mollic Salic Folic Rendzic Leptosol (Eutric)	42.1	84.2	muy alta
<b>11</b>	Gleyic Solonchak	15.5	31	alta